

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**ANÁLISIS DE LA ESCASEZ DE AGUA POR DÉFICIT DE PRECIPITACIONES  
PLUVIALES EN LA COMUNIDAD LAGO AZUL, YAPURA, CAPACHICA**

**PERÍODO 2000 - 2024**

**PRESENTADA POR:**

**PAUL CUENTAS HUATTA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe/) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



# 13.08%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 15 OCT 2025, 7:51 PM

## Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
3.33%

● CHANGED TEXT  
9.75%

## Report #29279647

PAUL CUENTAS HUATTA // ANÁLISIS DE LA ESCASEZ DE AGUA POR DÉFICIT DE PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA COMUNIDAD LAGO AZUL, YAPURA, CAPACHICA PERÍODO 2000 - 2024 RESUMEN La presente investigación tiene como objetivo Analizar el déficit hídrico por precipitaciones pluviales y la escasez de agua en la comunidad Lago Azul, Yapura Capachica durante el período 2000 - 2024. Los materiales fueron los datos meteorológicos de precipitaciones pluviales mm/día proporcionados por el SENAMHI de la estación meteorológica del distrito de Capachica. En los métodos el diseño es no experimental, porque no se intervinieron las variables. Es de tipo descriptiva porque se describieron los acontecimientos tal como sucedieron en la realidad. La población estuvo conformada por la superficie 3,6 km<sup>2</sup> de la comunidad Lago Azul. Como muestra se consideró a toda la población de los 3.6 km<sup>2</sup>. Llegando a los siguientes resultados: La precipitación anual mostró alta variabilidad interanual, con años secos críticos como 2007, 2009 y 2016, y años con valores superiores a la media como 2002 y 2001, el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) evidenció que el 56.4 % de los meses presentaron condiciones normales, mientras que 20.2 % de los meses estuvieron asociados a sequía moderada y 3.6 % a sequía severa, indicando que los déficits de precipitación han sido recurrentes pero concentrados en meses de temporada seca. La proyección mediante modelo ARIMA indica que las precipitaciones podrían

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**ANÁLISIS DE LA ESCASEZ DE AGUA POR DÉFICIT DE PRECIPITACIONES  
PLUVIALES EN LA COMUNIDAD LAGO AZUL, YAPURA, CAPACHICA**

**PERÍODO 2000 - 2024**

**PRESENTADA POR:**

**PAUL CUENTAS HUATTA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:   
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

PRIMER MIEMBRO

:   
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

SEGUNDO MIEMBRO

:   
Dr. ESTEBAN SIDRO LEON APAZA

ASESOR DE TESIS

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 23 de octubre del 2025.

## DEDICATORIA

- Dedico profundamente a mis queridos padres, hermanos, hermanas y familiares. por haberme brindado su amor incondicional, durante los años de estudio, por haberme dado una sólida formación académica, y profesional para la sociedad y por haberme formado una persona con ética y moral.
  - o Clemente Cuentas Bustincio,
  - o Antonia Huatta Laquise
- Dedico a todas esas personas por su paciencia, comprensión y apoyo inquebrantable que me han brindado.

## AGRADECIMIENTOS

- Agradezco profundamente a la Universidad Privada San Carlos, por haberme brindado una sólida formación académica y profesional, que me ha permitido desarrollar competencias y conocimientos necesarios para contribuir al desarrollo sostenible de mi región.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por fomentar una enseñanza comprometida con la protección del entorno y el bienestar de las comunidades, así como por ser el espacio donde he fortalecido mi vocación profesional.
- Expreso mi sincero agradecimiento a los miembros del jurado calificador:
  - o Dr. Esteban Isidro Leon Apaza
  - o Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez,
  - o M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita.

Por haber sido parte fundamental en la evaluación de este trabajo de investigación, brindando su tiempo, conocimientos y valiosos aportes para su mejora y enriquecimiento académico.

- De manera especial, agradezco al Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, asesor de esta tesis, por su constante apoyo, orientación y compromiso durante el desarrollo de la presente investigación. Su guía ha sido clave para alcanzar los objetivos propuestos y culminar con éxito este trabajo.
- A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>17</b>
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	17
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	18
1.2.3. A NIVEL LOCAL	20
<b>1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>21</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>22</b>
2.1.1. DÉFICIT DE PRECIPITACIONES PLUVIALES:	22

2.1.2. MONITOREO DE PRECIPITACIONES PLUVIALES	22
2.1.3. FENÓMENOS NATURALES QUE OCASIONAN DÉFICIT DE PRECIPITACIONES:	22
2.1.4. ESCASEZ DE AGUA	24
2.1.5. EFECTOS DE LA ESCASEZ DE AGUA	25
2.1.6. LAS CARAS DE LA SEQUÍA EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO PERÚ:	26
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>26</b>
2.2.1. DÉFICIT HÍDRICO	26
2.2.2. ESCASEZ DE AGUA	27
2.2.3. ESCASEZ HÍDRICA	27
2.2.4. ESTRÉS HÍDRICO	27
2.2.5. PRECIPITACIÓN	27
2.2.6. PRECIPITACIONES PLUVIALES	27
2.2.7. SENAMHI	28
2.2.8. SEQUÍA	28
2.2.9. SEQUÍA METEOROLÓGICA	28
2.2.10. TEMPERATURA	28
<b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>	<b>28</b>
2.3.1. ESTACIÓN METEOROLÓGICA	28
2.3.2. DECRETO SUPREMO N° 137-2022-PCM	29
2.3.3. DECRETO SUPREMO N° 122-2023-PCM	29
<b>2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>29</b>
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	29
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA.	29
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>30</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>30</b>

3.2.1. POBLACIÓN	30
3.2.2. MUESTRA	31
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>33</b>
3.3.1. TÉCNICAS	33
3.3.2. INSTRUMENTOS	33
3.3.3. MATERIALES	33
<b>3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</b>	<b>34</b>
3.4.1. PROCEDIMIENTO PARA LOGRAR OBJETIVO ESPECÍFICO 01	34
3.4.2. PROCEDIMIENTO PARA LOGRAR OBJETIVO ESPECÍFICO 02:	35
<b>3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>36</b>
<b>3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>36</b>
3.6.1. TIPO	36
3.6.2. DISEÑO	37
3.6.3. ENFOQUE	37

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

<b>4.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS METEOROLÓGICOS PROPORCIONADOS POR EL SENAMHI SOBRE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES DURANTE EL PERIODO 2000-2024, PARA IDENTIFICAR LA VARIACIÓN EN LA COMUNIDAD DE LAGO AZUL, YAPURA, CAPACHICA.</b>	<b>38</b>
<b>4.2. ESCENARIOS CLIMÁTICOS DE LOS PRÓXIMOS AÑOS POR LA DISMINUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES QUE OCASIONAN LA ESCASEZ DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE LAGO AZUL YAPURA, CAPACHICA PERÍODO 2000 - 2024</b>	<b>41</b>
4.2.1. TENDENCIA DE LAS PRECIPITACIONES	41
4.2.2. MODELO ARIMA	42
4.2.3. TENDENCIA DE LA TEMPERATURAS MÁXIMAS	43
4.2.4. TENDENCIA DE LA TEMPERATURAS MÍNIMAS	44

4.2.5. ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADO (SPI).	45
<b>4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>47</b>
<b>4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS</b>	<b>49</b>
4.4.1. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	49
4.4.2. VERIFICACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	51
4.4.3. VERIFICACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	52
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Ubicación geográfica de la estación de SENAMHI.	32
<b>Tabla 02:</b> Presentación de datos meteorológicos en las páginas del SENAMHI	32
<b>Tabla 03:</b> Operacionalización de variables.	36
<b>Tabla 04:</b> Pronóstico con ARIMA para la serie “2000-2024 hasta el 2030”	41
<b>Tabla 05:</b> Valores del SPI.	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Ubicación geográfica de la comunidad de Lago Azul.	30
<b>Figura 02:</b> Área de estudio en la comunidad de Lago Azul.	31
<b>Figura 03:</b> Representación en gráfico de precipitaciones pluviales en la comunidad de Lago Azul del periodo 2000 al 2024.	38
<b>Figura 04:</b> Temperaturas máximas en la comunidad de Lago Azul del 2000 al 2024.	39
<b>Figura 05:</b> Temperaturas mínimas en la comunidad de Lago Azul del 2000 al 2024.	40
<b>Figura 06:</b> Tendencia de las temperaturas máximas (2000-2024)	43
<b>Figura 07:</b> Tendencia de las temperaturas mínimas (2000-2024).	44
<b>Figura 08:</b> SPI (Índice de Precipitación Estandarizado) del 2000 al 2024.	46
<b>Figura 09.</b> Tendencia anual de meses con sequía (moderada y severa)	47

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia.	62
<b>Anexo 02:</b> Solicitud de datos metereológicos dirigida al SENAMHI	63
<b>Anexo 03:</b> Carta de compromiso de remitir ejemplar de tesis a la Biblioteca del SENAMHI	65
<b>Anexo 04:</b> Recepción de datos meteorológicos de precipitaciones pluviales del periodo 2000-2024 de Capachica enviado por el SENAMHI.	66
<b>Anexo 05:</b> Página inicial donde se aprecia la descripción de la estación meteorológica del SENAMHI.	67
<b>Anexo 06:</b> Tutorial para descargar datos meteorológicos del SPI (Índice de Precipitación Estandarizada).	68
<b>Anexo 07:</b> Utilización de Google Earth Engine para descarga de datos del SPI de Capachica.	69
<b>Anexo 08:</b> SPI de Capachica para los años 2000 a 2024.	70
<b>Anexo 09:</b> Galería fotográfica.	71

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo Analizar el déficit hídrico por precipitaciones pluviales y la escasez de agua en la comunidad Lago Azul, Yapura Capachica durante el período 2000 - 2024. Los materiales fueron los datos meteorológicos de precipitaciones pluviales mm/día proporcionados por el SENAMHI de la estación meteorológica del distrito de Capachica. En los métodos el diseño es no experimental, porque no se intervinieron las variables. Es de tipo descriptiva porque se describieron los acontecimientos tal como sucedieron en la realidad. La población estuvo conformada por la superficie 3,6 km<sup>2</sup> de la comunidad Lago Azul. Como muestra se consideró a toda la población de los 3.6 km<sup>2</sup>. Llegando a los siguientes resultados: La precipitación anual mostró alta variabilidad interanual, con años secos críticos como 2007, 2009 y 2016, y años con valores superiores a la media como 2002 y 2001, el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) evidenció que el 56.4 % de los meses presentaron condiciones normales, mientras que 20.2 % de los meses estuvieron asociados a sequía moderada y 3.6 % a sequía severa, indicando que los déficits de precipitación han sido recurrentes pero concentrados en meses de temporada seca. La proyección mediante modelo ARIMA indica que las precipitaciones podrían mantenerse relativamente estables entre 731 y 738 mm de 2025 a 2030, con un intervalo de confianza amplio, reflejando incertidumbre en la disponibilidad futura de agua. En un escenario pesimista, la precipitación podría descender hasta 430 mm, lo que incrementaría el estrés hídrico, mientras que en un escenario optimista podría superar los 1030 mm, permitiendo cierta recuperación hídrica. Se concluye que en la comunidad de Lago Azul, Yapura – Capachica, ha presentado un déficit hídrico moderado durante el periodo 2000–2024, caracterizado por la disminución y variabilidad de las precipitaciones pluviales, sumado al aumento de las temperaturas máximas y a la disminución de las temperaturas mínimas. Estos factores climáticos han generado una escasez de agua intermitente, afectando la disponibilidad hídrica local.

**Palabras clave:** Déficit hídrico, Precipitación pluvial..

## ABSTRACT

This research aims to analyze the water deficit due to rainfall and water scarcity in the Lago Azul community, Yapura Capachica, during the period 2000–2024. The data used were meteorological data on rainfall in mm/day provided by SENAMHI (National Institute of Statistics and Census) from the meteorological station in the Capachica district. The methods used were non-experimental, as no variables were manipulated. The study is descriptive, as events were described as they actually occurred. The population consisted of an area of 3.6 km<sup>2</sup> in the Lago Azul community. The entire population of the 3.6 km<sup>2</sup> area was considered as a sample. reaching the following results: Annual precipitation showed high interannual variability, with critical dry years such as 2007, 2009 and 2016, and years with above-average values such as 2002 and 2001, the Standardized Precipitation Index (SPI) showed that 56.4% of the months presented normal conditions, while 20.2% of the months were associated with moderate drought and 3.6% with severe drought, indicating that precipitation deficits have been recurrent but concentrated in dry season months. The ARIMA model projection indicates that rainfall could remain relatively stable between 731 and 738 mm from 2025 to 2030, with a wide confidence interval, reflecting uncertainty in future water availability. In a pessimistic scenario, precipitation could drop to 430 mm, increasing water stress, while in an optimistic scenario, it could exceed 1030 mm, allowing for some water recovery. It is concluded that the community of Lago Azul, Yapura-Capachica, has experienced a moderate water deficit during the period 2000–2024, characterized by the decrease and variability of rainfall, coupled with rising maximum and falling minimum temperatures. These climatic factors have generated intermittent water shortages, affecting local water availability.

**Keywords:** Water deficit, rainfall, Temperatures.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida y un elemento fundamental para garantizar el desarrollo sostenible de las comunidades. Su acceso y disponibilidad no solo permiten satisfacer necesidades básicas como el consumo humano, la higiene y la alimentación, sino que también resultan vitales para actividades económicas como la agricultura, la ganadería y el comercio. En ese sentido, el derecho al agua ha sido reconocido como un derecho humano por la comunidad internacional. El 28 de julio del 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó una resolución histórica en la que se reconoce “el derecho a beber agua y al saneamiento como un derecho humano significativo para completar la alegría de la vida y todos los derechos humanos”. A partir del año 2015, la Asamblea General y el Consejo de Derechos Humanos reafirmaron este derecho. (ONU, 2025).

En el contexto peruano, el agua ha sido reconocida como un derecho fundamental para la persona, tal como se expone en la tesis "Institucionalización del Derecho al Agua del Consumo Humano como Derecho Fundamental en el Perú", donde se resalta la importancia biológica y social del recurso hídrico. Según esta investigación, el Perú enfrenta una creciente crisis de agotamiento del agua, debido a que no se trata de un recurso infinito. A pesar de las iniciativas como la desalinización de agua de mar, estos métodos no suplen completamente las necesidades nutricionales ni garantizan la sostenibilidad, generando incluso conflictos sociales por su escasez (Calzin y Zunilda, 2021).

Desde el ámbito jurídico, la Constitución Política del Perú establece en su artículo 7 que el acceso al agua potable es un derecho progresivamente reconocido. El Estado garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre cualquier otro uso, promoviendo además la gestión sostenible de los recursos hídricos como elementos estratégicos y patrimonio de la Nación (Congreso de la República, 2017). Sin embargo, este derecho se ve amenazado en diversas regiones del país, donde el cambio climático y el déficit de precipitaciones están afectando la disponibilidad de agua. Este es el caso

de la comunidad de Lago Azul, ubicada en Yapura, distrito de Capachica, donde se ha evidenciado una disminución paulatina del recurso hídrico en los últimos años. Este fenómeno ha generado impactos negativos en el acceso al agua potable, así como en la producción agrícola, la ganadería y otras actividades que sostienen la economía local.

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad analizar las causas y consecuencias de la escasez de agua producto del déficit de precipitaciones pluviales en dicha comunidad, durante el período 2000 - 2024. Comprender estos factores permitirá proporcionar insumos relevantes para una adecuada gestión del recurso hídrico, el diseño de estrategias de mitigación frente a la variabilidad climática, y la promoción de políticas públicas sostenibles que garanticen el abastecimiento de agua a futuro.

Asimismo, esta investigación tiene como objetivo aportar información teórica y práctica relevante. En el plano académico, se generarán datos históricos sobre las precipitaciones y su relación con la escasez de agua, útiles para futuras investigaciones en temas de gestión hídrica. A nivel local, los resultados permitirán a la población comprender la evolución y proyección de este problema, promoviendo un uso responsable y sostenible del agua.

Finalmente, el desarrollo del presente documento se ha dividido en los siguientes capítulos:

- **Capítulo I** – Planteamiento del problema: Vincula directamente con la escasez de agua en Lago Azul al identificar el déficit de precipitaciones como causa principal. Presenta antecedentes que contextualizan el fenómeno a nivel global, nacional y local, y define los objetivos que guían el análisis del periodo 2000–2024.
- **Capítulo II** – Marco teórico y conceptual: Fundamenta el estudio con teorías sobre el cambio climático, hidrología y gestión del recurso hídrico. Establece conceptos clave como “déficit hídrico” y “precipitaciones pluviales”, y formula hipótesis que explican la relación entre la disminución de lluvias y la escasez de agua en la comunidad.
- **Capítulo III** – Metodología: Detalla cómo se investigó la escasez de agua en Lago Azul, incluyendo la caracterización de la zona, la selección de la muestra poblacional

y el uso de herramientas estadísticas para analizar datos de precipitación y disponibilidad hídrica.

- **Capítulo IV** – Resultados y análisis: Presenta evidencia empírica sobre la disminución de lluvias y su impacto en el acceso al agua. Los resultados permiten validar o refutar las hipótesis y ofrecen una interpretación crítica del problema en función de los objetivos planteados. finalmente se concluye el documento con los anexos, las conclusiones y las recomendaciones.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Cerca de 1.200 millones de personas en todo el mundo enfrentan déficit hídrico y escasez de agua. El cambio climático intensificará este problema de la escasez de agua por las actividades antrópicas y el cambio climático. Pone en riesgo su salud y sus medios de sustento, aumentando el estrés hídrico y las sequías recurrentes, y los cambios en los hábitos alimenticios. Esto pone en riesgo tanto los medios de vida como la seguridad alimentaria y la nutrición de las comunidades rurales y urbanas, siendo la población rural pobre la más afectada. (FAO, 2021)

En la N° 384 -2022-GR PUNO/GR. La sequía o déficit hídrico es uno de los eventos naturales más complejos y que impacta a más personas. La región de Puno presentó distintos niveles de sequía, siendo las más severas de 1982, 1983, y 2015, 2016 la población Puneña, experimentó una de las más severas sequías ocurridas en el sur del país en donde dejó graves consecuencias; en los productores agrícolas y pecuarios e incluso muerte de personas. La sequía que se manifiesta con la presencia del Fenómeno El Niño son las más destructivas, se identificaron daños cuantiosos principalmente en las provincias de Melgar, Lampa, San Román, Puno, El Collao, Chucuito y Yunguyo. Las sequías provocaron grandes pérdidas en el sector agrícola, debido a la escasez de lluvias. (GORE- PUNO, 2021)

Tesis titulada: Evaluación de la calidad de agua para el consumo humano en la isla de Ccapi los Uros del lago Titicaca de la UPSC Puno, sobre la calidad de agua para

consumo humano en el lago Titicaca. Menciona en sus conclusiones: Al evaluar la calidad de agua para el consumo humano en la población de la isla de Ccapi los Uros, se concluye que la calidad de agua no es apta para el consumo humano, porque exceden los parámetros físicos, químicos y biológicos. En conclusión el agua del lago Titicaca cercanías a la comunidad de Lago Azul no es apta para el consumo. (Huarachi 2021)

En la comunidad de Lago Azul se pretende investigar: Sobre la escasez de agua, por déficit de precipitaciones pluviales durante el periodo 2000 - 2024. Obteniendo el registro de datos meteorológicos del SENAMHI, ubicado en la comunidad de Lago Azul.

Hoy en día la comunidad de Lago Azul se encuentra en un grave problema de escasez de agua para el consumo humano y actividades agropecuarias, las fuentes hídricas se están secando durante los últimos años, a pesar de estar rodeada del lago más grande de agua dulce. El lago está bajando su nivel de agua cada vez más, y contaminando por sus afluentes que transportan residuos mineros, desechos, aguas servidas de las grandes ciudades como: Puno, Juliaca, Ilave, Desaguadero, Alto La Paz Bolivia, etc.

El presente proyecto de tesis busca analizar las causas del déficit de precipitaciones pluviales que ocasiona la escasez de agua y proporcionar información relevante a las autoridades de las instituciones de gobierno e investigadores. Para que tomen las acciones preventivas y determinen las alternativas de solución inmediatas frente a la problemática sobre la disminución progresiva de los recursos hídricos. Que son ocasionados por el déficit de precipitaciones pluviales Por tal motivo se formula la siguiente interrogante de investigación.

### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿En qué medida las precipitaciones pluviales ocasionan el déficit de agua, según los registros de datos del SENAMHI. en la comunidad Lago Azul Yapura, Capachica, período 2000 - 2024?.

### 1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo es la variación de las precipitaciones pluviales según los datos meteorológicos registrados por el SENAMHI, durante el periodo 2000 - 2024 en la comunidad de Lago Azul Yapura Capachica?
- ¿Cuáles son los escenarios del déficit hídrico, su proyección e impacto en la disponibilidad de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura Capachica?

### 1.2. ANTECEDENTES

#### 1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

UNESCO (2020), En el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático. Resumen: El objetivo es que el cambio climático afectará la disponibilidad, calidad y cantidad de agua, para las necesidades humanas básicas poniendo en peligro el disfrute del derecho humano al agua y saneamiento, miles de millones de personas. Los cambios inducidos por el cambio climático dificultarán aún más la gestión sostenible de los recursos hídricos que ya se encuentran bajo presión en muchas partes del mundo. La seguridad alimentaria y la salud humana, los asentamientos urbanos y rurales, la producción de energía, el crecimiento industrial, y el desarrollo económico y los ecosistemas dependen del agua, por consiguiente son vulnerables al cambio climático, en conclusión: adaptarse y mitigar el cambio climático por medio de una gestión hídrica es fundamental para el desarrollo sostenible.

Cazares et al., (2021), En su trabajo Estrategias de las mujeres del noreste de México para la sostenibilidad de la vida frente a la escasez del agua. Resumen: los objetivos son conocer las opiniones de las mujeres en Buñuelos, Coahuila, los significados de la situación actual del agua en su área, que dan atracción y las estrategias que hacen para mantener la vida familiar y social, dada su falta. Metodología: se realizaron entrevistas etnográficas y se desarrollaron grupos focales de acuerdo con la metodología cualitativa. Resultados: las formas de vida del capitalismo limitan el acceso al agua en las mujeres.

Reszczyński, (2024), Las altas temperaturas y escasez de lluvia: el impacto del cambio climático en la actividad económica de Chile. Resumen: Este trabajo explora el impacto del cambio climático en la actividad económica de Chile uso de un modelo de crecimiento al azar que afecta la actividad económica diferencias de temperatura y precipitación con respecto a sus estándares históricos. Para esto. Los resultados muestran que el cambio climático tiene un impacto negativo sobre la agricultura. Específicamente, el aumento de la temperatura tiene un efecto negativo y significativo en la actividad económica. Para precipitación, se encuentra que la lluvia solo afecta negativamente al sector agrícola que revela cambios en el clima.. Finalmente, resulta que las ondas de calor y los tiempos de sequía pueden causar resultados muy graves.

### **1.2.2. A NIVEL NACIONAL**

Velarde & Azucena, (2022), Desarrollaron la Seguridad Hídrica como estrategia de mitigación ante Problemas de escasez hídrica: el caso de Perú. Resumen: Esta investigación busca ver el trabajo sobre el tema de Seguridad hídrica y Gobernanza Hídrica a nivel mundial, latinoamericano y en el caso del Perú.. Esto con el objetivo de observar cuánta investigación se ha realizado alrededor de la Gobernanza Hídrica y en qué sectores se ha desarrollado tales como salud, minería, género, entre otros. A partir de esto, es importante observar, en el caso específico de Perú, la respuesta del Estado para hacer frente a problemas de escasez hídrica en la región de La Libertad durante los años 2018 a 2022. En este caso en específico la región está en constante declaratoria de sequía que afecta a la región constantemente, se observará en la primera parte del trabajo la revisión de literatura de aportes académicos en relación con los estudios realizados desde el ámbito mundial, latinoamericano y el peruano. En conclusión en el caso peruano, la seguridad hídrica es un tema recién introducido hacia el año 2008. Por ello, en nuestra región no se han incorporado las estrategias para el logro de una buena Gobernanza Hídrica puesto que esto continúa en construcción y en proceso de institucionalización. Lo que sí es importante resaltar es que las políticas en la región se

adaptan a los distintos gobiernos regionales. Tal es el caso de Ica en el que se busca considerar mesas de diálogo

Carrasco (2018), En su trabajo caracterización de sequías meteorológicas en la cuenca Alto Jequetepeque mediante índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración.

Resumen: El objetivo de este estudio es examinar la identificación y el desarrollo de las sequías climáticas en la cuenca Alto Jequetepeque durante el intervalo de 1969 a 2016, mediante la utilización de dos métricas de sequía diferentes: el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) y el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI), calculados en períodos de 1 y 9 meses. Estos cálculos fueron realizados tras un análisis estadístico sistemático preliminar de las series de datos climáticos y meteorológicos, con el fin de comprender cómo se comportan, ya que estas variables son cruciales para analizar fenómenos naturales. Las sequías más severas se registraron en las estaciones meteorológicas de San Juan durante 13 meses con un déficit hídrico de 15.44 entre 1984 y 1985, según los análisis de SPI, y en Magdalena con 9 meses y un déficit de 12.4 durante los años 1996 a 1997, para los análisis de SPEI. En resumen, los hallazgos obtenidos establecen una base para el seguimiento, la planificación, la mitigación y la previsión de los impactos negativos de las sequías climáticas.

Oré et al., (2014), Sobre Retos para la gestión de la cuenca del río Ica. Expresa: lo siguiente: Actualmente enfrentamos una crisis en la gestión del agua en el país, ya que la necesidad de este recurso ha crecido bastante, mientras que la disponibilidad se ha mantenido constante o incluso ha disminuido debido a la contaminación o al cambio climático que afecta las cuencas de los ríos. Este libro incluye seis ensayos de diversas disciplinas que analizan los desafíos en la gestión del agua del río Ica y su repercusión en los ámbitos político, económico y social de la región. La inquietud por la falta de agua ha cobrado importancia a nivel internacional, nacional y local, debido a las repercusiones del cambio climático y la presión que el aumento de las actividades productivas ejerce sobre este recurso. Este trabajo de investigación sobre la disminución de los recursos hídricos ofrece contribuciones esenciales para entender las complejas conexiones entre los

sectores productivos y la comunidad en relación al agua y la tierra en la cuenca del río Ica en las áreas de Ica y Huancavelica.

### **1.2.3. A NIVEL LOCAL**

Quispe & Huanca, (2021), En su trabajo, Evaluación de la disponibilidad hídrica en la cuenca llave bajo escenarios del cambio climático. Resumen: Actualmente, el cambio climático drástico ha amenazado la demanda de agua, aumentando la presión sobre la cantidad y la calidad del agua que está disponible en todo el mundo. El estudio actual se realizó en el Altiplano de Perú. Su objetivo es evaluar la disponibilidad de recursos hídricos en la cuenca de llave durante los escenarios de cambio climático, con un modelo de herramienta de evaluación de suelo y agua (SWAT), metodología: la evaluación se realizó en un periodo de 30 años (1986- 2016) utilizando datos climáticos diarios y anuales. según los resultados: La precipitación en los escenarios del cambio climático proyecta una disminución de -38.08 mm a -0.29 mm, la mayor disminución de precipitación se da en época de lluvia y se incrementa en época de estiaje, concluyendo que el recurso hídrico disminuirá en -41.2% para el año 2050.

SENAMHI (2023), Análisis del déficit de lluvias en el departamento de Puno en los periodos 2022/2023 y 2023/2024. El periodo de lluvias setiembre 2022 - abril 2023 el Altiplano de Puno se caracterizó por una marcada deficiencia de lluvias debido a patrones océano-atmosféricos que predominaron durante la primavera y verano (INFORME N°01-2023/SENAMHI-DMA-DHI-DAM), definiendo uno de los periodos más secos de los últimos 60 años. Esta condición de déficit persiste en la actualidad y los pronósticos dan cuenta de un escenario probable de lluvias por debajo del promedio en los siguientes meses (INFORME TÉCNICO N°11-2023/SENAMHI-DMA-SPC e INFORME TÉCNICO N°12-2023/SENAMHI-DMA-SPC), en tanto, los índices de sequías como el SPI o Índice Estandarizado de Precipitación actualizado a setiembre 2023 (SPI-12 OCT 2022 - SET 2023) continúa evidenciando esta condición seca desde octubre del 2022.

Pizano, (2017) En su trabajo Determinación De Frecuencias De Sequía En La Provincia De Puno Con Fines De Planeamiento Del Uso De Recursos Hídricos. Resumen: la

investigación tiene como objetivo realizar el análisis temporal de la sequía meteorológica en la provincia de Puno para un periodo de 48 años (1964 al 2011) a través del método de índice de precipitación estandarizada (SPI). La metodología: a) Determinar la serie histórica de precipitaciones totales mensuales de las estaciones Puno, Capachica, Uros, Laraqueri y Mañazo, b) Analizar la consistencia de la información pluviométrica para determinar su homogeneidad, c) Determinar la frecuencia de ocurrencia de los eventos de sequía de acuerdo a los rango de valores de IPE propuesto por Mc Kee; Los resultados indican que en promedio para las 05 estaciones, considerando un periodo de 48 años, se tiene 576 eventos analizados, el 1.2 % corresponde eventos extremadamente húmedos, el 3.3 % a eventos muy húmedos, 10.2 % a eventos moderadamente húmedos, 41.1 % a eventos ligeramente húmedos, 24.1 % a eventos ligeramente seco, 11.8 % a eventos de sequías moderadas, 5.2 % a eventos de sequías severas y el 3 % a eventos de sequías extremas. Estas últimas afectan a las actividades agrícolas.

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar el déficit hídrico por precipitaciones pluviales y la escasez de agua en la comunidad Lago Azul, Yapura Capachica durante el período 2000 - 2024.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar datos meteorológicos proporcionados por el SENAMHI sobre las precipitaciones pluviales durante el periodo 2000-2024, para identificar la variación en la comunidad de Lago Azul, Yapura, Capachica.
- Determinar los escenarios climáticos de los próximos años por la disminución de las precipitaciones que ocasionan la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica período 2000 - 2024.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. DÉFICIT DE PRECIPITACIONES PLUVIALES:

La temporada de lluvias en nuestro país se lleva a cabo de septiembre a mayo y ofrece la máxima lluvia durante los meses de verano (enero a marzo). La intensidad de la lluvia estará sujeta al comportamiento marino y atmosférico, causando cantidades mayores o más bajas que sus valores normales, para poder mostrar situaciones extremas en una determinada habitación y tiempo. El objetivo de este mensaje es mostrar el acceso al riesgo de déficit hídrico, que sufre la población en los meses venederos . (CENEPRED, 2024)

##### 2.1.2. MONITOREO DE PRECIPITACIONES PLUVIALES

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Perú - Senamhi, a través de Su línea se aborda realizando una supervisión atmosférica e hidrológica Nacional. También desarrolla y distribuye pronósticos meteorológicos, climáticos y climáticos Hidrológicamente; y coordinado con unidades públicas y privadas Implementación meteorológica, climática, hidrológica y La toma de decisiones informadas agroclimáticas basada en encuestas y Estudios de variaciones climáticas y cambio climático (Senamhi, 2023)

##### 2.1.3. FENÓMENOS NATURALES QUE OCASIONAN DÉFICIT DE PRECIPITACIONES:

###### 2.1.3.1. Fenómeno del Niño

Para hablar sobre el fenómeno del "niño", es un evento climático con una corriente de aguas calientes frente al sur, servida cada año en el mar, en la orilla seca del norte del

Perú, y al final del año en el verano, Este es un gran evento que se extiende por todo el Pacífico Sur. El fenómeno de El Niño es un aumento general en la temperatura de la superficie del mar en las partes del sector este y central del Pacífico. Además, una disminución de la presión atmosférica en el Pacífico Sur y un aumento de temperatura en la región de Oceanía (MIDACRI, 2020).

### **2.1.3.2. Cambio Climático**

El cambio climático afectará la disponibilidad, calidad y cantidad de agua para las necesidades humanas básicas, poniendo en peligro el disfrute efectivo del derecho humano al agua y saneamiento de, potencialmente, miles de millones de personas. Los cambios hidrológicos inducidos por el cambio climático dificultará aún más la gestión sostenible de los recursos hídricos, afectará La seguridad alimentaria, la salud humana, los asentamientos urbanos y rurales, la producción de energía, el desarrollo industrial, el crecimiento económico y los ecosistemas dependen del agua (Unesco, 2020)

### **2.1.3.3. La Deforestación**

Diversas investigaciones han demostrado que los bosques tropicales juegan un papel importante en la regulación del clima local, regional y global a través de su impacto en los ciclos de energía, agua y carbono. La presencia o ausencia de lluvias, por ejemplo, depende de la situación en que se encuentren los bosques tropicales, pues de su evapotranspiración —el agua que ellos “transpiran”— contribuye hasta con el 41 % de la precipitación media en la Amazonía y hasta con el 50 % en el Congo. Así que al aumentar la deforestación, disminuyen las lluvias. Un artículo publicado a principios de marzo de 2023 en la revista Nature analizó cómo la deforestación de los bosques tropicales tiene consecuencias en la cantidad de lluvia que recibe una región. Los investigadores analizaron la pérdida de cobertura forestal y los datos de lluvias en los bosques tropicales entre 2003 y 2017, encontrando una reducción en las precipitaciones en las zonas deforestadas y entre los 5 y los 200 kilómetros alrededor de esas áreas. (Cardona, 2023)

## 2.1.4. ESCASEZ DE AGUA

### 2.1.4.1. Causas Antropogénicas

- **Mala Gestión**

El tema de La escasez del agua, entorno a su mala distribución, a través de los años el agua ha sido mal usada, por lo que ahora en varios estados de la república se trata de prevenir la escasez de este recurso por medio de él tandeo que a mi ver ha provocado un gran desequilibrio en la sociedad, así como un desprendimiento económico (Iglesias, 2020).

- **Vertido De Aguas Servidas al Lago Titicaca**

Todos los ríos que desembocan en el lago Titicaca están contaminados con metales pesados, residuos fecales y basura, situación que ha generado consecuencias negativas en la salud de los pobladores que consumen el agua de estos afluentes.. Sin embargo, para afrontar esta problemática, las autoridades y representantes de la población de Puno aún no han podido pasar del diálogo a las acciones concretas (Orihuela, 2023).

- **Aguas Residuales Mineras en el Area Urbana**

En sus conclusiones el estudiante de la UPSC de Puno, la calidad de agua para consumo humano en pozos excavados de la urbanización Magisterial del sector Taparachi - Juliaca en el año 2024, no cumplen con el reglamento de la calidad del agua para consumo humano del DS 031-2010-SA, ésto se ha verificado en los 4 pozos estudiados. Concluye que no es apta para el consumo humano. las causas refieren a actividades humanas. (APAZA, 2024).

- **El Agua en La Agricultura e Industria**

El agua es un recurso crucial para la agricultura. A escala mundial, el 72% de todas las extracciones de agua dulce se destinan al sector agrario. Del resto, un 12% se destina a la industria y a la producción de energía, y un 16% al consumo humano de forma directa. (Montoriol, 2022)

## **2.1.5. EFECTOS DE LA ESCASEZ DE AGUA**

La ausencia de agua potable limita las oportunidades para las mujeres, debido a que son ellas las encargadas de abastecer el líquido potable, mientras que los hombres de las familias afectadas por lo general se dedican a la toma de decisiones respecto a la gestión del sistema de abastecimiento, lo cual incrementa la cultura machista. Esta situación limita las posibilidades de desarrollo y disminuye el empoderamiento femenino. (SUNASS, 2024)

### **2.1.5.1. Indicadores de Escasez de Agua**

El indicador Falkenmark, más conocido como escasez de agua a nivel nacional es el agua renovable per cápita, para que se usen valores umbral de 500, 1.000 y 1 700 m<sup>3</sup>/ persona/año para distinguir entre distintos niveles de estrés hídrico. Según este criterio se considera que un país o una región se enfrenta a la escasez absoluta de agua si los recursos hídricos renovables son <500 m<sup>3</sup> per cápita, escasez crónica de agua si los recursos hídricos renovables están entre 500 y 1.000 m<sup>3</sup> per cápita, y estrés hídrico entre 1.000 y 1 700 m<sup>3</sup> per cápita . Esta sencilla aproximación a la medida de la escasez de agua se basa fundamentalmente en estimaciones del número de personas que puede contar con una determinada unidad de recursos hídricos . (FAO, 2013).

### **2.1.5.2. Causas de la Escasez de Agua en La Comunidad de Lago Azul**

Se menciona las principales causas de la escasez de agua en la comunidad:

- La escasez de las precipitaciones pluviales en los últimos años:
- Mala distribución
- Destrucción de fuentes naturales de agua
- Poca conciencia sobre la escasez de agua.
- Mayor demanda

### **2.1.5.3. Consecuencias de La Escasez de Agua en la Comunidad de Lago Azul**

- Enfermedades
- Pérdida de cultivos y ganado
- Reducción de ingresos económicos

- Conflictos entre comunidades.

### **2.1.6. LAS CARAS DE LA SEQUÍA EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO PERÚ:**

Podemos definir la sequía como la ausencia de agua en cantidades suficientes para satisfacer las demandas de una población. Esta definición está íntimamente ligada al uso del agua por los seres humanos y sus actividades, los cuales crean una demanda de este bien. Sin embargo, otras definiciones como sequía meteorológica o sequía agrícola, entre otras, tratan de crear estándares que puedan ser comparables a través del tiempo y del espacio, independientemente del tamaño de la población o el tipo de actividades que esta realiza. Por ejemplo, dependiendo de cierta cantidad de agua y considerando la demanda de agua de una población, se podría o no considerar una sequía, pues estaría supeditado al número de habitantes (por ej. la ciudad de Lima con 10 millones de habitantes en comparación con Ica de 132,000 habitantes) y al tipo de actividades que se realiza (agricultores que siembran hortalizas comparados con agricultores que se dedican a la extracción de cochinilla del cactus de la tuna). El hecho de tener una definición ligada a los seres humanos permite medir y extrapolar los costos humanos y materiales relacionados a este tipo de eventos. Así, se generan términos absolutos de pérdidas, pero que no pueden ser comparados ni temporal ni espacialmente. Desde una perspectiva temporal, pueden plantearse ajustes relacionados a algún parámetro estándar como el porcentaje de una población o algún índice macroeconómico; sin embargo, estas son aproximaciones muy gruesas, ya que no enfocan los cambios de tecnología y el acceso a bienes. (Baigorria et al., 2021)

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. DÉFICIT HÍDRICO**

Es la posibilidad de falta o escasez del agua para el consumo las Causas son: La alteración de la temporada de lluvias debido a la presencia del fenómeno de La Niña en las costas peruanas. Medidas de contingencia: Uso responsable del agua potable, uso de fuentes alternativas del agua (pozos subterráneos). (ANA, 2020).

### **2.2.2. ESCASEZ DE AGUA**

La escasez es cuando no hay suficiente cantidad de este líquido elemental, es muy difícil acceder a él o su calidad es muy mala para satisfacer necesidades básicas. El desequilibrio entre la oferta y la demanda de agua para el consumo humano en un área determinada del país, región, zona de captación, cuenca fluvial, etc. (FAO, 2021).

### **2.2.3. ESCASEZ HÍDRICA**

El agua dulce es un recurso finito, el mundo se está enfrentando a una escasez generalizada en gran parte debido al crecimiento de la población, el cambio climático y la mala distribución. En su informe del año 2018 el banco mundial advierte que la demanda de agua para uso agrícola y no agrícola va en aumento y la escasez de agua se está volviendo aguda en gran parte del mundo desarrollado. (Oré et al., 2014).

### **2.2.4. ESTRÉS HÍDRICO**

Es una situación en la que la demanda de agua es mayor a la cantidad disponible. A nivel mundial estas evaluaciones se acomodan a que si una cuenca padece estrés hídrico, es cuando ocurre que la cantidad de agua disponible por persona es menor a 1.000 m<sup>3</sup>/año. (LUCAS, 2021).

### **2.2.5. PRECIPITACIÓN**

Se refiere a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma de lluvia, llovizna, nieve y granizo. Son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental. (Paz & Ríos, 2021).

### **2.2.6. PRECIPITACIONES PLUVIALES**

Es el principal vector de entrada del ciclo hidrológico y se refiere a la cantidad total de agua que cae sobre la superficie terrestre. Se presenta en forma líquida (lluvia, niebla, rocío), o sólida (nieve, granizo, escarcha). Se deriva del vapor de agua atmosférica; están sometidas a la influencia de otros factores climáticos tales como: viento, temperatura y presión atmosférica, La humedad atmosférica es una condición necesaria pero no suficiente para la formación de la precipitación. (R. P. Quispe, 2017).

### **2.2.7. SENAMHI**

Organismo público executor adscrito al Ministerio del Ambiente, tiene como misión generar y proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático para la sociedad peruana de manera oportuna y confiable, contribuyendo de esta manera a la reducción de los impactos negativos (SENAMHI PERU, 2021).

### **2.2.8. SEQUÍA**

La sequía es un fenómeno natural cíclico, que se produce por una reducción de las precipitaciones suficientemente intensa y prolongada como para causar impactos. Se trata de una característica normal de nuestro clima, que nos afecta de manera recurrente y que no se puede predecir. (Greenpeace, 2017).

### **2.2.9. SEQUÍA METEOROLÓGICA**

La sequía meteorológica se presenta cuando se produce una escasez continúa de las precipitaciones durante un período largo de tiempo y cuya duración puede variar dependiendo la región y las condiciones atmosféricas. (Laura, 2022).

### **2.2.10. TEMPERATURA**

La temperatura es una magnitud física que indica frío o calor. Y sabemos desde hace mucho tiempo que las propiedades físicas de la materia dependen de la temperatura, así, el agua líquida se transforma en hielo cuando hace suficiente frío. (Picquart & Carrasco, 2017).

## **2.3. MARCO NORMATIVO**

### **2.3.1. ESTACIÓN METEOROLÓGICA**

De conformidad con el artículo 2 de la Ley N° 24031, Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, tiene por finalidad planificar, organizar, coordinar, normar, dirigir y supervisar las actividades meteorológicas, hidrológicas, en el artículo 4 de la referida Ley N° 24031, precisa que el SENAMHI, tiene como función, “Centralizar y procesar la información meteorológica, hidrológica. (Aliaga Nestares et al., 2024)

### **2.3.2. DECRETO SUPREMO N° 137-2022-PCM**

**Artículo 1.** Declarar el estado de emergencia en varios distritos en algunas provincias de los departamentos de Arequipa y Puno, que forma parte del presente decreto supremo, por peligro inminente ante déficit hídrico, por el plazo de 60 días calendario, para la ejecución de medidas necesarias de reducción del muy alto riesgo existente. (DS-137, 2022)

### **2.3.3. DECRETO SUPREMO N° 122-2023-PCM**

**Artículo 1.- Declaratoria del Estado de Emergencia,** Declarar el Estado de Emergencia en varios distritos de algunas provincias de los departamentos de Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, Ica, Moquegua, Puno y Tacna, que forma parte del presente decreto supremo, por peligro ante déficit hídrico como consecuencia del posible Fenómeno El Niño 2023-2024. (DS - 122, 2023)

## **2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Según el análisis realizado de los datos meteorológicos del SENAMHI, la variación de las precipitaciones pluviales, vienen disminuyendo en los últimos años generando la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica, durante el período 2000 - 2024.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA.**

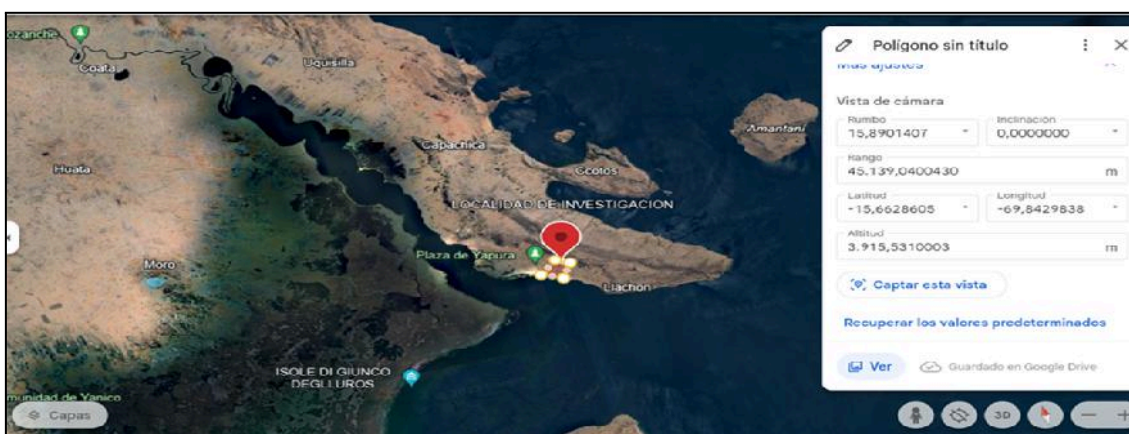
- Según los datos meteorológicos obtenidos del SENAMHI, las precipitaciones pluviales vienen disminuyendo en la comunidad Lago Azul Yapura, Capachica durante el período 2000 - 2024.
- Los escenarios climáticos para los próximos años por la disminución de las precipitaciones pluviales vienen provocando la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica, período 2000 - 2024.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio de investigación se realizó en el departamento, provincia de Puno, distrito de Capachica, Centro Poblado de Yapura, comunidad de Lago Azul, la cual tiene una superficie de 3,6 km<sup>2</sup>, es una península, a orillas del lago Titicaca, tiene un clima frío y seco. La población se dedica a la agricultura, ganadería.



**Figura 01:** Ubicación geográfica de la comunidad de Lago Azul.

**Fuente:** Google Earth.

#### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

##### 3.2.1. POBLACIÓN

La población estuvo conformada por la superficie 3,6 km<sup>2</sup> de la comunidad Lago Azul, debido a que allí se realizó el análisis sobre el déficit de agua por variación de precipitaciones pluviales máximas y mínimas en (mm) durante el periodo de 2000 - 2024.



**Figura 02:** Área de estudio en la comunidad de Lago Azul.

**Fuente:** Google EARTH

### 3.2.2. MUESTRA

Para el presente estudio se consideró como muestra a toda la población de 3.6 km<sup>2</sup>, como superficie sobre la cual se tiene influencia de los fenómenos meteorológicos y los datos meteorológicos que fueron proporcionados por la estación del SENAMHI ubicada en la comunidad de Lago Azul.

**Muestra no Probabilística:** Se utilizó la muestra no probabilística censal o muestra intencionada: consiste en que el investigador escoge intencionalmente sus unidades de estudio. La muestra consistió en la recopilación de datos pluviométricos de la estación meteorológica del SENAMHI.

**Tabla 01:** Ubicación geográfica de la estación de SENAMHI.

<b>Estación : CAPACHICA</b>			
<b>Departamento :</b>	PUNO	<b>Provincia :</b>	PUNO
		<b>Distrito :</b>	CAPACHICA
<b>Latitud :</b>	15°36'48.4"	<b>Longitud :</b>	69°50'32"
		<b>Altitud :</b>	3822 msnm.
<b>Tipo :</b>	CO	<b>Código :</b>	100021
	Meteorológica		

**Tabla 02:** presentación de datos meteorológicos en las páginas del SENAMHI

<b>DIA/MES/AÑO</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>		<b>PRECIPITACIÓN (mm/día)</b>
	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>	<b>TOTAL</b>
01/12/2023	14.4	6.2	3.7
02/12/2023	16	6.6	0
03/12/2023	17.2	7	2.4
04/12/2023	17.6	6.2	3.3
05/12/2023	16.2	5.6	0
06/12/2023	17.8	7.4	1.4
07/12/2023	18.2	5.2	0
08/12/2023	15.8	7.4	30.7
09/12/2023	17.8	6.8	11.2
10/12/2023	16.2	7.4	30.7
11/12/2023	15.2	6	12.4

---

<b>DIA/MES/AÑO</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>		<b>PRECIPITACIÓN (mm/día)</b>
12/12/2023	16.6	7.4	0
13/12/2023	16	7	2.8
14/12/2023	16.6	5.4	1.1
15/12/2023	17.4	7.6	12.7
16/12/2023	16.8	7.2	0
17/12/2023	17.2	7.2	16.3
18/12/2023	17.4	5.8	0
19/12/2023	17	8.8	10
20/12/2023	15.6	6.2	0

---

### **3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS**

#### **3.3.1. TÉCNICAS**

Revisión bibliográfica, recolección de datos meteorológicos históricos periodo 2000-2024 de la estación pluviométrica del SENAMHI.

#### **3.3.2. INSTRUMENTOS**

Registro de análisis de datos meteorológicos históricos en los equipos informáticos uso de soporte Excel para su tabulación y análisis.

#### **3.3.3. MATERIALES**

##### **Materiales de Escritorio**

- Cuadernos de apunte
- Lapiceros
- Tablero

- lápiz

### **Equipos de Protección Personal (EPPS) y de Transporte**

- Casco de seguridad
- Zapatos de seguridad
- Chaleco
- Moto lineal

### **Equipos Electrónicos y Servicios**

- GPS satelital
- Laptop
- Celular
- Cámara fotográfica
- Internet
- Computadora.

## **3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

### **3.4.1. PROCEDIMIENTO PARA LOGRAR OBJETIVO ESPECÍFICO 01**

Analizar datos meteorológicos proporcionados por el SENAMHI sobre las precipitaciones pluviales durante el periodo 2000-2024, para identificar la variación en la comunidad de Lago Azul, Yapura, Capachica.

#### **1. Recolección de Datos:**

- Se solicitaron los datos históricos de precipitaciones al SENAMHI del periodo 2000 - 2024.
- Se recibieron los datos meteorológicos de precipitaciones pluviales solicitados al SENAMHI mediante el correo electrónico.
- Se buscó datos alternativos en base de datos proporcionados, de otros como atlas climáticos, como la Organización Meteorológica Mundial (OMM), etc.

#### **2. Organización de Datos Meteorológicos**

- Se revisaron los datos vacíos y con errores.
- Se ordenaron y limpiaron los datos por fecha para facilitar su análisis.

### 3. Análisis Estadístico

#### Representación gráfica:

- Se representa el gráfico en Excel sobre la disminución de las precipitaciones pluviales por año, desde el periodo de 2000 hasta 2024.
- Se calculó el promedio de análisis, variación interanual estándar de precipitaciones pluviales el valor máximo y el valor mínimo.
- Se representa en gráfico en Excel la disminución y el aumento de las temperaturas máximas y las mínimas.

#### Análisis por Periodos de las temperaturas:

- Representación de temperaturas máximas y mínimas anuales.
- Evaluación de variación interanual de temperaturas máximas y mínimas.

### 4. Visualización de Resultados

- Los gráficos muestran incremento y disminución de temperaturas.

#### 3.4.2. PROCEDIMIENTO PARA LOGRAR OBJETIVO ESPECÍFICO 02:

Determinar los escenarios climáticos de los próximos años por la disminución de las precipitaciones que ocasionan la escasez de agua para el consumo humano, así como la reducción de fuentes hídricas ,en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica período 2000 - 2024.

#### 1. Análisis de escenarios climáticos para los próximos años:

- Se elaboró una tabla con pronóstico del modelo (ARIMA) para el periodo “2000 – 2024 hasta 2030
- Se aplicó pruebas estadísticas como ARIMA, Mann-Kendall y otros para detectar tendencias significativas.
- Se calculó con el ARIMA (Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil) para identificar periodos de sequía.
- Relacionar la disminución de precipitaciones pluviales con la disminución de las temperaturas máximas y mínimas.

#### 2. Evaluación de tendencia de las temperaturas máximas y mínimas.

- Aplicación de estadística descriptiva y series de tiempo para identificar la tendencia de las temperaturas máximas.
- Aplicación de estadística descriptiva y series de tiempo para identificar la tendencia de las temperaturas mínimas. La inclinación de la línea (slope)
- Representación en tabla los valores del índice de Precipitación Estandarizado (SPI).
- Representación en Excel del gráfico Identificación de los valores del índice de Precipitación Estandarizado (SPI).
- Elaboración de tabla en Excel sobre la Tendencia anual de meses con sequía (moderada y severa)

### 3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 03:** Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Independiente</b>		- Variación y tendencia de precipitaciones pluviales.
Déficit de precipitaciones pluviales	Variables climáticas	- Variación de Temperatura Mínima anual 2000-2024.
		- Variación de Temperatura Máxima anual 2000-2024.
<b>Dependiente</b>		- Índice de Precipitación Estandarizado (SPI).
Escasez de agua	Patrones de Sequía	

### 3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

#### 3.6.1. TIPO

Descriptiva por que se describieron los acontecimientos tal como sucedieron en la realidad o en la naturaleza, se basa en los datos proporcionados por el SENAMHI de la estación meteorológica ubicada en el distrito de Capachica y a través de la observación en el campo de hechos reales de la escasez de agua que se suscitan en la comunidad de Lago Azul.

### **3.6.2. DISEÑO**

El diseño es no experimental, por que no se intervinieron las variables, pues sólomente se analizaron las variaciones de las precipitaciones pluviales en un periodo de años 2000 hasta 2024, utilizando los datos meteorológicos proporcionados por el SENAMHI.

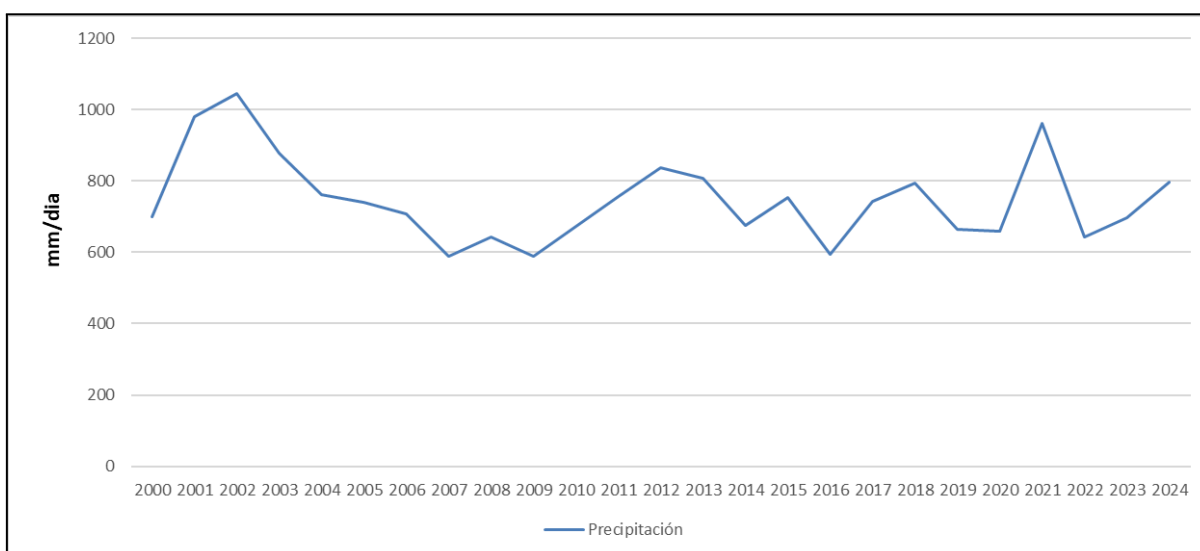
### **3.6.3. ENFOQUE**

La investigación corresponde al enfoque mixto consistente en la obtención de datos meteorológicos para su presentación sistemática en tablas y gráficos para su correspondiente análisis.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS METEOROLÓGICOS PROPORCIONADOS POR EL SENAMHI SOBRE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES DURANTE EL PERIODO 2000-2024, PARA IDENTIFICAR LA VARIACIÓN EN LA COMUNIDAD DE LAGO AZUL, YAPURA, CAPACHICA.



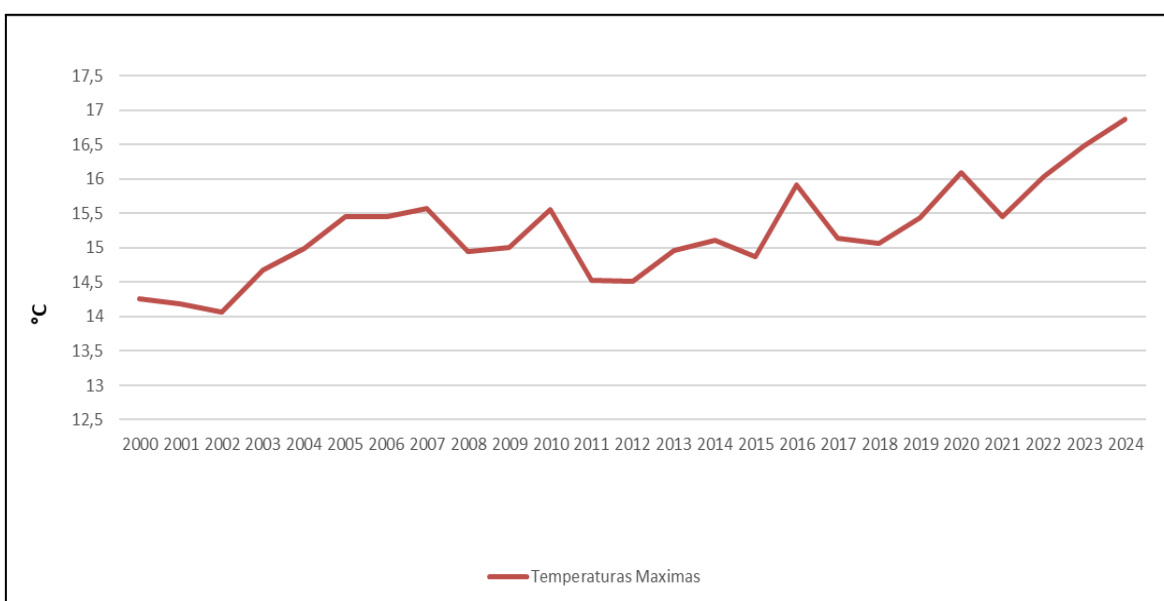
**Figura 03:** Representación en gráfico de precipitaciones pluviales en la comunidad de Lago Azul del periodo 2000 al 2024.

**Fuente:** Datos proporcionados por el SENAMHI (Anexo 05)

El análisis de la precipitación anual en el periodo 2000–2024 muestra una marcada variabilidad interanual, con un promedio de 754.2 mm por año. El valor máximo registrado corresponde al año 2002 con 1046.6 mm, mientras que el mínimo se observó en 2007 con apenas 587.8 mm, lo que refleja un rango de variación cercano a los 460 mm. Esta

diferencia entre los extremos evidencia la alta irregularidad de las lluvias en la zona de estudio.

Durante los primeros años (2000–2005) se presentaron condiciones relativamente húmedas, con un pico sobresaliente en 2002, aunque hacia 2005 las precipitaciones descendieron a niveles más bajos. Entre 2006 y 2010 predominó un periodo seco, donde destaca el año 2007 como el más crítico de toda la serie. Posteriormente, entre 2011 y 2015 se registró una recuperación en los volúmenes de lluvia, con valores que superaron los 830 mm en 2012, aunque sin mantener una tendencia sostenida. Entre 2016 y 2020 las precipitaciones volvieron a reducirse, alcanzando niveles bajos en 2016 (593.1 mm) y en 2020 (659.6 mm). Finalmente, entre 2021 y 2024 se observa un nuevo incremento en las precipitaciones, con un valor máximo de 960.6 mm en 2021 y manteniéndose relativamente altas hasta 2024 con 797.9 mm.



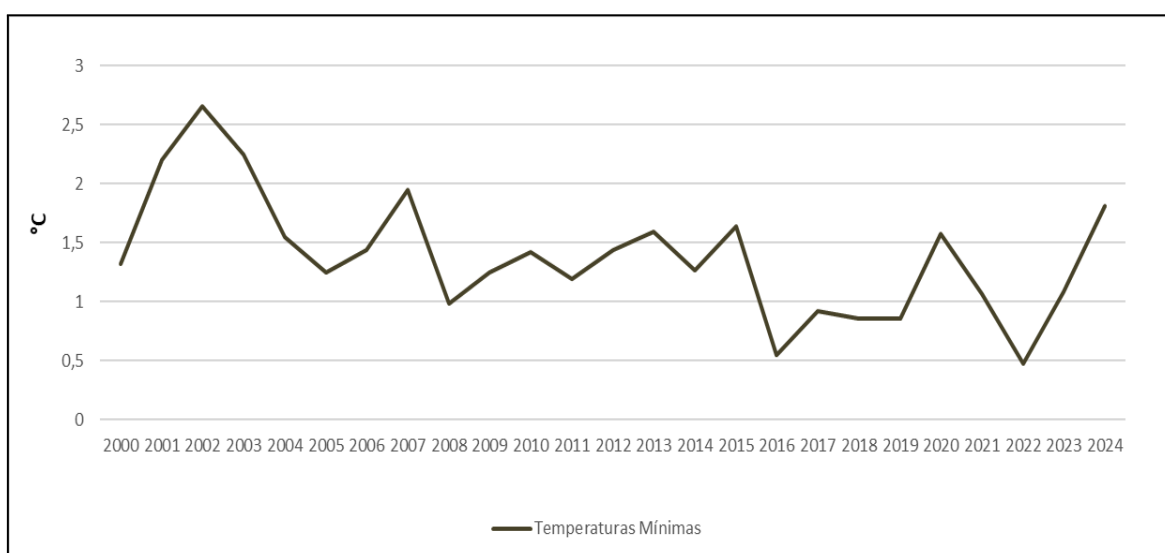
**Figura 04:** Temperaturas máximas en la comunidad de Lago Azul del 2000 al 2024.

**Fuente:** Datos proporcionados por el SENAMHI (Anexo 05)

la serie de temperaturas máximas entre los años 2000 y 2024 de la figura 04 muestra una evolución con variaciones interanuales, pero con una clara tendencia creciente. En los primeros años (2000–2005) las temperaturas se mantuvieron relativamente estables entre **14.06 °C y 15.44 °C**, con pequeñas fluctuaciones, destacando un ligero incremento en

2004 y 2005. A partir del año 2006, se observa un comportamiento más irregular con picos como el del 2007 (**15.57 °C**) y descensos posteriores en 2008 y 2011. Sin embargo, desde el año 2014 en adelante, las temperaturas comienzan a presentar una tendencia más notoria al alza, alcanzando valores por encima de los **15 °C** de manera sostenida.

Un punto de inflexión importante ocurre en 2016, con un incremento significativo hasta **15.91 °C**, lo que marca un cambio en la dinámica de la serie. Posteriormente, aunque existen ligeros descensos en 2017 y 2018, la tendencia general vuelve a ser positiva. El año 2020 constituye otro hito, al registrarse **16.09 °C**, consolidando el patrón ascendente. En los últimos años (2021–2024) el aumento se intensifica, alcanzando el valor más alto de la serie en 2024 con **16.87 °C**, lo que representa un incremento de aproximadamente **2.6 °C** respecto al año 2000.



**Figura 05:** Temperaturas mínimas en la comunidad de Lago Azul del 2000 al 2024.

**Fuente:** Datos proporcionados por el SENAMHI (Anexo 05)

la evolución de las temperaturas mínimas entre los años 2000 y 2024 de la figura 05, presenta un comportamiento más **irregular e inestable** en comparación con las máximas, con oscilaciones marcadas y ausencia de una tendencia lineal claramente creciente. En los primeros años (2000–2004), las temperaturas mínimas fluctuaron entre **1.31 °C y 2.65 °C**, con valores relativamente moderados y algunos picos como en 2002

(**2.65 °C**). Sin embargo, desde 2005 se observa una mayor variabilidad, con descensos por debajo de 1.5 °C y ligeros repuntes en 2007 (**1.94 °C**).

El año 2008 marca un quiebre con una caída significativa hasta **0.98 °C**, seguida por una década (2009–2015) en la que las mínimas se mantuvieron entre **1.1 °C y 1.64 °C**, mostrando estabilidad relativa en valores bajos. No obstante, en 2016 se evidencia un nuevo descenso brusco hasta **0.54 °C**, el valor más bajo de toda la serie, lo que refleja condiciones extremas de enfriamiento. Entre 2017 y 2019 persisten valores igualmente bajos, cercanos a **0.86 °C**, consolidando una etapa de temperaturas mínimas críticas.

En la última etapa (2020–2024), las mínimas muestran cierta recuperación, aunque todavía con alta variabilidad. En 2020 se alcanza un repunte hasta **1.57 °C**, mientras que en 2022 vuelve a caer a **0.47 °C**, el segundo valor más bajo de la serie. Finalmente, en 2024 se registra un aumento importante hasta **1.81 °C**, lo que podría sugerir un inicio de recuperación de las temperaturas hacia los valores más moderados.

#### **SE DESARROLLA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO PLANTEADO:**

### **4.2. ESCENARIOS CLIMÁTICOS DE LOS PRÓXIMOS AÑOS POR LA DISMINUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES QUE OCASIONAN LA ESCASEZ DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE LAGO AZUL YAPURA, CAPACHICA PERÍODO 2000 - 2024**

#### **4.2.1. TENDENCIA DE LAS PRECIPITACIONES**

**Tabla 04:** Pronóstico con ARIMA para la serie “2000-2024 hasta el 2030”

<b>Año</b>	<b>Pronóstico (mm)</b>	<b>IC Inferior</b>	<b>IC Superior</b>
2025	<b>738.0</b>	550.7	925.4
2026	<b>735.6</b>	508.4	962.8
2027	<b>733.9</b>	481.7	986.1
2028	<b>732.8</b>	462.1	1003.4
2029	<b>732.1</b>	445.9	1018.4

Año	Pronóstico (mm)	IC Inferior	IC Superior
2030	731.5	430.9	1032.2

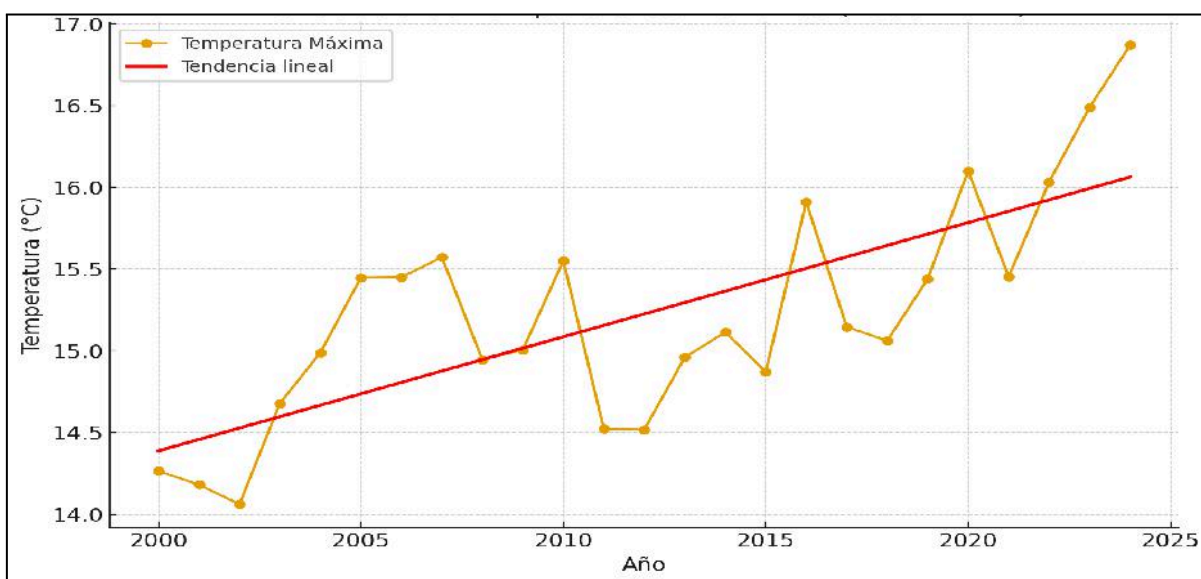
En la tabla 04 se aprecia que el modelo ARIMA ( Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil) sugiere una precipitación relativamente estable entre 730 - 740 mm/año hacia el 2030. Los intervalos de confianza son amplios, lo que refleja la alta variabilidad interanual de lluvias.

#### 4.2.2. MODELO ARIMA

Un modelo ARIMA (MEDIA MÓVIL AUTORREGRESIVA INTEGRADA) es un popular modelo estadístico de previsión de series temporales que predice valores futuros combinando observaciones pasadas (AR) diferenciación para lograr estacionariedad (I) y errores pasados para afinar las predicciones (MA).

Es una de las técnicas de previsión de series temporales más populares (si no la más popular). ARIMA, Porque modela eficazmente los datos de las series temporales captando tanto los componentes autorregresivos (AR) como los de media móvil (MA), al tiempo que aborda la no estacionariedad mediante la diferenciación (I). Esta combinación hace que los modelos ARIMA sean especialmente flexibles, por lo que se utilizan en sectores muy diferentes, como las finanzas y la predicción meteorológica. (Saadeddin, 2024)

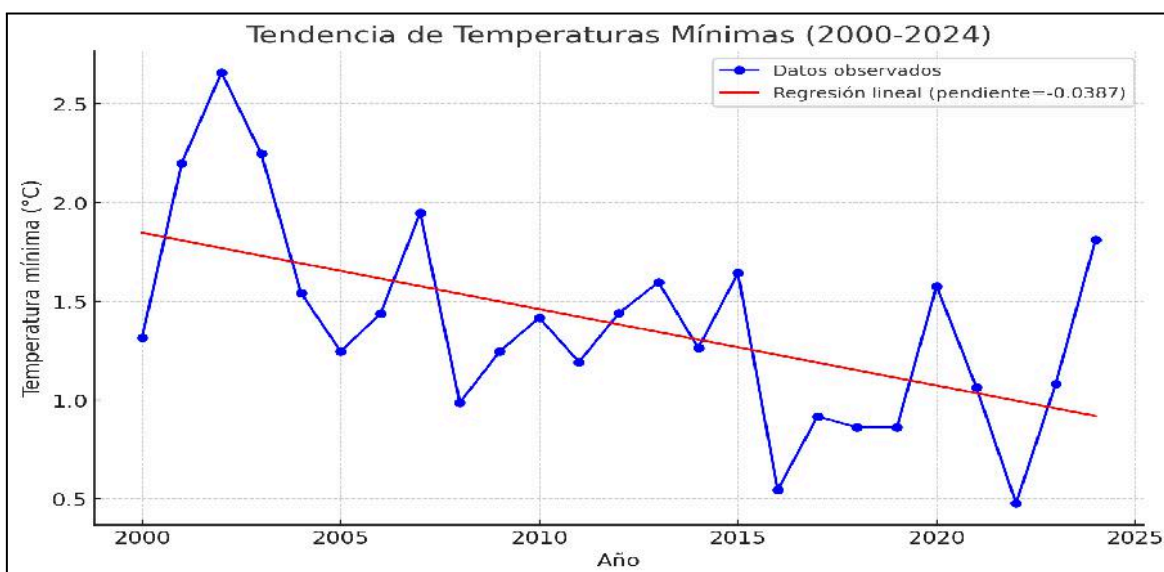
### 4.2.3. TENDENCIA DE LA TEMPERATURAS MÁXIMAS



**Figura 06:** Tendencia de las temperaturas máximas (2000-2024)

De lo apreciado en la figura 06, después de aplicar la regresión lineal, se obtiene que la pendiente (slope) es igual a  $0.0698 \text{ }^{\circ}\text{C/año}$ , lo que indica que, en promedio, la temperatura máxima aumenta  $0.07 \text{ }^{\circ}\text{C}$  por año. Se debe también mencionar que el valor del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es igual a 0.54, tendencia lineal que explica un 54.1% de la variabilidad de los datos.

#### 4.2.4. TENDENCIA DE LA TEMPERATURAS MÍNIMAS



**Figura 07:** Tendencia de las temperaturas mínimas (2000-2024).

El análisis de la serie de temperaturas mínimas registradas entre los años 2000 y 2024 muestra una tendencia general decreciente a lo largo del periodo. La regresión lineal aplicada evidencia una pendiente negativa de  $-0.0387$ , lo que indica que, en promedio, las temperaturas mínimas han disminuido levemente con el paso de los años, y esta tendencia es estadísticamente significativa con un valor de  $p = 0.0045$  y un coeficiente de determinación  $R^2$  de  $0.30$ , que explica cerca del  $30\%$  de la variabilidad observada. De manera complementaria, el test no paramétrico de Mann-Kendall confirmó esta tendencia negativa con un estadístico  $S = -102$  y un valor  $Z = -2.36$ , obteniendo un  $p$ -valor de  $0.0183$ , lo que respalda la existencia de un descenso significativo en la serie. Al observar el comportamiento anual, se aprecia una alta variabilidad interanual con años en los que las temperaturas mínimas fueron relativamente más altas, como 2002, 2003 y 2007, y otros con valores mucho más bajos, como 2016 y 2022.

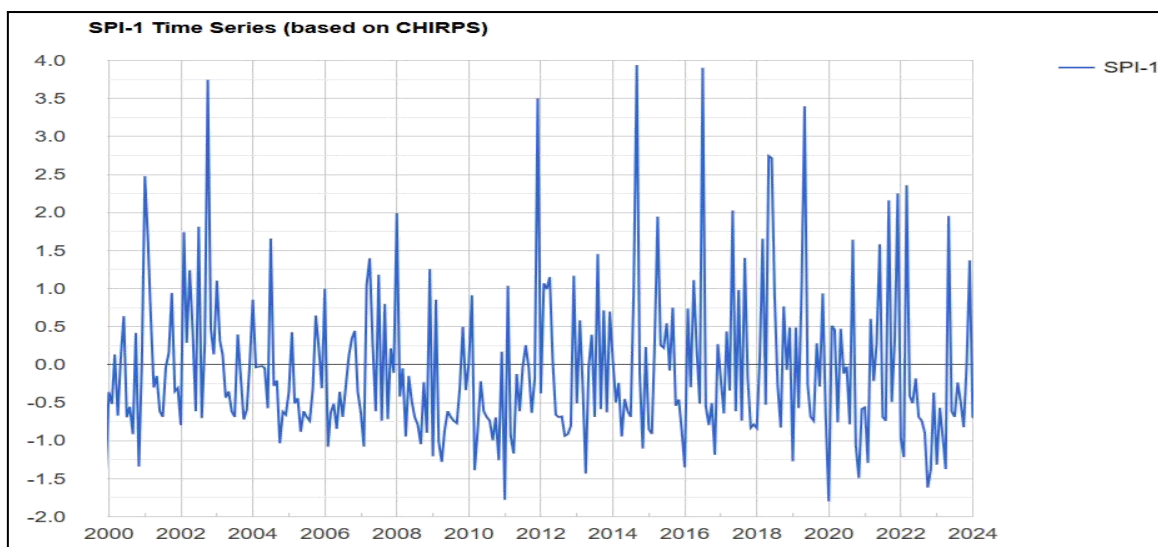
En conjunto, durante las últimas dos décadas, las temperaturas mínimas en la zona de estudio han mostrado una disminución significativa, lo que podría estar asociado a variaciones climáticas locales o regionales que ameritan un análisis más detallado.

#### 4.2.5. ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADO (SPI).

El SPI (Standardized Precipitation Index / Índice de Precipitación Estandarizado) es un indicador climático que se utiliza para cuantificar las anomalías de precipitación en diferentes escalas de tiempo, con ello se analizará si en un periodo (mes) hubo sequía, normalidad o exceso de lluvia, comparando la precipitación observada con los valores históricos de la zona de Capachica, de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 05:** Valores del SPI.

Valor del SPI	Interpretación
SPI > 2.0	Extremadamente húmedo
entre 1.5 y 1.99	Muy húmedo
entre 1.0 y 1.49	Moderadamente húmedo
entre -0.99 y 0.99	Normal
entre -1.0 y -1.49	Sequía moderada
entre -1.5 y -1.99	Sequía severa
< -2.0	Sequía extrema

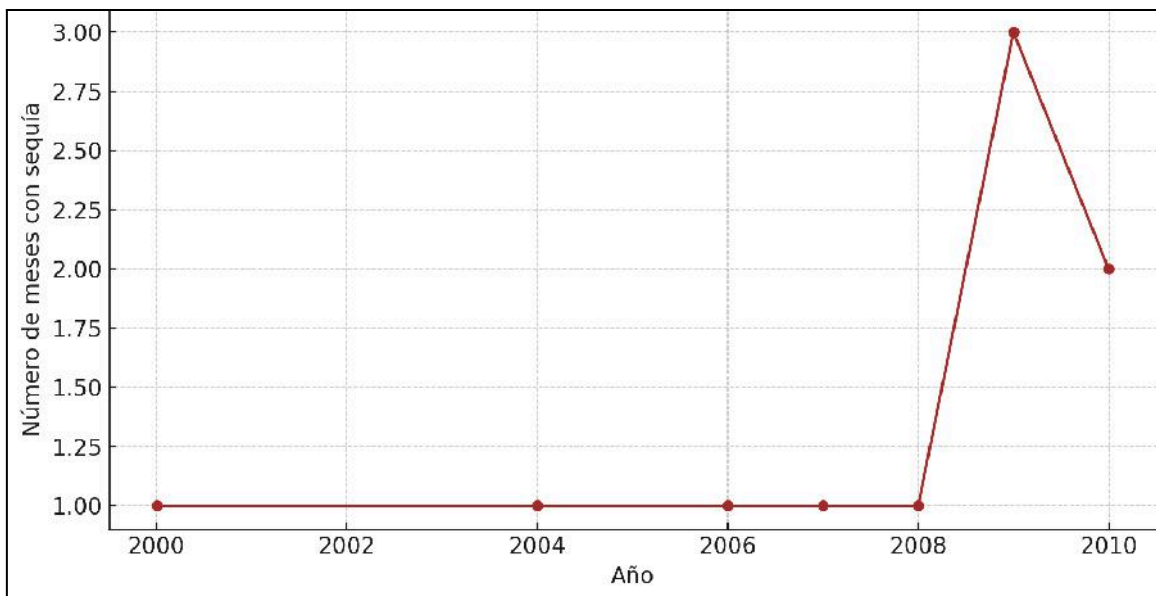


**Figura 08:** SPI (Índice de Precipitación Estandarizado) del 2000 al 2024.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 08, el análisis de la serie histórica del SPI revela que, en términos generales, el **56.4 % de los meses presentaron condiciones normales**, lo que indica una relativa estabilidad en la disponibilidad hídrica durante la mayor parte del periodo de estudio. Sin embargo, **un 20.2 % de los meses estuvieron asociados a sequía moderada**, lo cual evidencia que los déficits de precipitación han sido recurrentes en distintas etapas. Estos episodios de sequía moderada se identificaron, por ejemplo, en abril, julio, agosto y setiembre del año 2000; noviembre del mismo año; abril y junio de 2001; marzo y abril de 2003; mayo y agosto de 2005; abril, mayo y junio de 2006, entre otros, mostrando que las sequías moderadas tienden a concentrarse en los meses de temporada seca (mayo - agosto), aunque también se presentan en meses de transición como abril y noviembre.

Por otro lado, la **sequía severa representó el 3.6 %** de los meses, siendo menos frecuente pero de gran impacto en la dinámica climática de la zona. Los episodios más notables se registraron en noviembre del año 2000, octubre de 2004 y febrero de 2006, todos ellos caracterizados por un déficit de precipitación significativo. Es importante resaltar que, aunque no se evidenciaron valores que alcancen la categoría de sequía extrema (**0 %**) en todo el periodo), la ocurrencia de sequías severas, aun en baja

proporción, puede tener consecuencias marcadas en la agricultura y en la disponibilidad de agua.



**Figura 09.** Tendencia anual de meses con sequía (moderada y severa)

De acuerdo a la figura 06, se muestra cuántos meses de cada año estuvieron bajo condiciones de sequía, lo que permite identificar los periodos más críticos y comparar la variabilidad interanual.

En síntesis, aunque predominan las condiciones normales, los resultados evidencian la ocurrencia cíclica de sequías moderadas y algunos episodios de sequía severa, especialmente en los meses de temporada seca, lo que refleja la vulnerabilidad climática del área de estudio frente a déficits hídricos.

#### 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En contraste con lo planteado por la UNESCO (2020), que afirma que el cambio climático afecta negativamente la disponibilidad, calidad y cantidad de agua poniendo en riesgo la seguridad hídrica y alimentaria mundial, los resultados de este estudio no muestran un impacto tan marcado en la reducción de disponibilidad hídrica como lo señalan dichos informes. Esta contradicción podría explicarse por la escala de análisis: mientras que la UNESCO proyecta tendencias globales, los hallazgos locales de esta investigación

evidencian variaciones espaciales y temporales que en algunos casos tienden a la estabilidad e incluso a incrementos estacionales de disponibilidad.

Asimismo, en oposición a lo señalado por Cazares et al. (2021) en el noreste de México, donde la escasez de agua se asocia a limitaciones estructurales y desigualdades de género que agravan la vulnerabilidad social, en el contexto local estudiado no se encontraron evidencias contundentes de que la escasez hídrica esté directamente vinculada a desigualdades sociales estructurales, sino más bien a variaciones climáticas naturales.

Finalmente, los resultados discrepan con Reszczyński (2024), quien demostró que el aumento de temperatura y la disminución de precipitaciones impactan negativamente en la actividad agrícola de Chile. En el presente estudio, si bien se identifican periodos de sequía, estos no necesariamente se correlacionan con pérdidas agrícolas tan drásticas, lo cual podría deberse a la adaptación de prácticas tradicionales de manejo del agua en la zona.

Los hallazgos también contrastan con lo encontrado por Velarde & Azucena (2022), quienes sostienen que la seguridad hídrica en Perú aún se encuentra en una fase incipiente y dependiente de las políticas regionales. En el caso de la zona de estudio, se observan mecanismos locales de gestión comunitaria del agua que mitigan parcialmente la vulnerabilidad hídrica, lo que contradice la visión de debilidad institucional planteada en ese antecedente.

Por otra parte, difieren de lo establecido por Carrasco (2018), quien identifica prolongados periodos de sequía en la cuenca Alto Jequetepeque mediante índices de sequía (SPI y SPEI). En este estudio, aunque se evidencian sequías recurrentes, estas no alcanzan la severidad temporal y espacial reportada por Carrasco, lo cual sugiere que la variabilidad climática responde de manera diferenciada en cada cuenca del país.

De igual modo, los resultados se distancian de lo expuesto por Oré et al. (2014) sobre la crisis hídrica en la cuenca del río Ica, ya que en la zona investigada no se registra una

presión tan intensa del crecimiento productivo sobre los recursos hídricos, manteniéndose en cambio un equilibrio relativo entre uso y disponibilidad.

Los resultados encontrados presentan también contradicciones frente a lo documentado en el ámbito local. Por ejemplo, a diferencia de lo reportado por Quispe & Huanca (2021), quienes proyectaron una disminución de hasta -41.2 % de recursos hídricos para el año 2050 en la cuenca del río llave, en este estudio no se evidencian reducciones tan drásticas en las proyecciones, sino más bien fluctuaciones con tendencia moderada a la disminución.

Del mismo modo, se contradicen con los reportes del SENAMHI (2023), que documentó un déficit de lluvias histórico en el Altiplano de Puno en los periodos 2022/2023 y 2023/2024. En contraste, los resultados de este trabajo muestran que, si bien hubo una reducción de lluvias, en determinadas microcuencas o estaciones los valores se mantuvieron cercanos a los promedios históricos, reflejando una heterogeneidad espacial no recogida por el SENAMHI en su escala departamental.

Finalmente, los hallazgos discrepan parcialmente con los resultados de Pizano (2017), quien identificó una alta frecuencia de sequías meteorológicas en la provincia de Puno. En esta investigación, la ocurrencia de sequías no alcanzó los porcentajes reportados por Pizano, lo cual podría deberse al uso de series temporales más recientes y a la incorporación de metodologías de análisis distintas.

#### **4.4. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS**

##### **4.4.1. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL**

###### **Hipótesis nula:**

$H_0$  = Según el análisis realizado de los datos meteorológicos del SENAMHI, la variación de las precipitaciones pluviales, no vienen disminuyendo en los últimos años generando la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica, durante el período 2000 - 2024.

###### **Hipótesis alterna**

$H_1$  = Según el análisis realizado de los datos meteorológicos del SENAMHI, la variación de las precipitaciones pluviales, vienen disminuyendo en los últimos años generando la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica, durante el período 2000 - 2024.

De acuerdo a los se consideraron los datos meteorológicos del SENAMHI (Tabla 01: Precipitación anual, Tabla 03: Pronóstico ARIMA) y el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) (Figura 05); vemos que:

- Según la Tabla 01, las precipitaciones anuales presentan alta variabilidad interanual, con valores que oscilan entre 587.8 mm (2007) y 1046.6 mm (2002), evidenciando períodos de déficit que reflejan condiciones de sequía recurrentes.
- El SPI (Figura 05) muestra que el 20.2 % de los meses experimentaron sequía moderada y 3.6 % sequía severa, concentrándose principalmente en los meses de temporada seca (mayo–agosto). Esto confirma la presencia de déficits hídricos periódicos en la comunidad.
- La proyección ARIMA (Tabla 03) para 2025–2030 indica que las precipitaciones podrían mantenerse en torno a 731–738 mm, con un intervalo de confianza que incluye valores significativamente bajos (IC inferior 430.9 mm en 2030), lo que evidencia la probabilidad de que la escasez de agua continúe en el futuro.

Los datos históricos y las proyecciones climáticas permiten rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), dado que existe evidencia suficiente para afirmar que la variación de las precipitaciones pluviales ha generado déficit hídrico y escasez de agua en la comunidad de Lago Azul, Yapura – Capachica, durante el periodo 2000–2024. Por lo tanto, **se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ )**, confirmando la relación entre la disminución de lluvias y la escasez de agua en la zona estudiada.

#### 4.4.2. VERIFICACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

##### Hipótesis nula:

$H_0$  = Según los datos meteorológicos obtenidos del SENAMHI, las precipitaciones pluviales no vienen disminuyendo en la comunidad Lago Azul Yapura, Capachica durante el período 2000 - 2024.

##### Hipótesis alterna

$H_1$  = Según los datos meteorológicos obtenidos del SENAMHI, las precipitaciones pluviales vienen disminuyendo en la comunidad Lago Azul Yapura, Capachica durante el período 2000 - 2024.

##### Análisis de resultados

- En la Tabla 01, las precipitaciones muestran un patrón de alta variabilidad interanual, con años de abundancia como 2002 (1046.6 mm) y años de déficit pronunciado como 2007 (587.8 mm) y 2009 (588.3 mm). Esta variabilidad revela periodos secos recurrentes en el intervalo estudiado.
- El SPI (Figura 05) confirma que el 20.2 % de los meses correspondieron a sequías moderadas y un 3.6 % a sequías severas, lo cual indica que, aunque no todos los años fueron secos, se ha presentado una frecuencia significativa de déficits hídricos que afectan la disponibilidad de agua.
- El modelo ARIMA (Tabla 03) proyecta que las precipitaciones tenderán a estabilizarse alrededor de 731–738 mm en el periodo 2025–2030, con un límite inferior del intervalo de confianza que cae hasta 430.9 mm en 2030, lo que refleja la probabilidad de una continuidad de condiciones deficitarias.

Con base en la evidencia presentada en las Tablas 01 y 03, así como en el análisis del SPI (Figura 05), se observa que las precipitaciones pluviales presentan una tendencia a la disminución y déficit en varios periodos críticos dentro de los años analizados. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se **acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ )**

#### 4.4.3. VERIFICACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

##### Hipótesis nula:

$H_0$  = Los escenarios climáticos para los próximos años por la disminución de las precipitaciones pluviales no vienen provocando la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica, período 2000 - 2024.

##### Hipótesis alterna

$H_1$  = Los escenarios climáticos para los próximos años por la disminución de las precipitaciones pluviales vienen provocando la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica, período 2000 - 2024.

- De acuerdo con la **Tabla 01**, las precipitaciones anuales presentan descensos importantes en años como **2007 (587.8 mm)**, **2009 (588.3 mm)** y **2016 (593.1 mm)**, reflejando episodios de déficit hídrico que afectan directamente a la comunidad.
- El **SPI (Figura 05)** indica que durante el periodo 2000–2024, un **20.2 % de los meses se clasificaron como sequía moderada** y un **3.6 % como sequía severa**, lo cual demuestra que los déficits hídricos no son aislados, sino recurrentes.
- Los escenarios proyectados con el **modelo ARIMA (Tabla 03)** para 2025–2030 muestran precipitaciones alrededor de **731–738 mm**, pero con un límite inferior de hasta **430.9 mm en 2030**, lo que incrementa la probabilidad de escasez de agua si las lluvias se mantienen en esos rangos.

La comparación entre los datos observados (2000–2024) y los escenarios proyectados (2025 - 2030) permite identificar una tendencia de déficit hídrico sostenido que incrementa la vulnerabilidad de la comunidad.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), concluyendo que: Los escenarios climáticos para los próximos años, asociados a la disminución de las precipitaciones pluviales, vienen provocando la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul, Yapura - Capachica, durante el período 2000 -2024 y con proyección al 2030.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** En la comunidad de Lago Azul, Yapura – Capachica, ha presentado un déficit hídrico moderado durante el periodo 2000–2024, caracterizado por la disminución y variabilidad de las precipitaciones pluviales, sumado al aumento de las temperaturas máximas y a la disminución de las temperaturas mínimas. Estos factores climáticos han generado una escasez de agua intermitente, afectando la disponibilidad hídrica local y aumentando la vulnerabilidad de la comunidad frente a episodios de sequía.

**SEGUNDA:** La precipitación anual en la comunidad de Lago Azul mostró alta variabilidad interanual, con años secos críticos como 2007, 2009 y 2016, y años con valores superiores a la media como 2002 y 2001, el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) evidenció que el 56.4 % de los meses presentaron condiciones normales, mientras que 20.2 % de los meses estuvieron asociados a sequía moderada y 3.6 % a sequía severa, indicando que los déficits de precipitación han sido recurrentes pero concentrados en meses de temporada seca. En conjunto, estos resultados permiten identificar la variación temporal y estacional de las precipitaciones, mostrando que aunque la mayoría del tiempo las lluvias fueron normales, los episodios de déficit representan riesgos para la disponibilidad hídrica.

**TERCERA:** La proyección mediante modelo ARIMA indica que las precipitaciones podrían mantenerse relativamente estables entre 731 y 738 mm de 2025 a 2030, con un intervalo de confianza amplio, reflejando incertidumbre en la disponibilidad futura de agua. En un escenario pesimista, la precipitación podría descender hasta 430 mm, lo que incrementaría el estrés hídrico, mientras que en un escenario optimista podría superar los 1030 mm, permitiendo cierta recuperación hídrica. Estos escenarios proyectan una

tendencia general a déficit hídrico moderado, lo que confirma la necesidad de planificación y gestión adaptativa del recurso hídrico en la comunidad.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** Se recomienda a las autoridades locales de la Municipalidad Distrital de Capachica implementar planes de gestión integral del recurso hídrico que contemplen medidas de adaptación frente al déficit hídrico moderado evidenciado en la comunidad de Lago Azul. Estas medidas deben incluir la promoción de tecnologías de captación de agua de lluvia, sistemas de almacenamiento y riego tecnificado, con el fin de reducir la vulnerabilidad de la población frente a la escasez de agua.

**SEGUNDO:** Se recomienda a la comunidad de Lago Azul, Yapura – Capachica fortalecer la cultura de uso eficiente y responsable del agua, adoptando prácticas sostenibles como la segregación de usos prioritarios, el cuidado de las fuentes naturales y la implementación de técnicas de agricultura resiliente. Estas acciones permitirán enfrentar los episodios de sequía recurrentes, principalmente en los meses de temporada seca, y garantizar una mayor seguridad hídrica a nivel local.

**TERCERO:** Se recomienda al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y a las instituciones de investigación continuar con la proyección y monitoreo climático en la zona, optimizando los modelos predictivos para escenarios futuros. Además, se sugiere a las autoridades regionales y locales incorporar estos resultados en la planificación territorial y en programas de gestión del agua, asegurando estrategias de adaptación frente a posibles escenarios de déficit hídrico y garantizando la sostenibilidad del recurso para la población

## BIBLIOGRAFÍA

- Aliaga Nestares, V. J., Quispe Vega, K. del R., & Rodriguez Zimmermann, D. F. (2024). Ley de Senamhi. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/00701SENA-1748.pdf>
- ANA. (2020). Déficit hídrico (infografía). Repositorio Institucional - ANA. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4664>
- APAZA, E. (2024). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN POZOS EXCAVADOS DE LA URBANIZACIÓN MAGISTERIAL DEL SECTOR TAPARACHI - JULIACA, 2024 [Tesis, Universidad Privada San Carlos Puno]. [https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/941/Estanislao\\_APAZA\\_MAMANI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/941/Estanislao_APAZA_MAMANI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Calzin y Zunilda. (2021). Institucionalización del Derecho al Agua del Consumo Humano como Derecho Fundamental en el Perú. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UANT\\_fbdcd0247f3e434d06bb828170b790aa](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UANT_fbdcd0247f3e434d06bb828170b790aa)
- Carrasco, J. D. (2018). Caracterización de sequías meteorológicas en la cuenca Alto Jequetepeque mediante índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración. [universidad nacional de Cajamarca]. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNC\\_87d211adb19aa7d39aaff328d64096b2](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNC_87d211adb19aa7d39aaff328d64096b2)
- Cazares, I. M., Valdés-García, K. P., & Arce, A. de. (2021). Estrategias de las mujeres del noreste de México para la sostenibilidad de la vida frente a la escasez del agua. *Región y sociedad*, 33. <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1415>
- CENEPRED. (2024). ESCENARIO DE RIESGO POR DÉFICIT HÍDRICO ANTE CONDICIONES EL NIÑO PARA EL PERIODO DE LLUVIAS 2023—2024 (No. 2024; p. 28). [https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/17021\\_escenario-de-riesgo-por-deficit-hidrico-ante-condiciones-el-nino-para-el-periodo-de-lluvias-2023-2024](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/17021_escenario-de-riesgo-por-deficit-hidrico-ante-condiciones-el-nino-para-el-periodo-de-lluvias-2023-2024)

4-actualizacion-enero-2024.pdf

Congreso de la república. (2017). Ley de reforma constitucional que reconoce el derecho de acceso al agua como derecho constitucional | SINIA.  
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-reforma-constitucional-que-reconoce-derecho-acceso-agua-derecho>

DS - 122. (2023). DECRETO SUPREMO N° 122-2023-PCM. diario el Peruano.  
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2230194-4>

DS-137. (2022). DECRETO SUPREMO N° 137-2022-PCM. diario el Peruano.

FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria (INDICADORES). <https://www.fao.org/4/i3015s/i3015s.pdf>

FAO. (2021). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020: Food & Agriculture Org.  
[https://www.google.com.pe/books/edition/El\\_estado\\_mundial\\_de\\_la\\_agricultura\\_y\\_la/CGQQEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=El+estado+mundial+de+la+agricultura+y+la+alimentaci%C3%B3n+2020&pg=PA168&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/El_estado_mundial_de_la_agricultura_y_la/CGQQEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=El+estado+mundial+de+la+agricultura+y+la+alimentaci%C3%B3n+2020&pg=PA168&printsec=frontcover)

GORE- PUNO. (2021). Sistema De Alerta Temprana Ante La Sequía Agrícola Región Puno.  
<https://www.regionpuno.gob.pe/descargas/planes/seguridadciudadana/2022/Sistema%20de%20Alerta%20Temprana%20ante%20la%20Sequ%C3%ADa%20Agr%C3%ADcola%20Regi%C3%B3n%20Puno.pdf>

Greenpeace. (2017). Sequia.  
[https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2017/11/Sequia-Falta-de-Agua\\_WEB-1.pdf](https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2017/11/Sequia-Falta-de-Agua_WEB-1.pdf)

Iglesias, B. L. (2020). (3) LA ESCASEZ DEL AGUA Y SU MALA DISTRIBUCIÓN | LinkedIn.  
<https://www.linkedin.com/pulse/la-escasez-del-agua-y-su-mala-distribuci%C3%B3n-bruno-iglesias/>

Laura, F. Z. (2022, agosto 12). Sequía meteorológica [Text]. iAgua; iAgua.

- <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-sequia-meteorologica>
- LUCAS, R. M. (2021). Efecto del estrés hídrico debido a la demanda de agua poblacional en la Intercuenca Huertas, de la Unidad Hidrográfica alto Huallaga 2019 [UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN]. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2374/1/T026\\_70219422\\_T%20.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2374/1/T026_70219422_T%20.pdf)
- MIDACRI. (2020). Problemática del fenómeno del niño. <https://www.midagri.gob.pe/portal/52-sector-agrario/el-nino/365-problematika-del-fenomeno-del-nino>
- Montoriol, J. (2022). El uso del agua en la agricultura: Avanzando en la modernización del riego y la gestión eficiente del agua. CaixaBank Research. <https://www.caixabankresearch.com/es/analisis-sectorial/agroalimentario/uso-del-agua-agricultura-avanzando-modernizacion-del-riego-y>
- ONU. (2025). Acerca del agua y el saneamiento. OHCHR. <https://www.ohchr.org/es/water-and-sanitation/about-water-and-sanitation>
- Oré, M. T., Damonte, G., & Domínguez, I. (2014). ¿Escasez de agua?: Retos para la gestión de la cuenca del río Ica. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/173065>
- Orihuela, R. (2023). Lago Titicaca, la cloaca de Puno. Convoca.pe. <https://convoca.pe/investigacion/lago-titicaca-la-cloaca-de-puno>
- Paz, M. Z., & Ríos, D. L. (2021). ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIÓN MEDIANTE EL EMPLEO DE IMÁGENES SATELITALES. Universidad Católica de Córdoba. [http://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/2959/1/TF\\_Paz\\_Rios.pdf](http://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/2959/1/TF_Paz_Rios.pdf)
- Picquart, M., & Carrasco Morales, I. (2017). Temperatura y su medición. 1Departamento de física, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, Ciudad de México 09340. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6019786>
- Pizano, R. (2017). Determinación de frecuencias de sequía en la provincia de Puno con fines de planeamiento. [Universidad Nacional Del Altiplano Puno].

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/6232>

Quispe, K., & Huanca, C. (2021). Evaluación de la disponibilidad hídrica en la cuenca llave bajo escenarios del cambio climático [Universidad Peruana Unión Repositorio: UPEU-].

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU\\_8b78e1c8617f155235fdb3f57aac587d](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_8b78e1c8617f155235fdb3f57aac587d)

Quispe, R. P. (2017). DETERMINACIÓN DE FRECUENCIAS DE SEQUIA EN LA PROVINCIA DE PUNO CON FINES DE PLANEAMIENTO DEL USO DE RECURSOS HÍDRICOS [Universidad Nacional Del Altiplano Puno].  
<https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/6232/EPG895-00895-01.pdf;jsessionid=296C03FD32852D6355FE48674C30EBCC?sequence=1>

Reszczyński, M. T. (2024). Altas temperaturas y escasez de lluvia: El impacto del cambio climático en la actividad económica de Chile.  
[https://www.bcentral.cl/documents/33528/133326/DTBC\\_1002.pdf](https://www.bcentral.cl/documents/33528/133326/DTBC_1002.pdf)

SENAMHI. (2022). INFORME TÉCNICO: ANÁLISIS DEL DÉFICIT DE LLUVIAS EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO EN LOS PERIODOS 2022/2023 y 2023/2024 (No. INFORME 04 2023 SENAMHI; p. 64).

Senamhi. (2023). "MONITOREO Y PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS, HIDROLÓGICAS Y AGROMETEOROLÓGICAS EN EL ACTUAL PERIODO DE LLUVIAS 2022-2023".  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3859395/INFORME%20T%C3%89CNICO%20MONITOREO%20Y%20PERSPECTIVAS%20NACIONAL%202022-2023.pdf>

SENAMHI PERU. (2021, septiembre 7). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú—SENAMHI. <https://www.gob.pe/senamhi>

SUNASS. (2024). Las mujeres son las encargadas de cargar el agua en el 61 % de hogares que no tiene acceso a este servicio.  
<https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/917249-las-mujeres-son-las-encargadas-de-cargar-el-agua-en-el-61-de-hogares-que-no-tiene-acceso-a-este-servicio>

Unesco. (2020). AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO (p. 259).  
<https://www.andi.com.co/Uploads/Agua%20y%20Cambio%20Clim%C3%A1tico.pdf>

UNESCO. (2020). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático. UNESCO Publishing.

Velarde, M., & Azucena, M. (2022). Desarrollo de la seguridad hídrica como estrategia de mitigación ante problemas de escasez hídrica: El caso de Perú [Pontificia Universidad Católica del Perú].  
<https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bdd1f0db-9278-4775-abf1-5012c88b09c9/content>


## ANEXOS

**Anexo 01:** Matriz de consistencia.

**ANÁLISIS DE LA ESCASEZ DE AGUA POR DÉFICIT DE PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA COMUNIDAD LAGO AZUL, YAPURA, CAPACHICA PERÍODO 2000 - 2024**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿En qué medida las precipitaciones pluviales ocasionan el déficit de agua, según los registros de datos del SENAMHI, en la comunidad Lago Azul Yapura, Capachica, período 2000 - 2024?.</p>	<p>Analizar el déficit hídrico por precipitaciones pluviales y la escasez de agua en la comunidad Lago Azul, Yapura Capachica durante el período 2000 - 2024.</p>	<p>Según el análisis realizado de los datos meteorológicos del SENAMHI, la variación de las precipitaciones pluviales, vienen disminuyendo en los últimos años generando la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica, durante el período 2000 - 2024</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</b></p> <p>Según los datos meteorológicos obtenidos del SENAMHI, las precipitaciones pluviales vienen disminuyendo en la comunidad Lago Azul Yapura, Capachica durante el período 2000 - 2024.</p> <p>Los escenarios climáticos para los próximos años por la disminución de las precipitaciones pluviales vienen provocando la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica, período 2000 - 2024.</p>	<p><b>Independiente</b> :</p> <p><b>Déficit de Precipitaciones pluviales:</b></p> <p>Variables climáticas</p>	<p>Variación y tendencia de precipitaciones pluviales.</p> <p>Variación de temperatura mínima anual 2000 - 2024.</p> <p>Variación de temperatura máxima anual 2000 - 2024</p> <p>Índice de precipitaciones pluviales.</p>	<p><b>Enfoque:</b> cualitativo y cuantitativo</p> <p><b>tipo:</b> descriptivo</p> <p><b>Diseño:</b> análisis de la realidad</p> <p><b>Población:</b> superficie 3,6 km<sup>2</sup></p> <p><b>Muestra:</b> datos de precipitaciones pluviales proporcionados por el SENAMHI y población de la comunidad de Lago Azul.</p> <p><b>Tipo de muestreo:</b> aleatorio simple</p> <p><b>Técnicas:</b> revisión bibliográfica y recolección de datos</p> <p><b>Instrumentos:</b> programas de soporte excel</p> <p><b>Diseño estadístico:</b> cuadros, tablas y gráficos de análisis.</p>
<p>¿Cuáles son los escenarios del déficit hídrico, su proyección e impacto en la disponibilidad de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura Capachica?</p>	<p>Determinar los escenarios climáticos de los próximos años por la disminución de las precipitaciones que ocasionan la escasez de agua en la comunidad de Lago Azul Yapura, Capachica período 2000 - 2024.</p>		<p><b>Dependiente:</b></p> <p><b>Escasez de Agua:</b></p> <p>Patrones de sequía</p>		

## Anexo 02: Solicitud de datos metereológicos dirigida al SENAMHI

	<b>PERU</b>	Ministerio Del Ambiente	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI	Universidad Privada San Carlos de Puno, Facultad de Ing. Ambiental	
<i>"Año de la recuperación y consolidación de la economía Peruana"</i>					
<b>"Año de la recuperación y consolidación de la economía Peruana"</b>					
<b><u>SOLICITO DATOS METEOROLÓGICOS DE PRECIPITACIONES PLUVIALES DEL PERIODO 2000 HASTA 2024</u></b>					
<b>SEÑOR: AUGUSTO OVIDIO ÁVILA CALLAO, GERENTE GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ – SENAMHI.</b>					
Yo: Paul Cuentas Huatta identificado con DNI: <b>42364460</b> y con domicilio legal en la comunidad de Lago Azul, centro poblado de Yapura, distrito de Capachica, provincia, departamento de Puno. Con número de celular <b>941798356</b> , y con correo electrónico <a href="mailto:paul.cuentas@upsc.edu.pe">paul.cuentas@upsc.edu.pe</a> tesista de la <b>UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS DE PUNO</b> de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental.					
Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarle cordialmente y al mismo tiempo solicitarle lo siguiente:					
Solicito: <b>Datos meteorológicos de precipitaciones pluviales del periodo 2000 hasta 2024.</b> Esto con el objetivo de elaborar una tesis de investigación en el departamento, provincia de Puno, distrito de Capachica, centro poblado de Yapura, comunidad de Lago Azul.					
El proyecto de tesis ya ha sido aprobado por la decanatura de la facultad, <b>Universidad Privada San Carlos de Puno</b> . Para su ejecución en dicha comunidad de Lago Azul, con el tema denominado: <b>ANÁLISIS DE LA ESCASEZ DE AGUA POR DÉFICIT DE PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA COMUNIDAD LAGO AZUL, YAPURA, CAPACHICA PERÍODO 2000 – 2024.</b>					
Para probar la hipótesis "déficit de precipitaciones pluviales que ocasiona la escasez de agua" del proyecto de tesis. Necesito los <b>datos meteorológicos del periodo 2000 hasta 2024</b> , para continuar con la investigación detalle a continuación:					
La presente investigación de tesis se ha hecho debido a que la comunidad de Lago Azul sufre la escasez de agua y desaparición de las fuentes de agua en los últimos años. La única fuente de ingreso de agua es a través de las precipitaciones pluviales por tal razón hemos decidido investigar la causa de la escasez de agua.					
El principal objetivo es hacer conocer a la población, autoridades y a futuros investigadores ¿si realmente es la disminución de las precipitaciones pluviales en los últimos años ocasiona la escasez de agua o no?					
<b>1. Solicito las siguientes informaciones de las precipitaciones pluviales de la estación meteorológica para elaborar la tesis:</b>					
Cuadro 01, ubicación de la estación meteorológica. Fuente: SENAMHI					
<b>Estación: CAPACHICA</b>					
<b>Departamento:</b>	PUNO	<b>Provincia:</b>	PUNO	<b>Distrito:</b>	CAPACHICA
<b>Latitud:</b>	15°36'48.4"	<b>Longitud:</b>	69°50'32"	<b>Altitud:</b>	3822 msnm.
<b>Tipo:</b>	CO Meteorológica	<b>Código:</b>	100021		
<b>2. Escala: en (AÑO / MES / DÍA)</b>					
1. TEMPERATURA (°C) MAX					
2. TEMPERATURA (°C) MIN					
3. HUMEDAD RELATIVA (%)					
4. PRECIPITACIÓN (mm/día)					
5. RADIACIÓN SOLAR					
1					



PERÚ

Ministerio  
Del Ambiente

Servicio Nacional de  
Meteorología e Hidrología del  
Perú - SENAMHI

Universidad Privada San  
Carlos de Puno. Facultad  
de Ing. Ambiental

"Año de la recuperación y consolidación de la economía Peruana"

**4. Periodo:**

Desde el año 2000 hasta el año 2024.

Solicito todos estos datos mencionados del periodo 2000 hasta 2024.

Adjunto documentos sustentatorios para la elaboración de tesis:

1. Memorándum de aprobación para la ejecución de tesis.
2. Carta membretada de la autoridad universitaria. (OFICIO No 032-2025-UPSC/DFI) emitida por la **UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS DE PUNO**.
3. Resumen de proyecto de tesis.
4. Declaración jurada de uso exclusivo de la información solamente para la elaboración de tesis.
5. Carta de compromiso de remitir un ejemplar de la tesis a la biblioteca del SENAMHI.

Ruego acceder a mi petición por ser justa y leal.

POR LO EXPUESTO:

Puno 29 de abril de 2025



Paul Cuentas Huatta  
DNI: 42364460

**Anexo 03:** Carta de compromiso de remitir ejemplar de tesis a la Biblioteca del SENAMHI

	<b>PERÚ</b>	Ministerio Del Ambiente	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI	Universidad Privada San Carlos de Puno, Facultad de Ing. Ambiental
---	-------------	----------------------------	---	--

*"Año de la recuperación y consolidación de la economía Peruana"*

**CARTA DE COMPROMISO DE REMITIR UN EJEMPLAR DE LA TESIS A LA BIBLIOTECA CENTRAL DEL SENAMHI**

Puno 29 de abril de 2025

**SEÑOR: AUGUSTO OVIDIO ÁVILA CALLAO, GERENTE GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ – SENAMHI.**

**Presente:**

Yo: Paul Cuentas Huatta identificado con DNI: **42364460** y con domicilio legal en la comunidad de Lago Azul, centro poblado de Yapura, distrito de Capachica, provincia, departamento de Puno. Con número de celular **941798386**, y con correo electrónico [paul\\_cuentas@upsc.edu.pe](mailto:paul_cuentas@upsc.edu.pe) tesista de la **UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS DE PUNO** de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental.

Me dirijo a usted para expresar ante usted mi compromiso de que, una vez que concluya la tesis denominada: **ANÁLISIS DE LA ESCASEZ DE AGUA POR DÉFICIT DE PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA COMUNIDAD LAGO AZUL, YAPURA, CAPACHICA PERÍODO 2000 – 2024**. Enviare una copia digital a la biblioteca central del SENAMHI, como una evidencia de tesis que se elaboró en el departamento, provincia de Puno, distrito de Capachica, comunidad de Lago Azul. Como un documento sustentatorios de apoyo para futuros investigadores y estudiantes que puedan hacer investigaciones a futuro.

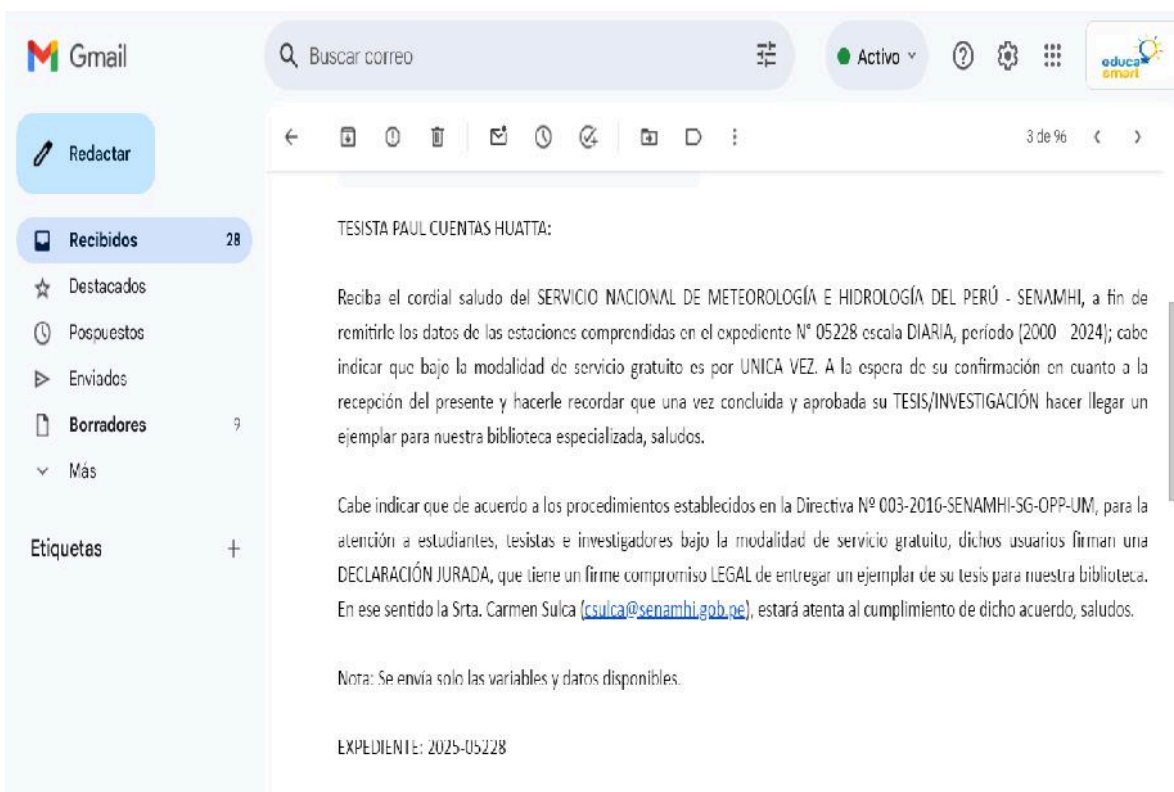
Atentamente,



Paul Cuentas Huatta  
DNI: 42364460

1

**Anexo 04:** Recepción de datos meteorológicos de precipitaciones pluviales del periodo 2000-2024 de Capachica enviado por el SENAMHI.



## Anexo 05: Página inicial donde se aprecia la descripción de la estación meteorológica del SENAMHI.

Datos Paul - Excel

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda ¿Qué desea hacer?

Calibri 11 Fuente Ajustar texto General Formato condicional Dar formato como tabla Estilos

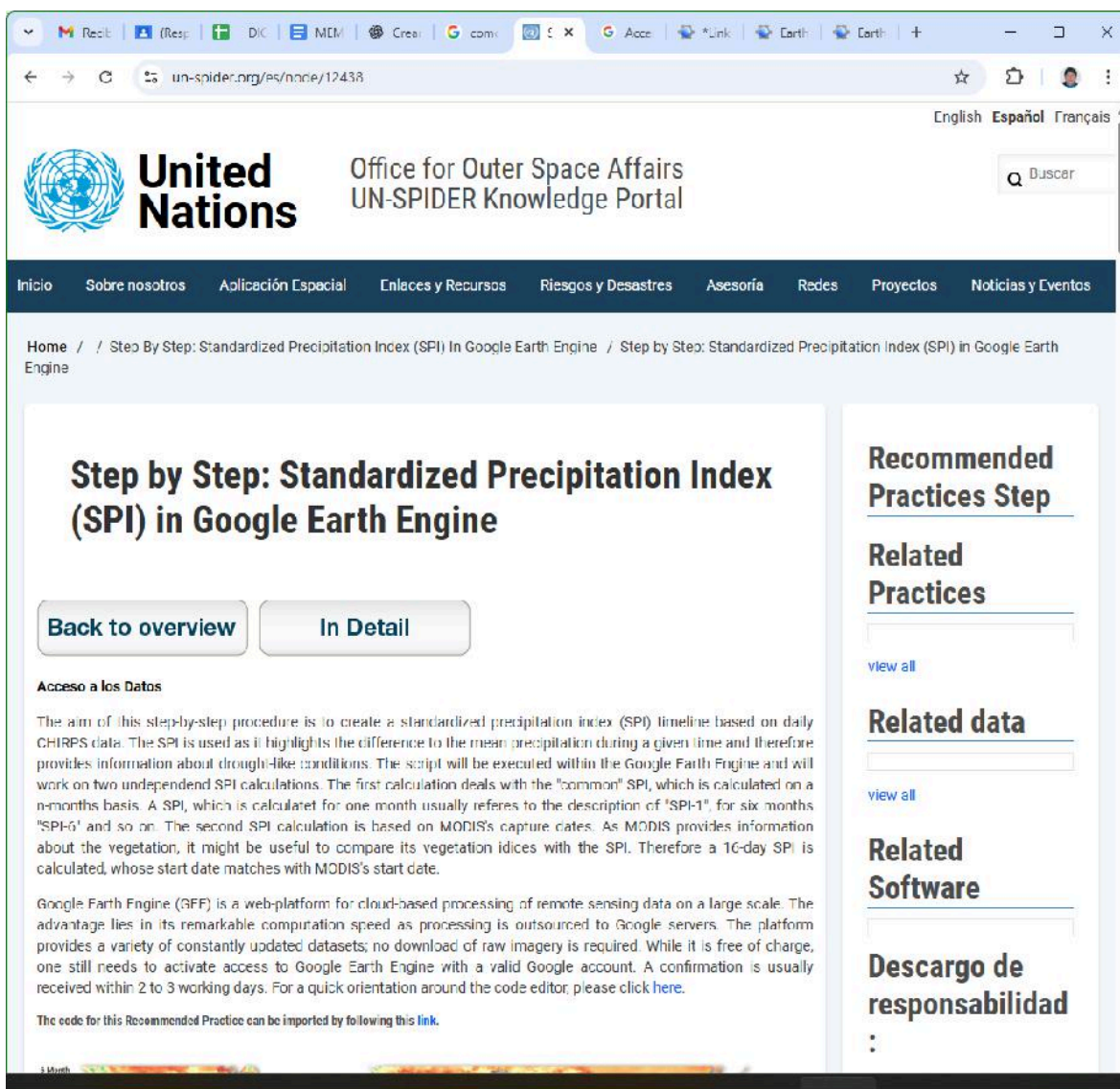
AN1119

Variable	Mes	Día	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PT101	1	1	4,3	3,6	0	16,5	3,4	4,2	17,6	1,4	1,2	9,4	3	9,5	19,6	0,4	0	0	22	0,3	0	10,8	7,1	0	19,5	11,8	
PT101	1	2	0	4,2	0	7,4	1,9	10,5	12	0	0	2	8	0	8,9	1,5	0	1,2	1,6	1	0	0,1	8,1	5,4	0	9,8	0,4
PT101	1	3	0	10,8	0	0	11,5	6,4	7	0	17,6	12	8,8	0	4,2	0,2	0,7	6,3	0,7	9,1	28,2	0,8	1,4	1,5	0	0	33,7
PT101	1	4	10,6	7,9	0	0	10,6	0	5,1	0	4,8	0	0	0	17,3	4,4	2,5	0	7,1	0,4	0,9	9,7	0	0	0	0,5	16,6
PT101	1	5	12,7	10	0	0	3,1	0	0	7,5	12,5	0	0	0	11,5	4,8	5	1,5	14,6	0	0,4	1,5	0	0	1,4	1,8	
PT101	1	6	0	4,6	0	1,5	10,6	0	0	10,4	25,7	3,2	0	0	11,6	0,2	25	18,2	22,4	5,9	16,8	0	0	8,5	8,2	1,8	0
PT101	1	7	1,1	16,4	0	0	0,5	7,1	0	18,2	10,8	5,3	3,4	0	22,1	0	7,4	0	0	0	13,6	0	0	36,6	0,8	3,8	0
PT101	1	8	3,9	3,2	0	0	1	9,6	0	0	0	2,4	0	9	5,9	8,2	9,1	5,8	0	14,2	0,3	0	0	9	8,5	0	0
PT101	1	9	3,7	11,4	1	0	5	21,4	2,4	0,7	2,2	0	11,2	5	9,9	0,1	0	2,2	3,3	4,3	9	0,7	0	0	0	0	0
PT101	1	10	0	13,2	7,6	1,4	5	19,9	8,4	6,4	16,2	0	13,4	5,6	7	4,6	1	17,1	1,2	0	0	0	1,1	0	20	0	0
PT101	1	11	0	6,5	2,3	9,8	2,2	0	9,2	0	1	0	2,1	0	0	4,7	1,9	19,5	8	2,1	1,8	3,4	13	0,4	10,6	0	0
PT101	1	12	2,2	10,8	4,2	10,9	15,1	0,4	13,4	4,4	7,5	7,4	0	8,8	0	3,5	4,9	2,6	0,3	1,4	0,2	2,1	3,5	16,4	22,6	0	0
PT101	1	13	0	0,8	0	0	2,7	2	3,2	3,6	2,6	3	0	2,9	0	9,3	0	0	4,2	9,9	9	0,8	9,3	11,6	11,4	0	1,1
PT101	1	14	11,8	11,6	0	7,2	4,5	0	23,4	3,3	0	0	0	0	6,3	7,8	0	0	7,4	0,5	6,8	11,8	0	12,4	0	1,2	
PT101	1	15	7,4	0	0	2,9	3,9	0	5,2	2,6	1,2	0	0	0	13,6	12,4	1,7	0,3	4,4	4,1	2,3	3,4	3,6	10,6	0	4,6	
PT101	1	16	2,9	16	14,2	1,4	12,9	3,6	15,8	2,8	8,3	0	5,6	0	6,4	7,9	7,7	18,2	19,2	1,6	8,1	2,6	0	2,8	7,1	6,8	0
PT101	1	17	3,2	1,2	20,5	5,2	2,6	0	3,9	0	1,6	5,3	2,4	0	13,2	0,3	4,1	20	14,3	0	7,9	1,5	0	0,4	0	3,4	0
PT101	1	18	0	6,2	8,3	21	11,8	3,7	17,6	0	0	0	0	0	19,7	0	13	13,9	13,6	5,5	19,7	0	0	0,3	0,8	0	3,5
PT101	1	19	2	1,4	0	8,9	8,3	3,9	0,9	0	0	14,1	1,6	0	4,8	8,1	2,4	8,3	6,4	12	15,8	1,2	2,7	8,2	1,8	0	2,3
PT101	1	20	0	8,9	7,4	14,5	2,1	2,8	0	0	7,2	13,9	11,5	8,5	0	0,7	0	5	1,5	1	13,9	13,6	2,8	8	11,7	2,6	0
PT101	1	21	5,9	13	5,6	27,9	7	1,2	17	2	12,2	0	21	1,4	5,2	2,6	31,6	0	0	1,5	6,3	0	11,7	24	8,6	0	0
PT101	1	22	1,8	9,5	5,6	1,6	8,2	0	12,7	0	2,4	2,6	9,6	11,2	2	0	10,2	2	0	2,6	24,6	0,4	4,8	14,9	15,6	0	0
PT101	1	23	2,4	6,1	8,8	8,2	29,2	0	10,3	13,2	5	3,4	28,4	17	4,1	0	3,9	2,4	0	0	1,6	0,8	0	0	0,5	0	0,7
PT101	1	24	6,2	0	3	5,8	4,7	0	4,8	0	0	0	12,6	0	4,8	0,6	0	0	0	16,4	4	0	0	2,8	3,8	3,4	0
PT101	1	25	20,6	5,2	0	27,8	12,5	2,4	6	0	18,2	1,2	10,7	12,4	8,3	1	0	1,2	0	19	0,6	0	0	6,1	4,2	6,9	12,7
PT101	1	26	18,6	3,2	0	8	7,8	1,9	19,9	0	0	0	0	16,9	4,2	22	0	6,2	0	2,7	0	0	0	0	3,2	16,7	14,3

Hoja1

Capachica\_D\_2000-2024

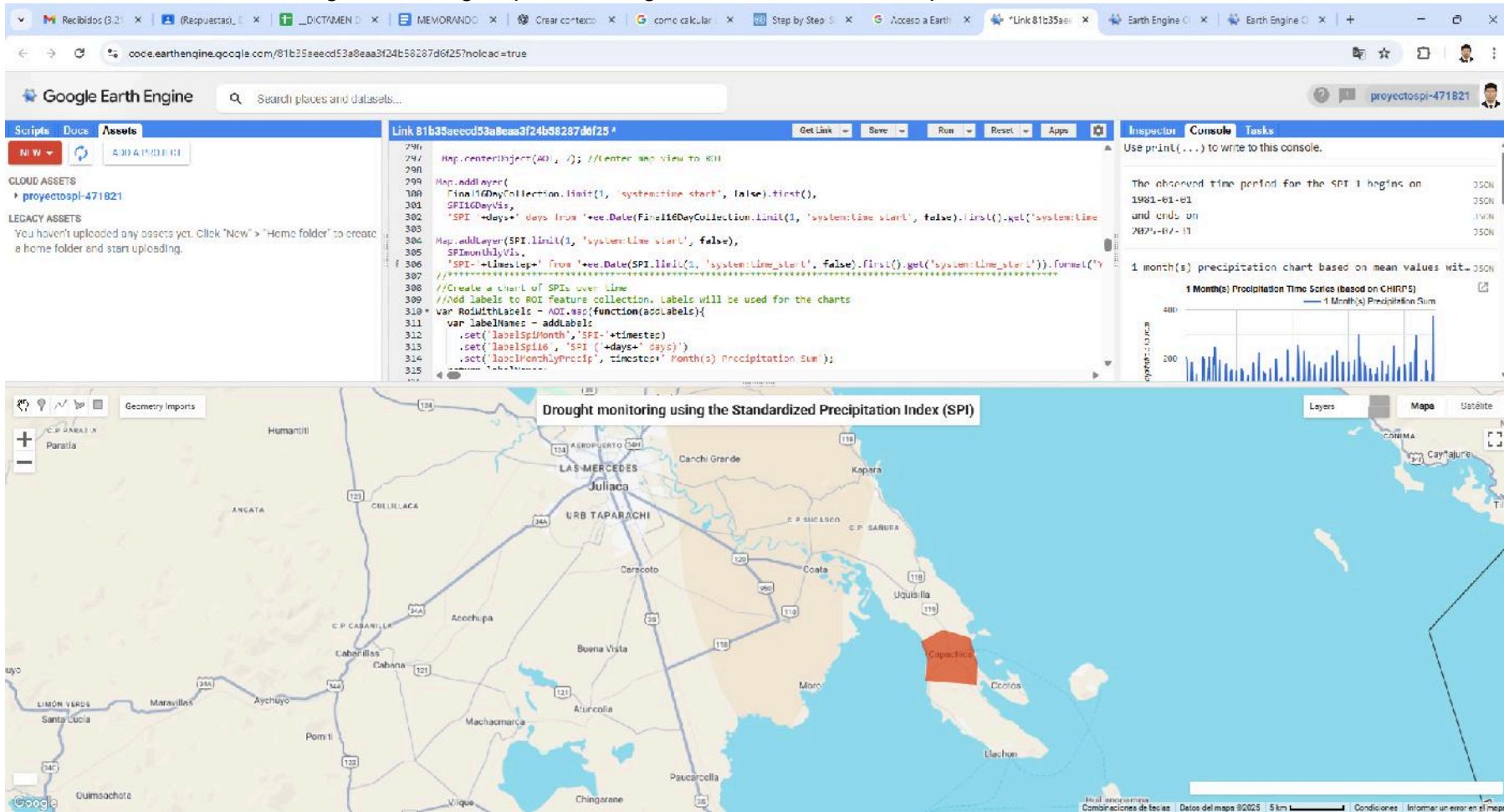
**Anexo 06:** Tutorial para descargar datos meteorológicos del SPI (Índice de Precipitación Estandarizada).



The screenshot shows a web browser displaying the UN-SPIDER Knowledge Portal. The page title is "Step by Step: Standardized Precipitation Index (SPI) in Google Earth Engine". The page includes a navigation menu with options like "Inicio", "Sobre nosotros", "Aplicación Espacial", "Enlaces y Recursos", "Riesgos y Desastres", "Asesoría", "Redes", "Proyectos", and "Noticias y Eventos". The main content area features a large heading "Step by Step: Standardized Precipitation Index (SPI) in Google Earth Engine" and two buttons: "Back to overview" and "In Detail". Below the heading, there is a section titled "Acceso a los Datos" which explains the purpose of the procedure and provides information about Google Earth Engine (GEE). The right sidebar contains sections for "Recommended Practices Step", "Related Practices", "Related data", "Related Software", and "Descarga de responsabilidad".

Fuente: <https://www.un-spider.org/es/node/12438>

## Anexo 07: Utilización de Google Earth Engine para descarga de datos del SPI de Capachica.



The screenshot displays the Google Earth Engine web interface. At the top, the browser address bar shows the URL: `code.earthengine.google.com/61b25eecd53a8aa3f24b58287d6f25?molcaid=true`. The interface includes a search bar, a sidebar with 'Scripts', 'Docs', and 'Assets' (showing 'projectospi-471821'), and a main editor area with a JavaScript script. The script is titled 'Link 81b35eecd53a8aa3f24b58287d6f25' and contains the following code:

```

296
297 Map.centerObject(ROI, 0); //Enter map view to ROI
298
299 Map.addLayer(
300   TimeSeriesCollection.limit(1, 'system:time_start', false).first(),
301   SPI16DayVis,
302   'SPI ->days*' days from 'see.Date(TimeSeriesCollection.limit(1, 'system:time_start', false).first().get('system:time_start'))
303 );
304 Map.addLayer(SPI.limit(1, 'system:time_start', false),
305   SPIMonthlyVis,
306   'SPI ->limitep*' from 'see.Date(SPI.limit(1, 'system:time_start', false).first().get('system:time_start')).format('
307 //*****
308 //Create a chart of SPIs over time
309 //Add labels to ROI Feature collection. Labels will be used for the charts
310 var ROIwithLabels = AOI.map(function(aoiLabels){
311   var labelNames = addLabels(
312     .set('labelSpiMonth', 'SPI-' + timeStart)
313     .set('labelSpi16', 'SPI (' + days + ' days)')
314     .set('labelMonthlyprecip', 'timeStart' Month(s) precipitation Sum');
315   return labelNames;
316 });
  
```

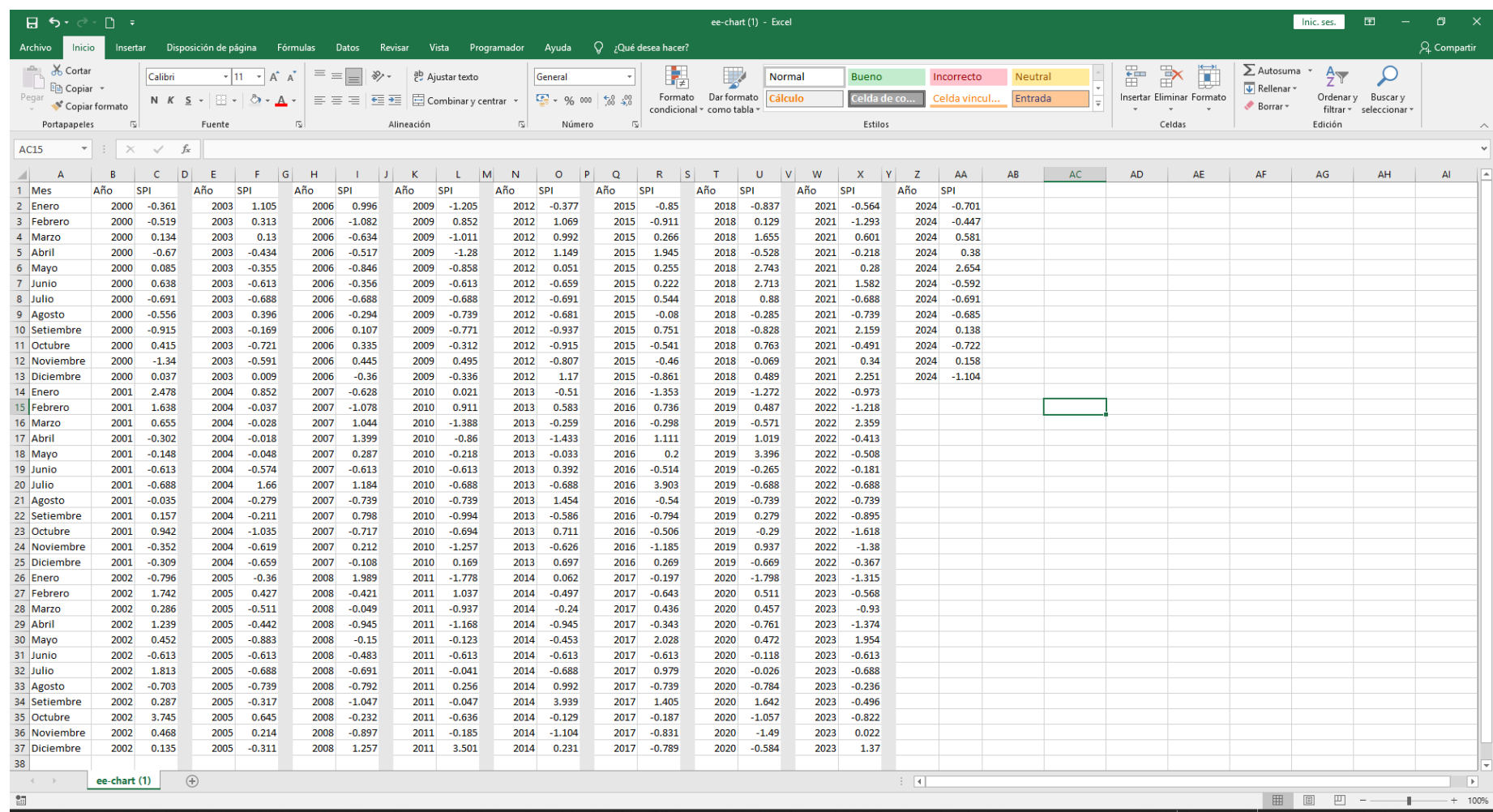
On the right side, the 'Inspector' and 'Console' panels are visible. The console shows the output: 'The observed time period for the SPI 1 begins on 1981-01-01 and ends on 2025-01-01'. Below this, a chart titled '1 month(s) precipitation chart based on mean values with 350N' is displayed, showing a bar chart of precipitation over time.

The map at the bottom shows a geographical view of the region around Capachica, Peru. A red polygon highlights the area of interest. The map includes labels for various locations such as Humanititi, Juliaca, LAS MERCEDES, URB TAPARACHI, and Capachica. A title box on the map reads 'Drought monitoring using the Standardized Precipitation Index (SPI)'. The map interface also shows 'Layers', 'Mapa', and 'Satélite' options.

Fuente: <https://earthengine.google.com/>

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

## Anexo 08: SPI de Capachica para los años 2000 a 2024.



Mes	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI	Año	SPI										
Enero	2000	-0.361	2003	1.105	2006	0.996	2009	-1.205	2012	-0.377	2015	-0.85	2018	-0.837	2021	-0.564	2024	-0.701																		
Febrero	2000	-0.519	2003	0.313	2006	-1.082	2009	0.852	2012	1.069	2015	-0.911	2018	0.129	2021	-1.293	2024	-0.447																		
Marzo	2000	0.134	2003	0.13	2006	-0.634	2009	-1.011	2012	0.992	2015	0.266	2018	1.655	2021	0.601	2024	0.581																		
Abril	2000	-0.67	2003	-0.434	2006	-0.517	2009	-1.28	2012	1.149	2015	1.945	2018	-0.528	2021	-0.218	2024	0.38																		
Mayo	2000	0.085	2003	-0.355	2006	-0.846	2009	-0.858	2012	0.051	2015	0.255	2018	2.743	2021	0.28	2024	2.654																		
Junio	2000	0.638	2003	-0.613	2006	-0.356	2009	-0.613	2012	-0.659	2015	0.222	2018	2.713	2021	1.582	2024	-0.592																		
Julio	2000	-0.691	2003	-0.688	2006	-0.688	2009	-0.688	2012	-0.691	2015	0.544	2018	0.88	2021	-0.688	2024	-0.691																		
Agosto	2000	-0.556	2003	0.396	2006	-0.294	2009	-0.739	2012	-0.681	2015	-0.08	2018	-0.285	2021	-0.739	2024	-0.685																		
Setiembre	2000	-0.915	2003	-0.169	2006	0.107	2009	-0.771	2012	-0.937	2015	0.751	2018	-0.828	2021	2.159	2024	0.138																		
Octubre	2000	0.415	2003	-0.721	2006	0.335	2009	-0.312	2012	-0.915	2015	-0.541	2018	0.763	2021	-0.491	2024	-0.722																		
Noviembre	2000	-1.34	2003	-0.591	2006	0.445	2009	0.495	2012	-0.807	2015	-0.46	2018	-0.069	2021	0.34	2024	0.158																		
Diciembre	2000	0.037	2003	0.009	2006	-0.36	2009	-0.336	2012	1.17	2015	-0.861	2018	0.489	2021	2.251	2024	-1.104																		
Enero	2001	2.478	2004	0.852	2007	-0.628	2010	0.021	2013	-0.51	2016	-1.353	2019	-1.272	2022	-0.973																				
Febrero	2001	1.638	2004	-0.037	2007	-1.078	2010	0.911	2013	0.583	2016	0.736	2019	0.487	2022	-1.218																				
Marzo	2001	0.655	2004	-0.028	2007	1.044	2010	-1.388	2013	-0.259	2016	-0.298	2019	-0.571	2022	2.359																				
Abril	2001	-0.302	2004	-0.018	2007	1.399	2010	-0.86	2013	-1.433	2016	1.111	2019	1.019	2022	-0.413																				
Mayo	2001	-0.148	2004	-0.048	2007	0.287	2010	-0.218	2013	-0.033	2016	0.2	2019	3.396	2022	-0.508																				
Junio	2001	-0.613	2004	-0.574	2007	-0.613	2010	-0.613	2013	0.392	2016	-0.514	2019	-0.265	2022	-0.181																				
Julio	2001	-0.688	2004	1.66	2007	1.184	2010	-0.688	2013	-0.688	2016	3.903	2019	-0.688	2022	-0.688																				
Agosto	2001	-0.035	2004	-0.279	2007	-0.739	2010	-0.739	2013	1.454	2016	-0.54	2019	-0.739	2022	-0.739																				
Setiembre	2001	0.157	2004	-0.211	2007	0.798	2010	-0.994	2013	-0.586	2016	-0.794	2019	0.279	2022	-0.895																				
Octubre	2001	0.942	2004	-1.035	2007	-0.717	2010	-0.694	2013	0.711	2016	-0.506	2019	-0.29	2022	-1.618																				
Noviembre	2001	-0.352	2004	-0.619	2007	0.212	2010	-1.257	2013	-0.626	2016	-1.185	2019	0.937	2022	-1.38																				
Diciembre	2001	-0.309	2004	-0.659	2007	-0.108	2010	0.169	2013	0.697	2016	0.269	2019	-0.669	2022	-0.367																				
Enero	2002	-0.796	2005	-0.36	2008	1.989	2011	-1.778	2014	0.062	2017	-0.197	2020	-1.798	2023	-1.315																				
Febrero	2002	1.742	2005	0.427	2008	-0.421	2011	1.037	2014	-0.497	2017	-0.643	2020	0.511	2023	-0.568																				
Marzo	2002	0.286	2005	-0.511	2008	-0.049	2011	-0.937	2014	-0.24	2017	0.436	2020	0.457	2023	-0.93																				
Abril	2002	1.239	2005	-0.442	2008	-0.945	2011	-1.168	2014	-0.945	2017	-0.343	2020	-0.761	2023	-1.374																				
Mayo	2002	0.452	2005	-0.883	2008	-0.15	2011	-0.123	2014	-0.453	2017	2.028	2020	0.472	2023	1.954																				
Junio	2002	-0.613	2005	-0.613	2008	-0.483	2011	-0.613	2014	-0.613	2017	-0.613	2020	-0.118	2023	-0.613																				
Julio	2002	1.813	2005	-0.688	2008	-0.691	2011	-0.041	2014	-0.688	2017	0.979	2020	-0.026	2023	-0.688																				
Agosto	2002	-0.703	2005	-0.739	2008	-0.792	2011	0.256	2014	0.992	2017	-0.739	2020	-0.784	2023	-0.236																				
Setiembre	2002	0.287	2005	-0.317	2008	-1.047	2011	-0.047	2014	3.939	2017	1.405	2020	1.642	2023	-0.496																				
Octubre	2002	3.745	2005	0.645	2008	-0.232	2011	-0.636	2014	-0.129	2017	-0.187	2020	-1.057	2023	-0.822																				
Noviembre	2002	0.468	2005	0.214	2008	-0.897	2011	-0.185	2014	-1.104	2017	-0.831	2020	-1.49	2023	0.022																				
Diciembre	2002	0.135	2005	-0.311	2008	1.257	2011	3.501	2014	0.231	2017	-0.789	2020	-0.584	2023	1.37																				

Fuente: Descargado de <https://earthengine.google.com/>

Antes de imprimir este documento, piense si es verdaderamente necesario hacerlo, cuidar el medio ambiente es responsabilidad de todos.

**Anexo 09:** Galería fotográfica.



**Imagen 01:** Municipalidad del centro poblado de Yapura.

**Fuente:** elaboración propia.



**Imagen 02:** realizando actividades del proyecto en el centro poblado de Yapura.

**Fuente:** elaboración propia.



**Imagen 03:** La población de la comunidad de lago Azul almacena el agua en rotoplas distribuida por el estado Peruano.

**Fuente:** elaboración propia.



**Imagen 04:** el agua es distribuida en las zonas rurales por los programas del estado tales como ministerio de vivienda, construcción saneamiento (MVCS), y programa nacional de saneamiento rural (PNSR)

**Fuente:** elaboración propia.



**Imagen 05:** La población de la comunidad de Lago Azul cuenta con instalaciones de servicios básicos pero no cuenta con agua disponible en sus domicilios.



**Imagen 06:** ubicación de la estación meteorológica del SENAMHI en el distrito de Capachica



**Imagen 07:** Yapura comunidad de Lago Azul.