



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA  
TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA  
HIDROGRÁFICA HUANCANÉ - PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. LEYDI LYN HUARAHUARA CONDORI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*A mi padre Celestial, por darme la vida, por haberme permitido tener tan buena experiencia dentro de mi universidad, por permitirme concluir mi hermosa carrera profesional.*

*A mis queridos padres Natty y Hector, por haberme brindado todo su apoyo y comprensión en esta etapa muy importante, sobre todo a mi madre pues sin ella no lo habría logrado. Tu bendición me protege y me lleva por el buen camino. Por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor de madre mía.*

*A mis hermanas Yanelly y Rosel, quienes con su cariño, presencia y apoyo me motivan a seguir adelante, para continuar en este hermoso caminar.*

*A mi persona favorita Wilber quien me brindó su apoyo y sus consejos en los momentos más cruciales para seguir adelante.*

*A mis primas Paola y Rosa quienes me brindaron su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.*

*A mis amigos, con los que compartí momentos inolvidables durante los cinco años estudiados.*

**Leydi Lyn Huarahuara Condori**



## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad Profesional de Ingeniería Agrícola.*

*A mi asesor de Tesis D. Sc. Germán Belizario Quispe quien, con su experiencia, conocimiento y tiempo, me oriento en la realización de la presente tesis.*

*A mis jurados: M. Sc. Teófilo Chirinos Ortiz, M. Sc. Esteban Moisés Vilca Pérez y al Dr. José Antonio Mamani Gómez, por sus valiosos aportes en la tesis.*



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>16</b>
1.2.1. Problema General.....	16
1.2.2. Problemas Específicos.....	16
<b>1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.3.1. Hipótesis General .....	16
1.3.2. Hipótesis específicas .....	16
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>18</b>
1.5.1. Objetivo General .....	18
1.5.2. Objetivos Específicos.....	18



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>29</b>
2.2.1. Definición del calentamiento global .....	29
2.2.2. Cambio climático .....	30
2.2.3. Variabilidad climática .....	30
2.2.4. Elementos y factores climáticos .....	30
2.2.5. Cuenca hidrográfica .....	34
2.2.6. Parámetros de una cuenca .....	35
2.2.7. Análisis de consistencia de las variables climáticas.....	36

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>51</b>
3.1.1. Descripción de la cuenca Huancané.....	51
3.1.2. Ubicación geográfica .....	51
3.1.3. Ubicación política .....	52
3.1.4. Límites hidrográficos .....	52
3.1.5. Clima.....	53
3.1.6. Información hidrometeorológica.....	53
3.1.7. Información hidrométrica .....	54
<b>3.2. TIPO DE INVESTIGACION.....</b>	<b>55</b>
<b>3.3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>55</b>
3.3.1. Técnicas e instrumentos .....	55
3.3.1.1. Etapa de campo.....	55



3.3.1.2. Trabajo de gabinete .....	56
3.3.2. Procedimiento .....	56

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
4.1.1. Comportamiento espaciotemporal de la temperatura y precipitación en la cuenca Huancané.....	64
4.1.1.1. Comportamiento espaciotemporal de la temperatura .....	64
4.1.1.2. Comportamiento espaciotemporal de la precipitación pluvial .....	78
4.1.2. Relación entre el cambio climático y el comportamiento de la temperatura y la precipitación en la cuenca hidrográfica Huancané.....	88
4.1.2.1. Relación entre el cambio climático y el comportamiento de la temperatura .....	88
4.1.2.2. Relación entre el cambio climático y el comportamiento de la precipitación.....	98
4.1.3. Los efectos del cambio climático sobre los comportamientos de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica Huancané. ....	108
4.1.3.1. Comportamiento de la descarga en la cuenca hidrográfica Huancané.. ..	108
4.1.3.2. Variación del caudal medio anual de la cuenca hidrográfica Huancané. ....	110
<b>4.2. DISCUSIÓN.....</b>	<b>113</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>119</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>121</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>122</b>



**ANEXOS..... 128**

**Área** : Ingeniería y tecnología  
**Tema** : Cambio climático sobre la temperatura y precipitación  
**Línea de investigación** : Recursos Hídricos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 20 de diciembre de 2022



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Sub cuencas, rio Huancané .....	53
<b>Tabla 2.</b> Estaciones de la cuenca Huancané y estaciones cercanas.....	54
<b>Tabla 3.</b> Estación hidrométrica del Puente Huancané.....	54
<b>Tabla 4.</b> Consistencia en la media.....	57
<b>Tabla 5.</b> Consistencia en la desviación estándar .....	58
<b>Tabla 6.</b> Análisis de tendencia (software Trend) .....	59
<b>Tabla 7.</b> Modelo de regresión lineal.....	60
<b>Tabla 8.</b> Prueba de hipótesis .....	60
<b>Tabla 9.</b> Probabilidad $\alpha$ (0.05) .....	61
<b>Tabla 10.</b> Calculo del estadístico Tc y Tt.....	61
<b>Tabla 11.</b> Comparación del análisis estadístico T.....	62
<b>Tabla 12.</b> Rango del coeficiente correlación (r).....	62
<b>Tabla 13.</b> Correlación de las temperaturas máximas anuales. ....	72
<b>Tabla 14.</b> Correlación de temperaturas medias anuales .....	73
<b>Tabla 15.</b> Proyección de temperatura media al año 2050 en la cuenca Huancané.....	76
<b>Tabla 16.</b> Análisis de saltos de las precipitaciones medias.....	81
<b>Tabla 17.</b> Proyección de precipitación media al año 2050 en la cuenca Huancané....	86
<b>Tabla 18.</b> Resultado del análisis de tendencia de temperatura media anual, cuenca Huancané, 1964-2014. ....	89
<b>Tabla 19.</b> Resumen del modelo de la variable predictora temperatura media anual, cuenca Huancané, 2005 – 2014.....	91
<b>Tabla 20.</b> Modelo de la variable predictora temperatura media anual, 2005 – 2014...	92





<b>Tabla 21.</b> Variables de proyecciones en las tendencias de temperatura media anual, 1964 – 2014.....	93
<b>Tabla 22.</b> Variabilidad de la temperatura media anual .....	95
<b>Tabla 23.</b> Relación del cambio climático y el comportamiento de la temperatura máxima, media y mínima anual. ....	96
<b>Tabla 24.</b> Resultado del análisis de tendencia de precipitación media anual, cuenca Huancané, 1964-2014. ....	99
<b>Tabla 25.</b> Resumen del modelo de variable predictora, precipitación media anual, cuenca Huancané, 1964 – 2014.....	100
<b>Tabla 26.</b> Modelo de la variable predictora precipitación media anual, 1964 – 2014. ....	101
<b>Tabla 27.</b> Variables de proyecciones en las tendencias de precipitación media anual, 1964 - 2014. ....	102
<b>Tabla 28.</b> Variación de precipitación media anual.....	105
<b>Tabla 29.</b> Relación del cambio climático y el comportamiento de la precipitación media anual.....	106
<b>Tabla 30.</b> Variación entre el caudal promedio anual y observado al año 2050. ....	111



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Análisis de cercas .....	38
<b>Figura 2.</b> Análisis de diagrama de cajas o boxplot .....	39
<b>Figura 3.</b> Cuenca hidrográfica Huancané.....	52
<b>Figura 4.</b> Promedio de temperaturas máximas mensuales. ....	65
<b>Figura 5.</b> Promedio de temperaturas mínimas mensuales.....	66
<b>Figura 6.</b> Índices del vector regional con datos originales de temperatura máxima anual .....	67
<b>Figura 7.</b> Índices del vector regional con datos completados de temperatura máxima anual .....	68
<b>Figura 8.</b> Suma de índices de vectores regionales de las temperaturas máximas anuales .....	69
<b>Figura 9.</b> Índices del vector regional con datos originales de temperatura media anual .....	69
<b>Figura 10.</b> Índices del vector regional con datos completados de temperatura media anual .....	70
<b>Figura 11.</b> Suma de índices en el vector regional, temperatura media anual.....	71
<b>Figura 12.</b> Temperaturas mínimas anuales con datos completados.....	71
<b>Figura 13.</b> Hidrograma del comportamiento de la temperatura máxima, media y mínima, 1964 al 2014.....	76
<b>Figura 14.</b> Tendencia de temperatura media al año 2050, cuenca Huancané .....	78
<b>Figura 15.</b> Diagrama de doble masa de las precipitaciones promedios anuales .....	80
<b>Figura 16.</b> Suma de los índices del vector regional, precipitaciones medias anuales..	82
<b>Figura 17.</b> Índices del vector regional de las precipitaciones medias anuales .....	83



<b>Figura 18.</b> Precipitaciones promedios anuales, cuenca Huancané, 1964-2014 .....	84
<b>Figura 19.</b> Serie histórica de precipitaciones medias mensuales, cuenca Huancané, 1964-2014.....	85
<b>Figura 20.</b> Variabilidad de la temperatura media anual, cuenca Huancané, 1964-2014. .....	94
<b>Figura 21.</b> Resumen de resultados de las temperaturas medias anuales al 2050. ....	97
<b>Figura 22.</b> Variación de la precipitación media anual, cuenca Huancané, 1964-2014. .....	104
<b>Figura 23.</b> Resumen de resultados de las temperaturas medias anuales al 2050. ....	107
<b>Figura 24.</b> Variación del caudal medio anual (m <sup>3</sup> /s), puente Huancané, 1964 – 2014. .....	110



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- ANA:** Autoridad Nacional del Agua
- CMNUCC:** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
- SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
- TDPS:** El sistema endorreico Titicaca - Desaguadero - Poopó - Salar de Coipasa
- MINAGRI:** Ministerio de Agricultura y Riego
- ALA:** Autoridades Administrativas y Locales del Agua
- FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- UTM:** Universal Transverse Mercator
- GORE:** Gobierno Regional



## RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de evaluar los efectos del cambio climático sobre la temperatura y la precipitación en la cuenca Huancané. Para realizar el presente trabajo se recopiló información de registros históricos de 1964 al 2014, luego se desarrolló el análisis de consistencia de datos meteorológicos mediante el análisis visual gráfico, análisis doble masa y análisis estadístico, posteriormente, análisis de las tendencias mediante las pruebas paramétricas y no paramétricas en las temperaturas y precipitaciones medias mensuales. Los resultados según los test de Mann Kendall, Spearman's, Regresión lineal y auto correlación con niveles de significancias de  $\alpha=0.1$ ,  $\alpha=0.05$  y  $\alpha=0.01$ , las temperaturas medias tienden significativamente a incrementar, en la zona baja y media con 1.1 °C, 1°C y la zona alta con 2.6 °C al 2050 a consecuencia del cambio climático. El pronóstico de precipitaciones al 2050 con función pronóstico de tendencia lineal presentan un incremento de lluvias en las estaciones Huancané, Azángaro y Progreso en 34, 51 y 52 milímetros respectivamente, mientras que, en las estaciones de Moho, Putina y Muñani tienden a disminuir en -47, -50 y -106 milímetros al 2050 respectivamente. Los escurrimientos superficiales durante los 51 años hidrológicos muestran un descenso de caudal en 0.066 m<sup>3</sup>/año por ausencia de precipitaciones. En conclusión, el cambio climático presenta una tendencia de incremento acelerado sobre la temperatura, sin embargo, las precipitaciones tienden a descender al 2050, afectando el flujo del caudal en la cuenca del río Huancané.

**Palabras clave:** Análisis tendencial, cambio climático, precipitación, temperatura.



## ABSTRACT

The research was carried out with the objective to evaluate the effects of climate change on temperature and precipitation in the Huancané basin, To carry out the present work, information was collected from historical records from 1964 to 2014, then the consistency analysis was developed consistency of meteorological data through the visual graphic analysis, double mass analysis and statistical analysis, later analysis of trends through in the parametric and non-parametric tests on temperatures and average monthly rainfall. The results, according to the Mann Kendall test, Spearman's, linear regression and auto-correlation tests with significance levels of  $\alpha=0.1$ ,  $\alpha=0.05$  and  $\alpha=0.01$ , where the average temperatures tend to increase, in the low and middle zone with 1.1 °C, 1°C and the high zone with 2.6 °C by 2050 because of climate change. The forecast of rainfall to 2050 with linear trend forecast function shows an increase in rainfall in the Huancané, Azángaro and Progreso stations in 34, 51 and 52 millimeters respectively, while, at the Moho, Putina and Muñani stations they tend to decrease by -47, -50 and -106 millimeters by 2050 respectively. Surface runoff during the 51 hydrological years shows a decrease in flow of 0.066 m<sup>3</sup>/year due to the absence of rainfall. In conclusion, climate change presents a trend of accelerated increase in temperature, however, rainfall tends to decrease by 2050, affecting the flow of water in the Huancané river basin.

**Keywords:** trend analysis, climate change, precipitation, temperature.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático es uno de los problemas más graves del mundo, el cual está sujeto a las actividades humanas, que cambia la composición atmosférica y la variabilidad climática, causando eventos climáticos o fenómenos inusuales e impropios a las estaciones a causa del efecto invernadero, la temperatura ascendió 1.09 °C del 2011 al 2020, donde la IPCC predice que la temperatura global incrementara en 1.5 °C a más, dentro de los próximos 20 años, según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC (2021).

En el Perú se presentan distintas variabilidades climáticas que surgen a partir de la progresiva y acelerada pérdida superficial de los glaciares, en los últimos 40 años se perdió el 53% de superficie glaciar y es posible que dentro de 10 a 15 años los glaciares desaparezcan, causando el incremento de la temperatura media con emisión de gases de efecto invernadero, según la Autoridad Nacional del Agua, ANA (2021).

En un futuro venidero la calidad de vida del poblador serian afectadas a causa del cambio climático, primordialmente la actividad agropecuario con el que la población altiplánica se sustenta, ya que enfrenta incrementos de temperatura promedio, olas de calor, aumento de evaporación, descensos de lluvias entre otros factores climáticos que aumentan la posibilidad de sequias, de tal modo que el recurso hídrico es el principal afectado a causa del cambio climático, por ello la economía del sector agropecuario planteado por Belizario (2014). Con respecto a Noa (2016), es importante prevenir los impactos climatológicos negativos extremos y adaptarse a los cambios del clima, siendo un desafío al año 2050, para reducir la pérdida de la biodiversidad, así como, pérdidas



económicas, se realiza la presente investigación en la cuenca Huancané, con la finalidad de evaluar los efectos del cambio climático en la temperatura y precipitación de la cuenca Huancané.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cómo afecta el cambio climático en la temperatura y precipitación en la cuenca Huancané?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cómo es el comportamiento espaciotemporal de la temperatura y precipitación en la cuenca Huancané?
- b) ¿Qué relación existe entre los efectos del cambio climático y el comportamiento espaciotemporal de la temperatura y la precipitación en la cuenca de Huancané?
- c) ¿Cómo es el efecto del cambio climático en los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica del río Huancané?

## **1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Hipótesis General**

El cambio climático está generando una tendencia acelerada sobre la temperatura y un descenso de precipitación en la cuenca Huancané.

### **1.3.2. Hipótesis específicas**

Existe una variabilidad tendencial de los datos meteorológicos entre el espacio y tiempo sobre la temperatura y precipitación en la cuenca Huancané.

El cambio climático es directamente relacionado con el comportamiento de la temperatura e inverso con el comportamiento de la precipitación en la cuenca Huancané.





La variación de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica del río Huancané se ve impactada por la aceleración de la temperatura y la disminución de las precipitaciones.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

En las últimas décadas se muestran variaciones en las variables climáticas en las temperaturas, precipitaciones pluviales, humedad relativa, evaporación y entre otras, lo que vienen generando preocupaciones en sus habitantes sobre sus actividades diarias, estas variaciones podría atribuirse al cambio climático (Belizario, 2015, 2021; Belizario et al., 2013a, 2013b), el efecto del cambio climático en la precipitación y la temperatura están generando sequias, fuertes olas de calor durante el día incrementando las tasas de evaporación (Belizario, 2014), ya que la temperatura media mundial se incrementó aceleradamente en 1.09 °C del 2011 al 2020 causando una gran influencia en los sistemas naturales y humanos, prediciendo que dentro de los próximos 20 años la temperatura media aumentaría en 1.5 °C, afectando gravemente a la sociedad humana (IPCC, 2021), asimismo, Perú es uno de los países más golpeados por la variabilidad climática (SENAMHI, 2019).

La escasa disponibilidad del recurso hídrico, la baja vegetación, el aumento de la temperatura media, la diversidad de flora y fauna son los aspectos mayormente conocidos en la cuenca Huancané, no obstante, en los últimos años se han presentado períodos secos prolongados, lo que ha conllevado a un aumento de reacciones negativas por las lluvias intensas esporádicas y a la pérdida del suelo debido a la erosión, factores que dañan el ecosistema terrestre de la cuenca (MINAGRI, 2010a).

Los ríos, los acuíferos y los bofedales presentan amenazas por pérdidas del volumen de agua, la limitada precipitación y la falta del escurrimiento superficial, la topografía accidentada en la zona alta de la cuenca, convierten en una preocupación de



regular su uso, además los efectos negativos de su exceso, provocan frecuentes desastres naturales (MINAGRI, 2010a).

La investigación se realizó tomando información mensual histórica desde 1964 al 2014 con el propósito de evaluar los efectos del cambio climático al 2050 en la cuenca Huancané, siendo uno de las principales consecuencias del cambio climático, por ello, es probable el incremento continuo de la temperatura media, limitando las lluvias y provocando la evaporación en los cauces, lo que resulta falta de agua para el ecosistema, la producción agrícola y agropecuaria, como el uso humano (GORE Puno, 2016).

El estudio contribuye a la generación de información que permitirá tomar decisiones adecuadas aplicando el conocimiento científico para desarrollar estrategias de intervención y mitigar los efectos del cambio climático (Canales et al., 2021), también genera información para prevenir impactos climatológicos negativos extremos y adaptarse al cambio climático, para reducir la pérdida de la biodiversidad, así como, pérdidas económicas Noa (2016).

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo General**

Evaluar los efectos del cambio climático sobre la precipitación y la temperatura en la cuenca Huancané.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

1. Analizar el comportamiento espaciotemporal de la temperatura y precipitación en la cuenca Huancané.
2. Determinar la relación que existe entre el cambio climático y el comportamiento de los elementos climáticos en la cuenca Huancané.



3. Determinar los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica del río Huancané.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### **Antecedentes Internacionales:**

En Andalucía se ha realizado la investigación denominada “Análisis de tendencias de la aridez climática en las zonas regables de Andalucía”, su objetivo fue analizar la alteración espacial y temporal de la aridez en las áreas regables, así como también determinar si la aridez aumenta o disminuye, desarrollado por García (2022), la investigación utiliza el método de Mann-Kendall, así como la variación espacial mediante el software ArcGIS, donde utilizó la krigación para así tener aproximación del índice en el área de estudio dentro de un periodo de tiempo de 2000 al 2017 previamente se validaron los datos de las series climatológicas excluyendo información errónea que puedan repercutirse negativamente en el resultado. Como resultado se encontró una tendencia negativa en las zonas riego y concluye que el cambio climático afecta las zonas de riego, estas se puedan convertir un lugar más árido con el paso del tiempo, ya que los resultados muestran aumento de aridez de oeste a este a causa del incremento de temperatura y disminución de lluvias.

En los Estados Unidos se ha desarrollado el sexto informe denominado “Cambio climático 2022: mitigación del cambio climático. contribución del grupo de trabajo iii al sexto informe de evaluación del panel intergubernamental sobre cambio climático”, desarrollado por la IPCC (2022), en el informe se reporta que el aumento acelerado de la temperatura media en todo el mundo está afectando de manera que es importante acelerar los procesos de adaptaciones para disminuir la inseguridad de peligros climatológicos,



también el aumento del cambio climático está afectando gravemente al rendimiento de los cultivos esenciales, de igual forma en la pesca, en la ganadería, generando una pérdida económica, lo que conducirá a una mayor toma de decisiones y acciones para enfrentar y adaptarse al cambio climático, así como también es importante optar medidas que puedan contrarrestar el cambio climático, como la reducción y la dependencia del carbono.

En Colombia se ha realizado la investigación denominado “Análisis de tendencia de temperatura y precipitación para el departamento de Caldas - Colombia”, tiene como propósito principal producir información de las tendencias en la precipitación y temperatura, desarrollado por Correa et al. (2021), mediante la metodología del análisis multirresolución (MRA), el análisis wavelets dentro de los años 1971 al 2010 para precipitaciones y 1981 al 2010 para temperaturas, como resultados obtuvieron una tendencia creciente en la precipitación mediante la prueba de Mann – Kendall y para temperaturas se obtuvieron tendencias leves decrecientes, así como, tendencias leves crecientes en distintas estaciones. Por ultimo concluye que la precipitación aumenta lentamente, de la misma manera la temperatura mínima incrementa levemente, así como también, las temperaturas máximas presentan tendencias crecientes.

En Ecuador se ha desarrollado la investigación denominado “Cambios en patrones de precipitación y temperatura en el Ecuador”, el cual tiene por finalidad de adquirir la tendencia lineal y caracterizar las series tiempo en la temperatura y precipitación con la prueba de Mann-Kendall, desarrollado por León et al. (2021), con la metodología de los cuatro métodos estadísticos (media, varianza, desviación estándar, coeficiente de asimetría y coeficiente de kurtosis) y los test estadísticos no paramétricos Mann-Kendall con series de 40 años de 1980 al 2019. Como resultado se encontró en diferentes zonas de la costa una tendencia significativa de la precipitación, sin embargo, baja significancia



en temperatura por causas como la proximidad del océano pacífico, la geografía y la elevación entre otros. Concluyendo que el cambio climático es primordial en la gestión hidrológica.

En los Estados Unidos se ha desarrollado el informe denominado de “Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático panel”, desarrollado por el IPCC (2021), donde predice que dentro de los siguientes 20 años en adelante la temperatura media incrementará en 1.5 °C a más a causa de las emisiones de gases de efecto invernadero de las actividades humanas, causando así fuertes olas de calor más intensas y frecuentes, de la misma manera el informe indica que el aumento de temperatura causa un desbalance entre lluvias, sequías, granizos gigantes, incendios, así como también indica que Latinoamérica es uno de los territorios más golpeados a nivel mundial por el aumento de las temperaturas, así como el nivel del mar, la predicción muestra que en los próximos 20 años el aumento de temperatura continuará a un ritmo acelerado en el norte, centro y sur a nivel de la región de Latinoamérica, es por ello que probable que se reporten sequías.

En Ecuador se ha desarrollado la investigación denominada “Análisis del cambio climático en un ecosistema alto andino, Riobamba – Ecuador”, tiene como objeto demostrar si en el ecosistema alto andino del Ecuador existe cambio climático por Pérez et al. (2020), desarrollo por el método del análisis estadístico de promedios mensuales multianuales de 1976 al 2017. Como resultado obtuvieron un clima seco junio hasta septiembre, un clima húmedo (octubre-diciembre y febrero-mayo) indicando que, mediante el análisis estadístico en los últimos 42 años, se determinó una variación en de climas, con el test Mann Kendall encontró una temperatura decreciente con  $-0.004$  °C, sin embargo, la temperatura máxima, mínimas muestran una tendencia creciente (0.0002,



0.003 y 0.039 °C correspondientemente). Por ultimo concluye que el cambio climático podría generar problemas ambientales, problemas en el bienestar de las personas y esta pueda ser afectada frente a los cambios apresurados por la climatología, también concluye que las políticas públicas deben tener en cuenta como insumo para realizar planificaciones.

### **Antecedentes nacionales y regionales:**

En el Perú se ha desarrollado el informe denominado “Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio”, tiene el objetivo determinar los escenarios del cambio climático hacia el 2050 con series de 1981-2005, bajo los escenarios de emisiones RCP 8.5 a través la (precipitación y temperatura), realizado por SENAMHI (2021a), en la investigación se utilizó el método de generación de datos climáticos a partir de situaciones climáticas a 5 km del país, cambios de los elementos climáticos (precipitación y temperatura), ciclo anual de las variables climáticas, alteraciones en la distribución de probabilidad y territorios de mayores cambios en los climas hacia el 2050. Los resultados muestran incremento en la precipitación a un 45% en los andes, mientras que la temperatura media anual en el país muestra un aumento de 1.7 a 3.5°C, los cambios de temperatura se manifiesta en la variación de la temperatura media anual que se encuentra de 0.2 °C a 0.8 °C a nivel del país. Por ultimo concluye que la precipitación media anual presenta incrementos de 30% en el oriente de la cordillera y un descenso de 60% en la sierra norte en invierno, en los andes también se encuentran cambios de temperatura media anual con incrementos consistentes de 1.8 a 4.0°C al 2050 en el sur oriente de la sierra.

En el Perú se ha desarrollado el informe denominado “Escenarios climáticos: Cambios en los extremos climáticos en el Perú al 2050”, tiene como objetivo precisar los



índices excesivos climatológicos del País basándose en situaciones climáticas al 2050, desarrollado por SENAMHI (2021b), mediante el método de generación de información de circunstancias climáticas a 5km del país, cambios en los elementos climáticos, ciclo anual de las variables climáticas (precipitación y temperatura), cambios en la distribución de probabilidad y territorios de mayores cambios climáticos hacia el 2050. Obteniendo resultados de la intensidad de precipitación muestra incrementos de 15% en la costa norte, en los andes presenta un incremento mayor a 10%, en los andes y en la costa los escenarios extremos de temperatura muestran un incremento de 1.5 °C, la amazonia presenta un incremento de 2°C a más. Finalmente concluye que en los Andes los pronósticos de temperaturas son superiores a los 2°C a nivel del País, mostrando incrementos cada vez más mayores y es probable que las noches y los días sean más cálidos, así como también los días y noches sean más fríos, también, las heladas y las precipitaciones son cada mas vez menores.

En el Perú se ha desarrollado la investigación denominado “Atlas de temperaturas del aire y precipitación del Perú”, su propósito fue analizar las series diarias en la precipitación y temperatura máxima y mínima del aire con periodos de 1981-2010, desarrollado por SENAMHI (2021d), su metodología fue elaborar pluviotermogramas, para elaborar mapas climatológicos de precipitaciones y temperaturas mensuales, anuales y estacionales, utilizaron modelo de regresión lineal múltiple o de interpolación. Se demostró que la temperatura máxima anual llego a los 18 °C y las temperaturas mínimas son de -13 °C y - 9 °C con registros meteorológico de 1981 al 2010 en la región de Puno.

En el Perú se ha desarrollado la investigación denominado “Climas del Perú mapa de clasificación climática nacional”, con la finalidad de disponer la aproximación de los recursos climáticos en distintas regiones del país, del periodo de 1981 al 2010. Entre





métodos usados fue de regresión lineal múltiple para la interpolación, dando a conocer la relación de la realidad geográfica y el clima, juntamente con lo estadístico y la interpolación espacial. Reportando que los climas en la falda del andes oriental, en la biosfera amazónica y la continua degradación del suelo (deforestación) afecta a los climas, así como, microclimas ubicados en las montañas altas como en los humedales.

En el Perú se ha desarrollado la investigación denominado “Climas del Perú mapa de clasificación climática nacional”, con la finalidad de disponer la aproximación de los recursos climáticos en distintas regiones del país, del periodo de 1981 al 2010, realizado por SENAMHI (2021c), el reporte utilizo el método de regresión lineal múltiple para la interpolación, dando a conocer la relación de la realidad geográfica y el clima, juntamente con lo estadístico y la interpolación espacial. Reportando que los climas en la falda del andes oriental, en la biosfera amazónica y la continua degradación del suelo (deforestación) afecta a los climas, así como, microclimas ubicados en las montañas altas como en los humedales.

En la cuenca Coata se ha desarrollado la investigación denominado “Efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cuenca Coata - Puno” tiene como finalidad examinar los efectos termopluviométricos en los cultivos, realizado por Ccaira et al. (2021), utilizó el método de sistematización, corrección con el análisis de homogeneidad en series históricas de 48 años en (temperaturas y precipitaciones), examinó con niveles de significancia de (0.01, 0.05 y 0.10) de las pruebas paramétricos y no paramétricos, similarmente con los rendimientos de cultivos. En sus resultados la temperatura máxima y media anual incrementa  $0.05^{\circ}\text{C}$  y  $0.028^{\circ}\text{C}$ , la temperatura mínima no presenta cambios significativos, sin embargo la precipitación media desciende generando impactos en los cultivos, temperatura media anual mediante el modelo de



variables predictoras muestran cambios de ( $R^2$  0.42) respecto al cambio climático, la precipitación media anual se relaciona en solo ( $R^2$  0.53) con el cambio climático, también en el modelo de variables de temperatura media anual influye significativamente en 0.029 con el cambio climático, en precipitación se encontró una disminución afectando negativamente a los cultivos de la zona. Por último concluye que los cultivos son afectados por las variables climáticas y estas a causa del cambio climático.

En la cuenca Ilave se ha desarrollado la investigación denominada “Análisis de tendencias de temperatura y precipitación pluvial en la cuenca del río Ilave” tiene el objeto la evaluación en cómo afecta el cambio climático en los elementos climáticos, realizado por Aguilar (2017), utilizó el método de modelos de variación correspondiente al cambio climático, para lo cual se procesó los datos con el análisis visual de histogramas, análisis de doble masa y análisis estadístico, para así encontrar la variación de las precipitaciones y las temperaturas medias mensuales. Como resultado del pronóstico al 2050 las temperaturas promedio anual presentan incremento y las precipitaciones medias anuales muestran descensos. Concluye que el comportamiento de la temperatura promedio anual en la zona incrementa en  $1.5 - 2.3^{\circ}\text{C}$ , la zona media incrementa en  $1.98^{\circ}\text{C}$  y la zona alta  $1.2$  a  $2.3^{\circ}\text{C}$  al 2050, mientras que las precipitaciones medias anuales muestran variaciones en tiempo y espacio mas no presenta significancia estadísticamente, por lo que la zona baja incrementa en 201 a 216mm presentando lluvias moderadas, zona media 202 mm con incremento leve de precipitación, zona alta de 27 – 62 mm mostrando escasez de precipitación al año 2050.

En el Perú se ha desarrollado la investigación denominada “Normales climatológicas 1981 – 2010 de la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima del aire”, realizado por el SENAMHI (2016), reportando los años que tuvieron



mayores precipitaciones fueron en los años 1986, 1985 y 1984 en escala anual. Por lo contrario, el año de menor precipitación se dio en 1983, con niveles de precipitación por debajo de la mitad del total promedio multianual del área. La precipitación en 1985, que estuvo en línea con el promedio, mostró aumentos en el rango de 20 hasta el 85% en el norte y un incremento de 20 a un 50% en el centro de la zona media, en el área sur llegó hasta el 50%, el cual generó pérdidas económicas respecto al ámbito de la agricultura, así como en el ámbito agropecuario.

En la cuenca Ilave se ha desarrollado la investigación denominada “Efectos del cambio climático sobre elementos termoplumiométricos en la cuenca hidrográfica Ilave – Puno” su objetivo principal fue evaluar los efectos del cambio climático en la temperatura y precipitación, realizado por Noa (2016), utilizó la metodología para el análisis de tendencias en las pruebas paramétricas y no paramétricas con probabilidad de (0.1, 0.05 y 0.01), según los test de Mann Kendall, Spearman’s, regresión lineal como autocorrelación. Obtuvo como resultado en el modelo de variables de temperatura media anual tiene la significancia casi nula, el valor de influencia es 0.00008 de la temperatura media anual y la significancia en la precipitación media es de 0.10 indicando descensos de lluvia, a su vez cambios en el régimen de pluviosidad a causa del cambio climático. Por último concluye en su trabajo de investigación que el incremento de temperatura media de 1964 – 2011 la zona baja incrementa en 1.5 a 2.3 °C, en la zona media 1.98 °C y en la zona alta 1.2 a 2.3 °C, se encontró según el test de Mann Kendall, Spearman’s y regresión lineal un ascenso de temperatura media 0.11 °C/año 2050, sin embargo, se encontró 0.049 mm/año en lluvias en los 51 años, en la zona baja 201 – 216 mm con un ligero incremento, así como, en la zona media 202 – 18 mm y en la zona alta 38 - 0.0 mm insuficiencia de precipitación al 2050, el incremento de temperatura media es de (R2 0.78) de probabilidad, mostrando una relación directa con el cambio climático, mientras que



precipitación media es de (R2 0.21) mostrando una relación indirecta con el cambio climático, el caudal desciende con 0.019 m<sup>3</sup>/año dentro de 51 años.

En la cuenca Huancané se ha desarrollado la investigación denominada “Efecto de la variabilidad climática en la disponibilidad de los recursos hídricos en la cuenca del río Huancané”, su objetivo es determinar los efectos de la variabilidad climática en los recursos hídricos del río Huancané, realizado por Chacon (2015), su metodología fue procesar el promedio anual en las lluvias, en temperatura el promedio, la máxima y mínima para ser analizado con el modelo de programación lineal, se analizó la generación del caudal por medio del modelo Lutz Scholtz de 1957-2000. Como resultado las precipitaciones promedio anual tienen a disminuir en el tiempo, la temperatura promedio anual tiende a incrementar, así como la humedad relativa y disminución del caudal. Por último concluye que la precipitación media anual tiende a descender a través del tiempo en una proporción de 24-30% de 1957-2000, y la temperatura media anual presenta una tendencia de incremento 0.017°C por año dentro del periodo de 1957-2000, la humedad relativa tiende a disminuir en 0.67% y el caudal promedio anual, muestra una tendencia descendente a través del tiempo en 0.025 m<sup>3</sup>/s analizado en el periodo de 1957-2000.

En la cuenca Ramis se ha desarrollado la investigación denominada “Impactos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno – Perú”, tiene como objetivo principal evaluar los impactos del cambio climático sobre la agricultura, mediante los escenarios de temperatura y precipitación del 2012 al 2014, desarrollado por Belizario (2014), utilizó la metodología con 46 años de series histórica (temperaturas y precipitación), sistematizadas, corregidas, completadas y homogéneas, mediante modelos paramétricos y no paramétricos, se analizó las variaciones significativas en (0.01, 0.05 y 0.10), de igual manera la información de rendimientos de los cultivos. Como resultado se



obtuvo incremento de  $0.04^{\circ}\text{C}$  y  $0.025^{\circ}\text{C}$  en las temperaturas las máximas, medias anuales y las mínimas no tienen variabilidad significativas, las precipitaciones muestran disminución, generando impactos en la agricultura, en el modelo de variables predictoras de la temperatura media anual, resulta con ( $R^2$  0.422) con el cambio climático y la variabilidad en la precipitación tiene relación de ( $R^2$  0.53) con el cambio climático, en el modelo de variables de temperatura media anual tiene predominancia significativa de variabilidad climática, ya que el valor de significancia es 0.029. Concluye que el cambio climático repercute en las variables de temperatura y precipitación en la cuenca Ramis influyendo negativamente en el rendimiento de cultivos.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Definición del calentamiento global**

Según Lineman et al. (2015), define el calentamiento global como una preocupación que afecta a todo el mundo y tiene repercusiones ambientales, sociales y económicas. El calentamiento global es el aumento de temperatura promedio en la superficie de la tierra, que se genera cada año por el aumento de los gases del efecto invernadero que contiene metano, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido nitroso y el vapor que cubre la atmósfera; como resultado, el calor queda atrapado en la baja atmósfera baja.

De acuerdo a García (2022), los efectos del calentamiento global causan consecuencias a nivel mundial, por el aumento de temperatura media global que incrementara más de  $3^{\circ}\text{C}$  durante los próximos 20 años de acuerdo a la IPCC (2021). Se puede decir que algunos efectos del calentamiento global ya están causando numerosos problemas en el mundo como la degradación del glaciar de los nevados en la cordillera de los andes (Paz & Montecinos, 2011) y, la aridez en España.



### **2.2.2. Cambio climático**

De acuerdo a las Naciones Unidas el "cambio climático" se da a entender como un efecto directo o indirecto del cambio de clima sobre la actividad humana, que afecta a la atmósfera y la variabilidad del clima se observa dentro de tiempos comparados (CMNUCC, 1992).

El cambio climático un cambio de clima que se da en toda la tierra, con resultados y consecuencias inciertos. El cambio climático está determinado por el calentamiento global, así como por los aumentos de temperatura, el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero que el mundo genera con las actividades industriales y el nivel de consumo en los países desarrollados. Chacón (2015). El término "cambio climático" se refiere no solo a los cambios de temperatura, sino también a aspectos más amplios del clima Shi et al. (2020) y comúnmente, al conocimiento y/o estudio en este ámbito Lineman et al. (2015); Shi et al. (2020).

### **2.2.3. Variabilidad climática**

La variabilidad climática se entiende como variación en el sistema climático, el clima presenta ciclos con distinta periodos variables, como en la precipitación, temperatura y entre otros elementos climáticos que varían por debajo o encima de lo normal es decir durante un periodo de 30 años el promedio anual de la variable climática se presenta como condición, la continuidad de estas tendencias dentro de los datos habituales, denótense como variación del clima (IDEAM - UNAL, 2018).

### **2.2.4. Elementos y factores climáticos**

#### **2.2.4.1. Precipitación**

La precipitación es cualquier tipo de humedad que se origina en las nubes y se extiende a la superficie del suelo, el cual puede tomar la forma de lluvia, nieve, aguanieve,



granizo y nevada. Las nubes están formadas por partículas de vapor de agua y su consistencia se mantiene gracias a su pequeño volumen (Noa, 2016).

### **Precipitación convectiva (nubes)**

La disipación de la capa exterior de agua se produce a causa de un clima cálido, produciendo enormes volúmenes de vapor de agua, el cual ascienden cuando está más caliente y ascienden para enfriarse de acuerdo a la inclinación adiabáticamente húmedo ( $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ) o seco ( $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ), a lo largo de su elevación. La evaporación se acumula en ciertos lugares específicos conocidos como células el cual ascienden y llegan a las células de convectivas, desde ahí las masas se acumulan para luego precipitar acompañado de relámpagos y truenos. Se trata de precipitaciones promedio de los distritos cálidos, en el cual los amaneceres son excepcionalmente sofocantes, las olas de viento son mayores, y/o la brisa es predominantemente vertical del aire. (Noa, 2016).

### **Precipitación orográfica (cumbres)**

Se forman con el vapor del agua donde se estructura en el espacio y es movido a causa la brisa llegando así a las montañas, entonces las neblinas continúan inclinaciones de las cumbres, ascienden a altitudes increíbles y se posicionan para crear la acumulación después precipita (Villón, 2002).

### **Precipitación ciclónica (ciclo)**

Ocasionado por la coincidencia entre dos cantidades de vientos atmosféricos, con diferentes temperaturas (húmedas y nieblas cálidas), el cual se son conducidas bruscamente al espacio de mayor altitud, en el que logran crear acumulaciones y posteriormente precipitaciones, el cual se relacionan con la sección de tornados en los espacios bajos. Este gran número de tipos de precipitación comienza en la naturaleza en



la mezcla, por lo que una precipitación dada puede surgir de cualquiera de las estructuras o de una mezcla de ellas (Villón, 2002).

#### **2.2.4.2. Temperatura**

La temperatura es fundamental en el ecosistema, el cual decide las circunstancias naturales y fija el nivel de los confortos. La intensidad de la potencia de temperatura es estimada por el termómetro o por la sanción de picadura de la piel. Excluye la energía asociada al sistema de desvanecimiento: la intensidad latente, que ayudará al desarrollo de las nubes y de la lluvia, como expresa (Queiroz, 2020).

Según Molina y Alfredo (2022) señalan que el sol y la energía superficial calientan o enfrían la temperatura atmosférica. La cantidad de calor conjuntamente de aire superficial son utilizados en climatología, principalmente a fin de comunicar la temperatura común en un punto definido del aire cerca de la superficie del suelo. La medición de la temperatura de aire superficial se debe realizar entre 2-1.5 metros encima del suelo para investigar cómo se representa el estado del medio ambiente. Uno de los principales efectos de la radiación solar es la temperatura del aire. La causa principal del calentamiento del aire cerca de la superficie del globo es el transporte de la intensidad del calor desde la superficie, que se logra por medio de dos desarrollos.

a) La conducción molecular, que se produce por contacto directo entre "partículas", es un proceso progresivo de cambio de la intensidad del calor.

b) Debido a que la superficie de aire se calienta la atmosfera se desplaza convectivamente, enviando vapor de agua, calor, partículas contaminantes y otras





partículas a la capa superior, la difusión turbulenta es una interacción de energía acelerado.

La temperatura es el principal componente del entorno, en la naturaleza todo da la impresión de estar gestionado por el calor. Así, la temperatura es la razón de la difusión barométrica, asimismo el tiempo es el motor principal, cabe decir que la temperatura es el componente susceptible en el entorno. Se puede decir que la fotosíntesis es el elemento vital de toda vida en la superficie terrestre ya que proporciona el sustento vegetal esencial para todo el planeta a mediante de la energía fotoquímica. Por consiguiente, la variabilidad vegetal en el planeta es coherente con la circulación de las temperaturas, de acuerdo a (Quereda et al., 2007).

### **Temperatura media**

Hay algunos cambios en la variación de la circulación de la temperatura del aire en la región como resultado de las diferentes temperaturas promedio que se producen por las distintas elevaciones, la exposición a las corrientes de viento, los rayos solares y el efecto del lago Titicaca. Las temperaturas más extremas en todo el altiplano se dan en el largo período de julio, mientras que las significativas persisten en los largos períodos de (noviembre-marzo), generalmente centrados en enero de cada año (Noa, 2016).

### **Temperatura máxima**

La temperatura máxima, para esta situación, sería la más extrema del día a día cada mes, y la pendiente cálida para la temperatura mayor típica del territorio está relacionada con  $0.51^{\circ}\text{C}/100$  metros de elevación. La temperatura más alta del año se mantiene en noviembre (Noa, 2016).



## **Temperatura mínima**

Se trata de las temperaturas medias mínimas que se registran todos los días a nivel de mes, para las cuales los datos históricos confirman la asignación espacial de las temperaturas mínimas, más concentradas en los lugares más altos del área.

### **2.2.5. Cuenca hidrográfica**

La importancia de la cuenca hidrográfica es crucial para afrontar las dificultades de incorporación de activos hídricos los ejecutivos, teniendo en cuenta las peticiones sociales, útiles y ecológicas. Su adecuada delimitación espacial es una condición fundamental para entender los procesos eco hidrológicos de la zona a varias escalas (Díaz et al., 2021).

A partir de la perspectiva hidrológica, la cuenca tiene la disponibilidad de ser un recolector que recibe las precipitaciones y convierte parte de ellas en escurrimiento. Este cambio depende de sus circunstancias climáticas y de atributos reales específicos (Gaspari et al., 2009; como se citó en Gaspari et al., 2020). La morfometría de cada cuenca, a pesar de los eventos climáticos, está conectada con la posibilidad de uso del agua y la edad de una reacción a ellos, por ejemplo, el desbordamiento de la superficie comunicada en cuanto a los arroyos, el efecto sobre el transporte de sedimentos y nutrientes a través de los ambientes que lo incluyen, tal como lo afirma (Gaspari et al., 2012; como se citó en Gaspari et al., 2020).

Según Dourojeanni et al. (2002), se trata de una región geográfica actual en donde el recurso hídrico subterráneo y superficial vierten en la red hidrográfica de la cuenca mediante uno o varios canales de la corriente no continua o discontinua que desembocan simultáneamente en el río principal, a su vez vierten en el curso de agua mayor, lagos,



lagunas o en el océano, en la región caracterizada ocupada por personas, animales y plantas el cual crean varios sistemas biológicos naturales que son caracterizados por un conjunto de conexiones que distinguen hasta el último de ellos, asimismo, la colaboración entre estos entornos crea una progresión de ejercicios útiles que tratan de trabajar en la satisfacción personal del hombre.

#### **2.2.6. Parámetros de una cuenca**

Según Mejía (2011, citado por Aguilar, 2017) indica, que las cualidades geográficas, así como prácticas de la región hidrográfica se logra caracterizar de maneras diferentes como elementos que determinan del medio ambiente de una descarga de una corriente de agua. La información sobre estas cualidades es de vital importancia por las razones que acompañan:

#### **Zona de drenaje**

La cuenca posee su propio espacio superficial caracterizado en forma, así como, su área drenada incluida desde la línea de divisoria del agua o acuario divisorio, hasta el punto concurrido como la estación de aforos, punto de desembocadura, otros.

Dibujar la línea de partición, la línea muestra características que la acompañan: continua cumbres altas, cortar simétricamente líneas de forma y no debe cortar ninguna de las fuentes en la red de infiltración. La superficie del área de infiltración es la zona de nivel (incluso la proyección horizontal) incluida dentro del límite o cuenca. El territorio de drenaje es el componente esencial a fin de estimar las propiedades físicas y se establece totalmente con un planímetro obteniendo la unidad de km<sup>2</sup> o hectáreas has. Es vital referirse a que las cuencas con un área similar pueden tener formas de comportamiento hidrológico únicas dependiendo de los diferentes elementos incluidos.



## **Forma de la cuenca**

La condición de la superficie de una cuenca es significativa porque repercute en el valor de la hora de enfoque, caracterizada como el tiempo que se espera para que toda la cuenca se sume a la corriente en la parte estudiada desde el principio de la precipitación para que toda la cuenca se una a la corriente en el área de estudio o en conjunto, la cantidad de tiempo necesario para que el agua viaje desde los límites de la cuenca hasta su salida con un círculo, y el componente tiene una forma cuadrada .

## **Límite de la cuenca**

La divisoria de aguas, que divide la precipitación que cae en cuencas adyacentes y dirige los vértices superficiales posteriores hacia una de las dos márgenes fluviales, es una línea compuesto por puntos geográficamente más altos que limita cada cuenca. El acuario divisorio forma un límite inflexible entorno a la cuenca, cruzando la corriente, justo en el lugar de surgimiento y conectando los puntos más altos entre las cuencas, lo que no excluye áreas altas aisladas o puntos dentro de una cuenca con elevaciones sobre marcas de separación específicas.

### **2.2.7. Análisis de consistencia de las variables climáticas**

#### **2.2.7.1. Análisis exploratorio de datos**

La inconsistencia o error sistémico de los datos, que son datos atípicos, es lo que se denomina análisis de exploración en la información, los saltos, la tendencia, así como la no homogeneidad se refiere a la alteración de datos originales, y esto afecta a la media, desviación estándar y a la correlación serial (Villón, 2002).

La no homogeneidad en un periodo hidrológico, es debido a las actividades humanas como (la tala que genera gran impacto ambiental en un área, la edificación de



obras y otros), así como también los factores naturales que generan consecuencias grandes por ejemplo los eventos extremos (sequías, inundaciones, tormentas, derrumbes, terremotos, huracanes, etc.) (Villón, 2002).

La incoherencia de datos es hallada mediante el análisis de cercas, análisis Boxplot (Diagrama de Cajas), Trend (Tendencia) y Vector Regional con el que se encuentra los datos atípicos, el cual se detalla a continuación:

### **Análisis de cercas**

Este análisis consiste en identificación los datos atípicos como picos altos, empleando el método de Tukey en 1977, y esta se complementa con el análisis visual, donde el procedimiento de la siguiente manera:

**Primero:** Calculo del rango intercuartil.

$$RI = Q3 - Q1 \quad (1)$$

Donde:

RI: Margen intercuartil; Q3: Tercer cuartil a un 75%; Q1: Primer cuartil a un 25%.

Q1 = Primer cuartil (25%).

**Segundo:** Calculo del paso

$$Paso = 1.5 * RI \quad (2)$$

**Tercero:** Calculo de las cercas internas (Inferior y superior) y cálculo de las cercas externas (inferior y superior).

$$Cli = Q1 - Paso \quad (3)$$

$$Cls = Q3 + Paso \quad (4)$$

$$CEi = Q1 - 2 * Paso \quad (5)$$

$$CEi = Q3 + 2 * Paso \quad (6)$$

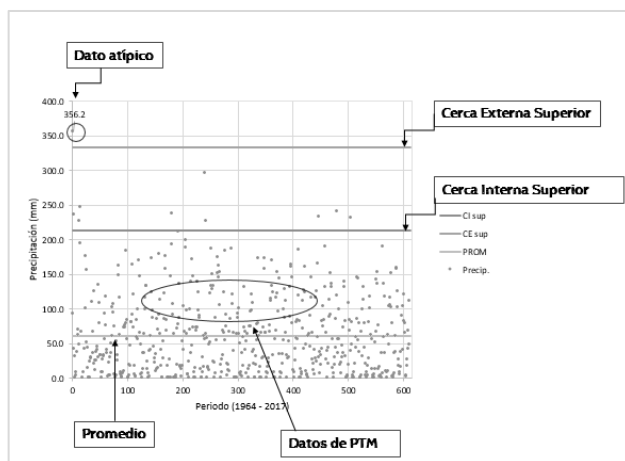
Donde:

CLi: Cerca interna inferior; CIs: Cerca interna superior; CEi: Cerca externa inferior y CE: Cerca externa superior.

En la Figura 1, se muestra las características del análisis de cercas (cercas externas inferiores y superiores, cercas internas superiores e inferiores), de una estación en particular con datos medios mensuales, el análisis se utiliza para eliminar los datos atípicos.

### Figura 1

#### *Análisis de cercas*



*Nota.* El gráfico representa el análisis de cercas dentro de un período analizado de una estación en particular, donde se visualizan los datos atípicos.

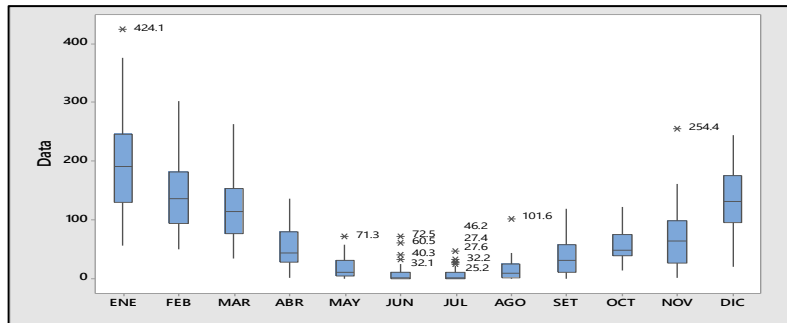
#### **Análisis Boxplot (Diagrama de cajas)**

Es llamado también diagrama de caja y bigotes, el cual, es un gráfico determinado por cuartiles. El gráfico contiene valores máximos, mínimos y medios (Q1, Q2 y Q3 respectivamente), donde se encuentran datos atípicos inconsistentes, la simetría de la distribución. Primeramente, es importante obtener la mediana luego encontrar los dos

cuartiles restantes. El análisis se complementa con el análisis de cercas y visual y se realiza mes por mes (Villón, 2002).

## Figura 2

### *Análisis de diagrama de cajas o boxplot*



*Nota.* El gráfico representa el análisis de diagrama de cajas de una estación en especial, dentro de un periodo determinado.

### 2.2.7.2 Análisis de consistencia de información

Este método que permite encontrar, corregir, así como eliminar datos sistemáticos estos a su vez aleatorios que se muestran en el registro histórico, los datos deben ser homogéneos consistentes y a su vez confiables, tal como afirma (Noa, 2016).

El análisis de doble masa, el análisis gráfico y el análisis estadístico se utilizan para analizar la consistencia de los datos de precipitación media mensual y temperatura media, donde el análisis de doble masa compara los valores acumulados por una estación con los valores promedio acumulados de estaciones vecinas durante el mismo período de tiempo, cuando las cantidades son proporcionales, se debe seguir una línea recta para asegurar que los datos meteorológicos no presentan quiebres, es decir que si la recta tiene un declive entonces las restricciones de medición varia, por consiguiente es necesario hacer un análisis estadístico, tomar la determinación de la significancia de la alteración de la pendiente de la línea, de acuerdo a (Luna & Lavado, 2015)



En las estaciones meteorológicas se encuentran errores respecto a los datos, estos pueden ser en la medida puntual (errores de instrumentos de medición) o evaluación espacial (errores por la velocidad del viento en el pluviómetro). Los errores generalmente son propios a la medición y a su vez son inevitables, con el propósito de estimar el error en la medición puntual de la precipitación, se puede exponer que:

$$P = P_m + \Delta p \quad (7)$$

Dónde:

P : Precipitación histórica.

P<sub>m</sub> : Precipitación media en el pluviómetro.

ΔP : Modificación general que debe agregarse a la precipitación real.

La incorrección en el análisis espacial en la precipitación se demuestra en la siguiente suma:

$$\Delta PC = \Delta P + \Delta PG + \Delta PF \quad (8)$$

Donde:

ΔPC : Estimación incorrecta en la precipitación espacial

ΔP : Estimación incorrecta en la precipitación puntual.

ΔPG : Error por no ser específico, la precipitación puntual para el área que representa puede ser alta si la densidad de la red es baja.

ΔPF : Error en la precipitación de las zonas altas de montañas, donde no hay instrumento y es necesario estimarla, a partir de extrapolaciones de lo que ocurre en las zonas más bajas.





Para encontrar datos confiables se realizó el análisis de consistencia, la homogenización y regionalización, por consiguiente, se desarrolla la completación y extensión de datos faltantes para las estaciones, para ello se utilizó el software HEC-4. Seguidamente para la comprobación del análisis de doble masa y el análisis estadístico, se utilizó el software Hydracces, el cual es un programa completo y homogéneo.

### **Análisis visual gráfico**

El análisis visual gráfico sirve para recopilar información en coordenadas cartesianas de los datos históricos, estas se ubican en las ordenadas y en las abscisas el tiempo, se representan como histogramas en el que se puede visualizar datos muy altos o valores muy bajos, saltos, tendencias, datos atípicos los cuales se comprobaron si estos son fenómenos naturales o son errores sistemáticos.

### **Análisis doble masa**

Se utiliza para tener una cierta confiabilidad en los datos, de tal manera que, analiza la consistencia con relación a errores, que pueden ser generados en la obtención de los mismos. El análisis de doble masa tiene como objetivo conocer los puntos quiebres las causas de los fenómenos o si estos son datos atípicos. El análisis de doble masa nos permite encontrar el rango de periodos dudosos y confiables de cada estación en el que deberá corregirse mediante el análisis estadístico (Villón, 2002).

### **Análisis estadístico**

Después de desarrollar el análisis de doble masa, con los datos con correcciones y los datos originales se procederá a trabajar con el análisis estadístico de saltos en la media y en la desviación estándar (Villón, 2002).



### 2.2.7.3. Análisis de saltos

#### Vector regional (VR)

Primeramente, se utilizó el software Hydracces para verificar el análisis de doble masa y el análisis estadístico, con el propósito de crear datos meteorológicos, el cual sea completo y homogéneo que guarda e importa datos en la base de formato Access 2000, de la misma manera el programa puede guardar datos mensuales, diarios, horarios y datos instantáneos (Noa, 2016).

La estimación de los índices del vector regional depende de un análisis de observaciones realizado a partir de los registros anuales o mensuales de los elementos meteorológicos de las estaciones con “n” años de registros históricos con datos ausentes en estaciones específicas y años concretos. Para cada estación se determinó una media que cubre la serie de datos en un periodo de estudio, y para los años completos, cuando el índice es excedente de 1 se determina como un año húmedo o con altas temperaturas, cuando es inferior de 1 se establece como un año con deficiencia de precipitaciones o con mínimas temperaturas.

El método del vector regional considera la información de una superficie debe ser climáticamente homogéneo, así como tener una forma de comportamiento mundial comparable entre las estaciones de la cuenca. Con la estimación del vector regional de una superficie de las estaciones de la cuenca de Huancané, se trabajó significativamente con el estudio de la información, el cual tiene distintos propósitos tales como:

Evalúa la calidad de datos en una serie de tiempo de una estación hidrométrica con varios parámetros estadísticos, tales como, el coeficiente de correlación, el error relativo, la desviación estándar los cuales son adquiridos por el software Hydracces.

El comportamiento de las estaciones dentro de una agrupación y entre agrupaciones de estaciones se puede observar y evaluar, trazado el vector regional de la



agrupación de estaciones que forman parte de lugar de estudio, tal como las líneas dobles acumulados, utilizando la programación Hydracces, que distingue los quiebres, así como datos anómalos en la cuenca Huancané.

Los resultados del vector regional dependen de la calidad de datos, no obstante los algoritmos usados minimizan la influencia de datos inconsistentes, por ello el índice regional del vector se determina en la salida que se le conoce como la inconsistencia, por los errores que existen en las series históricas, para luego eliminarlos o corregirlos gradualmente, sin embargo los datos erróneos más evidentes se encuentra en los datos de inicio, donde se realiza una exploración datos para llegar a un vector regional de buena calidad, cuando la calidad del vector regional es muy buena, se puede utilizarse para completar datos ausentes, multiplicando el índice regional de un año por el valor medio de la precipitación en la estación dentro de un periodo de estudio.

El VR de índices analiza los efectos de la tendencia de las series, y los pseudo - ciclos de la zona o región climática los que afectan a las estaciones, por ello verifica de la homogeneidad temporal y espacial de las series analizadas en las estaciones pertenecientes a la misma zona climática (Belizario, 2014).

Antes de utilizar el software es importante realizar el análisis crítico la información existente, así como tener en cuenta el análisis de consistencia de datos, comprendiéndose esto como detección y corrección de los datos erróneos y/o inconsistentes, cabe decir que no contengan errores sistemáticos, seguidamente estaciones que forman grupos del mismo ámbito de estudio, considerando su proximidad, características físicas, así como topográficas, etc.

El software Hydracces de salida, tiene distintos parámetros que evalúan la calidad de los resultados. Se estiman principalmente a continuación los posteriores parámetros:



- ✓ El coeficiente de correlación “r” del índice de las estaciones ( $>70$ ).
- ✓ Los resultados de las desviaciones estándares son aquellas que se conservan dentro de un rango de aceptable.
- ✓ Los límites de confianza (inferior y superior) son aquellos que se comprenden en los registros interanuales del índice del vector, con 95 % de probabilidad de acontecimiento del suceso climático, (Espinoza & Fernández, 2011)

En la investigación los parámetros están presentes entre los límites de confianza los cuales están aprobados, el grupo regional de las estaciones se encuentra constituido por aquellas estaciones muy distantes, con geografía, fisiografía distinta, (altiplano, aberturas ocupadas interandinas), en caso que sucediera el resultado del análisis tiende a disminuir el tamaño del grupo regional, y reconocer las estaciones con datos inconsistentes y suponiendo en caso extremo, es necesario eliminar las estaciones que no tienen una buena correlación y contienen una alta desviación.

En la precipitación, de la generación de resultados con software Hydracces, el vector regional de índices anuales, se identifica como índices entre los datos anuales de las series históricas comunes con mínimo de tres (03) estaciones y como máximo diez (10) estaciones, determinados de acuerdo al año hidrológico considerado. Se han estimado las estaciones hidrométricas más consistentes por lo general, se analiza que el comportamiento climático tenga datos homogéneos, excepto en ciertos años lo cual implica que los datos de los índices en las series están dentro del rango de confianza, el cual se considera como calidad y homogeneidad de datos, el cual se utiliza para estudio, con los datos de precipitación de las estaciones hidrométricas.



### Consistencia en la media

La prueba consiste calcular la inconsistencia en la media, puesto que, si los resultados en la media son estadísticamente iguales o distintos (Belizario, 2014).

- Si  $|t_c| \leq t_t (95\%) \rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$  (Son estadísticamente iguales, por lo que no se realizan correcciones)
- Si  $|t_c| \geq t_t (95\%) \rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$  (Son estadísticamente distintos, por lo que se realizan correcciones)

### Consistencia en la desviación estándar

La prueba estadística “F” de Fisher, se utiliza si las desviaciones estándar de las sub muestras son estadísticamente iguales o diferentes a un 95% de nivel de probabilidad o un 5% de nivel de significancia, como lo indica, (Villón, 2002).

- Si  $|F_c| \leq F_t (95\%) \rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$  (Son estadísticamente iguales, por lo que no se realizan correcciones)
- Si  $|F_c| \geq F_t (95\%) \rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$  (Son estadísticamente distintos, por lo que se realizan correcciones)

#### 2.2.7.4. Análisis de tendencias

Para la evaluación de tendencia se aplica las siguientes técnicas estadísticas determinadas como test paramétricos y no paramétricos, el cual es empleado en el software Trend. Donde el análisis de tendencias consiste en evaluar el cambio en el comportamiento de la temperatura y precipitación dentro de los periodos extensos, en el estudio se desarrolla el test no paramétrico de Mann Kendall, Spearman’s Rho y los test paramétricos como regresión lineal, con el software de Trend.

## Tests paramétricos

La prueba paramétrica es un estándar de precisión predeterminado, puesto que es una restricción, el dato investigado con la población a parámetros estadísticos, el resultado del test depende de la hipótesis estadística, tal como indica (Rubio Hurtado & Berlanga Silvente, 2012). Las pruebas paramétricas son un modelo que se cuantifican entre un dato cambiante y una condición, en la investigación se realizara el cambio de la media o la pendiente de la tendencia.

## Regresión lineal y prueba de tendencia T-Student's

La regresión lineal es una curva que considera datos de variable dependiente en (Y) así como la variable de interés, y en (X) las variables independientes como el tiempo, tal como indica (Ramos Marca, 2013).

Gradiente de regresión:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (9)$$

La intersección se calcula con:

$$a = \bar{y} - b\bar{X} \quad (10)$$

Estadístico de la prueba S

$$S = \frac{b}{\sigma} \quad (11)$$

Donde:

$$\sigma = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})}{n(n-2)(n^2-1)}} \quad (12)$$

Donde:

S = Es el modelo estadístico que proviene de la estructura de datos t – Student con “n” rangos de libertad y suponiendo de datos determinantes y críticos a fin de determinar varios grados o rangos de significancia que se logran adquirir de escenarios estadísticos, tal como asevera; b: gradiente de regresión; X: variables independientes; Y: variable de interés; a: variable dependiente de b; b: variable independiente (Mamani, 2019).

Entonces cabe decir que las muestras o datos están dispersos, con una desviación de tendencia independiente que a su vez continúan en la distribución normal. El t- Student se utiliza para diferenciar los datos en diferentes periodos.

$$t = \frac{(x - y)}{S x \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}} \quad (13)$$

Donde:

T: t- Student; “X” y “Y”: Es la media de ambos periodos; “m” y “n”: Correcciones de ambos periodos; S: Dato de la desviación estándar respecto a “m” y “n”.

### **Tests no paramétricos**

El tests no paramétrico, es un modelo matemático de distribución, el cual no muestra condición a la variable con población a indicadores estadísticos. La hipótesis nula (H0) hipótesis que se plantea un problema, hipótesis alternativa (H1) es lo contrario a la hipótesis nula, tal como indica (Gaibor et al., 2022).

### **Mann- Kendall (test para tendencia)**

Es un estándar matemático de la estructura independiente, la cual no tiene una restricción en los datos adquiridos, al igual que todos los criterios estadísticos. Por lo que la significancia del resultado no puede ser exacto ya que es necesario que tolere algunas

particularidades estadísticas, y esta obtenga un mínimo grado de restricción, así lo afirma (Espinoza y Fernandez, 2011).

En  $n$  datos en los periodos temporales ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ) se cambian a través de las filas relativas ( $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ) empezando desde 1 hacia abajo llegando a ( $n$ ).

El “S” del test estadístico es:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \text{sgn}(R_1 - R_i) \quad (14)$$

$$\text{Sgn}(x) = 1 \text{ for } X > 0 \quad (15)$$

$$\text{Sgn}(x) = 0 \text{ for } X = 0 \quad (16)$$

$$\text{Sgn}(x) = -1 \text{ for } X < 0 \quad (17)$$

Dónde: R: filas relativas; X: periodos temporales; Sgn: Significancia; n: número de datos.

Entonces si la suposición nula ( $H_0$ ) es cierta, entonces el Test estadístico “S” es generalmente dispersa, de acuerdo (Noa, 2016).

$$\mu = 0 \quad (18)$$

$$\sigma = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (19)$$

De tal modo, el estadístico ( $z$ ) son verificados con los datos estadísticos en la prueba de críticos en distintos niveles de significancia que logran ser resultado de las tablas de probabilidad normal, tal como indica (Chiew y Siriwardena, 2005)

$$Z = \frac{|S|}{\sigma^{1/2}} \quad (20)$$

Dónde: Z: tabla de probabilidad normal



Si los datos son positivos (+) o negativos (-), Quiere decir que (S) tiene una tendencia de aumento o disminución.

### **Spearman's Rho (Test para tendencia)**

Este método mayormente se utiliza para la información que contiene dispersión regular, esencialmente si los datos son invariables. El método puntualiza si se adecua, así como el Tiempo (X1) en años y en (Y1) series eventuales. Por consiguiente, los datos de la serie temporal, se sustituyen en las filas respectivamente desde el inicio (1) hacia (n) datos. El test estadístico, es una correlación que utiliza rangos, tal como corrobora (Espinoza y Fernandez, 2011).

$$\rho_s = \frac{S_{XY}}{(S_X * S_Y)^{0.5}} \quad (21)$$

$$S_X = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (22)$$

$$S_Y = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (23)$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \quad (24)$$

Dónde:

$X_i$ : Tiempo;  $Y_i$  : Variable de interés;  $\bar{X}$  y  $\bar{Y}$  : Filas ( $\bar{X}$  ,  $\bar{Y}$  ,  $S_X$  ,  $S_Y$ ) tienen igual estimación en el estudio de tendencias estadística para rangos de significancia, lo encontramos en tablas de verosimilitud.

Para muestras más grandes, la cantidad  $\rho_s = \sqrt{n-1}$  se divide aproximadamente normalmente con la varianza de (1) y media de (0) (los datos estadísticos críticos en la prueba hacia varios niveles de significación pueden ser obtenido de la probabilidad normal en tablas), así como lo indica (Chiew y Siriwardena 2005).

El método estadístico utilizado con respecto a los resultados de la validación, es el coeficiente de correlación Pearson, donde la estimación es:

$$r = \frac{n(\sum fxydx dy) - (\sum fxdx)(\sum fydx)}{\sqrt{\left[ n(\sum fxd \frac{2}{x}) - (\sum fxdx)^2 \right] \left[ n(\sum fyd \frac{2}{y}) - (\sum fydy)^2 \right]}} \quad (25)$$

Dónde: fx: Frecuencias marginales de la variable X; n: Población de observaciones con dos variables; fy: Frecuencias en los márgenes de las variables Y; dx: Desviación y/o variación con relación a un dato de X; dy: Desviación con relación a un dato de Y.

Comprendido el coeficiente de correlación (r) que se realiza, se estima como criterio de decisión, (Belizario, 2014):

- (+) (-) Correlation inexistente  $0.00 \leq r < 0.00$
- (+) (-) Correlación muy baja  $0.01 \leq r < 0.20$
- (+) (-) Correlación baja  $0.21 < r > 0.40$
- (+) (-) Correlación moderada  $0.41 < r > 0.60$
- (+) (-) Correlación alta  $0.61 < r > 0.80$
- (+) (-) Correlación muy alta  $0.81 \leq r \leq 0.99$
- (+) (-) Correlación perfecta  $1.00 \leq r \leq 1.00$

Para la prueba de hipótesis estadística, se puede decir lo siguiente:

No existe correlación:  $H_0: R_{xy} = 0$

Existe correlación:  $H_1: R_{xy} \neq 0$

Se estima un nivel de significancia de  $p < 5\%$



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

##### 3.1.1. Descripción de la cuenca Huancané

La cuenca hidrográfica Huancané se ubica en al norte de la región de Puno, comprendido en las provincias de Huancané y Azángaro, extendido en 3545 km<sup>2</sup>, al rededor, alcanzando una altitud mayor de 5100 m.s.n.m, y una altitud menor de 3800 m.s.n.m, el cual es comprendida del cerro Surupana llegando a desembocar en el lago Titicaca.

El cauce primordial emana con la denominación del río Putina, después de un extenso trayecto se cierra en la vía fluvial Quellocarca - Tuyto, desde aquí que toma la denominación de arroyo Huancané, con el cual llega a desembocar en el Lago Titicaca. La longitud de esta corriente fluvial primaria desde su nacimiento hasta que llega su desembocadura, tiene aproximadamente unos 125 km de trayectoria, cerca de esta zona se encuentra la estación hidrográfica del ANA, donde se mide los caudales que trae la cuenca a partir de su pendiente del cuerpo de agua.

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

La cuenca Huancané está situada en coordenadas UTM WGS84: Este: 376030 – 468557; Norte: 8301965 – 8397410, con una cota desde: 3806 a 5100 msnm, (MINAGRI, 2010b).

La cuenca Huancané se encuentra ubicado en la región hidrográfica del Titicaca con el sistema hídrico TDPS (sistema endorreico Titicaca Desaguadero Poopó Salar de Coipasa) (MINAGRI, 2010b).

### 3.1.3. Ubicación política

Políticamente la cuenca del río Huancané se ubica en la región de Puno, en las provincias: San Antonio de Putina, Huancané, Azángaro y Moho el cual abarca distritos: Huancané, Moho Huayrapata, Cojata, Huatasani, Vilque Chico, Inchupalla, Pedro Vilca Apaza, Quilcapuncu, Putina, Muñani, Rosaspata, Ananea y Potoni, (MINAGRI, 2010b).

### 3.1.4. Límites hidrográficos

Limita por este con las cuencas río Huaycho y Suches, por el oeste con la intercuenca Ramis y la cuenca Azángaro, por el norte con la cuenca Azángaro, por el sur con el Lago Titicaca.

## Figura 3

*Cuenca hidrográfica Huancané*



*Nota.* Adoptado del Ministerio de Agricultura y Riego (2010b).

La cuenca del río Huancané tiene 09 Sub cuencas las cuales son:

**Tabla 1***Sub cuencas, rio Huancané*

<b>Sub Cuenca</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Bajo Huancané	246.41	6.79
Llache	161.93	4.46
Medio bajo Huancané	47.94	1.32
Tuyto	1107.11	30.49
Medio Huancané	231.07	6.36
Muñani	889.44	24.49
Medio alto Huancané	42.09	1.16
Pistune	380.43	10.48
Alto Huancané	524.77	14.45

*Nota.* La tabla muestra las sub cuencas de la cuenca Huancané en área y porcentaje.

Tomado de Autoridad Nacional del Agua (2010).

### **3.1.5. Clima**

Por lo general su clima, cambia de un clima frígido a un clima nevado y congelado, en zonas de nevados las temperaturas medias anuales varían a partir desde los 19 °C a menos de 0 °C (Chacon, 2015).

### **3.1.6. Información hidrometeorológica**

Básicamente las series meteorológicas consisten en encontrar datos meteorológicos que realizan comportamientos de distintos elementos tales como: La precipitación pluvial totales mensuales, temperaturas (máxima, mínima y media), los datos meteorológicos, se recopilaron de cada estación correspondiente al área estudiado (Huancané, Moho, Muñani, Putina, Progreso), así como, otras estaciones cercanas a la cuenca, el cual se muestra en la siguiente Tabla 2.

**Tabla 2**

*Estaciones de la cuenca Huancané y estaciones cercanas*

N°	Est.	Tip.	Cod.	Ubicación Política			Ubicación Geográfica			Cuenca
				Dpto.	Prv.	Distrito	Latitud	Longitud	Altitud	
							Sur	Oeste	(msnm)	
1	Huancané	CO	000786	Puno	Huancané	Huancané	14°46'01.0"	69°45'29.7"	3840	Huancané
2	Putina	CO	157414	Puno	Antonio San	Putina	14°55'16.9"	69°52'5.7"	3856	Huancané
3	Muñani	CO	000785	Puno	Azángaro	Muñani	14°45'42.05"	69°57'6.07"	3848	Huancané
4	Huaraya Moho	CO	000785	Puno	Azángaro	Muñani	14°45'42.05"	69°57'6.07"	3848	Huancané
5	Crucero	CO	0007415	Puno	Carabaya	Crucero	14°21'44.4"	70°01'24.7"	4130	Azángaro
6	Progreso	CO	000778	Puno	Azángaro	Asillo	14°40'37.4"	70°21'55"	3940	Azángaro
7	Azángaro	CO	000781	Puno	Azángaro	Azángaro	14°54'52.2"	70°11'27.1"	3848	Azángaro
8	Arapa	CO	000783	Puno	Azángaro	Arapa	15°09'14.1"	70°07'10.6"	3830	Titicaca
9	Taraco	CO	000816	Puno	Huancané	Taraco	15°18'42"	69°58'20.9"	3820	Ramis
10	Conima	CO	157420	Puno	Moho	Conima	15°27'00"	69°26'00"	3860	Titicaca

*Nota.* La tabla muestra las estaciones de la cuenca Huancané y estaciones cercanas en Coordenadas UTM WGS84. Adoptado de Autoridad Nacional del Agua (2010).

**3.1.7. Información hidrométrica**

La estación hidrométrica se encuentra ubicado en el puente del río Huancané controlado por SENAMHI de la cuenca Huancané.

**Tabla 3**

*Estación hidrométrica del Puente Huancané*

Estación	Código	Ubicación Política			Ubicación Geográfica			Propiedad
		Dpto.	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Altitud	
					Sur	Oeste	(msnm)	
<b>Pte. Huancané</b>	HUAN	Puno	Huancané	Huancané	15°12'57.10"	69°47'33.37"	3814	SENAMHI

*Nota.* La tabla muestra la estación hidrométrica del puente Huancané en Coordenadas UTM WGS84. Adoptado de Autoridad Nacional del Agua (2010).



### **3.2. TIPO DE INVESTIGACION**

La investigación es de finalidad sustantiva, ya que se orienta al conocimiento de fenómenos describiéndolos, explicándolos y prediciendo. Su nivel es descriptivo porque, describe un fenómeno o una situación estudiándolo en contextos espacio - temporales específicos. El tipo de investigación cuantitativo puesto que las variables se cuantifican, pero no se manipulan. Su alcance es transeccional o transversal ya que recolecta datos de diferentes grupos a un mismo tiempo. El diseño en el trabajo es no experimental, ya que las variables se cuantifican mas no se manipulan Sánchez y Reyes (2017).

### **3.3. METODOLOGÍA**

La investigación se realizó método por objetivo donde se desarrolló diferentes actividades para recopilar, analizar e interpretar la información.

#### **3.3.1. Técnicas e instrumentos**

##### **3.3.1.1. Etapa de campo**

Se identificó y se reconoció la cuenca Huancané en la investigación, así como también las estaciones meteorológicas de dichas estaciones, de la misma forma, la estación hidrológica para recabar y procesar la información meteorológica, en el cual se consiguió definir tres estaciones climatológicas Muñani, Putina y Huancané, también la estación hidrológica del puente Huancané, de acuerdo a las estaciones accesibles se adquirió la información del SENAMHI, teniendo así los siguientes elementos climáticos, temperaturas máximas, mínimas y medias, precipitaciones y caudal del puente Huancané, de acuerdo a la información adquirida para cada estación meteorológica, así como la estación hidrométrica de la cuenca, los datos obtenidos de una serie histórica dentro de un periodo establecido se realizó la exploración de datos, se completó y extendió la



información histórica, empleando el software hidrológico HEC 4 para el estudio de investigación.

### **3.3.1.2. Trabajo de gabinete**

Mediante los datos meteorológicos tales como, la temperatura máxima, mínima y media, así como las precipitaciones anuales cuya información son registros históricos o series históricas establecido dentro de un periodo determinado, el cual se recopiló de la oficina de SENAMHI.

### **3.3.2. Procedimiento**

**Primer objetivo: Comportamiento espaciotemporal de la temperatura y precipitación.**

#### **a. Análisis exploratorio de datos**

Se utilizó el análisis exploratorio de datos para encontrar datos inconsistentes o errores sistemáticos, la inconsistencia de datos se halló mediante el análisis de cercas, análisis Boxplot (diagrama de cajas) con el que se encontró datos atípicos los cuales fueron eliminados y completados con el promedio de cada columna y también con el promedio del dato de arriba y abajo.

#### **b. Análisis de consistencia**

Con el análisis de consistencia se encontró, se corrigió, se eliminó datos que son aleatorios en el registro histórico del SENAMHI, obteniendo datos homogéneos consistentes, confiables de temperatura y precipitación media anual. Luego, mediante el análisis de consistencia los datos de temperatura media y precipitación media mensual se utilizó para el análisis gráfico, análisis doble masa, análisis estadístico. Seguidamente para la comprobación del análisis doble masa y estadístico, se comprobó mediante el software Hydraces, el cual es un programa completo y homogéneo.





c. Análisis visual grafico

d. Análisis doble masa

**e. Análisis estadístico**

**Para temperatura: Vector regional**

Se realizó el análisis vector regional con el software Hydracces para temperaturas máximas y medias anuales con datos originales y completados, se calculó la correlación/ vector para cada estación, así como, también en los desvíos (Belizario, 2014).

**Para precipitación: Análisis de saltos**

**Consistencia en la media.**

De la Tabla 4, se calculó la inconsistencia en la media para precipitaciones medias anuales, puesto que, si los resultados en la media son estadísticamente iguales o distintos, así como también saber si existe una diferencia significativa, en cada estación (Belizario, 2014).

**Tabla 4**

*Consistencia en la media.*

	<b>Consistencia en la media</b>	<b>Diferencia significativa</b>
$ t_c  \leq t_t$ (95%)	Son estadísticamente iguales, por lo que no se realiza correcciones.	NO
$ t_c  > t_t$ (95%)	Son estadísticamente distintos, por lo que se realiza correcciones	SI

$t_c$ : t calculado y  $t_t$ : t tabular.

*Nota.* Esta tabla muestra la consistencia en la media para el análisis de consistencia de información, si los datos pluviométricos necesitan correcciones o no, adaptado de Belizario (2014).

### Consistencia en la desviación estándar.

De la Tabla 5, se desarrolló la desviación estándar para precipitaciones medias anuales con datos completados, calculando la varianza de ambos periodos en cada estación, seguidamente se calculó la  $F_c$  y  $F_t$  por medio de la tabla “F” de Fisher, por último, se comparó el  $F_c$  y  $F_t$  para saber la diferencia significativa, es decir si existen saltos significativos o no (Villón, 2002).

**Tabla 5**

*Consistencia en la desviación estándar*

Consistencia en la desviación estándar		Diferencia significativa
$ F_c  \leq F_t$ (95%)	Son estadísticamente iguales, por lo que no se realiza correcciones.	NO
$ F_c  > F_t$ (95%)	Son estadísticamente distintos, por lo que se realiza correcciones	SI

Nota:  $F_c$ : F calculado,  $F_t$ : F tabular.

*Nota.* Esta tabla muestra la consistencia en la desviación estándar para el análisis de consistencia de información, si los datos pluviométricos necesitan correcciones adaptado de Villón (2002).

f. Corrección de datos

### **Segundo objetivo: Relación entre el cambio climático y el comportamiento de la temperatura y la precipitación.**

#### **Análisis de tendencias**

Para realizar el análisis de tendencia en el programa Trend se utilizó información meteorológica continua y sin datos vacíos de las estaciones de la cuenca Huancané, si en

caso que las series no presenten datos mensuales se rellenó utilizando el promedio aritmético (Villón, 2002).

De la Tabla 6, se evaluó la tendencia aplicando técnicas estadísticas determinadas como las pruebas paramétricas y pruebas no paramétricas, con el software Trend, donde el análisis de tendencias consiste en evaluar la variabilidad en el comportamiento de la temperatura y precipitación dentro del periodo de 1964 - 2014, en el estudio se desarrolló con las pruebas no paramétricas de Mann Kendall, Spearman's Rho y las pruebas paramétricas de regresión lineal, mediante el software de Trend.

Es decir, las variables en estudio se evaluaron para analizar el comportamiento de la precipitación y temperatura, con el propósito de observar si muestran variaciones mediante el transcurso del tiempo y espacio, entendiéndose como oscilaciones en la temperatura media y precipitación media, por medio de los test paramétricos y no paramétricos.

**Tabla 6**

*Análisis de tendencia (software Trend)*

<b>Análisis de tendencia - TREND</b>		<b>Resultado</b>
<b>Pruebas</b>	<b>Nivel de significancia</b>	
- Mann-Kendall	$\alpha = 0.1, \alpha = 0.05, \alpha = 0.01$	(NS) No presenta significancia
- Spearman's Rho		o no muestra variabilidad
- Linear regression		(S) Si presenta significancia o
- Auto Correlation		muestra variabilidad
$\alpha$ : Nivel de significancia; NS: No es significativo; S: Si es significativo.		

*Nota.* Esta tabla muestra el análisis de tendencia para datos meteorológicos tanto para temperaturas y precipitaciones. adaptado de Noa (2016).

f. Corrección de datos

Esta serie de estimaciones permitió ver el comportamiento de los elementos climáticos en el modelo, finalmente se comparó para elegir el mejor modelo de acuerdo a los criterios estadísticos conforme al índice de relación ( $R^2$ ) visualizado en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Modelo de regresión lineal*

Modelo de regresión lineal	Resultado
	Muestra variabilidad
Próximo a la unidad (1.00)	Tiene una relación directa con el Cambio climático.
<b>Coefficiente</b>	
<b>(R cuadrado)</b>	No muestra variabilidad
Cercano a cero (0.00)	Tiene una relación indirecta con el Cambio climático.

*Nota.* Esta tabla muestra la variabilidad climática del elemento climático con el cambio climático mediante el coeficiente R cuadrado, adaptado de Noa (2016).

De la Tabla 8, se utiliza la prueba de hipótesis a una confiabilidad de 95% para relacionar las variables independientes y dependientes (Villón, 2002).

**Tabla 8**

*Prueba de hipótesis*

Prueba de hipótesis	$\alpha$ (a 95% de confiabilidad)	Resultado
$H_0$ Si $F_0 < F_{(k)}$	Es aceptable la Hipótesis nula.	Si existe relación entre las variables independientes y la variable dependiente.
$H_0$ Si $F_0 > F_{(k)}$	Se rechaza la Hipótesis nula.	No existe relación entre las variables independientes y la variable dependiente.

$H_0$  : Hipótesis nula,  $F_0$  : Valor calculado,  $F_{(k)}$ : Valor crítico,  $k$ : numero de variables independientes.

*Nota.* Esta tabla muestra si existe relación entre las variables dependiente y las independientes, adaptado de Belizario (2014).

En la tabla 9, se utilizó para saber si los datos de temperaturas y precipitaciones medias anuales, muestran influencia significativa o variabilidad.

**Tabla 9**

*Probabilidad  $\alpha$  (0.05)*

	<b><math>\alpha</math> (a 95% de confiabilidad)</b>	<b>Resultado</b>
<b>Probabilidad (Sig.)</b>	$> 0.05$	(NS) No es significativo No muestra variabilidad de incremento
	$< 0.05$	(S) Si es significativo Muestra variabilidad de incremento

*Nota.* En esta tabla se muestra la probabilidad  $\alpha$  (0.05) a un 95% de confiabilidad, adaptado de Villón (2002).

En la tabla 10, se utiliza para saber si la tendencia es significativa, por ello se analizó el coeficiente de regresión Bm (coeficiente de polinomios) y también el coeficiente de correlación (R) Villón (2002).

**Tabla 10**

*Calculo del estadístico Tc y Tt*

<b>Cálculo estadístico Tc</b>	<b>Calculo Tt</b>
$T_c = \frac{R \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - R^2}}$	Obteniendo de la tabla <i>t</i> de Student a 95% de probabilidad y 5% de nivel de significancia
Tc = Valor del estadístico <i>t</i> calculado	$\frac{\alpha}{2} = 0.025$
n= Número total de datos	G.L = n - 2
R= Coeficiente de correlación	
Tc: Valor del estadístico <i>t</i> calculado; n: Número total de datos; R: Coeficiente de correlación; $\alpha$ : Nivel de significancia; G.L: Grados de libertad.	

*Nota.* En esta tabla se muestra el cálculo estadístico Tc y el cálculo Tt, para saber si muestra tendencia significativa o no, adaptado de Villón (2002).

La Tabla 11, se muestra la comparación entre los cálculos del Valor del estadístico  $t$  calculado ( $T_c$ ) y  $t$  de Student ( $T_t$ ).

**Tabla 11**

*Comparación del análisis estadístico  $T$*

<b>Tendencia en la media</b>	<b>Tendencia significativa</b>
$ T_c  \leq T_t$ (95%) $\rightarrow$ R no es significativo, la tendencia no es significativa.	(NO) No es significativo No muestra variabilidad
$ T_c  > T_t$ (95%) $\rightarrow$ R es significativo, la tendencia es significativa.	(SI) Si es significativo Muestra variabilidad

$T_c$ : Valor del estadístico  $t$  calculado;  $T_t$ :  $t$  de Student; R: Coeficiente de correlación.

*Nota.* En esta tabla se muestra el análisis comparativo del  $T_c$  y  $T_t$ , adaptado de Villón (2002).

Luego, se realizó la interpretación de los resultados de la interrelación de las variables climáticas y el rendimiento hídrico, con el coeficiente de correlación de Pearson (R) Tabla 12 (Ccaira et al., 2021).

**Tabla 12**

*Rango del coeficiente correlación ( $r$ ).*

<b>Rango</b>	<b>Correlación</b>
$0.00 \leq r < 0.00$	Inexistente
$0.01 \leq r < 0.20$	Muy baja
$0.21 < r > 0.40$	Baja
$0.41 < r > 0.60$	Moderada
$0.61 < r > 0.80$	Alta
$0.81 \leq r \leq 0.99$	Muy alta
$1.00 \leq r \leq 1.00$	Perfecta

*Nota.* En esta tabla se muestra el rango correlación, adaptado de Villón (2002).



**Tercer objetivo: Los efectos del cambio climático sobre los comportamientos de los recursos hídricos.**

**a. Comportamiento de la descarga en la cuenca hidrográfica Huancané.**

Se analizó el comportamiento de las descargas del puente Huancané mediante el análisis visual gráfico, con el registro histórico proporcionado por el ANA, para luego realizar su completación datos faltantes con el software Hec – 4. Seguidamente se analizó su incremento de caudal por año.

**b. Variación del caudal medio anual de la cuenca hidrográfica Huancané.**

Se proyectó las variaciones de caudales del puente Huancané, en bases de series de tiempo, con el pronóstico de tendencia lineal para los años 2025, 2030 y 2050, de tal manera, que se pronosticó si se encuentra un descenso o aumento del caudal en el río de la cuenca, por consiguiente, de acuerdo a estos resultados se determinó si el cambio climático está generando un descenso o un aumento de caudal en la cuenca Huancané.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. Comportamiento espaciotemporal de la temperatura y precipitación en la cuenca Huancané

###### Análisis exploratorio de la temperatura

Se realizó el análisis exploratorio de datos en las estaciones meteorológicas de la cuenca Huancané con el análisis de cercas y análisis Boxplot (Diagrama de cajas), para eliminar datos inconsistentes o errores sistemáticos, así como saltos y tendencias, visualizándose a partir del anexo 13 al 19, (Villón, 2002).

###### Análisis de consistencia de información de la temperatura

Se realizó el análisis de consistencia con el propósito de encontrar, corregir y eliminar datos sistemáticos y estos puedan ser datos consistentes, homogéneos y confiables, luego se utilizó para realizar el análisis gráfico, análisis doble masa Figura 8 y 11, y el análisis estadístico mediante el software Hydracces Tabla 13 y 14, (Noa, 2016).

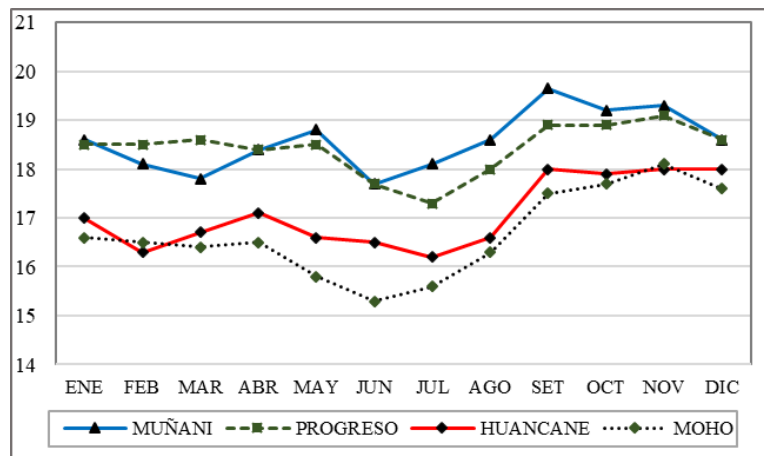
##### 4.1.1.1. Comportamiento espaciotemporal de la temperatura

El análisis de temperatura en la cuenca Huancané, contiene múltiple variedad en la fisiografía como la altitud, la geografía, las fuertes olas de viento, así como la evaporación, evapotranspiración potencial de la superficie, el cual se presenta con mayor intensidad en el área de estudio, que se presenta cada año en la región de Puno.



## Figura 4

*Promedio de temperaturas máximas mensuales.*



*Nota.* El grafico representa los promedios mensuales de las temperaturas máximas de las estaciones Muñani, Progreso, Huancané y Moho.

En los registros históricos de la cuenca Huancané, las temperaturas máximas se encontraron en la estación de Muñani con 19.7, 19.3, 19.1 °C se presentaron en la serie histórico en 1998, 2010 y 2012 respectivamente, de igual manera en la estación Huancané 17, 17.1, 18 °C en los años 1983, 1992 y 2010 sucesivamente con series de tiempo de 1964 al 2014 tomando 51 años meteorológicos de estudio.

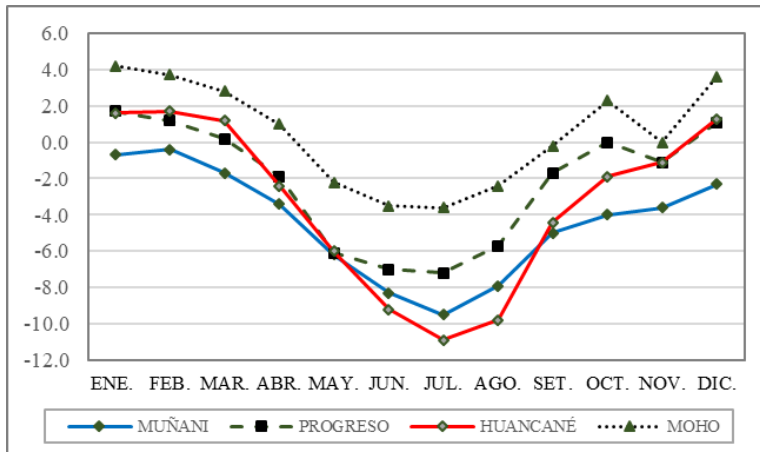
De acuerdo a SENAMHI (2021d), indica que la temperatura máxima tendría un aproximado de los 18 °C en el departamento de Puno en series meteorológicas de tiempo desde 1981 -2010. En el boletín informativo de SENAMHI (2021e), demuestra que en febrero del 2021 la temperatura máxima del departamento de Puno fue de 20.5 °C.

Cabe decir que en la región de Puno las temperaturas están aumentando aceleradamente, como se dio en febrero del 2021 la temperatura máxima alcanzo con 20.5°C en el departamento de Puno, algo similar ocurre con la estación de Huancané y

Muñani ya que la temperatura máxima años atrás como indica SENAMHI (2021d), la temperatura máxima alcanzaba aproximadamente los 18°C.

### Figura 5

*Promedio de temperaturas mínimas mensuales*



*Nota.* El grafico representa los promedios mensuales de las temperaturas mínimas de las estaciones Muñani, Progreso, Huancané y Moho.

En la Figura 5 dentro de los 51 años se registraron temperaturas extremas mínimas en la estación de Huancané -9.2, -10.9 y -9.8 °C en los meses de junio, julio y agosto del 2005, de igual manera se registró temperaturas mínimas en la estación de Muñani con -8.3 °C en junio de 1969 y -9.5 y -7.9 °C en julio y agosto respectivamente de año 1970.

De acuerdo a SENAMHI (2021d), indica que la temperatura mínima varía en -13 °C y -9 °C aproximadamente en el departamento de Puno dentro de las series de tiempo de 1981 - 2010, en la estación de Huancané la temperatura mínima es de -9.2 a -10.9 °C, así como, en Muñani de -8.3 y -9.5 °C.

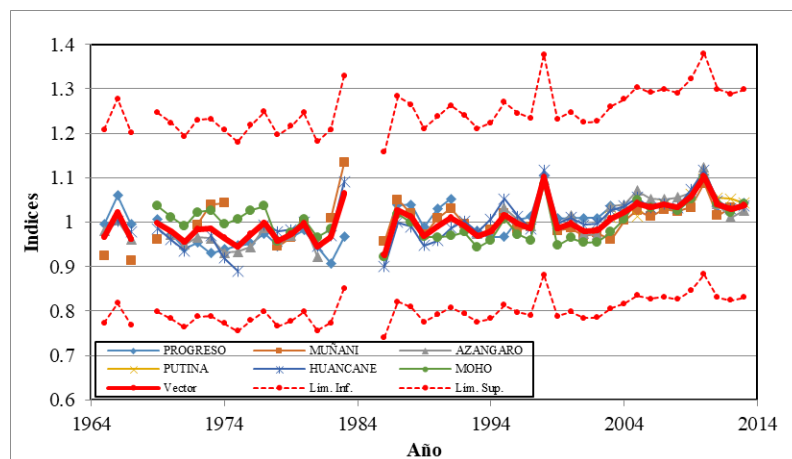
Los antecedentes con los resultados son coincidentes ya que la temperatura mínima en la cuenca Huancané está llegando -10.9 a -9.2 lo cual es corroborado por SENAMHI (2021d), indica que la temperatura mínima está dentro del rango de -13 y -9 °C en la región de Puno.

## Análisis de consistencia de la información meteorológica

Seguidamente el análisis de consistencia de información, se desarrolló con registro 51 años de 1964 al 2014 con (6) seis estaciones climatológicas, la consistencia de realizo con el análisis de correlación, por medio de los índices anuales del vector regional con el software Hydraccess, como resultado los registros de temperatura fueron consistentes en las estaciones de la cuenca con una buena correlación de las estaciones de la cuenca Huancané y estaciones vecinas.

### Figura 6

*Índices del vector regional con datos originales de temperatura máxima anual*

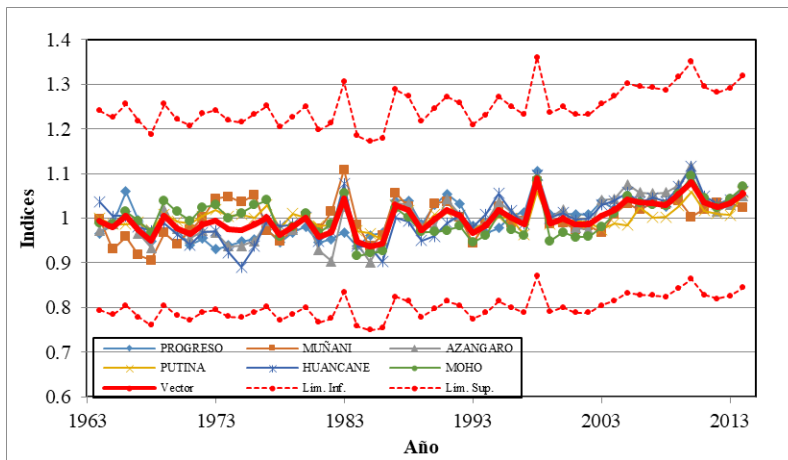


*Nota.* El grafico representa los índices del vector regional de las temperaturas máximas anuales con datos originales de las estaciones de la cuenca Huancané.

En la Figura 6 se observa el índice del vector regional acumulado de las temperaturas máximas anuales con datos originales de 1964 al 2014, indicando un comportamiento regional homogéneo con quiebres significativos, donde se denota que los vectores regionales se encuentran adentro de los límites de confianza, teniendo así un alto nivel de calidad de datos y un comportamiento homogéneo.

## Figura 7

*Índices del vector regional con datos completados de temperatura máxima anual*

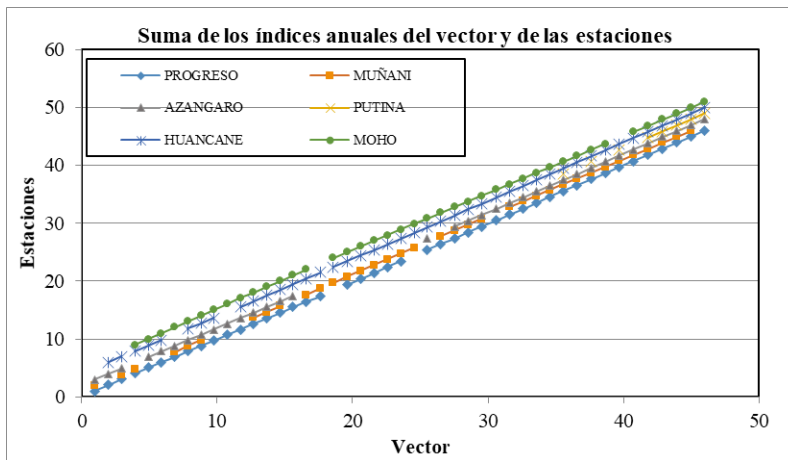


*Nota.* El grafico representa los índices del vector regional de las temperaturas máximas anuales con datos completados de las estaciones de la cuenca Huancané.

De la Figura 7 muestra el índice del vector regional acumulado de las temperaturas máximas anuales acumuladas con datos completados de 1964 al 2014, donde se visualiza que el comportamiento es regional homogéneo con quiebres significativos, así mismo se demuestra que los vectores regionales se encuentran adentro de los límites de confianza, indicando un alto nivel de calidad de datos, así como también un comportamiento homogéneo.

**Figura 8**

*Suma de índices de vectores regionales de las temperaturas máximas anuales*

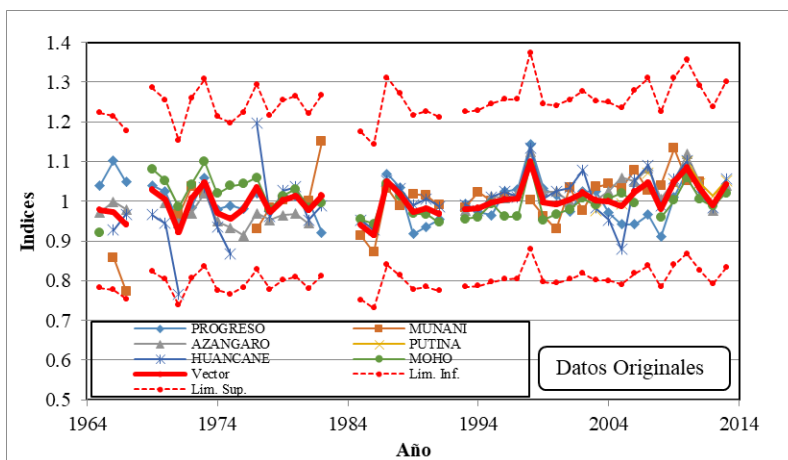


*Nota.* El grafico representa la suma de índices de los vectores regionales de las temperaturas máximas anuales de las estaciones de la cuenca Huancané

La Figura 8, la suma de índices de vectores regionales de temperaturas máximas anuales, no presentan quiebres significativos, tiene una alta correlación vector/estaciones, es decir los datos son consistentes y homogéneos para realizar distintos análisis a partir de ello.

**Figura 9**

*Índices del vector regional con datos originales de temperatura media anual*

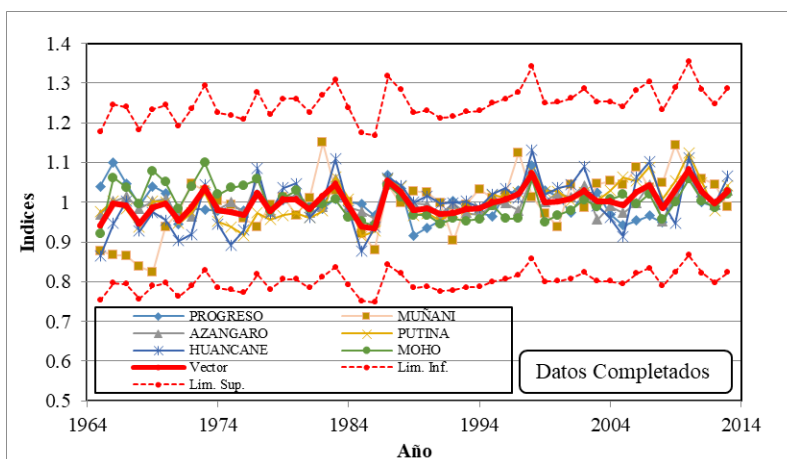


*Nota.* El grafico representa los índices del vector regional de las temperaturas medias anuales con datos originales de las estaciones de la cuenca Huancané.

De la Figura 9, La temperatura media anual mediante los índices del vector regional con datos originales, se observa en las estaciones de Progreso y Moho, no se encuentran en el límite de confianza, no obstante, se tomó en consideración por su continua y extensa serie para relacionar con nuevas estaciones en el análisis de tendencia.

**Figura 10**

*Índices del vector regional con datos completados de temperatura media anual*

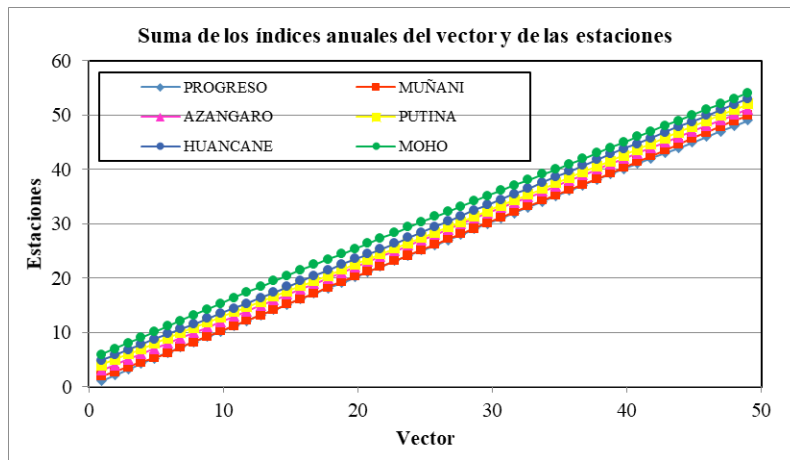


*Nota.* El grafico representa los índices del vector regional de las temperaturas medias anuales con datos originales de las estaciones de la cuenca Huancané.

En la Figura 10 los índices anuales para temperatura media con datos completados, se observa en las estaciones de Progreso y Moho, no se encuentran en el límite de confianza, sin embargo, se consideró por ser un serie continua y extensa para relacionar con nuevas estaciones en el análisis de tendencia.

**Figura 11**

*Suma de índices en el vector regional, temperatura media anual*

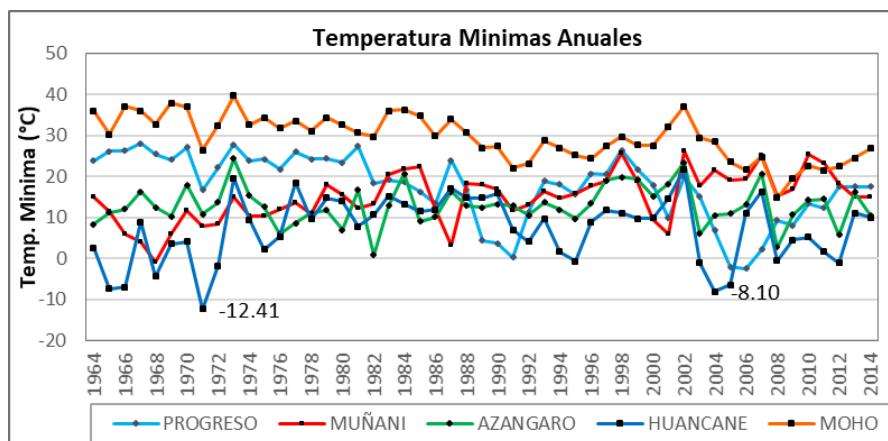


*Nota.* El grafico representa la suma de índices de los vectores regionales de las temperaturas medias anuales de las estaciones de la cuenca Huancané.

La Figura 11, la suma de índices de vectores regionales de temperaturas medias anuales, no presentan quiebres significativos, tiene una alta correlación vector/estaciones, es decir los datos son consistentes y homogéneos para realizar distintos análisis a partir de ello.

**Figura 12**

*Temperaturas mínimas anuales con datos completados*



*Nota.* El grafico representa los promedios anuales de las temperaturas mínimas con datos completados de las estaciones Progreso, Muñani, Azángaro, Huancané y Moho.

De la Figura 12, las series completadas de la temperatura mínima observándose, tienen un comportamiento regional homogéneo, es decir que tienen una buena calidad de datos, las estaciones Progreso, Muñani, Azángaro y Huancané llegan a los 0°C alcanzando hasta los -12.41°C, -8.10°C en 1971 y 2004 en la estación de Huancané.

El análisis de las temperaturas máximas anuales que se muestran en la Tabla 13 satisfacen la hipótesis de pseudo - proporcionalidad tanto para los datos originales del Grupo 1 como para los datos completos y corregidos del Grupo 2 en la columna "Correlación/Vector", como se observa en la tabla 13.

**Tabla 13**

*Correlación de las temperaturas máximas anuales.*

	Estación	No Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Media Obs.	Temperatura media anual		D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correl. /Vector
						Media Calculada	Media Desvíos			
Grupo 1 (Datos originales)	Progreso	44	8.6	0.045	191.6	191.3	0	0.028	0.015	0.78
	Muñani	36	8.4	0.043	196.3	195.9	0	0.028	0	0.75
	Azángaro	35	9.6	0.048	198.3	197.9	0	0.016	0	0.95
	Putina	8	5.6	0.027	208.6	199.3	0.002	0.015	0.144	0.89
	Huancané	43	8.9	0.05	179.8	179.5	0	0.02	0.002	0.93
	Moho	41	7	0.039	176.7	176.9	0	0.026	0	0.77
Grupo 2 (Datos completados)	Progreso	51	8.3	0.043	191.9	191.9	0	0.025	0	0.81
	Muñani	51	8.1	0.041	195.3	195.4	0	0.032	0	0.67
	Azángaro	51	9.5	0.048	197.4	197.5	0	0.021	0	0.93
	Putina	51	4.8	0.023	207.2	207.1	0.001	0.02	0	0.80
	Huancané	51	8.6	0.048	179.6	179.6	0	0.025	0	0.87
	Moho	51	7.3	0.041	177	177	0	0.023	0	0.83

D.E. Obs: Desviación estándar observada; D.E. Desvíos: Desviación estándar en los desvíos, Homogeneidad B.M: Homogeneidad del coeficiente de polinomio.

*Nota.* En esta tabla se muestra la correlación entre estaciones de dos grupos analizados de datos originales y completados de las temperaturas máximas anuales.



Las temperaturas máximas anuales que se observan, cumplen con la “Correlación /Vector”, las cuales se encuentran dentro del límite de confianza, como se observa en la Tabla 13, para el grupo 1 y 2 con los datos originales y datos completados.

Del análisis las temperaturas anuales máximas en las estaciones que se muestran en la Tabla 13, las cuales cumplen con la correlación, como se observa en el cuadro para el grupo 1 con los datos originales, así como los datos completados y corregidos grupo 2, en la columna “Correlación /Vector”, cumplen con la hipótesis de pseudo-proporcionalidad, los valores tienden a la unidad (0.83).

**Tabla 14**

*Correlación de temperaturas medias anuales*

	Estación	No Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Medi a Obs.	Temperatura media anual		D.E. Desvíos	Homogeneid ad B.M.	Correl. /Vector
						Media Calculad a	Media Desvíos			
Grupo 1 (Datos originales)	Progreso	40	5.2	0.05	104.2	104	0	0.045	0.141	0.48
	Muñani	35	7.5	0.071	105.2	105.3	-0.002	0.059	0.573	0.55
	Azángaro	35	5.1	0.049	105.9	105.4	0.001	0.03	0	0.78
	Putina	8	4.1	0.039	104.4	100.7	0.007	0.017	0.525	0.92
	Huancané	42	6.8	0.073	93.3	93.3	-0.001	0.049	0.134	0.76
	Moho	42	4.4	0.042	102.5	102.3	0.001	0.034	0	0.64
Grupo 2 (Datos completados)	Progreso	49	4.1	0.039	104.1	104.1	0	0.038	0.058	0.44
	Muñani	49	7.5	0.072	105.2	105.3	-0.002	0.059	0	0.66
	Azángaro	49	3.1	0.03	102.9	102.7	0.001	0.019	0.011	0.82
	Putina	49	4.9	0.046	105.1	105	0.001	0.025	0	0.86
	Huancané	49	5.9	0.063	92.4	92.4	0	0.04	0.012	0.83
	Moho	49	4.1	0.04	102.5	102.5	0.001	0.036	0	0.51

*Nota.* En esta tabla se muestra la correlación entre estaciones de dos grupos analizados de datos originales y completados de las temperaturas medias anuales.



Del análisis las temperaturas medias anuales en cada estación que se muestran Tabla 14, donde cumplen con la correlación, como se visualiza para el grupo 1 con los datos originales, así como los datos completados y corregidos grupo 2, en la columna “Correlación /Vector”, cumple la hipótesis de pseudo - proporcionalidad, los valores tienden a la unidad (0.86).

De acuerdo con Belizario (2014), para una buena correlación de series, el coeficiente de correlación ( $r$ ) debe estar cerca de la unidad 1.00, la desviación estándar debe permanecer dentro de límites aceptables y los límites de confianza superior y inferior casi con certeza se capturan en los registros interanuales de los índices vectoriales a un 95% de probabilidad.

En la correlación de temperatura máxima y media (Tablas 13 y 14), la generación de resultados con software Hydraccess, el vector regional de índices anuales (Figuras 7 y 10), se identifica como índices entre los datos anuales de los (6) periodos históricos. Se han estimado las estaciones meteorológicas más consistentes, analizando el comportamiento climático el cual tiene datos homogéneos y se encuentran dentro del rango de confianza, dicho de otro modo, tienen una buena calidad y homogeneidad de datos, el cual se utilizó para dicho estudio.

### **Proyección de comportamientos de temperatura media anual.**

Los resultados encontrados en el comportamiento de la tendencia temperatura en la cuenca de estudio desde los periodos de tiempo de 1964 hasta el 2014, la temperatura máxima anual incrementa en  $0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la temperatura media anual tiende a aumentar levemente con  $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$  y las temperaturas mínimas no presentan cambios significativos, todo ello es debido a los efectos del cambio climático en la Figura 13.



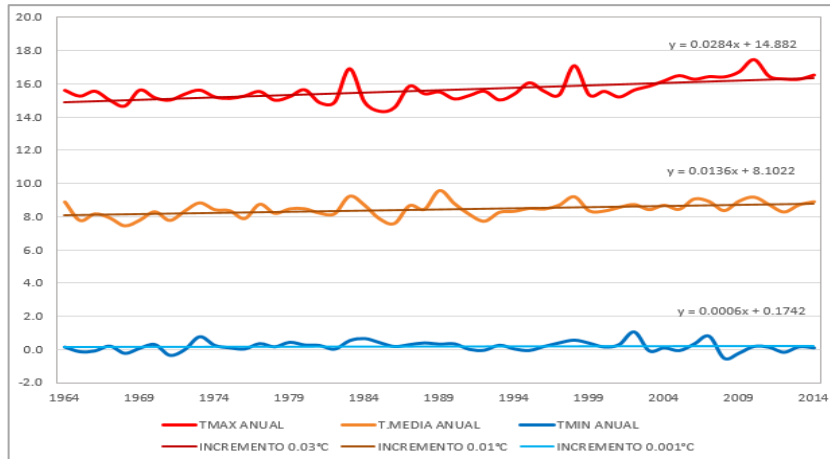
Los resultados de la investigación son similares con lo obtenido por Ccaira et al. (2021), donde encontraron un incremento de temperatura máxima y medias anuales de  $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $0.028\text{ }^{\circ}\text{C}$  correlativamente, y en la cuenca Huancané con  $0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ , estas similitudes son a causa de las diferentes cuencas de estudio. También Belisario (2014), en sus resultados muestran que las temperaturas máximas anuales tienden a incrementar en  $0.04\text{ }^{\circ}\text{C/año}$ , las temperaturas medias anuales presentan un incremento leve de  $0.025\text{ }^{\circ}\text{C/año}$  y temperaturas mínimas no presentan cambios significativos.

Los antecedentes y sus coincidencias con el trabajo de investigación, son similares porque las investigaciones se realizaron en la región del altiplano puneño, el cual comparten el mismo clima de la sierra occidental, no obstante, los análisis de las investigaciones se realizaron en diferentes periodos, así como, distintas cuencas, obteniendo una diferencia significativa de resultados con respecto a las temperaturas medias.

Por ende es importante señalar que la agricultura peruana sigue siendo el pilar estratégico de abastecimiento alimentario Castillo (2021), así como en cuenca Huancané, el cambio climático causa un impacto ambiental tanto en el ámbito agropecuario como en la alteración de la oferta hídrica y esto a su vez la producción agropecuaria, de tal modo que afecta en la salud, por ello es importante optar medidas que puedan contrarrestar el cambio climático IPCC (2022).

**Figura 13**

*Hidrograma del comportamiento de la temperatura máxima, media y mínima, 1964 al 2014*



*Nota.* El grafico representa el comportamiento de las temperaturas máximas, medias y mínimas anuales de la cuenca Huancané.

Se desarrolló el pronóstico del comportamiento de las temperaturas medias anuales en la zona de estudio – cuenca Huancané, de acuerdo a series de tiempo con la función pronóstico de tendencia lineal, donde los resultados se observan en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Proyección de temperatura media al año 2050 en la cuenca Huancané.*

Ubicación	Estaciones Meteorológicas	Temperaturas Promedios anuales	Temperatura media en (°C)	
			Año - 2030	Año - 2050
Zona baja	Huancané	7.7	8.4	8.6
Zona media	Putina	8.8	9.4	9.8
	Azángaro	8.6	8.7	8.8
Zona alta	Muñani	8.7	9.6	10.1

*Nota.* Esta tabla muestra como incrementa la temperatura media al 2050 en las zona baja, media y alta en la cuenca Huancané.



De la tabla 15, los resultados de las proyecciones al 2050 se desarrolló basándose en información de temperaturas promedios anuales de las estaciones meteorológicas, en la zona baja la estación de Huancané incrementaría en 1.1 °C al año 2050, de igual forma en la zona media, la estación Putina incrementaría con 1 °C y Azángaro con 0.2 °C levemente, en la zona alta, la estación Muñani muestra un aumento de 2.6 °C al 2050.

Dichos resultados son coincidentes y a su vez son corroborados por SENAMHI (2021b) menciona que el aumento de temperaturas en los Andes llegaría hasta los 2 °C a más, donde señala que los aumentos son cada vez más mayores y es probable que las noches y días sean más cálidos, así como también los días y noches fríos presenten disminución, de igual manera las heladas son cada vez menores.

De acuerdo a la IPCC (2021), predice que en los próximos 20 años la temperatura aumentaría en 1.5 °C a más a nivel mundial, causando olas de calor más intensas y frecuentes, un desbalance entre lluvias y sequías, granizos gigantes, incendios, el cual afectaría gravemente en el ámbito ambiental como la agricultura, la producción agropecuaria, así como podría afectar a la salud.

De la misma manera la, (IPCC, 2021; SENAMHI, 2021a) dan a conocer que los cambios de temperatura media anual en el Perú son de incremento consistente llegando a 3.5 °C al 2050. Este calentamiento podría aumentar la evapotranspiración ya que se encuentra a una mayor altitud y esto reduciría los deshielos y las neblinas debido al aumento de temperaturas, su continua degradación masiva del suelo (deforestación) afectaría en los microclimas ubicados en las montañas altas como los humedales.

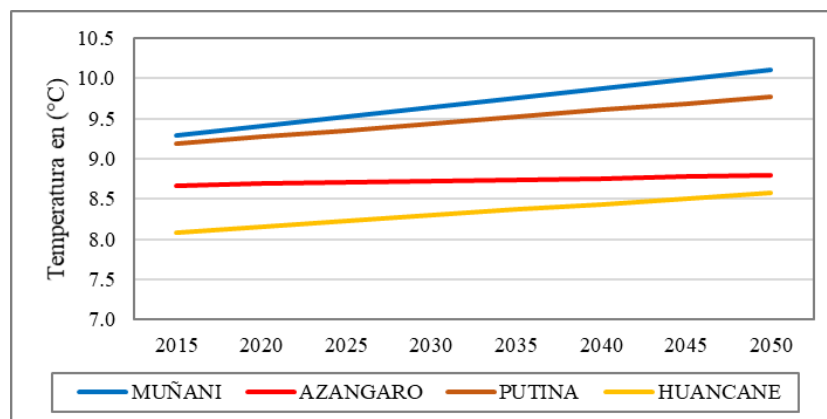
De acuerdo al antecedente de (IPCC 2021; SENAMHI 2021b) y la similitud en la presente investigación, son porque las temperaturas son variables en cada región del mundo, de la misma forma en cada región del Perú, así como a nivel de cuencas, a causa

del efecto invernadero, de igual manera la evaluación se realizó tomando distintos ámbitos a nivel de la cuenca Huancané en la zona baja, media y alta con 1.1 °C, 1 °C y 2.6 °C comparado con los Andes con 2 °C por lo que los resultados son similares.

También SENAMHI (2021a), evaluaron la misma variable (temperatura media anual) donde indica que el incremento a nivel del Perú estaría llegando a los 3.5 °C al 2050, el cual coincide con los resultados en la cuenca Huancané ya que la temperatura media anual al 2050 incrementaría en la zona baja, media y alta con 1.1°C, 1°C y 2.6 °C.

### Figura 14

*Tendencia de temperatura media al año 2050, cuenca Huancané*



*Nota:* el grafico representa el incremento de la temperatura media anual en cada estación hacia el 2050.

#### 4.1.1.2. Comportamiento espaciotemporal de la precipitación pluvial

##### Análisis de exploratorio de datos pluviométricos

Se desarrolló el análisis exploratorio de datos en las estaciones pluviométricas en el área de estudio mediante el análisis de cercas y análisis Boxplot (Diagrama de cajas), para eliminar datos inconsistentes o errores sistemáticos, así como saltos y tendencias, visualizándose a partir del anexo 20 al 29, (Villón, 2002).



## **Análisis de consistencia de la información pluviométrico**

Para poder realizar cualquier análisis meteorológico de la cuenca Huancané, se efectuó el análisis de consistencia con la finalidad de encontrar, corregir y eliminar datos sistemáticos y estos puedan ser datos consistentes, homogéneos y confiables, seguidamente se realizó el análisis gráfico, análisis doble masa Figura 15, anexo 30 y 31, comprobado por el software Hydracces Figura 16, y el análisis estadístico mediante el análisis de saltos Tabla 16, (Noa, 2016).

## **Análisis de doble masa**

En la presente investigación, se tomó datos de información meteorológica de SENANHI de 1964 al 2014 con las precipitaciones medias mensuales las cuales fueron ubicados en la delimitación de la cuenca hidrográfica con coordenadas UTM WGS84 en software Arc Gis, los datos pluviométricos fueron utilizados para el análisis, así como, el modelamiento hídrico, el cual fue útil para la identificación del río Huancané y sus respectivas proyecciones al 2050 conforme a los análisis adquiridos en la investigación.

Según Villón (2002), el análisis doble masa se utiliza para tener una mayor confiabilidad en los datos, una buena consistencia, conocer los puntos quiebres las causas de los fenómenos o si estos son datos atípicos. El análisis de doble masa permitió encontrar el rango de periodos dudosos y confiables en cada una de las estaciones donde se corrigió mediante el análisis estadístico.

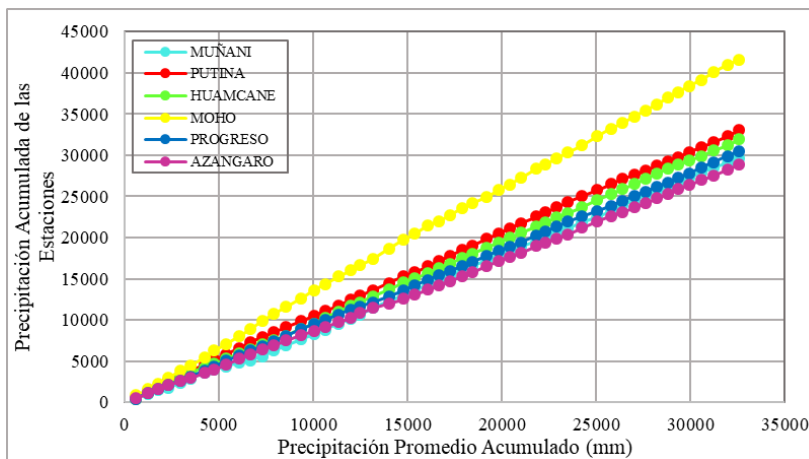
El análisis doble masa de las estaciones meteorológicas se realizó con la finalidad de encontrar una comparación de series pluviométricas anuales Figura 15, donde la estación Huancané es tomada como estación base, por tener una regularidad mayor y un menor número de quiebre, el cual es comparado con las estaciones vecinas, se realizó el

análisis estadístico para determinar la consistencia de información en los registros históricos de las precipitaciones medias anuales.

Los resultados del análisis doble masa no presentan quiebres significativos tomando como estación la base de Huancané de la cuenca de Huancané a diferencia de la estación Mocho la cual presenta una diferencia de datos meteorológicos con respecto a las estaciones de la cuenca y estaciones vecinas, sin embargo, no muestra quiebres significativos.

### Figura 15

*Diagrama de doble masa de las precipitaciones promedios anuales*



*Nota.* El gráfico representa el análisis de doble masa comparado entre estaciones de precipitaciones medias anuales.

Las series hidrométricas en las estaciones tomadas se realizó mensualmente con el propósito de adquirir series mensuales sin tener saltos significativos en los parámetros, la prueba T se utilizó para las medias y la prueba F para la desviación estándar, la prueba de hipótesis se realiza a nivel de significancia del 5% con probabilidades a un 95%, visualizándose en la Tabla 16.



**Tabla 16**

*Análisis de saltos de las precipitaciones medias.*

Estación	Periodos	N° Datos	Prom.	Desv. Est.	Consistencia en la media			Consistencia en la desviación estándar		
					Tc	Tt	Dif. Sig.	Fc	Ft	Dif. Sig.
<b>Muñani</b>	1964 - 1975	144	51.80	52.51	0.1056	1.9639	NO	1.0437	1.2402	NO
	1976 - 2014	468	51.28	51.40						
<b>Putina</b>	1964 - 1992	342	57.85	55.83	0.5320	1.9640	NO	1.0490	1.2168	NO
	1993 - 2014	249	55.40	54.51						
<b>Huancané</b>	1964 - 1991	344	57.04	59.61	0.5778	1.9638	NO	1.1319	1.2089	NO
	1992 - 2014	276	54.33	56.03						
<b>Moho</b>	1964 - 1992	341	75.40	75.05	1.0574	1.9640	NO	1.0069	1.2113	NO
	1993 - 2014	255	68.82	75.31						
<b>Progreso</b>	1964 - 1992	325	50.60	49.57	-0.5525	1.9641	NO	1.1902	1.2136	NO
	1993 - 2014	275	52.98	54.57						
<b>Azángaro</b>	1964 - 1993	272	48.29	48.29	-0.4714	1.9646	NO	1.1829	1.2276	NO
	1994 - 2014	245	50.38	52.52						

Prom.: Promedio, Desv. Est.: Desviación estándar, Tc: t calculado, Tt: t tabular, Fc: Calculado, Ft: F tabular, Dif.Sig.: Diferencia significativa.

*Nota.* Esta tabla muestra la consistencia en la media y la consistencia en la desviación estándar para el análisis de consistencia de información, si los datos pluviométricos necesitan correcciones.

Se corrigió la información meteorológica mensual de las estaciones, para ser completada y extendida dentro del periodo de tiempo de 1964 - 2014, con el software HEC-4, teniendo en cuenta el registro de la estación base de cada estación. Es importante recalcar que los registros fueron completados con periodos internos de las series históricas, es decir que la información es modificado o actualizada al 2014.

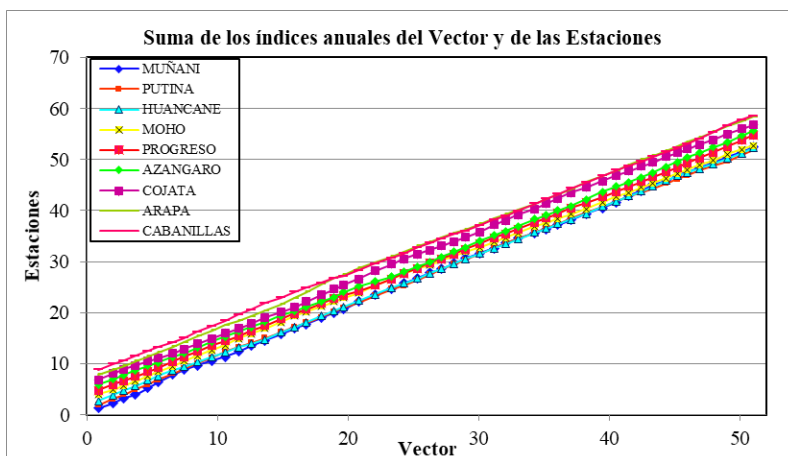
De los resultados obtenidos con la sistematización las pruebas estadísticas Tabla 16, no se obtienen diferencias significativas en las medias con datos de precipitación medias mensuales analizadas para cada estación con series meteorológicas de 1964 al 2014, por lo que no se necesita realizar correcciones.

De la misma forma la desviación estándar Tabla 16 no resulta significativo para ninguna de las estaciones de estudio, entonces se puede decir que el análisis de doble masa no tiene quiebres, de igual manera los registros pluviométricos son consistentes, homogéneos y confiables.

De la Figura 16, los resultados del vector regional de índices anuales de la precipitación media, identifico los índices entre los datos anuales de las series históricas de la cuenca con (9) estaciones, de acuerdo al año hidrológico considerado, se estimó la estación hidrométrica más consistente por ello, se analizó los comportamientos de las estaciones pluviométricas obteniendo resultados homogéneos, es decir que se encuentran dentro del rango de confianza, el cual se considera como calidad y homogeneidad de datos, para ser utilizados en el estudio.

### Figura 16

*Suma de los índices del vector regional, precipitaciones medias anuales*



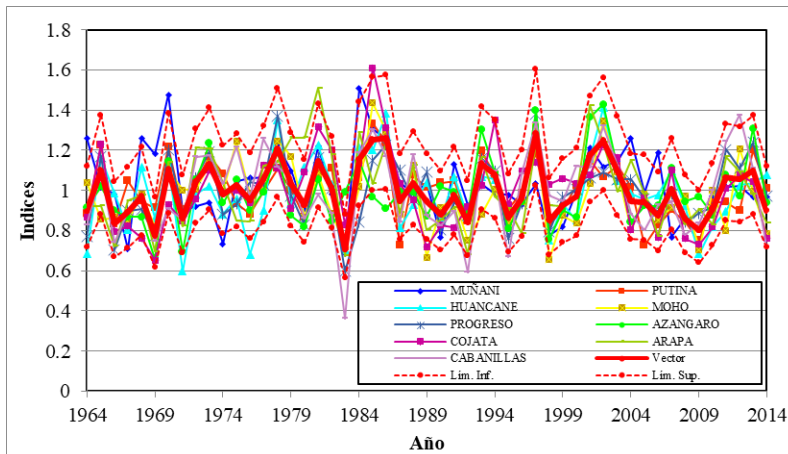
*Nota.* El grafico representa la suma de índices de los vectores regionales de las precipitaciones medias anuales de las estaciones de la cuenca Huancané de 1964 -2014.

Las series de precipitación mensuales fue comprobada por el análisis de doble masa mediante el software Hydracces (Índices anuales del vector y de las estaciones), con la finalidad tener un mejor resultado Figura 16, por consiguiente, se comprueba que no se

encuentra alteraciones en la pendiente de las curvas, por lo que la proporción se sostiene entre el acumulado y el acumulado del promedio, el cual no tiene variación en la tendencia.

**Figura 17**

*Índices del vector regional de las precipitaciones medias anuales*



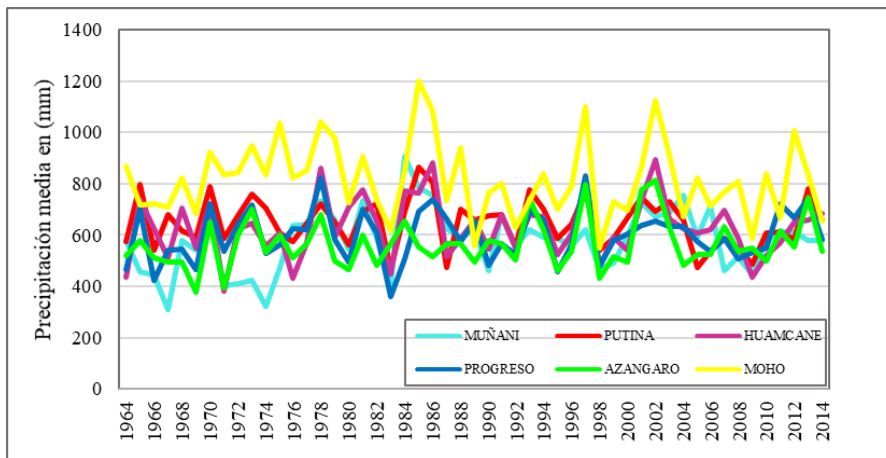
*Nota.* El grafico representa los índices del vector regional de las precipitaciones medias anuales de las estaciones de la cuenca Huancané dentro del periodo de 1964 al 2014.

De la Figura 17, el vector regional mediante el software Hydraces de las estaciones de estudio, muestran comportamientos consistentes y homogéneos, el cual presenta una buena correlación entre estaciones, de tal manera que se encuentran en el intervalo de confianza para poder trabajar con los datos consistentes.

En el gráfico se presenta un comportamiento relativamente homogéneo, sin embargo, la estación de Cojata, Arapa y Cabanillas no se encuentran dentro del límite de confianza del grupo, no obstante, el registro histórico de datos en estudio tiene una buena correlación además por tener datos extensos y continuos, donde son contrastados con las estaciones para el análisis, lo cual significa que los datos de las estaciones se encuentran dentro del límite de confianza mostrando eventos extremos que realmente ocurrieron.

**Figura 18**

*Precipitaciones promedios anuales, cuenca Huancané, 1964-2014*



*Nota.* El grafico representa el comportamiento de las precipitaciones promedios anuales en (mm/año) de las estaciones de la cuenca Huancané de 1964 al 2014.

La distribución temporal de las series Figura 18, se visualiza dentro de los 51 años pluviométricos, la estación Moho muestra registros con mayor precipitación acontecido en los años 1984 – 1985 con 1198.80 y 1081.50 mm, posteriormente la estación de Muñani y Huancané con 879.40 - 985.40 mm respectivamente en el año 1984 y 2002, seguidamente la estación de Putina con 866.50 mm entre 1984 -1985 en la cuenca hidrográfica Huancané. No obstante, las tres estaciones meteorológicas de Muñani con 308.0 y 321.20 en 1967 - 1974, Progreso y Azángaro, con 358.60 en 1983 y 375.60 mm en 1969, respectivamente, fueron las que menos precipitaciones tuvieron en el transcurso de los 51 años hidrológicos.

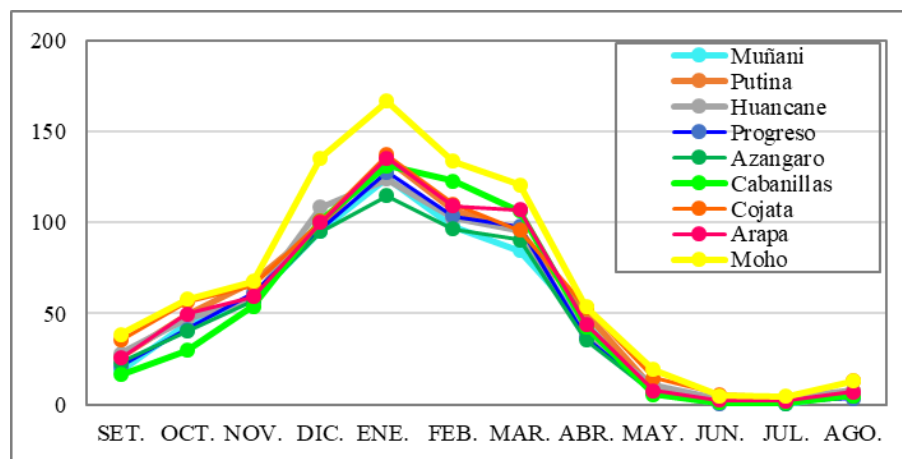
De acuerdo a SENAMHI (2016), los años que tuvieron mayores precipitaciones fueron en los años 1986, 1985 y 1984 en escala anual. Por lo contrario, el año de menor precipitación se dio en 1983, con niveles de precipitación por debajo de la mitad del total promedio multianual del área. La precipitación en 1985, que se estuvo en línea con el promedio, mostró aumentos en el rango de 20 hasta el 85% en el norte y un incremento

de 20 a un 50% en el centro de la zona media, en el área sur llegó hasta el 50%. El cual generó pérdidas económicas respecto al ámbito de la agricultura, así como en el ámbito agropecuario.

En la Figura 19, se muestra precipitaciones promedio mensuales de cada estación, donde se identificó las medias con mayores y bajas precipitaciones en el mes a mes, registrando la estación de Moho con mayores precipitaciones mensuales en la cuenca Huancané.

### Figura 19

*Serie histórica de precipitaciones medias mensuales, cuenca Huancané, 1964-2014.*



*Nota.* El gráfico representa el comportamiento de las precipitaciones promedio mensuales en (mm/mes) de las estaciones de la cuenca Huancané de 1964 al 2014.

### Proyección del comportamiento de precipitación media anual.

De acuerdo con la serie de datos de la precipitación se utilizó la función de pronóstico de tendencia lineal, se esperan variaciones en el comportamiento de la precipitación promedio de la cuenca del río Huancané con el algoritmo de pronóstico de tendencia lineal Tabla 17.

De acuerdo a la IPCC (2021), el calentamiento global está generando un desbalance entre fuertes lluvias, así como también sequias provocando incendios, granizos gigantes, nevadas, así como también, Chacon (2015), indica que el cambio climático es un proceso en marcha acelerada donde su evolución y su aceleración son relativamente impredecibles, al igual que las consecuencias e impactos. El cambio climático depende del calentamiento global, así como el incremento de temperatura.

**Tabla 17**

*Proyección de precipitación media al año 2050 en la cuenca Huancané.*

Ubicación	Estación meteorológica	Precipitación promedio anual	Precipitación Media en (mm)	
			Año - 2030	Año - 2050
Zona baja	Huancané	634	656	668
	Moho	826	794	779
Zona media	Putina	650	616	600
	Azángaro	575	633	662
Zona alta	Muñani	629	558	523
	Progreso	611	645	661

*Nota.* Esta tabla muestra como incrementa la precipitación media al 2050 en las zona baja, media y alta en la cuenca Huancané.

Los resultados del pronóstico de precipitación pluvial para el 2050 Tabla 17, basándose en datos meteorológicos consistentes, la zona baja presenta un ligero incremento de precipitación en la estación Huancané de 34 mm y una disminución en la estación de Moho con -47 mm, de igual manera en la zona media la estación de Putina presenta un descenso de precipitación en -50 mm y un ascenso en la estación de Azángaro de 51 mm y en la zona alta la estación de Muñani presenta un descenso de -106 mm sin embargo la estación de Progreso tiende a incrementar con 52 mm.



Los resultados de la presente investigación son coincidentes con lo obtenido por Noa (2016), indica en sus resultados según el test de Mann Kendall, Spearman's y regresión lineal en la zona baja 201 – 216 mm con un ligero incremento, así como, en la zona media 202 – 18 mm y en la zona alta 38 - 0.0 mm insuficiencia de precipitación al 2050.

De acuerdo al antecedente y sus coincidencias los resultados del pronóstico de precipitación pluvial para el 2050 con datos meteorológicos consistentes, en las estaciones de Huancané, Azángaro y Progreso aumentan en 34, 51 y 52 mm, sin embargo, en las estaciones de Moho, Putina y Muñani disminuyen en -47, -50 y -106 mm para el año 2050, es decir, en la cuenca Huancané se obtiene un incremento de 135 mm y una disminución de -203 mm, con una diferencia de disminución de -70 mm en general, como resultado del calentamiento global, los patrones de precipitación se han vuelto comunes en cuenca Huancané.

Expresado de otra forma, la zona alta presenta un incremento como una disminución de precipitación y esto mismo se presenta en la zona media, pero con un bajo aumento y una mayor disminución de precipitación, llegando así a la zona baja con un aumento mínimo, así como un mayor descenso de precipitación, el cual estaría siendo la diferencia de -70 mm en general en toda la cuenca Huancané.

Es decir que en las estaciones de Huancané, Azángaro y Progreso aumentan en 34, 51 y 52 mm, sin embargo, en las estaciones de Moho, Putina y Muñani disminuyen en -47, -50 y -106 mm para el año 2050, obteniendo un descenso de precipitación en toda la cuenca con -70 mm de precipitación para el 2050 el cual es corroborado por Noa (2016), por obtener un resultado similar, ya que la zona de estudio es diferente con la presente investigación.



#### **4.1.2. Relación entre el cambio climático y el comportamiento de la temperatura y la precipitación en la cuenca hidrográfica Huancané.**

##### **4.1.2.1. Relación entre el cambio climático y el comportamiento de la temperatura**

Con el objetivo específico de evaluar los periodos largos de la serie cronológica extrema en la cuenca hidrológica del río Huancané, se utilizó el programa Trend mediante el uso de las pruebas no paramétricas de Man-Kendall y Spearman's Rho en paralelo con las pruebas paramétricas de regresión lineal y de autocorrelación, basadas en técnicas estadísticas, donde se logró determinar la relación entre el cambio climático y el comportamiento de la temperatura media anual dentro de los 51 años de 1964 al 2014.

Para evaluar la tendencia de la temperatura media anual se distribuye en tres zonas, la baja Huancané, la media Putina - Azángaro y la alta Muñani, se utilizaron datos meteorológicos de las estaciones de la cuenca hidrológicamente significativa. Esto permitió la determinación del comportamiento de la temperatura media anual a lo largo de series temporales.

Para ampliar, los estudios climatológicos se muestran en la columna de la Tabla estadística, con niveles de significancia de  $\alpha = 0.1$ ,  $\alpha = 0.05$ ,  $\alpha = 0.01$ , el (NS) se expresa como no significativo o no muestran cambios, sin embargo ( $S = 0.01$ ) se entiende que tiene cambios significativos o es estadísticamente significativo.

Los resultados obtenidos en la Tabla 18 de las pruebas paramétricas y no paramétricas de la temperatura media corroboran estadísticamente la tendencia, mostrando las estaciones Muñani, Azángaro y Huancané presentan cambios positivos y significativos ( $S=0.01$ ) en su comportamiento mientras que la estación Putina muestra un comportamiento estable (NS), donde los datos interanuales de las estaciones meteorológicas de la cuenca del río Huancané entre 1964 hasta 2014 no presenta fuertes



variaciones estadísticas, pero sí cambios significativos en respuesta al incremento anual de la temperatura a lo largo del período estudiado.

**Tabla 18**

*Resultado del análisis de tendencia de temperatura media anual, cuenca Huancané, 1964-2014.*

Estación meteorológica	Pruebas	Test statistic	Critical values (Statistical table)			Resultados
			$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
<b>Muñani</b>	Mann-Kendall	6	2	2	3	S (0.01)
	Spearman's Rho	6	2	2	3	S (0.01)
	Linear regression	6	2	2	3	S (0.01)
	Auto Correlation	18	2	2	3	S (0.01)
<b>Azángaro</b>	Mann-Kendall	4	2	2	3	S (0.01)
	Spearman's Rho	4	2	2	3	S (0.01)
	Linear regression	3	2	2	3	S (0.01)
	Auto Correlation	19	2	2	3	S (0.01)
<b>Putina</b>	Mann-Kendall	1	2	2	3	NS
	Spearman's Rho	2	2	2	3	NS
	Linear regression	1	2	2	3	NS
	Auto Correlation	10	2	2	3	S (0.01)
<b>Huancané</b>	Mann-Kendall	4	2	2	3	S (0.01)
	Spearman's Rho	4	2	2	3	S (0.01)
	Linear regression	3	2	2	3	S (0.01)
	Auto Correlation	19	2	2	3	S (0.01)

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados del software TREND donde NS no es significativo o no muestra variabilidad y S si es significativo o muestra variabilidad en la temperatura media anual.

Los resultados presentados en la Tabla 18, el comportamiento de la temperatura media en las estaciones de Muñani, Azángaro y Huancané presenta cambios significativos



( $S=0.01$ ), debido a que los efectos combinados de las ciudades circundantes que retienen calor, por lo que SENAMHI (2018), indica que los niveles de radiación ultravioleta están entre 9 a 18 siendo muy altos en la región altiplánica de Puno, causando alteraciones en el ecosistema terrestre y acuático, asimismo SENAMHI (2021b), concluye que en la región de los Andes las temperaturas son cada vez más mayores, por ellos Noa (2016), muestra en sus resultados el comportamiento de temperatura media muestra incrementos significativos en la cuenca Ilave, asimismo Ccaira et al. (2021), indica que presentan un incremento en temperatura media en la cuenca Coata, de igual forma Belizario (2014), concluye que el cambio climático viene afectando a los parámetros de temperaturas influye negativamente en el rendimiento de los cultivos, también Correa et al. (2021), concluye que mediante el análisis de auto correlación y pruebas como Mann-Kendall dentro 1971 al 2010, concluye que la temperatura incrementa levemente presentando tendencias crecientes, por otro lado García (2022), muestra en sus resultados aumento de aridez a causa del incremento de temperatura con la metodología Mann – Kendall.

Posteriormente, los resultados del comportamiento de la temperatura media no tienen cambios significativos en la estación de Putina (NS), por lo que la estación no cuenta con registros históricos extensos, el cual se completó con las estaciones cercanas a la estación, que dispongan el mismo grupo regional, para realizar la proyección futura.

Los antecedentes muestran coincidencias con la presente investigación, evidencian que el cambio climático está afectando año tras año ya que la temperatura media presenta cambios positivos y significativos en su comportamiento y esto podría causar daños al ecosistema terrestre y acuático, así como, afecta la salud de las personas, de igual manera afecta en la producción agropecuario trayendo pérdidas consigo económicas a nivel de la cuenca Huancané.

**Tabla 19**

*Resumen del modelo de la variable predictora temperatura media anual, cuenca Huancané, 2005 – 2014.*

<b>Modelo</b>	<b>R</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Corregido</b>	<b>Error tip. de estimación</b>
1.00	0.90 <sup>a</sup>	0.82	0.67	1.73

a. Variable predictora: (Constante), temperatura media anual.

*Nota.* En esta tabla la temperatura media anual muestra variabilidad mediante el R cuadrado.

De la Tabla 19, el modelo de regresión lineal es aceptable y/o significativo (S) donde R cuadrado es 0.82 cercano a la unidad (1.00), representando una correlación muy alta, lo que significa que la temperatura media anual presenta cambios muy altos a consecuencia del cambio climático, es decir que dentro los 10 últimos años la temperatura media anual muestra una relación directa con el cambio climático, esto se debe a que la temperatura media presenta una tendencia creciente en casi todas las zonas de estudio.

Noa (2016), indica en sus resultados que la temperatura media presenta cambios en 0.78 con el cambio climático en la cuenca Ilave, también Belizario (2014), demuestra en sus resultados que la temperatura muestra cambios en 0.42 con el cambio climático en la cuenca Ramis, asimismo (Ccaira 2018; Ccaira et al. 2021), muestra en sus resultados que la temperatura muestra cambios en 0.42 con el cambio climático en la cuenca Coata, por otro lado SENAMHI (2021b), reporta que la temperatura está aumentando en toda la región de los Andes, por último, la IPCC (2021), indica que la temperatura media está aumentando a consecuencia del cambio climático.

**Tabla 20**

*Modelo de la variable predictora temperatura media anual, 2005 – 2014.*

<b>Modelo</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Regresión	67.48	4	16.9	5.61	0.043 <sup>b</sup>
Residuos	15.02	5	3.0		
Total	82.50	9			

a. Variable dependiente: Cambio climático

b. Variable predictora: (Constante) temperatura media anual

*Nota.* En esta tabla se muestra la significancia o variabilidad de la temperatura media anual, es decir, el cambio climático afecta a la temperatura media anual ya que esta incrementa.

De la Tabla 20, el resultado de la distribución F de análisis de varianza resulta positivo por lo que el  $F_c > F_t$ , donde la significancia de 0.043 es considerablemente menor a 0.05, es decir, que existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las temperaturas medias anuales de la cuenca Huancané.

También Noa (2016), indica en sus resultados la significancia es casi nulo, el valor de influencia es 0.00008 de la temperatura media anual en la cuenca Ilave, asimismo Belizario (2014), muestra en sus resultados que existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las temperaturas de la cuenca del río Ramis, ya que el valor de significancia es 0.029, de la misma manera Ccaira et al. (2021) indica que existe una influencia significativa de 0.029 de los cambios climáticos en las temperaturas de la cuenca del río Coata, mientras que el informe del IPCC (2021), demuestra resultados sustancialmente superiores con respecto al aumento de la temperatura.

**Tabla 21**

*VARIABLES DE PROYECCIONES EN LAS TENDENCIAS DE TEMPERATURA MEDIA ANUAL, 1964 – 2014.*

Estación	Coeficientes de Regresión		Coeficiente correlación R	N° Datos	Estadístico T		Comparación	Tendencia Significativa
	Am	Bm			T calculada Tc	T tabla (95%) Tt		
	Muñani	8.1183			0.0018	0.2175		
Azángaro	8.3309	0.0014	0.1235	612	3.0738	1.9639	[Tc] < Tt	SI
Putina	8.5794	0.0001	0.0078	612	0.1927	1.9639	[Tc] > Tt	NO
Huancané	7.3009	0.0014	0.1293	612	3.2205	1.9639	[Tc] < Tt	SI

*Nota.* La tabla muestra una tendencia significativa o variabilidad de la temperatura media anual en las tres estaciones.

De la Tabla 21, del cálculo estadístico T, donde las estaciones de Muñani, Azángaro y Huancané muestran tendencias significativas a causa del cambio climático por el efecto invernadero, mostrando una relación directa en los últimos años. La ciudad de Putina no muestra cambios significativos, este sector está determinado por dos factores: la longitud, que es más cálida al este que al oeste debido a la influencia de las masas de aire caliente provenientes de la Amazonía, y la altitud, que es más cercana al Lago Titicaca, visualizar el Anexo 39: Proyección de temperaturas 2030 y Anexo 40: Proyección de temperaturas 2050.

La estación de Putina no se observa cambios significativos como lo indica SENAMHI (2021c), los climas de la vertiente oriental de los Andes dependen de la biosfera en la amazonia y la continua degradación del suelo que afecta a los climas, así como, microclimas ubicados en las montañas altas como en los humedales, también, la estación no cuenta con registros históricos extensos, el cual se completó con las estaciones cercanas a la estación, que dispongan el mismo grupo regional.

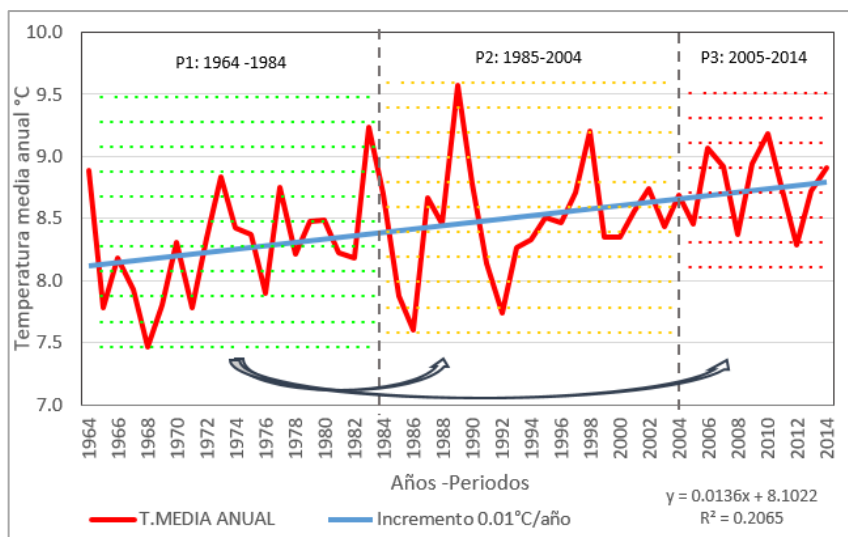
También Noa (2016), indica en sus resultados con la prueba de T student's muestra incremento de temperatura relacionando directamente con el cambio climático,

asimismo Belizario (2014), demuestra en sus resultados que existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las temperaturas medias y del mismo modo Ccaira et al. (2021), indica en sus resultados una influencia de cambio climático en las temperaturas.

La situación climática actual de las regiones baja, media y alta en la cuenca está acentuando los días cálidos y los períodos secos al tiempo que cambia el año hidrológico. Estas variaciones provocan mayores riesgos a la producción agrícola e influyen en la calidad de vida del poblador, por ende, es importante acelerar el proceso de adaptación para disminuir la vulnerabilidad a los riesgos climáticos, a través de la participación de instituciones públicas y privadas, así como de la toda sociedad civil, lo que conducirá a una mayor toma de decisiones y acciones para enfrentar y mitigar el cambio climático.

## Figura 20

*Variabilidad de la temperatura media anual, cuenca Huancané, 1964-2014.*



*Nota.* El grafico representa la variabilidad del comportamiento de la temperatura media anual comparados entre tres periodos analizados de 1964 al 2014.

La Figura 20, muestra la variabilidad de incremento en la temperatura media anual dentro del periodo de 1964 al 2014 en  $0.01^{\circ}\text{C}/\text{año}$ , donde el cambio climático muestra un efecto directo con la temperatura media anual.

**Tabla 22**

*Variabilidad de la temperatura media anual*

Tma	N	Sig.	Periodos (alfa 0.05)			Resultado
			1964 -1984 (1)	1985-2004 (2)	2005-2014 (3)	
<b>P- 1: Tma</b>	21	0.044	0.044			S (1)
<b>P 1-2: Tma</b>	41	0.069	0.00	0.00		S(1-2)
<b>P 1-3: Tma</b>	31	0.043	1.05E-05		1.05E-05	S(1-3)

Tma: Temperatura media anual; S: Significancia; P: Periodo.

*Nota.* En esta tabla se muestra la diferencia significativa en periodos comparados de la temperatura media anual.

De la Tabla 22, los resultados muestran que la temperatura media anual analizado dentro del grupo 1, 1-2 y 1-3 tienen un efecto directo con el incremento y/o variación, el cual se entiende que el cambio climático tiene una relación directa con la temperatura media anual, ya que tiene una tendencia de incremento.

De la Tabla 23, la temperatura tiene una relación directa con el cambio climático, ya que el cambio climático está en aumento acelerado que depende del calentamiento global, aumento de temperatura promedio global debido al incremento de gases de efecto invernadero, dióxido de carbono, metano entre otros llegando a los  $3^{\circ}\text{C}$  durante los próximos 20 años de acuerdo a la (IPCC 2021; Chacon, 2015; Lineman et al. 2015), el cambio climático afecta a la variabilidad del clima dentro de tiempos comparados (CMNUCC, 1992).

**Tabla 23**

*Relación del cambio climático y el comportamiento de la temperatura máxima, media y mínima anual.*

<b>Base teórica</b>	<b>Resultado</b>
(+)CC: El cambio climático se encuentra en aumento acelerado a causa del calentamiento global (IPCC 2021; Chacon, 2015; Lineman et al. 2015; CMNUCC, 1992)	(+)T: Incremento de la temperatura máxima, media y mínima anual en (0.03°C, 0.01°C, y 0.001°C) Figura 13,
Incremento de la Temperatura promedio IPCC (2021)	análisis de la variabilidad de la temperatura media anual.
1.09°C → 2011-2020	
1.5°C → 2021-2040	

**Relación Directa**

El cambio climático (CC) está en aumento acelerado → su efecto es el incremento de temperatura media anual en la cuenca Huancané.

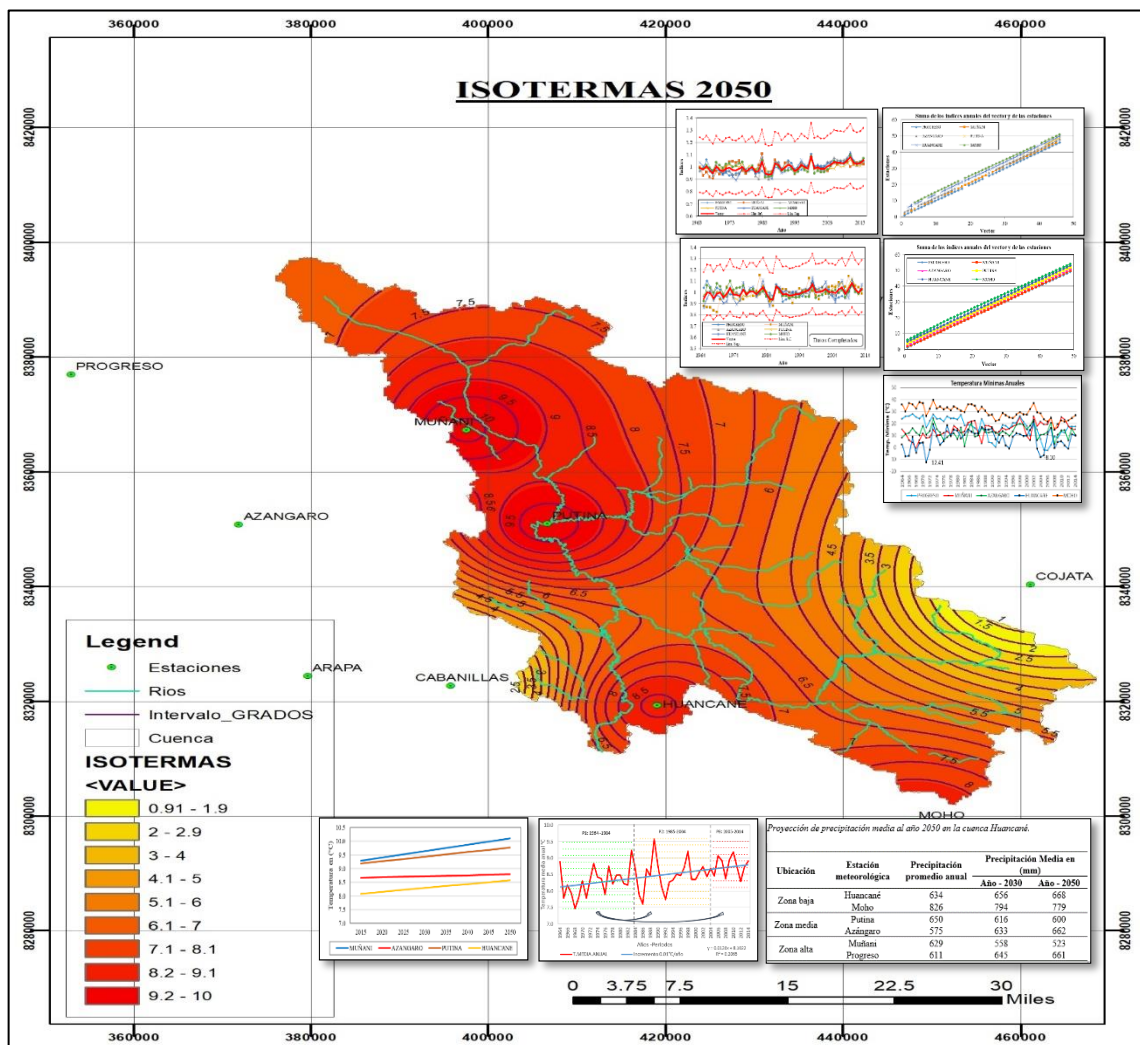
*Nota.* En la tabla se muestra el efecto directo del cambio climático en la temperatura máxima, media y mínima anual.

En la Figura 21, se muestra el resumen de los resultados encontrados para temperaturas medias anuales. Analizando el comportamiento espaciotemporal mediante el análisis exploratorio de datos, análisis de cercas, análisis visual gráfico, análisis del VR, encontrando la correlación/ vector. A partir de ello se pronosticó con tendencia lineal al 2050, seguidamente se analizó la relación del cambio climático con la temperatura media anual a partir del análisis de tendencias.



**Figura 21**

*Resumen de resultados de las temperaturas medias anuales al 2050.*



*Nota.* La grafica muestra el resumen de los resultados del comportamiento de la temperatura máxima, media, mínima y las proyecciones hacia el 2050 en la cuenca Huancané.



#### **4.1.2.2. Relación entre el cambio climático y el comportamiento de la precipitación.**

Con el objetivo específico de evaluar el cambio climático y el comportamiento de la precipitación media de la cuenca Huancané se determinó mediante el software Trend, con el propósito de evaluar sobre largos períodos históricos de series cíclicas extremas, utilizando las pruebas no paramétricas de Man Kendall y Spearman's Rho, en paralelo con las pruebas paramétricas de regresión lineal y de auto correlación, utilizando métodos estadísticos, de igual manera, se evaluó la sensibilidad de tendencia respecto a las influencias desde 1964 hasta 2014.

Para evaluar la tendencia de la precipitación anual se utilizaron datos meteorológicos de estaciones dentro de cuenca, las cuales se clasificaron en tres zonas: la zona baja con la estación de Muñani - Progreso, la zona media con las estaciones de Putina - Azángaro y alta, las estaciones reconociendo el comportamiento temporal de series, como se muestra en la Tabla 24.

En la Tabla 24 estadísticamente, se muestran los resultados de las pruebas para las estaciones pluviométricas de la cuenca Huancané, indicando los valores para niveles de significancia de  $\alpha = 0.1$ ,  $\alpha = 0.05$  y  $\alpha = 0.01$ , mostrando un resultado no significativo (NS) y una significancia de (S=0.01).

Mediante el software Trend se analizó las tendencias significativas utilizando los test paramétricos y no paramétricos para la precipitación media anual, las estaciones no presentan cambios significativos en los tres parámetros de: Mann-Kendall, Spearman's Rho y Regresión lineal en todas las estaciones, no obstante, la prueba de auto correlación si presenta una significancia de (S=0.01) en todas las estaciones, se da a entender que las lluvias tienen a incrementar levemente en toda la cuenca, como se corrobora con los

resultados de Correa et al. (2021), donde indica, que mediante las pruebas de auto correlación y pruebas como Mann-Kendall precipitación aumenta lentamente.

**Tabla 24**

*Resultado del análisis de tendencia de precipitación media anual, cuenca Huancané, 1964-2014.*

Estación meteorológica	Pruebas	Test statistic	Critical values (Statistical table)			Resultados
			$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	
<b>Huancané</b>	Mann-Kendall	-0.01	1.65	1.96	2.576	NS
	Spearman's Rho	0.15	1.65	1.96	2.576	NS
	Linear regression	0.13	1.65	1.97	2.597	NS
	Auto Correlation	12.92	1.65	1.96	2.576	S (0.01)
<b>Moho</b>	Mann-Kendall	-1.14	1.65	1.96	2.576	NS
	Spearman's Rho	-1.02	1.65	1.96	2.576	NS
	Linear regression	-0.71	1.65	1.97	2.597	NS
	Auto Correlation	11.91	1.65	1.96	2.576	S (0.01)
<b>Putina</b>	Mann-Kendall	-0.41	1.65	1.96	2.576	NS
	Spearman's Rho	-0.17	1.65	1.96	2.576	NS
	Linear regression	-0.81	1.65	1.97	2.597	NS
	Auto Correlation	10.00	2.00	2.00	3.000	S (0.01)
<b>Azángaro</b>	Mann-Kendall	0.41	1.65	1.96	2.576	NS
	Spearman's Rho	0.79	1.65	1.96	2.576	NS
	Linear regression	0.62	1.65	1.97	2.597	NS
	Auto Correlation	13.96	1.65	1.96	2.576	S (0.01)
<b>Muñani</b>	Mann-Kendall	-1.29	1.65	1.96	2.576	NS
	Spearman's Rho	-0.97	1.65	1.96	2.576	NS
	Linear regression	-0.90	1.65	1.97	2.594	NS
	Auto Correlation	14.94	1.65	1.96	2.576	S (0.01)
<b>Progreso</b>	Mann-Kendall	0.03	1.65	1.96	2.576	NS
	Spearman's Rho	0.50	1.65	1.96	2.576	NS
	Linear regression	0.42	1.65	1.97	2.597	NS
	Auto Correlation	14.63	1.65	1.96	2.576	S (0.01)

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados del software TREND donde NS no es significativo o no muestra variabilidad y S si es significativo o muestra variabilidad en la precipitación media anual.

De la misma manera, las estaciones de Moho, Putina y Muñani muestran una tendencia negativa con los tres test: Mann-Kendall, Spearman's Rho y Regresión lineal, el cual significa que las lluvias presentan descensos en la zona alta, media y baja de la cuenca Huancané, así también lo indica, Aguilar (2017), como en Noa (2016), las precipitaciones medias presentan descensos a causa de cambio climático.

De los resultados las series históricas de 1964 al 2014 el comportamiento interanual de las estaciones en la cuenca tiende a presentar comportamientos idénticos, lo que implica que no existe una tendencia perceptible para el período examinado estadísticamente, pero sí variaciones en la precipitación, dicho de otro modo, ha aumentado el número de periodos secos, lo que ha dificultado el inicio de la temporada agrícola en la cuenca Huancané, como se corrobora por la IPCC (2021), el aumento de temperatura está afectando severamente, trayendo consigo una variabilidad climática como las fuertes olas de calor, un aumento de fuertes lluvias, tormentas, granizos gigantes y sequias.

### **Tabla 25**

*Resumen del modelo de variable predictora, precipitación media anual, cuenca Huancané, 1964 – 2014.*

<b>Modelo</b>	<b>R</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup>Corregido</b>	<b>Error tip. de estimación</b>
1.00	0.37 <sup>a</sup>	0.13	0.06	14.42

a. Variable predictora: (Contante), precipitación media anual.

*Nota.* En esta tabla la precipitación media anual muestra variabilidad mediante el R cuadrado.

Como se muestra en el Tabla 25, el modelo de regresión no es aceptable y/o no presenta significancia (NS) donde R cuadrada es 0.13 cercano a cero (0.00),

representando una correlación muy baja, lo que significa que la precipitación media anual presenta cambios muy bajos a causa del cambio climático, es decir que dentro en los últimos 51 años hidrológicos se tiene descensos de precipitaciones.

Corroborado por Noa (2016), señala en sus resultados que tiene una mínima relación directa con el cambio climático en 0.21 en la cuenca Ilave, también Belizario (2014), demuestra en sus resultados que los cambios en las precipitaciones pluviales se relacionan en solo un 0.53 con el cambio climático en la cuenca Ramis, asimismo (Ccaira Mamani et al., 2021), muestra en sus resultados que la relación no es significativa y los cambios en las precipitaciones pluviales se relacionan en solo un 0.53 con el cambio climático en la cuenca Coata, SENAMHI (2021b), indican que las precipitaciones son cada vez menores, así como también la nubosidad, de la misma forma la IPCC (2021), indica que américa latina es una de las regiones más golpeadas del mundo por el aumento de temperatura y es probable que se reporten sequias, por ende, la demanda de alimentos sea mayor o creciente.

**Tabla 26**

*Modelo de la variable predictora precipitación media anual, 1964 – 2014.*

<b>Modelo</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>GL</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Regresión	1,490.2	4	372.6	1.79	0.15 <sup>b</sup>
Residuos	9,559.8	46	207.8		
Total	11,050.0	50			

a. Variable dependiente: Cambio climático

b. Variable predictora: (Constante) precipitación media anual

*Nota.* En esta tabla se muestra la significancia o variabilidad de la precipitación media anual, es decir, el cambio climático afecta a la precipitación media anual ya que esta disminuye.

En la Tabla 26, el análisis de la hipótesis distribución F con la varianza resulta negativo por lo que  $F_c < F_t$ , donde la influencia significativa es de 0.15, el cual es mayor a 0.05, es decir, durante los 51 años hidrológicos no existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las precipitaciones pluviales de la cuenca Huancané.

También Noa (2016), indica en sus resultados que la significancia es de 0.10 permite afirmar que en los 51 años se tiene descensos de lluvia, a su vez cambios en el régimen de pluviosidad por causas del cambio climático en la cuenca Ilave, mientras que el informe del IPCC (2021), demuestra resultados sustancialmente superiores con respecto al aumento de la temperatura.

**Tabla 27**

*Variables de proyecciones en las tendencias de precipitación media anual, 1964 - 2014.*

Estación	Coeficientes de Regresión		Coeficiente correlación R	N° Datos	Estadístico T		Comparación	Tendencia Significativa
	Am	Bm			T calculada Tc	T tabla (95%) Tt		
Muñani	54.6489	-0.0106	-0.0362	612	-0.8947	1.9639	[Tc] < Tt	NO
Putina	59.2178	-0.0081	-0.0250	591	-0.6069	1.9640	[Tc] < Tt	NO
Huancané	56.1754	-0.0012	-0.0035	608	-0.0862	1.9639	[Tc] < Tt	NO
Moho	77.9929	-0.0181	-0.0415	596	-1.0123	1.9640	[Tc] < Tt	NO
Progreso	50.6881	0.0033	0.0106	582	0.2553	1.9641	[Tc] < Tt	NO
Azángaro	46.7418	0.0098	0.02920	517	0.6629	1.9646	[Tc] < Tt	NO

*Nota.* La tabla no muestra una tendencia significativa o variabilidad de la precipitación media anual en las seis estaciones.

De acuerdo al Tabla 27 con la prueba T student's, no se encuentran cambios significativos en el comportamiento de las lluvias en las estaciones meteorológicas de Progreso y Azángaro, el cual es corroborado por Correa et al. (2021), como consecuencia del cambio climático, así como el aumento de la temperatura media del aire que



incrementan las lluvias, por lo que IPCC (2021), indica que las nubes impactan con el cambio de la temperatura, y estas infieren con la radiación a causa del calentamiento global, originándose por los gases de efecto invernadero por la ciudades de Puno. Asimismo, CMNUCC (1992), define cambio climático como un cambio del clima directo o indirectamente que afecta la atmosfera y la variabilidad del clima IDEAM - UNAL (2018).

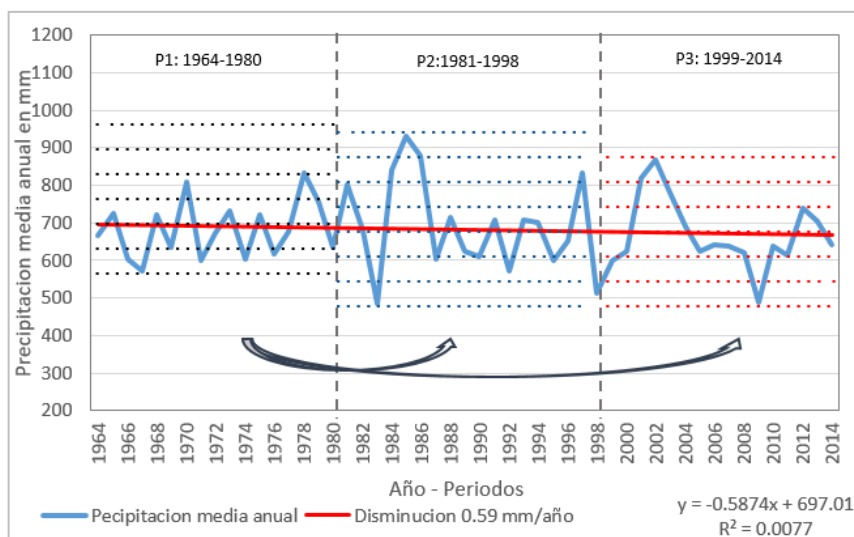
Mientras que en las estaciones de Muñani, Putina, Huancané y Moho la tendencia es descendiente lo que significa ausencia de lluvias, el comportamiento de las condiciones en la cuenca hidrográfica de Huancané cambia a lo largo del tiempo hidrológico causando variaciones en el comportamiento de las precipitaciones, IPCC (2021), indica que el incremento de concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero se transforma en cambios de frecuencia, intensidad como duración de los fenómenos extremos causando un desbalance entre lluvias, sequias, granizos gigantes, incendios, así como también indica, que américa latina es una de las regiones más golpeadas del mundo por el aumento de temperatura y es probable que se reporten sequias. También los estudios de Salar de Coipasa define que, las zonas con mayores precipitaciones son en el extremo del norte en la región de Puno ubicadas en las cabeceras de los ríos Coata y Ramis, posteriormente las precipitaciones tienden a descender paulatinamente en la región del altiplano alcanzando los 400 mm en el sector de Mauri y por el sur de Mauri las lluvias siguen descendiendo hasta llegar a 200 mm en el extremo suroccidental en la zona Salar de Coipasa ubicado en la cuenca Huancané.

Por otro lado Noa (2016), indica en sus resultados con la prueba de T student's muestra descenso de precipitación relacionando indirectamente con el cambio climático a consecuencia del proceso de incremento de la temperatura media en la superficie de aire, también Belizario (2014), demuestra en sus resultados que no existe una influencia

significativa de los cambios climáticos en las precipitaciones medias y del mismo modo Ccaira Mamani et al. (2021), indica en sus resultados una influencia negativa de cambio climático en las precipitaciones. De acuerdo a la IPCC (2022), el cambio climático está trayendo consigo eventos climáticos o fenómenos inusuales e impropios a las estaciones a causa del efecto invernadero, la disminución de precipitaciones en la cuenca del río Huancané durante los 51 años hidrológicos tiene una tendencia anual constante o ligeramente decreciente, sin embargo, ocurre lo contrario con los cambios de temperatura, ver anexo 38: Proyección de precipitación al 2050.

## Figura 22

*Variación de la precipitación media anual, cuenca Huancané, 1964-2014.*



*Nota.* El gráfico representa la variabilidad del comportamiento de la precipitación media anual comparados entre tres periodos analizados de 1964 al 2014.

En la Figura 22, muestra la variación de descenso de la precipitación media anual dentro del periodo de 1964 al 2014, el cambio climático muestra un efecto inverso con la precipitación media anual, ya que esta desciende en 0.59mm/año.



**Tabla 28***Variación de precipitación media anual*

	N	Sig.	Periodos para alfa 0.05			Resultado
			1964-1980 (1)	1981-1998 (2)	1999-2014 (3)	
<b>P -1: Pma</b>	16	0.12	0.12			NS(1)
<b>P 1-2: Pma</b>	17	0.54	0.28	0.28		NS(1-2)
<b>P 1-3: Pma</b>	15	0.90	0.25		0.25	NS(1-3)

Pma: Precipitación media anual; S: Significancia; P: Periodo

*Nota.* En esta tabla se muestra la diferencia significativa en periodos comparados de la precipitación media anual.

De la Tabla 28, los resultados muestran que la precipitación media anual analizado dentro del grupo 1, 1-2 y 1-3 tienen un efecto inverso con el incremento y/o variación, el cual se entiende que el cambio climático tiene una relación inversa con la precipitación media anual, ya que tiene una tendencia de descenso.

De la Tabla 29, la precipitación media anual muestra una relación directa con el cambio climático, puesto que el cambio climático está en aumento acelerado (IPCC 2021; Chacon, 2015; Lineman et al. 2015), el cambio climático afecta a la variabilidad del clima dentro de tiempos comparados (CMNUCC, 1992).

**Tabla 29**

*Relación del cambio climático y el comportamiento de la precipitación media anual.*

<b>Base teórica</b>	<b>Resultado</b>
(+) <b>CC</b> : El cambio climático se encuentra en aumento acelerado a causa del calentamiento global (IPCC 2021; Chacon, 2015; Lineman et al. 2015; CMNUCC, 1992)	(-) <b>P</b> : Descenso de la precipitación media anual mediante el análisis de la variabilidad de la temperatura
Incremento de la Temperatura promedio IPCC (2021)	media anual Figura 22,
1.09°C → 2011-2020	
1.5°C → 2021-2040	

**Relación Inversa**

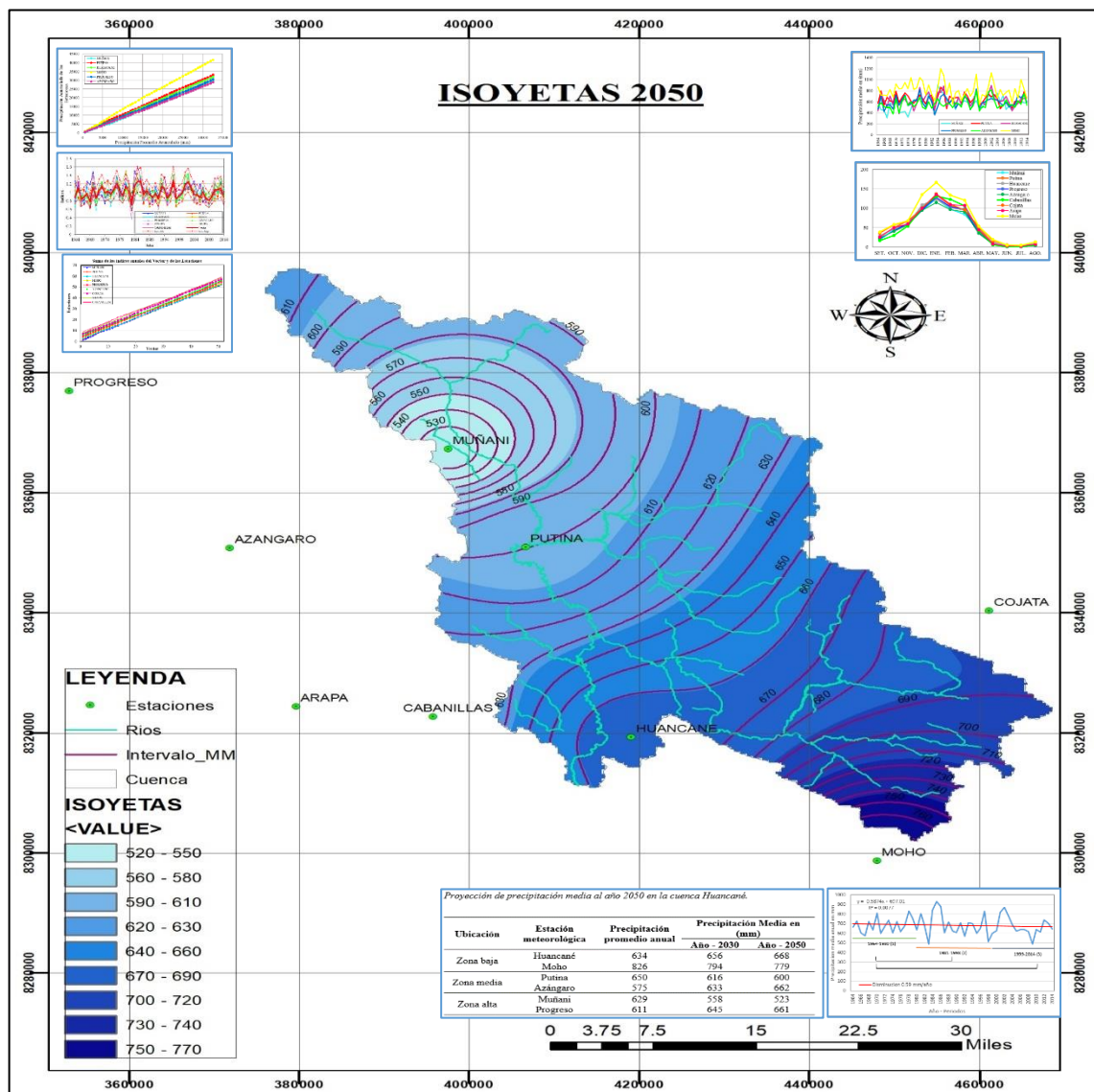
El cambio climático (CC) está en aumento acelerado → su efecto es el descenso de la precipitación media anual en la cuenca Huancané.

*Nota.* En la tabla se muestra el efecto inverso del cambio climático en la precipitación media anual.

En la Figura 23, se muestra el resumen de los resultados encontrados para precipitaciones medias anuales. Analizando el comportamiento espaciotemporal mediante el análisis exploratorio de datos, análisis de cercas, análisis visual gráfico, doble masa, análisis del VR, encontrando la correlación/ vector. A partir de ello se pronosticó con tendencia lineal al 2050, seguidamente se analizó la relación del cambio climático con la precipitación media anual a partir del análisis de tendencias.

**Figura 23**

*Resumen de resultados de las temperaturas medias anuales al 2050.*



*Nota.* La grafica muestra el resumen de los resultados del comportamiento de la precipitación media anual y las proyecciones hacia el 2050 en la cuenca Huancané.

### **4.1.3. Los efectos del cambio climático sobre los comportamientos de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica Huancané.**

#### **Análisis de exploratorio de datos**

Se realizó el análisis de datos en la estación hidrométrica Huancané mediante el análisis de cercas y análisis Boxplot (Diagrama de cajas), con la finalidad de encontrar datos inconsistentes o errores sistemáticos, anexo 34 y 35 (Villón, 2002).

#### **Análisis de consistencia de la información**

Para poder realizar el análisis hidrométrico, se efectuó el análisis de consistencia con la finalidad de encontrar, corregir y eliminar datos sistemáticos y estos puedan ser datos consistentes, homogéneos y confiables se realizó mediante con el software trend donde no se encuentran errores significativos, anexo 36, (Noa, 2016).

#### **4.1.3 1. Comportamiento de la descarga en la cuenca hidrográfica Huancané.**

La cuenca Huancané, es una cuenca colectora del río Huancané que nace con el nombre Putina, y concluye con el río Quellocarca–Tuyto, a partir de ese punto toma el nombre del río Huancané, su longitud es de 125 km aproximadamente y su pendiente promedio es de 0.04%, las precipitaciones primordialmente ocurren en la zona alta de cuenca, lo cual se da un escurrimiento variable, caracterizado por lluvias torrenciales, concentradas de 3 a 5 meses del año, principalmente de diciembre a abril, donde se considera que discurre del 60 al 80 por ciento de la precipitación total anual, el resto de meses del año muestra una tendencia estacional extrema, es decir presenta sequía extrema.

La descarga máxima en el área de estudio es 40.50 m<sup>3</sup>/s., alimentado por los ríos Cala Cala, río Putina y río Tuyto, su relieve en la cuenca Huancané es variable que posee una incidencia más fuerte sobre la escorrentía (MINAGRI, 2010b). La cuenca



hidrográfica del río Huancané aporta al escurrimiento superficial en la vertiente un caudal promedio de  $19.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ., desde 1964 al 2014.

En los últimos años, entre los años 1985 - 1988, las variaciones interanuales de los caudales de los ríos han provocado fuertes inundaciones para los ribereños. Sin embargo, los niveles históricos más bajos conocidos se produjeron durante los años 1941 - 1948, los resultados de las variaciones llegaron a límites extremos provocaron inundaciones u olas en las cuencas del Lago Titicaca el cual tiene un funcionamiento endorreico o un sistema cerrado, Una disminución en el nivel del lago conduciría a una reducción en su superficie y evaporación, lo que a su vez podría afectar el patrón de precipitación y sus contribuciones. Esto daría como resultado un sistema inestable, o tendencia a una serie de períodos secos y húmedos (Molina Carpio et al., 2014).

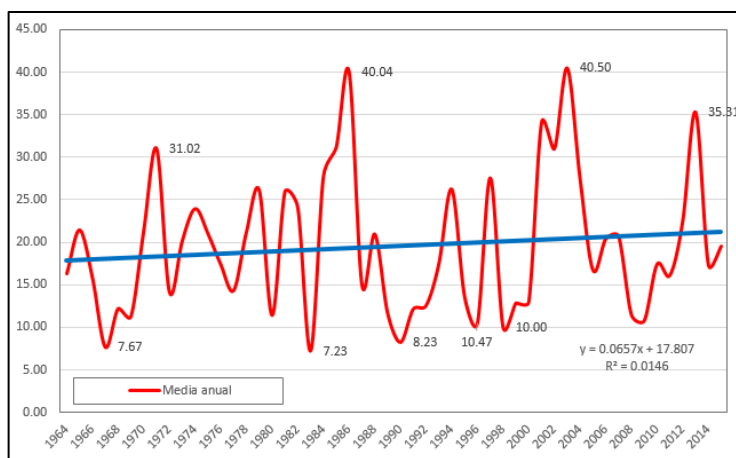
Los recursos hídricos en la cuenca Huancané, las descargas nacen desde los acuíferos y así formar escurrimientos superficiales, así como los subterráneos, y estos se acumulan en los causes del río Huancané, donde se encuentra la estación hidrométrica Huancané con información de caudales históricos, dicho de otro modo, se trabajó con registros de descargas en el transcurso de 1964 al 2014, de igual manera la estación hidrométrica del puente Huancané, se encuentra en las coordenadas  $15^{\circ}12'57.10''$  de latitud al sur y  $69^{\circ}47'33.37''$  de longitud al oeste, con una altitud de 3,814 m.s.n.m.

Los datos de las descargas medias mensuales dentro de los 51 años hidrológicos resultan consistentes, lo cual significa que los datos no tienen periodos dudosos significativos en la series mensuales y anuales, como se muestra en la Figura 24, mostrando picos altos dentro en los años 1971, 1986, 2003 y 2013 con descargas de 31.02, 40.04, 40.50 y  $35.31 \text{ m}^3/\text{s}$  respectivamente, sin embargo, los picos bajos se presentan en los años de 1967, 1983, 1990, 1996 y 1998 con caudales de 7.67, 7.23, 8.23, 10.47 y 10.00

m<sup>3</sup>/s. Como se visualiza en el grafico los caudales tienden a presentar saltos y tendencias lo cual se considera fenómenos naturales que realmente ocurrieron en los periodos indicados, de modo que SENAMHI (2021d), indica que, en el departamento de Puno los vientos ingresan desde oeste con una baja humedad, por ende, las lluvias son escasas o ausentes, lo cual genera variaciones de las descargas en los ríos de la cuenca Huancané.

### Figura 24

*Variación del caudal medio anual (m<sup>3</sup>/s), puente Huancané, 1964 – 2014.*



*Nota.* El grafico representa el comportamiento y variación del caudal del puente Huancané.

#### 4.1.3.2. Variación del caudal medio anual de la cuenca hidrográfica Huancané.

Se evaluó las tendencias para las descargas hidrométricas dentro de los 51 años desde 1964 al 2014, con una disminución de 0.066 m<sup>3</sup>/año con una probabilidad de 65.70% es decir la ausencia de lluvias está afectando el flujo del caudal en la cuenca, como indica la IPCC (2021), el incremento de la temperatura media está causando eventos climáticos variables como el descenso de precipitaciones o fuertes lluvias, así como también, sequías. Según los datos meteorológicos del altiplano puneño las precipitaciones presentan descensos de lluvias dentro de series temporales, que causan distintos escenarios y efectos variables del cambio climático, a su vez ocasionan efectos negativos

en el ámbito de la producción agropecuaria, originando descenso económico a la población, por los escasos de agua en la cuenca.

Se realizó la proyección de los caudales medios anuales, en la cuenca hidrográfica del río Huancané, de acuerdo a las descargas, en base a las series de tiempo con la función de pronóstico tendencia lineal.

**Tabla 30**

*Variación entre el caudal promedio anual y observado al año 2050.*

<b>Periodo</b>	<b>Caudal promedio</b>	<b>Media general</b>	<b>Caudal pronóstico</b>
2025	20	2.06	22.06
2030	20	2.40	22.40
2050	20	3.80	23.80

*Nota.* En esta tabla se muestra el caudal promedio anual al 2050.

De la Tabla 30, los caudales medios y observados al 2050, muestran tendencias anuales con descensos de 23.80, 22.40 y 22.06 m<sup>3</sup>/s hacia los años 2050, 2030 y 2025 respectivamente, por ausencia de precipitaciones, de acuerdo a la IPCC (2021), indica que las masas de hielo y nieve tienden a disminuir al igual que el volumen de agua superficial y subterránea. Conforme a los resultados adquiridos, se muestra una tendencia descendente en el cuerpo de agua al año 2050. El comportamiento de las lluvias y temperaturas altera los cambios en el caudal del río Huancané, provocando disminuciones de flujo en las nacientes, de modo que cuando las precipitaciones son fuertes e intensas se evidencia una insolación originando una alta evapotranspiración, por ende, la superficie no tiene una buena infiltración y pierde la humedad ocasionando el descenso de recarga del manto freático, de igual modo en los manantiales se presenta una escasa disponibilidad hídrica.



De acuerdo Chacon (2015), concluye que la estación hidrométrica de la cuenca del río Huancané, presenta una tendencia descendente a través del tiempo, los eventos climáticos que se vienen generando en la cuenca son más comunes causando efectos en el flujo del caudal, según los registros hidrométricos del SENAMHI, este fenómeno ha ido aumentando en frecuencia desde la década de 1980 en la cuenca del Titicaca, particularmente en el sur, con ausencia de lluvias en su período, lo que se refleja en las nacientes de la cuenca y ríos con pequeños caudales, así como la presencia temporal del agua, si en el futuro cercano las instituciones públicas y privadas no impulsan estrategias de adaptaciones y mitigaciones a través de la conservación y preservación de los recursos hídricos , como se muestra en los resultados, en un futuro próximo , las laderas y llanuras serán desoladas, trayendo consigo la erosión y desertificación de la cuenca, por ello se debe iniciar proyectos de reforestaciones, habilitación de andenes, construcción de zanjas de infiltración en áreas con pendiente de 13.20 a 25.00%, con propósito de aumentar recargar los manantiales y acuíferos, para satisfacer las necesidades vitales como el consumo del agua para la población de la cuenca hidrográfica del río Huancané IPCC (2022).



## 4.2. DISCUSION

**Primera hipótesis: Existe una variabilidad tendencial de los datos meteorológicos entre el espacio y tiempo sobre la temperatura y precipitación en la cuenca Huancané.**

En el presente estudio el comportamiento espaciotemporal de la temperatura en el periodo de 1964 al 2014, se muestra un incremento de temperatura en la zona baja en la estación de Huancané en 1.1 °C, en la zona media la estación de Putina y Azángaro tiende a aumentar en 1 °C y 0.2 °C, de manera similar ocurre en la zona alta con la estación de Muñani la temperatura tiene un incremento tendencial en 2.6 °C al 2050 (Tabla 15), estos hallazgos guardan concordancia con el estudio de Noa (2016), donde concluye en su trabajo de investigación que el incremento de temperatura media en la zona baja es de 1.5 a 2.3°C, en la zona media 1.98 °C y en la zona alta 1.2 a 2.3°C en la cuenca Ilave, asimismo el estudio de Aguilar (2017), se encontró que la temperatura incremento de 1.5 a 2.3°C en la zona baja, en la zona media 1.98°C y en la zona alta 1.2 a 2.3°C en la cuenca Ilave, de la misma forma SENAMHI (2021b), reporta que el aumento de temperatura estaría llegando a los 2°C al 2050 en los Andes, así mismo la SENAMHI (2021a), señalan que la temperatura media en el Perú muestra un incremento consistente llegando a 4.0 °C al 2050 en el sur oriente de la sierra, finalmente la IPCC (2021), reporta que dentro de los próximos 20 años la temperatura media llegara a 1.5°C a nivel mundial, por ultimo SENAMHI (2021c) , reporta que los climas de la vertiente oriental de los Andes dependen de la biosfera en la amazonia y la continua degradación del suelo (deforestación) afecta a los climas, así como, microclimas ubicados en las montañas altas como en los humedales.



En cuanto al comportamiento espaciotemporal de la precipitación media anual dentro de los 51 años hidrológicos, la zona baja presenta un ligero incremento de precipitación en la estación Huancané de 34 mm y una disminución en la estación de Moho con -47 mm, de igual manera en la zona media la estación de Putina presenta un descenso de precipitación media anual en -50 mm y un ascenso de precipitación media anual en la estación de Azángaro de 87 mm y en la zona alta la estación de Muñani presenta un aumento de 106 mm, sin embargo, la estación de Progreso tiende a disminuir con -50 mm (Tabla 17), los resultados son coincidentes con el estudio de Noa (2016), donde se encontró según el test de Mann Kendall, Spearman's y regresión lineal la zona baja muestra un ligero incremento de 201 – 216 mm , así como, en la zona media 202 – 18 mm y en la zona alta 38 - 0.0 mm insuficiencia de precipitación media anual al 2050 en la cuenca Ilave, de igual forma Aguilar (2017), concluye que la precipitación media anual en zona baja muestra una variación positiva de 201 a 216 mm con un incremento de tendencia moderada, zona media 202 mm con incremento leve de precipitación media anual, zona alta de 27 – 62 mm mostrando escasez de precipitación media anual al año 2050, además la investigación de Ccaira et al. (2021), concluyen que la precipitaciones medias anuales disminuyen afectando negativamente la cuenca de Coata, también Correa et al. (2021), indican que mediante las pruebas de auto correlación y pruebas como Mann-Kendall precipitación media anual incrementa lentamente, asimismo León et al., (2021), demuestran que con series de 40 años de 1980 a 2019 con pruebas de Mann Kendall presenta resultados de incremento de lluvias, sin embargo SENAMHI (2016), reporta disminución de lluvias y pérdidas económicas respecto al ámbito de la agricultura, así como en el ámbito agropecuario, por ultimo SENAMHI (2021b), reporta que la presencia de lluvias son cada vez más menores en el Perú.

**Segunda hipótesis: El cambio climático es directamente relacionado con el comportamiento de la temperatura e inverso con el comportamiento de la precipitación en la cuenca Huancané.**

Mediante el modelo de regresión lineal la relación entre el cambio climático y el comportamiento de la temperatura media anual muestra un incremento de ( $R^2=0.82$ ) de probabilidad (Tabla 19), lo cual se entiende que muestra una relación directa con cambio climático, sin embargo, tiene una relación inversa con el comportamiento de la precipitación media anual ya que muestra un descenso de ( $R^2=0.13$ ) de probabilidad (Tabla 25), resultando una distribución espacialmente variable a causa del incremento de temperatura media anual, dicho de otro modo, la temperatura media anual muestra cambios significativos (S) en la (Tabla 18) y la precipitación media no muestra cambios significativos (NS) de la (Tabla 24), dichos resultados coinciden con Noa (2016), quien concluye que el incremento de temperatura media anual es ( $R^2=0.78$ ) de probabilidad, mostrando una relación directa con el cambio climático, mientras que precipitación media anual muestra descenso en ( $R^2=0.21$ ) de probabilidad, donde la relación es indirecta con el cambio climático, asimismo Belizario (2014), demuestra en sus resultados que la temperatura media anual muestra cambios en ( $R^2=0.42$ ) de probabilidad y en las precipitaciones se relacionan en solo ( $R^2=0.53$ ) de probabilidad con el cambio climático también Ccaira et al. (2021), muestra en sus resultados que la temperatura media anual muestra cambios en ( $R^2 = 0.42$ ) que la relación no es significativa y los cambios en las precipitaciones pluviales se relacionan en solo un ( $R^2=0.53$ ) con el cambio climático resultando una relación indirecta con la precipitación media anual ya que afecta negativamente los cultivos.

En el modelo de variables con la distribución F resulto una relación directa en temperatura media anual en (0.043) (Tabla 20), con relación significativa (S) y una



relación inversa con la precipitación media anual (0.15) (Tabla 26) donde no se encuentra significancia (NS) con el cambio climático, corroborado por Noa (2016), muestra en sus resultados que la temperatura media anual (0.00008) tiene relación significativa (S) y una relación inversa con la precipitación media anual (0.10) donde no se encuentra significancia (NS) con el cambio climático.

Por otro lado García (2022), concluye que el cambio climático causa una tendencia negativa de las zonas riego en el territorio las cuales convierten un lugar más árido con el paso del tiempo, también IPCC (2021), reporta que américa latina es una de las regiones más golpeadas del mundo por el aumento de temperatura promedio mundial y es probable que se reporten sequias, por ende la demanda de alimentos sea mayor o creciente.

Con la prueba de T en temperatura media anual la estación de Muñani, Azángaro y Huancané muestran tendencias significativas a causa del cambio climático (Tabla 21), sin embargo, en la precipitación media anual no mostro cambios significativos en el comportamiento de la lluvia en las estaciones meteorológicas de Progreso, Azángaro y en las estaciones de Muñani, Putina, Huancané y Moho la tendencia es descendiente lo que significa ausencia de lluvias, también Noa (2016), indica en sus resultados con la prueba de T muestra incremento de temperatura media anual relacionando directamente con el cambio climático, no obstante, muestra descenso de precipitación relacionando inversamente con el cambio climático, asimismo Belizario (2014), demuestra en sus resultados que existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las temperaturas medias, sin embargo, no existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las precipitaciones medias, del mismo modo Ccaira et al. (2021), presenta en sus resultados una influencia de cambio climático en las temperaturas máximas,



medias y mínimas anuales, sin embargo, la influencia es negativa respecto al cambio climático en las precipitaciones máximas medias y mínimas.

La situación climática actual de las regiones bajas, medias y altas en la cuenca está acentuando los días cálidos y los períodos secos al tiempo que cambia el año hidrológico. Estas variaciones provocan mayores riesgos a la producción agrícola e influyen en la calidad de vida del poblador, por ende, es importante acelerar el proceso de adaptación para disminuir la vulnerabilidad a los riesgos climáticos, a través de la participación de instituciones públicas y privadas, así como de la toda sociedad civil, lo que conducirá a una mayor toma de decisiones y acciones para enfrentar y mitigar el cambio climático.

**Tercera hipótesis: La variación de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica del río Huancané se ve impactada por la aceleración de la temperatura y la disminución de las precipitaciones.**

En el estudio los resultados indicaron que la aceleración de la temperatura media anual y el descenso de precipitaciones medias anuales afecta en la variación del recurso hídrico dentro los 51 años hidrológicos de 1964 al 2014, el resultado fue negativo mostrando un descenso de  $0.066 \text{ m}^3/\text{año}$  (Figura 24) a causa de ausencia de precipitaciones, de igual modo muestra una tendencia anual de descensos en el flujo del caudal residual de  $23.80 \text{ m}^3/\text{s}$  (Tabla 28) al año 2050, por ausencia de lluvias, los resultados obtenidos son corroborados por Chacon (2015), donde concluye que la estación hidrométrica de la cuenca del río Huancané, presenta una tendencia descendente a través del tiempo, los eventos climáticos que se vienen generando en la cuenca son más comunes causando efectos en el flujo del caudal, de igual forma Noa (2016), concluye que dentro el periodo de 1964 al 2014, el comportamiento de la descarga hidrométrica



resultado negativo con un descenso de  $0.019 \text{ m}^3/\text{s}$  a causa de ausencia de lluvias, asimismo muestra una tendencia anual con descensos de escurrimientos superficiales del caudal residual de  $36.60 \text{ m}^3/\text{s}$  al 2050, a causa de descensos de lluvias, también SENAMHI (2021d), reporta que en el departamento de Puno los vientos ingresan desde oeste con una baja humedad, por ende, las lluvias son escasas o ausentes, lo cual genera variaciones de las descargas en los ríos de la cuenca Huancané, de igual manera la IPCC (2021), reporta que el incremento de la temperatura media está causando eventos climáticos variables como el descenso de las precipitaciones o fuertes lluvias, así como también, sequías, por ello León et al. (2021), concluye el cambio climático es primordial en la gestión del recurso hídrico, también la IPCC (2022), reporta que el aumento de temperatura en todo el mundo está afectando de manera que es importante acelerar el proceso de adaptación para disminuir la vulnerabilidad a los riesgos climáticos, lo que conducirá a una mayor toma de decisiones y acciones para enfrentar y adaptarse al cambio climático, así como también es importante optar medidas que puedan contrarrestar el cambio climático.



## V. CONCLUSIONES

Luego analizar de los resultados se concluye que:

En la cuenca Huancané, las temperaturas medias anuales a partir de los 51 años meteorológicos desde 1964 al 2014, presentan variaciones en el tiempo y espacio, ya que se muestra un incremento en la zona baja en la estación de Huancané en 1.1 °C, en la zona media la estación de Putina y Azángaro tiende a aumentar en 1 °C y 0.2 °C, de manera similar ocurre en la zona alta con la estación de Muñani la temperatura tiene un incremento tendencial en 2.6 °C al año 2050 (Tabla 15).

Asimismo, las precipitaciones medias anuales al 2050, presentan variaciones en tiempo y espacio, puesto que la zona baja presenta un ligero incremento de precipitación media anual en la estación Huancané en 34 mm y una disminución en la estación de Moho en -47 mm, de igual manera en la zona media en la estación de Putina presenta un descenso de precipitación media anual en -50 mm y la estación de Azángaro muestra un ascenso de 87 mm, por último la zona alta de la estación Muñani presenta un incremento de 106 mm, sin embargo, la estación de Progreso tiende a disminuir con -50 mm al 2050, presentando ausencia de precipitaciones medias anuales (Tabla 17).

La temperatura media anual muestra una probabilidad de 0.82, lo cual muestra una relación directa con cambio climático; sin embargo, la precipitación media anual muestra un p-valor de 0.13, significa que no hay una variación o relación estadísticamente con el cambio climático en el tiempo; por ende, no presenta una relación, con el aumento de lluvias y muestra una distribución espacialmente variable a causa del incremento de temperatura; puesto que, el cambio climático afecta directamente a la temperatura media anual ya que la temperatura media anual resulto significativo (S) o muestra variabilidad



de incremento; sin embargo el cambio climático muestra un efecto inverso con la precipitación media anual sin cambios significativos (NS) en la cuenca Huancané (Tabla 19 y 25).

El cambio climático afecta al comportamiento del caudal del río Huancané, en los 51 años hidrológicos de 1964 al 2014, con un resultado negativo y decreciente de  $0.066 \text{ m}^3/\text{año}$  a causa de ausencia de precipitaciones (Figura 24), de igual modo muestra una tendencia anual de descensos en el flujo del caudal residual en  $23.80 \text{ m}^3/\text{s}$  al año 2050 por escases de lluvias (Tabla 30).





## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

Se recomienda realizar estudios de comportamientos de precipitaciones y temperaturas meteorológicas con datos mayores a los anteriores, de esta forma se contribuirá con la toma de decisiones conforme a los resultados de las investigaciones.

Se recomienda a los grupos investigadores referentes al cambio climático, con el propósito de estimular acciones de adaptación de los eventos climáticos, para el aprovechamiento de recursos hídricos, satisfaciendo necesidades del consumo de agua en la cuenca Huancané.

Por último, es importante tomar medidas de protección en las nacientes de la cuenca, realizar proyectos de reforestaciones, que puedan recargar más agua de igual modo en los acuíferos, así cubrir las necesidades de agua en la cuenca Huancané como también en la agricultura, agropecuarios, ya que el comportamiento de precipitaciones va descendiendo.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Lima, J. C. (2017). *Análisis de tendencias de temperatura y precipitación pluvial en la cuenca del río Ilave*.
- ANA. (2010). *Recursos Hídricos del Perú en Cifras*. [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe)
- ANA. (2021). *Glaciares del Perú área de evaluación de glaciares y lagunas*.  
<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4802/ANA0003322.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Belizario, G. (2014). *Impactos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Belizario, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Rev. Investig. Altoandin.*, 17(1), 47–52.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2015.77>
- Belizario, G. (2021). *Epistemología ambiental aplicada al cambio climático y su impacto en la agricultura* (ILAE, Ed., Primera Ed). Instituto Latinoamericano de Altos Estudios.
- Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013a). Efectos del cambio climático en la temperatura y precipitación - Capachica, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 15(4), 15–24.
- Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013b). Influencia del cambio climático en los elementos climáticos de la cuenca del río Coata-Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 15(1), 35–54..



- Canales, Á., Belizario, G., Calatayud, A. P., Chui, H. N., & Huaquisto, E. (2021). Thermal comfort and the risk of respiratory infections in older adults in the Peruvian highlands. *Revista Espanola de Geriatria y Gerontologia*, 56(1), 24–28. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2020.07.007>
- Ccaira, C. M. (2018). *Efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cueca Coata - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Ccaira, C. M., Lopez Loayza, C., & Carhuarupay Molleda, Y. F. (2021). Efecto de la temperatura y precipitacion sobre la agricultura en la cuenca Coata-Puno, Perú. *Revista Alfa*, 5(14), 285–296. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.118>
- Chacon, M. A. (2015). *Efecto de la variabilidad climática en la disponibilidad de los recursos hídricos en la cuenca del río Huancané* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6655>
- Chiew, F., & Siriwardena, L. (2005). *USER GUIDE*. [www.toolkit.net.au/trend](http://www.toolkit.net.au/trend)
- CMNUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- Correa, L. C., Ocampo, O. L., & Alba, M. F. (2021). Análisis de tendencia de temperatura y precipitación para el departamento de Caldas (Colombia), mediante wavelets. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 31(1), 37–52. <https://doi.org/10.18359/rcin.4900>
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. (2002). *Gestión del agua a nivel de cuencas : teoría y práctica*. Naciones Unidas, CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura.



- Espinoza, D. R., & Fernandez, R. (2011). *Análisis de tendencias climáticas en la región de la Cuenca del Río Sajhuaya*.
- Gaibor, M., Machay, D., Rosero, F., & Vlaverde, D. (2022). *TEST NO PARAMETRICOS*.  
<https://sites.google.com/view/test-no-parametricos/p>
- García, R. (2022). *Análisis de tendencias de la aridez climática en las zonas regables de Andalucía*. Universidad de Córdoba.
- Gaspari, F. J., Martín, A., Vagaría, R., Alejandro, F., & Medina, M. (2020). *Manejo de cuencas hidrográficas*.
- GORE Puno. (2016). *Estrategia Regional de Cambio Climático - Puno*.  
<https://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/erccpuno-final-5ag2016-ad17.pdf>
- Huillca, M. (2017). Índice Ultravioleta en la ciudad de Puno para cielos claros. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 19(2).  
<https://doi.org/10.18271/ria.2017.280>
- IDEAM - UNAL. (2018). *La variabilidad climática y el cambio climático en Colombia*.
- IPCC. (2021). *La contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación aborda la comprensión física más actualizada del sistema climático y el cambio climático, reuniendo los últimos avances en la ciencia del clima, Technical Summary*. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.002>
- IPCC. (2022). *Mitigación del Cambio Climático Contribución del Grupo de Trabajo III al Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático*. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/uncertainty-guidance-note.pdf>.



- León, E. E., Vásquez, V. D., & Valderrama, M. D. (2021). Cambios en patrones de precipitación y temperatura en el Ecuador: regiones sierra y oriente. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/>
- Lineman, M., Do, Y., Kim, J. Y., & Joo, G. J. (2015). Talking about climate change and global warming. *PLoS ONE*, *10*(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138996>
- Luna, E., & Lavado, W. (2015). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la cuenca Jetepeque, Perú. *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*, *28*(3), 42–52.
- Mamani, E. L. (2019). *Regionalización espacial de precipitaciones mensuales en la cuenca de la vertiente del Lago Titicaca - Lado Peruano*. Universidad Nacional del Altiplano.
- MINAGRI. (2010a). *Inventario de Fuentes de agua superficial de las cuencas Huancané y Suches*.
- MINAGRI. (2010b). *Estudio Hidrológico de las Cuencas Huancané y Suches*.
- Molina, J., Frédéric, & Pillco, R. (2014). A-2 *Los recursos hídricos del sistema TDPS water resources in the tdps system*.
- Molina, M., & Alfredo, L. (2022). *Análisis del comportamiento de la precipitación y temperatura según registros meteorológicos de la estación meteorológica Rumipamba en los últimos 30 años y el primer año de pandemia. Cotopaxi – 2021*. Universidad Técnica de Cotopaxi.



- Noa, R. (2016). *Efectos del cambio climático sobre los elementos Termopluviométricos en la cuenca hidrográfica Ilave - Puno*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Altiplano.
- Paz, M., & Montecinos, T. (2011). *Glaciares andinos: recursos hídricos y cambio climático: desafío para la justicia climática en el Cono Sur*. Programa Chile Sustentable.
- Pérez, N. A., Mullo, S., & Marcatoma, J. A. (2020). Análisis del cambio climático en un ecosistema alto andino, Riobamba - Ecuador. *Número*, 23(1).
- Queiroz, S, E. (2020). *Climatologia e Meteorologia Geral*. [www.unisa.br](http://www.unisa.br)
- Quereda, J., Montón, E., & Escrig, J. (2007). Un análisis experimental del efecto urbano sobre las temperaturas. *Investigaciones Geográficas*, 43, 5–17. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17604301>
- Ramos Marca, N. E. (2013). *Análisis de tendencia espacio temporales de precipitación y temperatura en décadas recientes en la cuenca Ramis*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Rubio Hurtado, M. J., & Berlanga Silvente, V. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Revista D'Innovació i Recerca En Educació*, 5(2), 83–100.
- Sánchez H. Y Reyes C. (2017). “Metodología y diseños en la investigación científica”. Lima – Perú. 2017
- SENAMHI. (2016). *Normas Climatológicas 1981 - 2010 de la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima del aire*.



- SENAMHI. (2018). *Se incrementan niveles de radiación ultravioleta*.  
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=783>
- SENAMHI. (2019). *Orientaciones para el análisis del clima y determinación de los peligros asociados al cambio climático Nota Técnica N° 001-2019/SENAMHI/DMA*.
- SENAMHI. (2021a). *Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio*. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1470>
- SENAMHI. (2021e). *Boletín Regional de Puno*. <http://www.senamhi.gob.pe/>
- SENAMHI. (2021b). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*.
- SENAMHI. (2021c). *Atlas de temperaturas del aire y precipitación del Perú*.  
[www.gob.pe/senamhi](http://www.gob.pe/senamhi)
- SENAMHI. (2021d). *Escenarios Climáticos: Cambios en los Extremos climáticos en el Perú al 2050*. [www.gob.pe/senamhi](http://www.gob.pe/senamhi)
- Shi, W., Fu, H., Wang, P., Chen, C., & Xiong, J. (2020). #Climatechange vs. #Globalwarming: Characterizing two competing climate discourses on twitter with semantic network and temporal analyses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3).  
<https://doi.org/10.3390/ijerph17031062>
- Villón, M. (2002). *Hidrología Estadística* (Villón, Ed.).



## ANEXOS

### ANEXO 1. Temperatura media - Estación Muñani.

TEMPERATURA MEDIA (°C) ESTACION MUÑANI													
ESTACION : MUÑANI				LATITUD : 14° 46' 01.0"				DPTO. : PUNO					
CUENCA : HUANCANÉ				LONGITUD : 69° 57' 06.5"				PROV. : AZANGARO					
CÓDIGO : CO. 110785				ALTITUD : 3948 m.s.n.m				DIST. : MUÑANI					
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1964	8.0	8.8	9.2	9.3	9.6	9.2	6.5	7.5	9.6	10.1	9.4	7.9	8.8
1965	7.5	8.2	8.7	8.6	6.3	4.8	5.1	6.9	7.3	9.2	9.0	9.1	7.6
1966	9.3	8.3	8.4	7.8	6.7	5.8	5.1	6.3	7.4	8.0	8.9	8.4	7.5
1967	8.5	8.6	8.1	9.0	6.4	5.7	4.8	6.1	7.3	7.0	10.0	8.1	7.5
1968	8.1	8.2	7.6	9.0	5.0	5.3	6.5	4.2	7.1	6.9	10.0	7.7	7.1
1969	7.7	7.7	7.0	7.4	7.9	4.8	6.5	5.9	8.3	6.2	10.0	8.4	7.3
1970	8.1	8.3	8.1	8.9	7.9	6.6	5.4	7.5	9.5	8.9	9.1	9.1	8.1
1971	8.4	8.9	8.8	8.9	7.4	5.9	6.8	8.2	8.8	9.4	9.7	10.5	8.5
1972	10.8	11.0	10.7	10.2	8.1	6.0	7.2	8.0	8.5	9.5	9.6	9.6	9.1
1973	9.3	9.4	9.2	9.6	7.9	7.6	6.9	9.5	9.0	9.8	9.3	9.8	8.9
1974	9.2	10.0	9.8	9.6	8.1	6.7	6.5	7.5	9.0	9.6	9.8	9.6	8.8
1975	9.9	9.9	9.9	9.6	9.0	6.7	6.5	7.5	8.9	9.4	9.7	9.5	8.9
1976	9.7	9.9	9.3	8.9	6.8	5.7	6.7	7.5	8.7	9.1	9.6	9.4	8.4
1977	9.5	9.8	9.0	8.7	6.7	5.9	5.4	7.0	8.2	9.1	9.3	9.3	8.2
1978	8.7	10.0	9.5	8.8	7.1	7.5	6.4	7.1	9.3	9.6	10.3	9.4	8.6
1979	10.2	10.1	9.3	8.8	7.4	7.1	6.8	7.9	8.5	9.6	10.2	9.7	8.8
1980	9.4	9.2	9.4	8.5	7.2	5.7	6.4	7.3	8.0	9.5	10.6	10.4	8.5
1981	9.3	9.5	9.9	8.9	6.9	6.9	7.0	7.7	8.3	9.7	10.0	11.2	8.8
1982	11.5	11.2	11.5	9.3	9.1	7.8	7.9	9.6	9.8	10.3	11.2	10.4	10.0
1983	9.4	9.6	10.1	9.7	8.7	7.7	7.0	7.5	8.8	9.7	10.0	9.9	9.0
1984	9.5	9.7	9.5	9.4	8.5	7.5	6.0	7.8	8.9	9.4	9.0	9.3	8.7
1985	9.5	9.2	9.2	9.6	7.1	7.0	5.5	6.4	8.3	7.9	8.3	8.1	8.0
1986	8.7	8.8	7.9	7.8	7.1	5.7	4.7	6.3	7.3	8.2	8.0	11.3	7.7
1987	10.3	10.6	9.9	9.4	8.3	6.6	6.4	7.8	9.5	10.2	10.2	9.6	9.1
1988	9.0	9.2	9.0	9.2	7.9	7.3	6.1	7.1	9.3	10.0	9.6	10.4	8.7
1989	9.8	9.9	9.7	9.4	8.7	6.4	6.5	7.2	8.9	10.3	10.2	10.2	8.9
1990	10.2	10.3	10.2	9.4	8.2	6.6	6.3	7.4	8.4	9.8	10.0	10.1	8.9
1991	9.5	10.3	10.4	9.9	8.8	7.4	6.3	6.1	8.0	9.0	9.2	9.3	8.7
1992	9.5	9.0	9.8	2.8	8.0	6.1	6.5	6.5	8.2	9.4	9.6	9.9	7.9
1993	9.4	9.6	9.1	9.2	8.1	5.8	6.6	7.4	8.7	9.5	10.2	10.1	8.6
1994	9.9	9.9	9.5	9.4	8.1	6.5	7.0	8.6	9.3	10.2	10.0	9.3	9.0
1995	9.5	9.5	9.6	9.4	8.5	6.5	6.2	7.7	8.8	10.4	9.4	9.8	8.8
1996	9.1	9.2	9.1	8.1	7.5	6.4	6.9	7.9	9.4	10.2	10.9	11.6	8.9
1997	9.7	11.2	11.5	8.7	8.5	7.7	7.5	9.0	10.0	10.2	10.5	10.5	9.6
1998	10.2	10.0	9.7	9.2	8.0	6.6	6.4	7.8	8.7	9.1	10.1	9.9	8.8
1999	9.3	8.9	8.8	8.8	8.3	6.3	6.1	7.9	9.2	8.4	10.5	8.9	8.5
2000	8.5	8.8	8.9	8.5	7.3	6.1	5.8	6.4	9.0	9.0	9.7	9.9	8.2
2001	9.9	9.8	9.8	9.2	8.5	7.7	6.0	7.9	9.3	9.8	10.4	10.6	9.1
2002	10.0	10.2	9.5	9.1	8.1	6.2	6.3	6.4	7.9	9.4	9.7	10.1	8.6
2003	9.1	10.0	10.4	9.8	8.0	6.4	7.0	7.6	9.0	10.4	11.0	10.4	9.1
2004	10.3	9.9	10.4	9.9	8.5	6.6	7.2	7.6	8.9	10.1	10.5	10.0	9.2
2005	9.0	10.5	10.3	9.5	7.4	7.2	6.4	8.6	9.0	10.2	10.3	10.5	9.1
2006	11.0	11.0	10.0	9.8	8.7	7.8	7.3	8.7	9.0	10.1	10.2	10.0	9.5
2007	9.5	9.6	9.0	9.4	7.4	7.4	6.9	8.2	9.5	10.3	10.9	10.0	9.0
2008	10.2	9.8	9.9	9.1	8.4	6.5	6.5	7.1	9.3	10.6	11.2	10.9	9.1
2009	10.5	11.2	10.7	10.7	9.2	8.6	7.8	8.7	10.0	10.6	11.1	10.2	9.9
2010	10.3	9.6	9.7	9.7	8.4	7.3	7.0	8.6	9.0	9.9	11.0	10.3	9.2
2011	9.7	9.0	9.7	9.2	8.1	7.1	7.3	7.7	9.3	11.3	11.4	10.6	9.2
MED	9.4	9.6	9.5	9.0	7.9	6.7	6.5	7.5	8.8	9.5	10.0	9.8	8.7

Nota. Adoptado de SENAMHI





## ANEXO 2. Temperatura histórico media – Estación Putina

TEMPERATURA MEDIA (°C) ESTACIÓN PUTINA													
ESTACIÓN : PUTINA			LATITUD : 14° 54' 52.6"				DPTO. : PUNO						
CUENCA : HUANCANÉ			LONGITUD : 69° 52' 03.6"				PROV. : SA. DE PUTINA						
CÓDIGO CO. 157414			ALTITUD : 3878 m.s.n.m.				DIST. : PUTINA						
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
2002	9.8	9.8	9.7	9.2	7.5	5.8	5.7	7.5	9.0	9.1	10.2	9.9	8.6
2003	9.7	9.7	8.7	8.6	7.4	4.8	5.2	6.4	7.8	9.4	10.1	10.5	8.2
2004	9.7	9.8	9.4	8.9	7.2	4.9	5.6	6.5	8.2	10.1	10.7	10.5	8.4
2005	9.8	9.8	10.0	9.2	6.9	5.0	5.9	5.7	8.1	9.7	10.1	9.9	8.3
2006	8.9	10.1	10.3	9.4	7.7	5.8	6.1	6.6	8.5	9.7	10.0	10.7	8.6
2007	9.8	10.4	9.9	9.6	8.4	6.5	6.3	7.4	8.9	10.0	9.6	9.8	8.9
2008	9.8	9.6	8.8	8.6	6.0	5.8	4.9	6.8	7.8	9.6	10.6	9.9	8.2
2009	10.1	10.1	9.4	8.7	7.7	4.9	6.1	6.2	9.6	10.3	11.2	10.9	8.8
2010	10.7	9.8	10.5	10.0	7.9	7.3	5.8	7.0	9.3	10.5	10.1	10.4	9.1
2011	9.9	9.5	9.5	9.5	7.5	6.1	6.0	7.8	8.9	9.7	10.4	10.4	8.8
2012	9.8	9.2	9.4	9.3	7.2	6.0	5.2	5.8	8.4	9.8	11.1	10.8	8.5
2013	10.2	9.8	10.8	8.7	8.4	6.5	5.9	6.6	8.1	10.2	10.3	10.4	8.8
2014	9.6	10.0	10.2	9.8	7.3	6.0	5.7	6.7	8.6	9.8	10.4	10.3	8.7
MED.	9.8	9.8	9.7	9.2	7.5	5.8	5.7	6.7	8.6	9.8	10.4	10.3	8.6

Nota. Adoptado de SENAMHI



### ANEXO 3. Temperatura histórico media – Estación Putina.

TEMPERATURA MEDIA (°C) ESTACION AZANGARO													
ESTACION : AZANGARO				LATITUD : 14°54'52.2"				DPTO. : PUNO					
CUENCA : HUANCANÉ				LONGITUD : 70°11'27.1"				PROV. : AZANGARO					
CÓDIGO : CO.000781				ALTITUD : 3848 m.s.n.m				DIST. : AZANGARO					
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1964	10.7	10.5	9.9	9.6	7.2	5.0	4.4	7.2	8.0	9.4	8.7	9.3	8.3
1965	9.2	9.8	9.4	9.1	7.2	4.7	5.3	6.7	8.8	10.7	11.0	10.6	8.5
1966	10.9	10.6	9.8	8.4	7.0	5.4	5.4	7.4	8.6	10.6	10.6	10.6	8.8
1967	10.7	9.7	9.5	8.8	7.8	6.1	5.4	6.8	9.0	9.6	10.5	9.3	8.6
1968	9.4	9.7	9.0	8.5	6.3	5.2	4.6	7.1	8.3	10.3	9.6	9.9	8.2
1969	9.8	10.3	10.2	10.0	7.9	5.5	5.5	5.6	8.6	10.3	10.9	10.5	8.8
1970	10.2	10.3	9.6	9.1	7.7	6.6	5.6	7.1	8.7	9.6	10.5	10.1	8.8
1971	10.2	9.7	10.3	9.7	6.5	5.8	4.5	6.6	8.3	8.8	9.4	9.7	8.3
1972	9.1	9.0	9.5	9.5	6.8	4.8	5.8	6.7	8.7	10.4	11.2	10.7	8.5
1973	10.7	11.0	10.5	10.2	8.0	5.4	5.3	7.3	8.6	10.4	10.4	9.8	9.0
1974	9.2	9.6	9.4	8.7	7.0	5.7	5.5	6.0	8.3	10.1	10.0	10.5	8.3
1975	9.0	9.6	9.3	9.3	7.5	6.0	4.0	6.2	8.8	9.1	10.2	9.5	8.2
1976	9.0	9.1	9.8	8.4	6.5	5.1	5.0	5.9	7.8	9.1	10.1	10.5	8.0
1977	10.9	9.9	9.9	9.0	6.6	5.1	6.0	6.3	8.7	9.1	10.4	10.3	8.5
1978	10.2	10.6	9.6	9.5	6.8	6.0	5.1	6.2	7.8	9.3	9.5	9.9	8.4
1979	9.6	10.5	9.7	9.2	6.8	6.3	6.8	6.4	7.4	9.5	9.4	10.1	8.5
1980	10.3	10.4	9.8	8.9	6.2	6.0	6.5	7.1	7.6	10.1	9.3	9.9	8.5
1981	10.2	9.7	9.3	8.7	8.0	4.9	5.4	5.9	8.7	9.6	10.7	10.5	8.5
1982	10.6	9.2	10.0	9.3	7.3	4.1	7.4	5.4	8.7	10.1	10.6	10.5	8.6
1983	10.2	10.2	10.0	9.3	7.3	5.7	5.6	6.7	8.7	10.1	10.6	10.5	8.8
1984	10.2	10.2	10.0	9.3	7.3	5.7	5.6	6.7	7.4	11.7	11.2	11.2	8.9
1985	10.2	9.8	9.9	9.1	7.3	5.7	3.9	4.9	7.9	8.4	10.6	9.2	8.1
1986	9.7	9.2	10.5	9.6	7.3	4.8	5.3	5.7	8.1	9.8	10.6	10.5	8.4
1987	10.2	11.0	11.0	10.0	7.3	6.7	5.2	6.7	8.7	10.1	10.6	10.5	9.0
1988	10.2	10.2	10.0	9.3	7.3	5.7	5.6	6.7	8.7	10.1	10.6	10.5	8.8
1989	10.2	10.2	10.0	9.3	7.3	5.7	5.6	6.7	9.8	9.8	10.6	10.5	8.8
1990	10.2	10.1	10.0	9.3	7.3	5.7	5.6	6.7	8.7	10.1	10.6	10.5	8.7
1991	10.2	10.2	10.0	9.3	7.3	5.7	5.6	6.7	8.7	10.1	10.6	10.5	8.8
1992	10.2	10.2	10.6	9.0	7.1	6.0	6.4	5.7	8.7	10.1	10.6	10.5	8.8
1993	9.3	9.6	9.6	9.5	7.8	5.1	6.1	6.1	8.8	9.9	10.2	11.0	8.6
1994	10.4	10.4	9.6	9.5	7.4	4.7	5.2	6.2	8.8	9.8	10.9	10.8	8.6
1995	10.8	10.3	10.1	9.4	7.3	5.4	6.0	7.3	9.1	10.4	10.8	10.0	8.9
1996	10.6	10.3	10.4	9.7	8.0	5.2	4.9	7.4	8.5	10.4	10.1	10.7	8.9
1997	10.2	9.9	9.7	8.5	7.2	5.1	6.0	7.5	9.4	11.0	10.9	12.2	9.0
1998	10.6	10.1	10.0	9.1	7.6	7.1	6.4	8.2	9.1	10.4	10.6	11.0	9.2
1999	11.0	10.3	10.3	9.7	7.8	5.7	5.9	7.3	8.9	9.7	10.2	11.2	9.0
2000	10.4	10.0	10.0	9.3	8.2	6.2	5.6	8.1	9.4	9.8	11.1	9.9	9.0
2001	9.6	10.2	9.9	9.2	7.6	6.0	5.7	6.0	9.3	10.1	11.2	10.5	8.8
2002	10.0	10.6	10.5	9.6	8.0	6.5	5.2	7.1	9.1	9.7	10.6	10.9	9.0
2003	10.5	10.9	10.3	9.5	7.5	4.7	5.3	6.5	8.5	9.8	10.7	11.4	8.8
2004	10.2	10.6	10.4	9.5	6.3	4.9	5.1	7.0	9.4	11.2	11.9	11.6	9.0
2005	11.4	11.1	10.9	10.1	7.4	5.2	6.3	6.7	9.2	10.8	11.1	11.4	9.3
2006	10.2	11.2	10.9	9.6	6.5	6.3	5.1	8.2	9.1	10.8	11.3	11.5	9.2
2007	11.5	11.3	10.6	10.3	8.5	6.7	6.2	7.9	9.8	10.5	10.3	10.7	9.5
2008	10.4	10.4	9.5	9.0	6.1	5.8	5.0	7.3	9.1	11.0	11.8	10.6	8.8
2009	10.7	10.5	10.3	9.2	7.8	4.9	5.9	6.3	9.8	11.4	12.3	11.6	9.2
2010	11.3	11.7	11.2	10.2	8.7	7.7	6.2	7.6	9.7	11.1	11.5	11.1	9.8
2011	11.0	10.3	10.2	9.4	7.4	6.2	6.3	7.8	9.4	10.2	11.6	10.5	9.2
2012	10.1	9.4	9.5	9.0	6.7	5.8	5.7	6.4	8.5	10.6	10.9	10.3	8.6
2013	10.5	10.6	10.7	9.0	8.7	6.3	6.5	6.9	8.3	10.6	10.9	10.5	9.1
2014	10.1	10.3	10.3	9.8	7.4	6.6	5.6	6.7	8.7	10.1	10.6	10.5	8.9
MED.	10.2	10.2	10.0	9.3	7.3	5.7	5.6	6.7	8.7	10.1	10.6	10.5	8.8

Nota. Adoptado de SENAMHI



### ANEXO 4. Temperatura histórico media – Estación Huancané.

TEMPERATURA MEDIA (°C) ESTACION HUANCANÉ													
ESTACION : HUANCANÉ				LATITUD : 15° 12' 05.4"				DPTO. : PUNO					
CUENCA : HUANCANÉ				LONGITUD : 69° 45' 12.8"				PROV. : HUANCANÉ					
CODIGO : 110786				ALTITUD : 3890				DIST. : HUANCANÉ					
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1964	10.3	10.5	8.9	8.0	6.3	4.9	3.9	5.7	7.6	9.5	9.5	9.7	7.9
1965	8.7	8.7	9.0	0.8	6.3	4.9	3.7	4.8	6.2	8.3	9.5	9.4	6.7
1966	10.1	9.1	8.9	7.2	6.1	5.6	3.4	4.8	6.1	8.3	8.7	9.0	7.3
1967	8.5	9.4	7.6	7.5	7.0	5.7	5.5	6.0	8.0	8.3	9.6	8.5	7.6
1968	8.6	9.3	8.8	7.8	5.9	4.1	5.1	5.5	6.4	8.1	8.1	8.1	7.1
1969	8.4	8.6	8.5	8.3	6.4	5.2	4.6	4.8	7.1	9.1	9.7	9.4	7.5
1970	9.0	8.7	8.4	8.2	6.7	4.8	3.9	5.3	7.0	8.4	9.2	8.6	7.4
1971	8.2	7.4	7.8	7.7	4.2	4.0	4.1	4.3	7.4	9.0	9.9	8.3	6.8
1972	7.6	7.6	7.6	7.1	4.8	3.0	4.2	5.5	7.7	9.0	10.5	10.0	7.0
1973	9.9	10.2	9.3	9.2	7.1	4.6	4.6	6.3	7.3	9.4	9.5	9.2	8.1
1974	8.6	8.7	8.5	8.2	5.7	4.8	4.6	5.4	6.8	8.4	8.7	8.8	7.3
1975	8.1	8.2	8.0	7.3	6.0	4.3	3.9	5.5	6.6	8.0	8.5	8.5	6.9
1976	8.6	8.4	8.0	7.9	5.4	3.3	4.7	5.6	7.6	9.0	9.7	8.3	7.2
1977	8.4	10.5	9.7	7.7	8.0	4.5	6.4	5.9	7.6	9.0	10.9	8.1	8.0
1978	8.1	8.3	7.5	7.4	5.8	5.6	4.6	6.2	7.6	9.3	9.5	9.8	7.5
1979	8.4	9.7	9.6	8.4	6.5	6.3	4.8	5.3	8.1	9.2	10.0	9.5	8.0
1980	10.4	9.6	9.2	8.0	6.1	5.1	5.6	6.3	8.1	9.3	9.8	9.3	8.1
1981	9.1	9.3	9.0	7.6	5.8	3.7	4.1	5.7	6.5	8.7	9.8	9.6	7.4
1982	9.0	9.1	9.1	8.1	5.5	4.8	4.5	5.8	7.2	8.9	9.7	10.6	7.7
1983	11.1	10.2	9.1	8.0	7.6	6.0	6.1	7.1	8.5	8.8	9.8	9.7	8.5
1984	8.3	8.9	9.0	7.9	6.3	5.8	4.6	5.6	6.5	8.8	9.3	9.6	7.6
1985	8.9	8.7	8.5	8.4	6.8	5.7	3.8	5.7	7.8	8.2	9.0	8.5	7.5
1986	9.0	8.5	8.5	8.8	5.3	4.6	3.8	5.4	7.0	7.9	8.7	9.1	7.2
1987	9.5	10.0	9.1	8.7	7.0	5.2	4.8	6.2	7.8	9.2	10.0	10.6	8.2
1988	9.7	10.0	9.3	8.4	7.3	4.7	4.6	6.0	8.4	9.1	9.6	9.3	8.0
1989	9.0	8.6	8.5	8.2	6.2	5.5	4.4	5.9	8.3	9.2	8.8	9.8	7.7
1990	9.2	9.0	8.7	8.1	7.2	5.4	4.4	5.9	7.9	9.4	9.5	9.2	7.8
1991	9.6	9.6	9.7	8.3	6.1	4.5	4.3	5.6	7.4	8.7	9.1	9.2	7.7
1992	8.8	9.3	9.1	8.6	6.5	5.9	4.6	5.2	7.5	8.6	9.0	9.2	7.7
1993	8.6	8.9	8.6	8.7	6.5	4.2	5.3	5.1	7.9	9.1	9.8	9.9	7.7
1994	9.2	9.2	8.4	8.7	6.2	4.0	4.4	4.9	7.7	8.8	9.8	9.9	7.6
1995	9.9	9.4	9.2	8.3	5.9	4.3	5.0	6.0	8.0	9.5	9.4	9.4	7.9
1996	9.6	9.5	9.3	8.6	6.9	4.8	4.3	6.5	7.8	9.3	9.5	9.5	8.0
1997	9.0	8.7	8.4	7.2	6.0	4.4	4.9	6.5	8.0	9.6	10.1	9.7	7.7
1998	11.5	11.7	11.0	7.6	6.5	6.1	5.2	6.8	8.0	9.6	9.6	9.8	8.6
1999	9.7	9.2	8.9	8.0	6.5	4.8	5.3	5.8	7.6	8.7	9.2	10.4	7.8
2000	9.7	9.4	9.0	8.2	6.9	5.2	4.5	6.8	8.3	8.7	9.6	9.4	8.0
2001	9.0	9.4	9.0	8.0	6.7	5.4	4.8	5.4	8.6	9.6	10.5	10.1	8.0
2002	10.1	9.9	9.8	8.9	7.3	6.0	5.2	6.6	8.2	9.1	9.7	9.9	8.4
2003	9.8	9.9	9.1	8.3	6.5	3.8	4.6	5.4	7.1	8.2	9.2	9.8	7.6
2004	9.1	9.1	8.9	8.1	5.4	3.6	4.0	5.3	7.1	8.9	9.6	9.8	7.4
2005	8.9	8.7	8.7	7.6	4.9	2.8	2.3	6.2	6.4	8.8	10.0	10.1	7.1
2006	9.2	10.1	10.1	8.4	5.7	5.3	4.0	7.0	8.0	9.8	10.0	10.7	8.2
2007	10.7	10.2	9.7	9.2	7.7	5.6	5.4	6.7	8.5	9.2	9.2	9.7	8.5
2008	9.6	9.4	8.6	7.9	5.1	4.9	4.2	5.3	7.6	9.7	10.4	9.6	7.7
2009	9.8	9.5	9.2	8.1	6.8	4.1	5.4	5.2	8.8	9.8	10.1	10.8	8.1
2010	10.4	11.0	10.0	8.9	7.4	6.4	5.1	5.9	8.1	9.8	9.7	10.1	8.6
2011	10.0	9.5	8.9	8.2	6.3	5.0	4.9	6.1	7.5	8.8	10.1	9.6	7.9
2012	9.3	8.7	8.6	8.3	5.4	4.8	4.0	4.4	7.8	9.8	10.5	10.3	7.7
2013	9.9	10.0	10.2	8.0	7.4	5.2	5.3	5.8	7.4	9.4	9.8	10.1	8.2
2014	9.6	9.7	9.6	8.8	6.6	6.0	5.5	6.1	8.8	9.0	9.9	10.5	8.3
MED.	9.3	9.3	8.9	8.0	6.3	4.9	4.6	5.7	7.6	9.0	9.6	9.5	7.7

Nota. Adoptado de SENAMHI



### ANEXO 5. Temperatura histórico media – Estación Mocho.

TEMPERATURA MEDIA (°C) ESTACIÓN MOCHO													
ESTACIÓN : MOHO				LATITUD : 15° 23' 17.8"				DPTO. : PUNO					
CUENCA : HUANCANÉ				LONGITUD : 69° 29' 03.4"				PROV. : MOHO					
CÓDIGO CO. 110787				ALTITUD : 3890				DIST. : MOHO					
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1964	10.5	10.6	9.6	9.3	7.5	6.2	6.2	8.1	8.6	9.6	9.3	9.3	8.7
1965	8.7	9.6	8.9	8.8	7.9	6.2	6.8	7.5	9.4	10.7	0.0	9.8	7.9
1966	10.6	10.2	9.6	9.3	8.2	6.8	6.7	8.5	9.0	10.2	10.1	10.2	9.1
1967	10.6	10.1	9.4	9.1	8.4	7.4	6.9	7.4	8.5	9.6	10.2	9.0	8.9
1968	9.3	9.3	9.1	8.8	7.5	6.7	5.8	8.0	8.5	9.6	9.5	10.1	8.5
1969	9.6	10.1	10.5	10.0	8.7	7.0	6.6	7.0	8.9	10.5	11.0	10.7	9.2
1970	10.2	10.2	9.6	9.1	8.0	7.4	6.7	7.8	8.7	9.6	10.6	9.8	9.0
1971	9.8	8.9	9.7	8.5	7.1	6.9	6.0	7.2	8.5	9.1	9.4	9.8	8.4
1972	8.9	9.3	9.3	9.2	7.6	6.0	7.1	8.0	9.4	10.5	10.7	10.6	8.9
1973	10.8	11.1	10.5	9.8	8.5	7.1	6.8	8.3	8.8	10.2	10.5	10.2	9.4
1974	8.9	9.2	9.7	8.9	8.0	7.2	7.0	6.6	8.4	10.2	10.4	9.9	8.7
1975	9.3	9.6	9.8	9.8	8.3	7.6	5.8	7.7	9.2	9.4	10.3	9.5	8.9
1976	9.1	10.0	9.6	8.8	8.0	6.8	7.0	7.7	8.5	10.0	10.5	10.8	8.9
1977	11.0	10.1	10.4	9.5	7.8	5.9	7.8	7.9	9.1	9.5	10.0	9.4	9.0
1978	9.3	10.0	9.0	8.7	7.6	6.7	5.6	6.9	8.0	9.3	9.4	9.7	8.4
1979	9.1	10.1	9.6	8.9	7.2	7.4	6.4	6.9	8.9	9.3	10.3	9.6	8.6
1980	10.5	10.3	9.4	8.7	7.3	7.0	7.0	7.4	8.2	9.8	10.1	9.7	8.8
1981	9.3	9.6	9.2	8.6	7.1	6.1	6.4	6.9	7.5	9.4	10.5	10.2	8.4
1982	9.5	10.4	9.7	8.6	7.0	6.5	6.0	6.8	8.0	9.1	10.0	10.4	8.5
1983	11.2	10.6	9.4	9.9	8.5	7.3	6.1	8.1	9.3	9.4	10.4	10.2	9.2
1984	8.7	8.8	9.0	8.5	7.5	6.9	6.1	7.1	8.0	9.3	9.5	9.2	8.2
1985	9.4	9.2	9.1	8.8	7.8	6.3	5.4	7.2	8.4	8.9	8.3	8.8	8.1
1986	9.7	8.8	8.7	8.9	6.3	6.2	5.1	6.8	8.0	8.9	9.5	9.6	8.0
1987	10.0	10.0	9.4	9.4	8.4	6.7	6.0	7.5	9.0	9.7	10.2	10.6	8.9
1988	9.7	10.3	9.8	9.0	7.9	6.2	5.8	7.1	8.8	9.5	10.1	9.6	8.7
1989	9.2	8.9	8.6	8.3	6.9	6.8	5.6	7.0	9.0	9.4	9.2	10.3	8.3
1990	9.3	9.2	9.1	8.6	8.1	5.8	5.4	6.9	8.3	9.3	9.6	9.5	8.3
1991	9.8	9.2	9.4	8.4	7.1	5.5	5.6	6.3	7.7	9.1	9.3	9.5	8.1
1992	9.1	9.5	9.3	9.1	7.8	6.5	5.3	6.1	8.2	8.7	9.5	9.2	8.2
1993	8.8	9.3	8.6	8.6	7.3	5.3	6.3	6.1	8.4	9.3	9.8	9.9	8.1
1994	9.3	9.3	8.6	8.9	7.0	5.5	5.7	6.5	8.2	9.4	10.0	9.8	8.2
1995	10.1	9.7	9.2	8.6	6.9	5.5	6.7	7.8	8.7	9.6	9.8	9.1	8.5
1996	9.1	9.3	9.3	8.5	7.2	5.4	5.6	7.9	8.0	9.5	9.2	9.3	8.2
1997	9.2	8.9	8.5	8.9	6.5	5.1	5.6	6.7	8.6	10.0	10.4	9.9	8.2
1998	9.6	9.3	8.8	8.9	7.3	6.9	6.1	7.9	8.9	10.1	10.2	10.5	8.7
1999	9.9	9.6	9.0	8.2	7.0	5.5	6.0	6.7	7.9	8.4	9.4	9.9	8.1
2000	9.5	9.4	9.3	8.5	7.2	5.8	5.6	7.3	8.6	8.5	10.1	9.3	8.3
2001	8.8	9.3	9.0	8.4	7.5	6.2	5.9	6.3	8.7	9.7	10.7	9.8	8.4
2002	9.8	9.7	9.6	8.9	7.7	6.9	5.9	7.1	8.5	9.1	9.7	10.2	8.6
2003	9.7	10.1	9.3	8.8	7.4	5.3	6.2	6.7	7.9	9.3	10.2	10.4	8.4
2004	9.6	9.8	9.6	9.3	7.2	5.5	5.8	6.5	8.1	10.4	10.7	10.7	8.6
2005	10.4	10.0	9.7	9.2	7.4	5.7	6.6	6.7	8.8	9.9	9.9	10.2	8.7
2006	9.3	10.1	9.7	8.4	6.3	6.3	5.2	7.7	8.6	9.8	10.0	10.6	8.5
2007	10.6	10.2	9.2	9.0	7.9	6.5	6.1	7.5	8.2	9.3	9.3	9.7	8.6
2008	9.7	9.4	8.6	8.2	6.3	6.1	5.4	6.6	8.2	9.5	10.5	9.6	8.2
2009	10.0	9.5	9.1	8.2	7.0	5.3	6.6	6.4	9.1	10.0	10.7	10.6	8.5
2010	10.2	10.9	10.0	9.1	8.0	7.1	6.4	7.0	8.9	10.2	10.3	10.3	9.0
2011	10.2	9.7	9.0	8.1	7.2	6.6	6.2	7.6	8.5	9.6	10.4	9.8	8.6
2012	9.5	9.1	9.1	8.7	6.9	6.3	6.1	6.3	8.4	10.0	10.6	10.1	8.4
2013	9.5	10.0	10.2	8.4	7.9	6.4	6.4	6.8	8.5	10.0	10.2	10.2	8.7
2014	9.9	10.4	9.7	9.1	7.8	6.4	6.1	7.2	8.5	9.6	9.8	9.9	8.7
MED.	9.7	9.7	9.4	8.9	7.5	6.4	6.1	7.2	8.5	9.6	9.8	9.9	8.6

Nota. Adoptado de SENAMHI



## ANEXO 6. Precipitación histórico media – Estación Muñani.

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (MM), ESTACIÓN MUÑANI													
ESTACION : MUÑANI			LATITUD : 14° 46' 01.0"				DPTO. : PUNO						
CUENCA : HUANCANÉ			LONGITUD : 69° 57' 06.5"				PROV. : AZANGARO						
CÓDIGO : CO.110785			ALTITUD : 3948 m.s.n.m				DIST. : MUÑANI						
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	T.ANU.
1964	124.6	97.7	84.3	44.1	6.5	1.0	0.3	6.4	18.6	44.4	57.6	94.5	580.1
1965	136.0	41.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.0	30.0	87.0	130.0	458.0
1966	103.0	142.0	64.0	5.3	26.8	0.0	0.0	0.0	5.4	19.2	50.1	26.7	442.5
1967	17.7	43.1	58.6	10.6	12.2	0.0	0.3	16.2	18.6	66.6	35.0	29.2	308.0
1968	75.7	123.9	98.4	56.0	13.0	0.0	0.3	32.4	18.6	37.9	91.3	31.6	579.1
1969	135.0	86.6	61.8	60.3	0.0	0.0	0.0	8.4	27.6	23.4	51.2	86.7	541.0
1970	135.3	68.2	73.7	82.2	15.7	0.0	2.4	0.4	44.3	65.9	23.0	174.7	685.8
1971	135.5	57.7	74.3	16.9	8.2	0.0	0.0	2.2	0.0	47.4	20.8	38.8	401.8
1972	148.6	47.2	13.0	12.0	0.0	0.0	0.0	4.0	2.8	22.4	77.8	84.4	412.2
1973	81.8	90.0	59.2	54.4	0.4	0.0	0.0	15.6	52.2	6.0	24.6	38.4	422.6
1974	100.0	96.0	25.2	17.0	0.0	0.8	0.0	0.4	0.0	9.6	2.4	69.8	321.2
1975	61.0	76.0	74.2	16.6	2.8	1.0	0.3	6.4	0.0	24.8	25.3	185.6	474.0
1976	78.7	102.5	97.4	136.6	0.0	1.0	0.3	6.4	23.0	33.3	27.1	132.2	638.4
1977	96.4	128.9	120.6	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	46.0	41.7	95.4	95.0	640.4
1978	186.5	156.7	115.7	46.2	4.1	4.9	0.0	0.0	18.6	25.2	62.5	114.2	734.6
1979	173.8	45.9	77.3	119.0	11.4	0.0	0.0	0.0	11.7	57.9	29.6	133.3	659.9
1980	122.9	77.7	112.5	3.6	1.8	3.4	3.6	0.0	27.0	91.1	36.4	64.0	544.0
1981	196.6	90.4	131.6	72.6	0.9	0.0	0.0	9.9	25.5	70.8	41.3	93.6	733.2
1982	120.3	70.1	78.0	53.0	0.0	0.0	0.0	2.1	54.1	34.2	153.9	22.4	588.1
1983	89.2	83.3	45.1	49.8	7.2	0.0	0.0	19.7	12.4	36.1	15.6	53.9	412.3
1984	106.0	188.3	145.4	39.2	6.0	1.0	0.0	21.9	9.4	75.0	158.9	154.6	905.7
1985	122.8	137.5	96.8	85.4	10.0	1.0	0.0	0.0	40.1	26.5	130.9	133.1	784.1
1986	85.1	192.2	153.0	94.1	6.7	0.0	2.3	0.0	32.5	0.0	78.4	111.6	755.9
1987	200.1	101.0	59.2	55.9	0.0	6.2	1.2	3.4	1.2	42.2	95.7	58.7	624.8
1988	118.7	112.7	83.8	90.1	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	40.4	3.8	123.2	591.9
1989	112.8	177.9	89.2	67.2	0.0	1.0	0.0	13.1	18.9	33.8	42.9	65.3	622.1
1990	136.8	55.5	24.0	3.2	0.0	1.0	0.0	0.0	9.2	79.6	83.8	67.9	461.0
1991	129.2	83.6	139.2	71.6	9.6	1.0	0.0	0.0	13.0	32.2	83.3	116.3	679.0
1992	188.3	91.4	45.8	19.2	0.0	4.3	0.0	9.7	10.8	33.0	41.4	111.7	555.6
1993	157.0	56.3	83.7	32.2	11.4	0.0	0.0	19.4	24.8	54.9	75.9	104.3	619.9
1994	104.0	94.3	91.8	71.0	23.2	3.1	0.0	0.0	7.1	22.7	64.5	110.2	591.9
1995	154.5	181.8	110.1	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	28.3	96.2	587.6
1996	153.9	70.1	68.8	34.9	18.7	0.0	0.0	8.5	8.1	29.9	104.2	61.4	558.5
1997	181.6	109.2	87.6	38.3	3.2	0.0	0.0	22.3	29.4	36.1	80.1	32.5	620.3
1998	62.5	96.4	106.4	39.2	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	54.1	64.4	41.9	467.9
1999	84.2	40.3	131.6	37.1	0.0	0.0	0.0	0.0	35.7	34.5	35.9	92.9	492.2
2000	119.8	98.1	81.4	9.1	0.0	0.8	0.0	10.6	20.2	126.8	20.5	108.6	595.9
2001	173.0	109.2	163.2	19.5	26.3	1.6	0.3	7.5	21.4	61.3	57.0	87.0	727.3
2002	90.3	115.9	104.5	42.5	5.7	4.4	0.3	4.9	27.9	90.0	58.0	125.7	670.1
2003	124.6	102.3	108.2	43.4	4.6	3.1	0.0	13.0	30.5	73.2	68.0	117.4	688.3
2004	124.6	129.1	120.4	66.7	25.2	1.8	0.8	20.6	28.1	39.4	65.4	133.5	755.6
2005	98.6	95.5	84.6	27.9	2.3	0.0	1.2	1.0	8.4	80.1	68.2	124.8	592.6
2006	203.9	61.9	57.0	87.2	0.0	0.0	0.0	6.6	28.1	62.0	82.8	124.9	714.4
2007	104.0	15.6	119.1	57.8	21.4	0.0	0.0	0.0	24.4	12.6	50.8	55.4	461.1
2008	132.8	65.4	42.7	10.0	1.9	0.0	0.0	0.0	8.9	67.7	31.4	154.5	515.3
2009	77.7	100.1	39.1	27.1	0.0	0.0	0.0	1.9	23.8	18.5	69.0	85.5	442.7
2010	171.9	138.5	69.5	25.0	10.2	0.0	0.0	3.7	0.0	61.1	17.1	86.0	583.0
2011	116.1	150.7	78.1	26.2	2.0	0.0	0.1	16.2	3.3	70.1	20.3	128.1	611.2
2012	153.6	93.1	83.7	65.4	0.0	1.8	0.2	0.0	6.5	18.0	35.0	155.8	613.1
2013	124.6	97.7	84.3	44.1	6.5	1.0	0.3	6.4	18.6	44.4	57.6	94.5	580.1
2014	124.6	97.7	84.3	44.1	6.5	1.0	0.3	6.4	18.6	44.4	57.6	94.5	580.1
MED.	124.6	97.7	84.3	44.1	6.5	1.0	0.3	6.4	18.6	44.4	57.6	95.2	580.9

Nota. Adoptado de SENAMHI



## ANEXO 7. Precipitación histórico media – Estación Progreso.

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (MM), ESTACIÓN PROGRESO													
ESTACION : PROGRESO			LATITUD : 14° 40' 37.4"				DPTO. : PUNO						
CUENCA : HUANCANÉ			LONGITUD : 70°21'55"				PROV. : AZANGARO						
CÓDIGO : CO.000778			ALTITUD : 3940 m.s.n.m				DIST. : ASILLO						
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	T.ANU.
1964	83.4	57.1	97.9	17.3	16.4	0.7	1.6	0.5	31.9	40.8	56.1	60.4	464.1
1965	150.4	130.5	122.2	44.5	6.6	0.0	0.0	0.0	20.0	16.0	80.5	131.1	701.8
1966	57.1	79.1	45.9	0.3	6.6	0.0	0.0	0.0	31.3	60.8	70.8	70.7	422.6
1967	66.9	106.6	101.6	26.1	8.9	0.0	6.7	16.9	24.9	47.5	34.4	98.9	539.4
1968	61.2	156.1	88.8	38.5	1.7	0.0	13.4	8.6	28.2	23.3	80.1	44.0	543.9
1969	143.6	82.8	47.6	29.0	0.3	1.4	7.1	0.3	23.0	19.6	53.8	56.4	464.9
1970	142.2	89.4	123.5	63.4	11.9	0.5	0.8	0.0	49.7	56.0	51.7	132.6	721.7
1971	133.0	158.3	22.8	32.1	5.9	0.1	0.0	4.3	1.2	38.9	61.3	79.8	537.7
1972	155.2	166.7	79.3	27.5	0.4	0.0	2.8	8.3	16.6	21.0	57.9	104.2	639.9
1973	162.6	101.0	103.4	38.7	9.5	0.0	3.7	5.4	54.1	78.9	70.4	89.8	717.5
1974	107.1	117.5	86.4	49.8	13.0	0.0	0.2	2.7	32.9	30.7	33.5	55.1	528.9
1975	111.9	88.4	121.8	27.2	9.0	0.0	0.0	0.0	26.4	40.0	45.5	90.3	560.5
1976	167.6	80.1	92.0	28.8	22.3	4.8	3.3	12.5	41.2	8.6	48.0	117.7	626.9
1977	84.4	112.0	145.0	21.8	2.7	0.0	0.0	0.0	21.5	50.4	97.2	83.9	618.9
1978	150.6	110.3	124.3	50.8	4.1	0.0	0.0	0.0	52.9	17.3	128.9	184.6	823.8
1979	146.4	41.3	80.6	70.2	13.8	0.0	5.0	4.6	17.2	31.3	43.3	131.1	584.8
1980	117.2	80.4	108.0	4.9	9.1	0.3	2.3	0.0	6.1	74.6	12.3	81.3	496.5
1981	147.4	101.1	102.6	52.0	1.9	0.0	0.0	13.2	32.9	65.3	72.8	109.9	699.1
1982	191.7	53.9	95.5	29.8	0.0	0.0	0.0	0.8	15.8	60.0	111.3	47.8	606.6
1983	82.6	57.8	73.4	27.2	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	40.7	63.1	358.6
1984	108.7	37.9	97.9	36.6	6.6	0.7	0.0	0.0	17.1	10.1	82.1	108.8	506.3
1985	121.5	103.3	97.9	36.6	6.6	0.7	0.0	0.0	34.2	12.4	123.4	154.4	690.9
1986	134.3	168.7	162.8	36.6	10.6	0.0	1.6	6.0	38.2	35.1	41.4	102.3	737.6
1987	119.8	78.7	82.9	39.2	1.5	1.0	1.6	0.0	7.5	57.8	126.3	144.8	661.1
1988	148.8	85.0	154.8	61.4	17.6	0.0	0.0	0.0	9.0	17.9	10.5	67.5	572.5
1989	151.6	119.8	108.5	84.8	3.5	0.7	0.0	2.7	25.0	40.9	48.1	69.7	655.3
1990	131.5	75.6	36.7	33.5	0.0	0.7	0.0	5.4	19.0	84.0	77.6	18.0	482.0
1991	154.3	73.7	105.1	40.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	28.2	25.9	131.7	565.8
1992	172.9	70.6	49.1	21.1	0.0	3.2	0.0	3.3	18.0	29.4	79.8	78.6	526.0
1993	191.5	79.1	103.6	52.3	9.7	1.9	0.0	3.3	5.9	65.0	86.6	97.7	696.5
1994	120.1	110.7	102.0	59.2	4.8	0.5	0.0	3.2	15.1	51.8	74.8	116.6	658.8
1995	69.5	79.1	101.7	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	16.8	65.7	98.2	456.5
1996	141.5	62.8	94.6	21.4	10.8	0.0	1.4	3.0	4.6	44.8	50.9	125.4	561.2
1997	189.8	135.8	196.9	48.0	12.6	0.0	0.0	13.6	17.0	49.0	106.5	60.2	829.4
1998	100.2	72.2	52.8	17.5	0.0	7.7	0.0	1.2	2.2	103.7	88.7	32.6	478.8
1999	107.6	125.6	136.6	37.8	0.5	0.0	0.0	0.0	16.6	35.8	54.3	65.7	580.5
2000	126.9	114.1	105.1	9.6	1.4	1.2	1.6	2.4	17.0	108.0	17.6	99.6	604.5
2001	151.8	111.0	132.4	30.6	21.4	1.5	5.5	0.0	14.2	49.6	62.7	57.4	638.1
2002	117.0	107.0	89.6	45.4	8.8	1.8	3.0	4.4	25.6	32.2	86.0	134.6	655.4
2003	181.6	114.9	134.8	60.2	7.0	0.9	0.5	7.0	15.4	14.8	16.1	80.6	633.8
2004	117.1	160.2	61.8	50.6	7.4	0.0	4.8	4.9	40.6	13.0	53.8	118.8	633.0
2005	52.5	200.8	54.7	35.4	0.5	0.0	1.2	2.8	3.8	75.9	62.2	86.4	576.2
2006	146.4	46.9	64.6	50.5	0.0	2.1	0.0	3.9	37.0	42.9	63.6	79.5	537.4
2007	130.2	58.1	152.6	60.5	14.4	0.6	0.5	0.0	25.8	19.4	75.4	51.0	588.5
2008	130.3	73.0	52.4	4.6	6.2	0.0	0.0	0.0	7.6	49.6	26.5	155.6	505.8
2009	112.1	90.9	59.7	15.3	5.2	0.0	4.6	0.8	9.2	19.2	111.8	104.6	533.4
2010	153.8	118.8	71.6	40.8	8.6	0.0	0.0	2.6	0.0	24.8	8.6	121.2	550.8
2011	93.2	162.2	130.8	51.2	2.1	0.0	6.2	11.0	61.2	59.2	37.6	108.4	723.1
2012	137.6	159.4	109.2	25.2	9.6	0.0	0.0	0.0	14.6	9.6	29.0	172.0	666.2
2013	135.6	180.8	123.2	43.6	8.0	2.4	2.9	4.2	8.2	81.4	30.4	123.7	744.4
2014	100.6	136.4	102.3	19.2	1.2	0.0	1.6	3.3	21.1	41.4	61.5	96.0	584.6
MED.	127.7	103.6	97.9	36.6	6.6	0.7	1.6	3.3	21.1	41.4	61.5	96.0	597.9

Nota. Adoptado de SENAMHI



### ANEXO 8. Precipitación histórico media – Estación Putina.

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (MM), ESTACIÓN PUTINA													
ESTACIÓN : PUTINA			LATITUD : 14° 54' 52.6"				DPTO. : PUNO						
CUENCA : HUANCANÉ			LONGITUD : 69° 52' 03.6"				PROV. : S.A. DE PUTINA						
CÓDIGO CO. 157414			ALTITUD : 3878 m.s.n.m.				DIST. : PUTINA						
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	T.ANU.
1964	67.5	71.0	111.0	72.5	17.5	0.0	0.0	1.0	16.0	45.0	80.0	92.5	574.0
1965	194.5	93.5	161.0	39.5	0.0	0.0	0.0	0.5	23.0	21.5	99.3	163.3	796.1
1966	66.7	151.1	66.4	32.2	13.0	0.0	0.0	0.0	26.0	43.4	95.5	48.2	542.5
1967	41.2	85.1	153.8	10.0	26.0	0.0	1.5	30.0	41.2	87.4	25.2	178.3	679.7
1968	79.6	126.2	72.0	48.1	0.7	0.4	1.5	1.1	56.4	49.0	138.9	40.6	614.5
1969	214.6	86.5	55.6	11.1	1.0	1.2	15.5	0.0	31.3	33.9	88.6	53.9	593.2
1970	202.7	99.8	92.6	86.9	0.5	0.0	0.0	0.0	61.4	40.3	20.7	184.4	789.4
1971	190.8	184.4	49.5	19.0	2.0	0.7	0.0	5.6	3.8	42.1	48.1	40.6	586.7
1972	155.6	119.0	77.7	46.6	6.0	0.0	1.0	13.8	28.6	43.9	105.1	77.8	675.3
1973	131.9	132.2	100.7	120.5	3.3	2.4	1.2	15.3	31.0	59.9	70.4	90.7	759.6
1974	137.1	144.8	93.6	47.5	0.6	4.8	1.4	16.8	33.4	68.3	51.0	104.7	704.2
1975	115.6	110.3	77.5	18.8	25.5	6.4	0.0	0.5	21.5	42.8	51.8	135.6	606.4
1976	151.7	97.3	86.8	22.3	14.0	8.0	1.5	19.1	76.3	3.7	26.2	66.7	573.7
1977	69.9	178.2	111.8	15.4	10.0	0.0	0.1	0.0	42.8	34.5	97.1	85.6	645.5
1978	117.2	117.4	95.3	55.3	5.3	2.6	0.3	0.3	27.8	23.5	117.3	158.1	720.5
1979	119.4	76.3	82.4	128.5	4.6	0.0	1.5	8.2	11.4	82.0	40.4	97.0	651.7
1980	121.5	55.4	114.4	15.2	11.9	3.0	0.8	4.6	52.9	91.7	33.8	57.4	562.6
1981	135.1	90.5	92.5	77.8	3.3	5.7	0.0	15.9	33.9	83.4	48.3	107.2	693.6
1982	135.1	109.9	99.5	73.8	0.0	0.0	0.8	12.9	59.3	43.0	123.1	65.5	722.9
1983	104.6	81.1	44.4	65.1	10.4	2.0	5.6	1.6	16.8	6.7	36.2	92.2	466.7
1984	118.6	101.4	98.3	34.6	6.8	5.3	2.2	22.5	0.6	81.8	110.5	108.1	690.7
1985	132.5	121.7	87.7	109.0	23.2	2.8	0.0	4.7	35.3	44.3	137.9	167.4	866.5
1986	106.3	146.9	90.4	142.6	13.7	0.0	2.4	7.9	49.7	14.4	86.7	142.6	803.6
1987	112.8	65.4	55.3	34.9	2.5	2.1	1.2	6.0	3.6	47.5	98.6	44.5	474.4
1988	120.8	66.0	202.1	91.9	12.0	0.0	0.0	5.3	8.9	45.9	9.3	137.4	699.6
1989	185.3	90.8	129.5	58.5	0.0	7.5	0.0	9.0	43.3	29.6	32.4	72.9	658.8
1990	179.0	60.1	75.9	25.7	5.8	1.7	0.0	1.8	17.3	109.0	84.0	114.2	674.6
1991	164.8	106.1	134.9	51.0	5.7	1.7	2.0	0.8	14.9	24.8	64.7	108.7	680.1
1992	153.6	54.3	49.7	25.2	0.0	1.2	4.0	8.9	20.5	44.5	66.3	123.7	552.0
1993	174.4	67.1	75.3	99.8	11.4	0.0	2.1	17.0	24.2	67.3	114.2	124.2	777.0
1994	170.8	112.6	113.7	72.4	17.8	5.2	0.0	0.0	18.6	37.4	44.6	106.9	700.0
1995	105.2	153.3	135.3	10.5	0.5	2.6	3.4	0.0	5.2	15.5	67.6	89.4	588.6
1996	118.6	66.8	113.5	37.3	29.6	0.0	0.9	6.9	20.8	19.9	131.6	95.7	641.7
1997	215.2	90.5	103.2	96.8	4.2	0.0	1.1	21.4	22.9	42.4	112.8	59.9	770.4
1998	125.6	105.7	92.8	32.9	0.0	0.0	0.0	1.6	0.5	66.9	89.4	24.6	540.1
1999	104.1	68.9	162.3	25.7	19.8	0.0	0.7	0.0	45.1	53.8	36.4	68.9	585.8
2000	158.0	131.4	93.7	15.1	1.7	1.5	0.0	11.0	12.2	112.3	25.0	105.2	667.3
2001	206.3	134.2	102.2	46.5	8.2	3.0	3.1	9.8	25.8	70.6	47.1	91.4	748.2
2002	125.5	130.5	110.6	53.3	14.6	1.0	2.6	5.8	21.8	74.4	51.6	100.6	692.2
2003	161.1	126.4	131.3	67.0	1.4	7.2	2.0	14.9	23.0	78.1	20.1	95.6	728.1
2004	215.0	123.3	79.9	47.9	6.1	0.0	1.2	18.3	21.6	17.0	62.4	67.9	660.6
2005	63.5	148.9	41.7	26.4	2.9	0.0	1.0	4.3	14.7	39.0	53.7	75.5	471.6
2006	165.2	34.6	45.4	50.4	11.1	1.1	0.5	2.2	30.5	45.3	68.8	82.5	537.5
2007	96.4	50.6	164.4	74.4	19.2	2.1	0.0	0.0	46.3	21.8	57.1	54.1	586.4
2008	99.9	79.4	69.7	3.2	6.0	0.0	0.0	0.0	15.5	58.7	77.1	140.0	549.5
2009	103.4	83.1	63.5	8.6	8.0	0.0	2.4	0.0	13.6	27.8	86.6	89.9	486.9
2010	178.2	116.5	105.1	29.3	12.1	0.0	0.6	2.3	0.0	43.7	20.9	101.4	610.1
2011	65.2	165.7	56.2	54.0	0.4	0.0	4.1	10.2	53.3	56.6	26.4	120.0	612.1
2012	97.6	128.0	82.4	41.4	14.4	0.0	0.0	4.7	8.7	19.5	34.3	152.9	583.9
2013	163.6	207.7	98.0	20.0	10.9	2.9	5.9	9.1	1.8	91.2	41.0	127.5	779.6
2014	149.0	107.0	89.1	55.4	7.3	0.0	1.5	7.1	26.3	48.9	67.1	98.7	657.4
MED.	135.1	107.0	95.9	50.0	8.5	1.7	1.5	7.1	26.3	48.9	67.1	98.7	647.7

Nota. Adoptado de SENAMHI



### ANEXO 9. Precipitación histórico media – Estación Azángaro.

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (MM), ESTACIÓN AZANGARO													
ESTACION : AZANGARO			LATITUD : 14°54'52.2"					DPTO. : PUNO					
CUENCA : HUANCANÉ			LONGITUD : 70°11'27.1"					PROV. : AZANGARO					
CÓDIGO : CO.000781			ALTITUD : 3848 m.s.n.m					DIST. : AZANGARO					
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	T.ANU.
1964	84.5	57.0	104.6	65.0	13.5	0.0	0.0	0.5	39.0	32.0	51.0	73.8	520.9
1965	123.5	58.5	135.5	25.0	0.5	0.0	0.0	2.5	18.5	18.9	56.0	140.5	579.5
1966	74.5	107.0	65.5	19.0	0.3	0.0	0.0	1.5	36.7	46.5	68.7	92.2	512.0
1967	41.7	104.0	121.0	6.9	0.0	0.0	0.0	4.6	35.8	41.3	8.6	129.8	493.7
1968	81.2	143.0	73.9	36.9	0.7	1.0	0.0	7.6	26.6	20.9	73.2	29.2	494.2
1969	124.9	63.6	36.0	28.8	0.7	1.4	0.0	1.7	19.2	16.3	31.8	51.2	375.6
1970	125.4	42.8	96.1	92.7	14.7	0.0	0.0	0.0	39.3	50.4	38.2	152.1	651.8
1971	91.5	75.9	30.3	28.1	0.5	0.6	0.3	8.7	5.8	18.1	55.8	80.1	395.7
1972	140.9	108.9	68.7	37.4	0.0	0.0	4.0	9.7	41.6	26.3	55.6	106.6	599.8
1973	162.0	99.8	112.9	93.7	22.2	0.0	3.4	4.9	47.7	43.7	88.3	23.8	702.5
1974	98.0	125.0	94.4	34.9	19.0	6.1	0.0	2.5	9.0	30.0	55.7	59.2	533.8
1975	96.0	88.6	108.6	33.1	7.2	5.8	0.0	0.0	20.7	71.7	57.5	110.0	599.3
1976	115.9	102.5	57.4	6.7	8.9	5.5	0.4	13.3	41.2	3.3	61.0	96.1	512.3
1977	64.2	113.0	120.2	17.5	3.4	0.0	0.0	0.0	43.3	51.6	91.2	61.0	565.5
1978	141.6	139.3	77.6	37.4	2.7	0.0	0.0	0.0	17.8	35.6	64.2	164.6	680.8
1979	146.1	28.7	62.2	39.6	4.0	0.0	0.0	0.0	6.5	60.9	37.1	112.8	498.0
1980	120.1	63.0	91.1	9.0	5.7	0.0	0.0	3.6	29.4	77.9	10.1	56.9	466.9
1981	112.5	104.9	92.3	45.0	5.6	4.0	0.0	5.3	28.1	65.0	36.4	101.3	600.4
1982	48.5	114.6	38.8	58.5	0.0	0.0	0.0	7.0	23.1	40.3	56.9	95.2	482.8
1983	114.7	96.5	90.3	35.5	6.6	1.6	0.7	4.3	23.1	40.3	56.9	95.2	565.6
1984	114.7	96.5	90.3	35.5	6.6	1.6	0.7	4.3	0.8	78.3	56.9	167.0	653.2
1985	114.7	96.5	90.3	35.5	6.6	1.6	0.0	0.7	14.9	20.3	56.9	114.0	552.0
1986	90.0	94.9	90.3	35.5	6.6	0.0	0.0	6.3	37.0	4.2	56.9	95.2	516.8
1987	114.7	107.5	67.7	44.6	6.3	5.3	0.7	4.3	23.1	40.3	56.9	95.2	566.5
1988	114.7	96.5	90.3	35.5	6.6	1.6	0.7	4.3	23.1	40.3	56.9	95.2	565.6
1989	114.7	96.5	90.3	35.5	6.6	1.6	0.7	4.3	20.8	6.5	35.5	82.5	495.5
1990	159.0	66.0	90.3	35.5	6.6	1.6	0.7	4.3	23.1	40.3	56.9	95.2	579.4
1991	114.7	96.5	90.3	35.5	6.6	1.6	0.7	4.3	23.1	40.3	56.9	95.2	565.6
1992	114.7	96.5	49.7	14.4	0.0	8.0	0.0	4.3	23.1	40.3	56.9	95.2	503.1
1993	142.8	54.5	84.3	87.9	11.6	4.8	1.3	9.2	24.4	68.6	125.4	127.4	742.3
1994	111.7	169.3	89.1	46.3	0.5	0.0	0.0	6.3	13.4	35.4	59.8	88.1	619.9
1995	62.3	78.0	97.8	4.6	0.2	0.0	0.0	0.6	5.1	33.1	90.0	88.4	460.1
1996	142.5	67.9	121.9	15.7	15.0	0.3	2.0	3.1	11.2	35.2	59.5	64.0	538.3
1997	150.4	151.3	139.1	30.1	7.8	0.0	0.0	13.1	32.1	36.9	134.6	100.5	795.9
1998	95.0	71.4	77.2	24.6	0.0	0.5	0.0	0.0	11.0	58.0	76.3	17.6	431.6
1999	99.8	68.0	134.6	52.0	3.5	1.0	0.0	0.5	30.6	69.3	31.8	23.2	514.3
2000	132.4	114.0	51.3	8.4	2.9	7.9	0.5	4.3	0.7	79.8	25.6	65.3	493.1
2001	195.4	94.8	168.0	15.9	19.9	0.0	4.4	8.0	16.6	44.9	42.5	166.6	777.1
2002	157.4	116.4	155.4	49.1	10.3	1.9	2.5	9.0	15.0	38.9	87.1	170.6	813.6
2003	149.9	95.3	109.1	58.9	4.7	5.7	0.6	5.0	7.8	32.9	42.4	118.2	630.6
2004	96.2	93.9	47.7	22.8	15.9	0.0	2.8	16.5	39.6	11.1	62.6	71.5	480.6
2005	42.5	171.8	78.5	28.6	0.3	0.0	0.0	5.0	19.6	59.8	34.3	84.5	525.0
2006	188.7	36.7	75.3	17.2	0.2	1.3	0.0	2.3	11.3	60.6	60.6	71.1	525.4
2007	97.0	54.5	164.6	80.6	12.5	0.3	0.6	0.8	60.6	17.1	62.8	82.4	633.8
2008	98.4	91.9	43.7	1.0	3.1	0.0	0.0	0.0	22.8	44.0	61.5	171.6	538.0
2009	130.0	91.9	72.2	33.2	4.4	0.0	0.4	0.0	14.2	28.2	91.1	85.4	551.0
2010	162.6	95.1	63.1	41.8	7.6	5.8	0.3	2.3	0.0	25.6	24.5	70.7	499.4
2011	96.7	176.3	60.9	23.4	0.3	0.0	5.5	3.8	67.9	46.8	57.1	76.1	614.9
2012	99.7	103.2	101.6	49.4	14.6	0.0	0.0	1.3	6.6	47.5	34.6	93.6	552.2
2013	150.1	149.5	150.6	25.8	26.3	1.6	0.3	10.6	1.5	40.4	33.9	155.1	745.8
2014	89.0	93.3	94.1	33.9	5.3	0.0	0.7	4.3	23.1	40.3	56.9	95.2	536.0
MED.	114.7	96.5	90.3	35.5	6.6	1.6	0.7	4.3	23.1	40.3	56.9	95.2	565.6

Nota. Adoptado de SENAMHI





### ANEXO 10. Precipitación histórico media – Estación Huancané.

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (MM), ESTACIÓN HUANCANÉ													
ESTACION : HUANCANÉ			LATITUD : 15° 12' 05.4"				DPTO. : PUNO						
CUENCA : HUANCANÉ			LONGITUD : 69° 45' 12.8"				PROV. : HUANCANÉ						
CODIGO : 110786			ALTITUD : 3890				DIST. : HUANCANÉ						
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	T.ANU.
1964	68.0	81.0	95.9	27.0	22.6	0.0	0.0	2.2	16.0	13.5	81.4	27.5	435.1
1965	177.0	105.0	105.0	18.8	3.5	0.0	5.5	2.0	22.0	23.0	75.0	200.0	736.8
1966	91.0	123.0	123.0	16.5	75.0	0.0	0.0	0.0	11.6	37.5	63.2	84.4	625.2
1967	27.5	76.0	78.0	7.0	29.0	1.0	23.5	16.5	62.0	47.0	7.3	136.2	511.0
1968	92.2	112.4	89.2	43.7	11.5	5.4	13.4	12.2	57.0	53.9	129.7	85.8	706.4
1969	124.2	148.8	96.0	33.5	0.0	2.2	11.4	8.2	15.7	13.3	53.8	40.4	547.5
1970	164.4	71.4	90.4	52.1	10.2	1.0	0.0	0.0	42.8	58.2	37.0	193.0	720.5
1971	116.8	75.2	49.3	8.5	1.0	1.0	0.0	2.5	1.2	31.2	46.4	46.5	379.6
1972	169.8	79.0	50.0	13.5	0.0	0.0	6.5	7.5	43.0	26.3	61.5	167.0	624.1
1973	151.6	63.2	163.5	71.5	9.0	0.0	0.0	8.5	74.8	36.4	12.9	56.5	647.9
1974	139.3	141.8	51.0	36.0	0.0	3.0	0.0	24.9	18.0	35.5	47.5	62.5	559.5
1975	127.0	99.9	103.5	18.4	6.0	0.0	0.0	0.0	10.6	61.5	26.2	155.0	608.1
1976	66.0	58.0	9.7	0.0	21.5	4.5	1.8	26.6	33.1	51.8	61.1	97.6	431.7
1977	31.6	150.6	94.6	0.0	2.8	0.0	1.9	3.2	55.6	42.0	96.0	91.0	569.3
1978	120.8	125.1	143.6	65.4	0.1	7.7	6.8	0.1	34.0	28.5	131.1	195.2	858.4
1979	119.6	99.5	43.1	70.5	1.6	0.0	2.8	9.2	4.2	78.2	56.5	107.9	593.1
1980	118.3	125.4	132.7	31.3	7.1	0.2	5.7	9.8	74.7	91.2	26.3	85.1	707.8
1981	146.8	104.0	114.6	83.0	14.7	0.1	0.0	21.8	33.6	106.2	45.8	106.6	777.2
1982	175.2	35.8	112.8	58.0	1.2	1.2	0.0	4.2	50.4	39.2	126.2	48.2	652.4
1983	102.4	48.4	24.4	37.2	13.8	1.0	0.0	2.7	44.7	43.0	35.8	94.3	447.7
1984	135.6	166.7	125.4	38.8	14.2	9.6	0.0	17.8	1.4	72.2	113.4	76.4	771.5
1985	168.8	66.0	107.6	53.2	17.0	17.4	0.0	3.4	37.0	28.8	99.2	163.8	762.2
1986	183.2	148.4	151.4	67.6	9.2	0.0	9.0	20.3	72.6	17.6	85.0	115.1	879.4
1987	123.8	20.1	77.5	28.2	23.2	10.2	4.5	14.4	5.4	72.4	78.5	57.0	515.2
1988	123.8	77.9	94.7	123.2	12.6	0.0	0.0	0.0	8.9	48.4	5.1	93.3	587.8
1989	156.0	120.3	111.8	58.8	1.9	7.0	1.1	14.7	15.2	21.9	67.3	83.6	659.6
1990	121.9	55.6	49.4	21.2	12.8	2.9	0.0	7.7	25.6	52.1	98.1	98.6	545.9
1991	123.4	137.7	138.0	9.0	20.1	2.9	1.0	0.7	36.4	14.1	46.1	148.2	677.6
1992	132.0	75.4	46.9	6.4	0.0	9.7	9.0	5.7	13.7	66.6	45.0	140.0	550.4
1993	127.3	47.9	111.2	58.1	11.5	2.1	0.0	10.6	19.1	56.5	90.6	143.9	678.8
1994	100.8	114.7	150.6	39.5	14.0	1.8	0.0	0.0	11.8	39.2	64.6	132.8	669.8
1995	133.3	124.1	79.7	13.7	1.2	0.0	0.8	1.2	17.0	14.7	69.5	67.2	522.4
1996	152.6	80.8	71.1	17.5	2.3	0.0	7.6	3.5	13.1	9.8	70.0	177.4	605.7
1997	171.8	110.8	183.4	83.4	15.5	0.0	0.0	15.8	40.6	41.1	85.0	51.7	799.1
1998	109.3	69.4	87.5	52.9	0.0	5.7	0.0	0.5	4.2	65.2	65.6	16.6	476.9
1999	89.4	67.4	149.5	76.9	9.2	0.5	2.1	1.7	45.7	61.7	46.2	41.2	591.5
2000	85.2	55.9	113.8	7.1	12.1	7.3	0.5	21.4	10.5	97.8	14.7	113.5	539.8
2001	88.1	142.2	159.7	13.8	21.7	3.5	6.2	10.9	9.1	92.0	63.3	123.6	734.1
2002	90.9	175.5	151.5	102.3	21.1	4.8	23.5	6.1	37.3	79.8	85.8	116.8	895.4
2003	123.8	107.8	131.3	46.3	3.0	11.0	1.1	3.0	22.4	67.6	40.8	105.9	664.0
2004	123.8	147.1	54.1	42.8	6.1	11.8	8.3	32.8	21.1	34.0	51.3	91.9	625.1
2005	109.4	148.6	96.6	16.6	0.5	0.0	0.0	5.2	28.0	75.5	31.5	94.2	606.1
2006	224.3	31.1	76.7	39.3	0.5	1.5	0.0	3.8	23.1	55.9	51.3	113.2	620.7
2007	137.9	97.4	122.8	64.0	5.2	0.0	2.2	0.7	83.1	7.6	58.1	115.4	694.4
2008	134.3	76.6	61.8	5.1	8.7	0.0	0.0	0.0	5.5	48.5	32.7	212.2	585.4
2009	80.1	113.3	42.9	9.3	0.5	0.0	3.2	0.0	12.6	13.1	58.8	100.0	433.8
2010	156.2	112.5	38.8	21.2	24.6	0.0	0.0	0.0	0.6	47.3	0.7	118.8	520.7
2011	68.4	151.3	109.9	16.0	10.5	0.0	5.6	1.4	31.7	33.4	22.5	118.5	569.2
2012	143.2	130.0	140.4	40.0	0.2	0.0	0.3	1.6	11.5	21.4	26.2	136.9	651.7
2013	127.8	152.4	21.1	13.4	19.2	7.4	12.1	12.1	2.5	89.6	44.4	155.7	657.7
2014	139.7	174.7	63.7	32.5	15.7	0.8	14.1	12.5	59.8	45.6	8.4	116.7	684.2
MED.	123.8	102.4	95.9	37.5	10.7	2.9	3.8	7.7	28.1	47.2	57.7	108.3	625.8

Nota. Adoptado de SENAMHI

## ANEXO 11. Precipitación histórico media – Estación Moho.

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (MM), ESTACIÓN MOHO													
ESTACIÓN : MOHO			LATITUD : 15° 23' 17.8"				DPTO. : PUNO						
CUENCA : HUANCANÉ			LONGITUD : 69° 29' 03.4"				PROV. : MOHO						
CÓDIGO CO. 110787			ALTITUD : 3890				DIST. : MOHO						
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	T.ANU.
1964	88.7	212.3	229.5	42.6	54.7	0.0	0.0	1.8	27.4	57.7	53.0	101.4	869.1
1965	122.8	109.3	103.5	40.8	4.2	0.8	7.7	0.7	30.0	48.7	62.7	185.1	716.3
1966	156.8	121.2	151.6	38.1	21.2	0.0	0.0	0.5	10.7	37.6	72.4	112.3	722.4
1967	17.8	81.1	190.6	0.5	38.2	7.8	10.1	40.3	78.8	57.7	10.2	174.9	707.9
1968	145.3	112.4	69.9	69.0	29.8	2.5	20.1	14.2	44.4	57.7	157.3	99.0	821.5
1969	178.2	143.6	80.4	45.4	3.5	2.0	27.6	10.5	16.9	13.7	105.2	57.5	684.5
1970	156.2	154.7	167.6	68.5	48.4	0.8	0.2	1.0	52.0	56.0	24.4	192.4	922.2
1971	223.7	263.9	66.8	34.7	5.2	1.2	0.0	23.0	2.6	49.8	68.3	97.3	836.5
1972	215.0	112.4	109.0	46.1	3.3	1.5	2.0	8.7	43.6	54.4	66.6	179.4	842.0
1973	263.8	127.5	116.6	88.7	23.9	1.8	11.5	38.7	98.6	60.4	26.5	88.8	946.8
1974	235.8	179.8	81.9	48.6	1.9	10.0	0.0	26.5	12.7	57.7	32.8	146.0	833.7
1975	207.7	221.0	166.9	48.3	55.0	8.9	0.0	0.5	47.7	73.3	45.3	163.8	1038.4
1976	200.9	95.8	129.8	23.4	71.3	10.7	13.3	9.3	118.7	19.0	8.9	121.5	822.6
1977	94.1	167.6	134.4	3.2	31.4	0.3	3.4	0.2	54.4	47.2	125.2	190.0	851.4
1978	240.8	152.7	141.8	67.0	3.2	11.2	1.5	2.1	28.8	39.5	161.8	190.7	1041.1
1979	193.8	96.4	118.2	113.2	7.6	0.0	12.1	12.8	17.2	122.5	39.7	243.8	977.3
1980	146.7	74.4	160.8	61.1	3.5	3.7	6.1	30.2	86.9	91.0	12.4	49.3	726.1
1981	166.8	162.3	103.7	78.4	9.8	1.0	0.0	41.1	52.8	121.3	50.7	118.5	906.4
1982	166.8	61.2	107.4	67.6	3.0	0.3	1.6	8.5	105.8	74.7	95.8	46.4	739.1
1983	90.2	118.8	55.5	87.6	37.0	5.9	1.4	2.0	72.9	60.1	23.3	60.1	614.8
1984	151.5	129.7	142.7	26.5	31.8	4.7	1.2	43.1	2.8	46.8	134.3	136.6	851.7
1985	212.7	140.6	181.4	135.9	34.6	4.7	0.2	1.0	115.5	42.3	105.4	224.5	1198.8
1986	201.8	207.2	116.5	95.8	44.6	0.0	4.5	41.3	91.8	18.1	76.5	183.4	1081.5
1987	252.1	55.6	109.3	35.2	13.1	7.1	4.5	18.8	10.0	51.4	94.9	84.1	736.1
1988	214.6	158.0	263.1	94.2	57.2	0.0	0.0	0.0	3.8	40.1	14.1	94.8	939.9
1989	92.6	84.1	79.6	96.7	24.8	13.5	3.0	39.0	11.7	16.0	51.9	43.6	556.5
1990	166.6	74.5	58.8	63.8	9.0	4.7	0.0	22.7	25.7	110.1	125.9	102.3	764.1
1991	117.5	182.1	184.5	39.4	31.7	4.7	0.0	7.6	32.0	15.8	63.0	124.6	802.9
1992	156.6	100.7	39.7	21.7	0.0	25.2	1.5	9.0	4.6	84.0	38.8	145.7	627.5
1993	174.6	49.1	65.0	83.6	17.7	18.7	1.4	10.4	30.6	53.3	106.4	124.2	735.0
1994	192.5	102.5	124.4	116.1	21.7	2.8	0.0	2.0	7.4	38.3	74.0	157.3	839.0
1995	133.7	142.7	110.9	7.3	10.0	0.0	0.0	1.7	38.2	28.6	76.5	148.9	698.5
1996	266.5	88.1	78.1	40.5	5.1	0.0	7.6	4.3	23.3	18.1	86.2	169.2	787.0
1997	262.0	159.4	185.3	85.0	9.0	0.0	0.2	24.9	78.3	40.3	145.7	108.8	1098.9
1998	110.1	92.7	144.6	38.4	0.0	11.3	0.0	2.3	3.8	39.7	85.0	20.2	548.1
1999	104.8	63.3	255.4	62.3	4.7	0.5	0.4	0.8	47.8	108.2	50.1	32.9	731.2
2000	143.4	94.3	110.6	19.0	9.7	10.6	0.0	39.2	9.5	114.5	24.8	122.7	698.3
2001	128.2	184.9	181.9	40.6	26.5	5.1	20.3	14.5	8.0	75.9	41.2	136.0	863.1
2002	112.9	260.3	214.0	43.8	18.1	4.4	15.2	13.8	64.6	117.5	136.7	124.0	1125.3
2003	178.6	155.0	137.6	52.3	21.0	10.6	10.1	14.3	47.3	54.7	12.3	219.1	912.8
2004	244.2	114.3	61.1	28.2	4.8	17.2	10.0	30.5	18.3	21.3	69.5	52.1	671.5
2005	144.0	231.3	33.8	49.9	0.5	0.0	0.0	9.0	30.6	94.7	97.2	131.2	822.2
2006	238.4	93.6	69.2	21.8	2.4	0.0	0.0	1.4	55.0	16.9	63.8	148.9	711.4
2007	140.3	96.4	93.6	118.9	7.1	0.0	5.8	0.0	75.0	38.2	100.7	89.8	765.8
2008	219.3	135.6	118.0	7.0	20.2	0.0	0.0	0.0	5.3	85.0	10.5	209.5	810.4
2009	85.2	87.8	47.8	15.5	2.2	0.0	5.8	0.0	12.5	48.0	124.4	158.6	587.8
2010	218.6	182.7	78.4	31.8	35.2	0.9	0.0	4.7	1.9	42.5	0.5	240.4	837.6
2011	56.7	140.6	107.8	8.6	9.9	0.0	5.6	2.3	48.6	45.9	55.6	186.6	668.2
2012	186.8	162.3	145.0	134.9	0.3	2.2	0.0	3.3	13.2	64.2	43.6	253.0	1008.8
2013	173.4	184.0	67.2	11.0	25.3	16.3	8.3	11.8	0.0	113.8	36.6	186.3	834.0
2014	116.6	95.3	60.6	38.1	24.0	4.7	4.5	12.9	38.4	57.7	67.8	135.6	656.1
MED.	166.8	133.7	120.6	53.7	19.2	4.7	4.5	12.9	38.4	57.7	67.8	135.6	815.5

Nota. Adoptado de SENAMHI

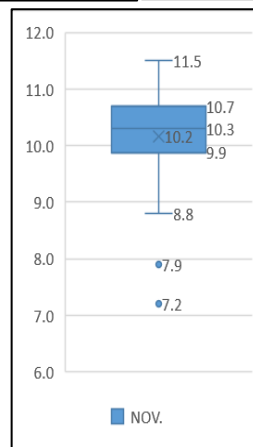
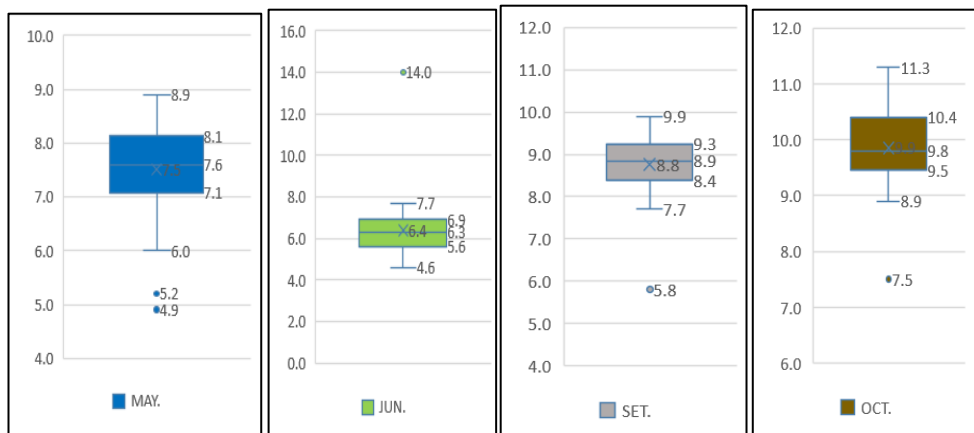
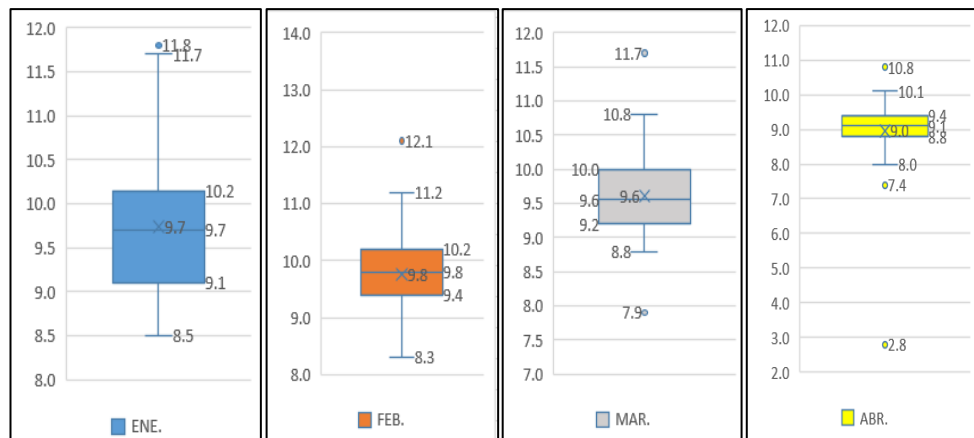
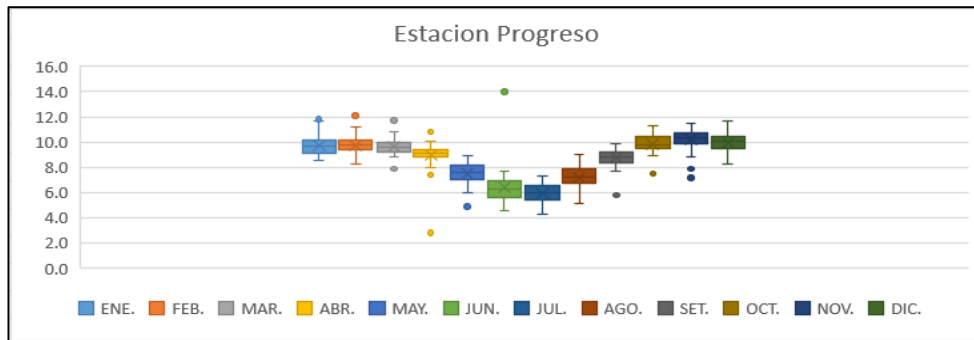


**ANEXO 12.** Caudal promedio mensual – Estación Puente Huancané.

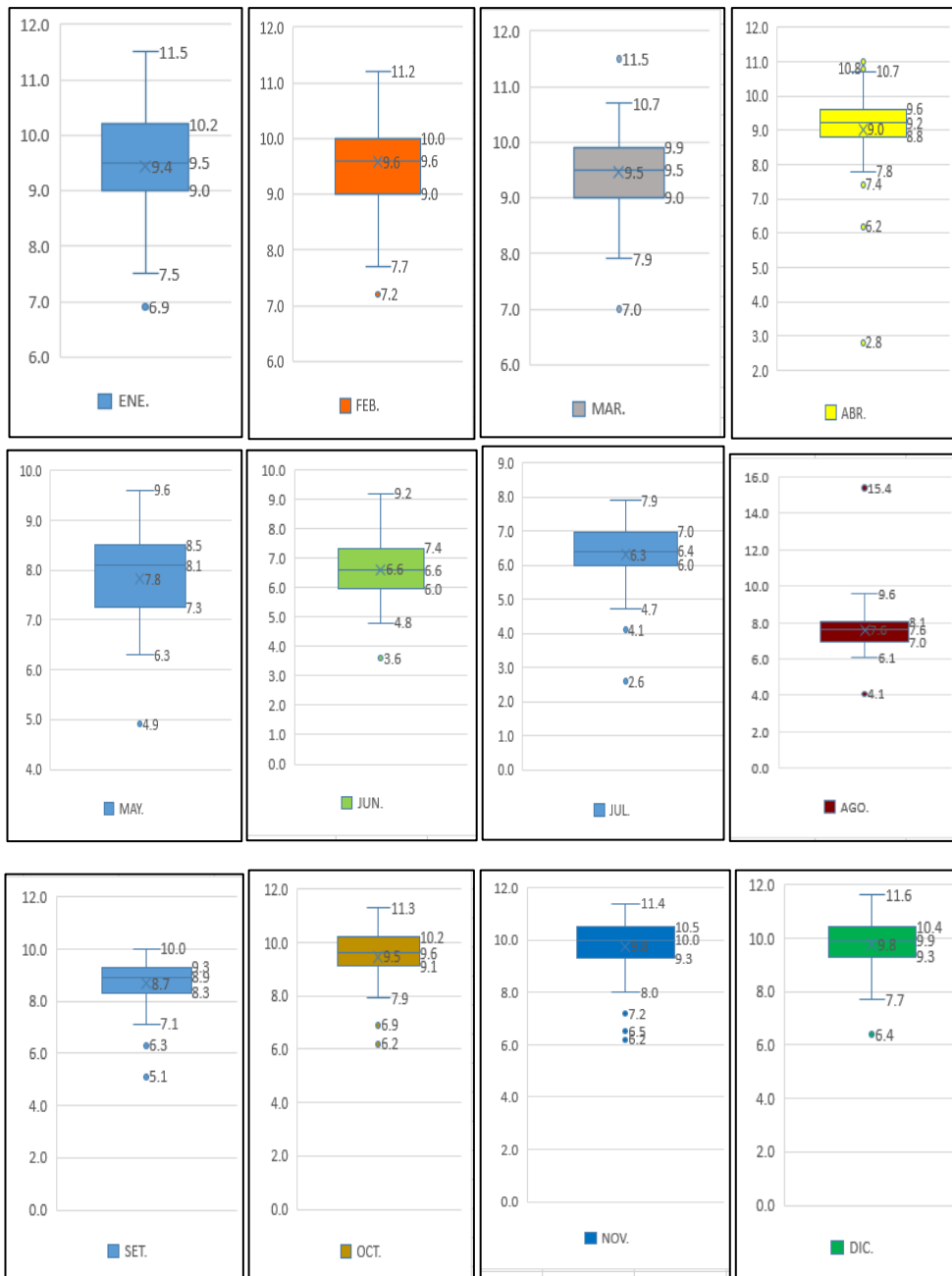
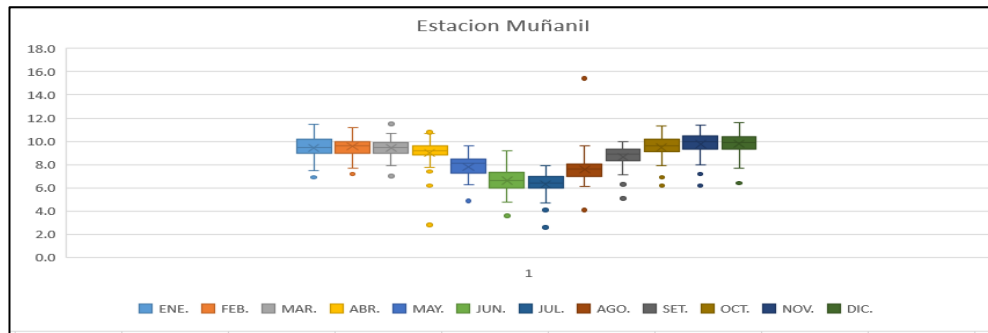
Estación Puente Huancane - Caudal promedio mensual (m <sup>3</sup> /s)													
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	T.ANU.
1964	15.3	52.3	66.4	29.1	9.8	5.6	3.5	2.7	2.0	1.8	1.7	5.6	16.3
1965	47.1	73.5	66.4	29.4	7.9	4.3	3.1	2.4	2.3	1.8	2.6	16.6	21.5
1966	34.4	61.4	47.5	12.0	9.2	4.8	3.5	2.4	1.7	2.2	2.9	8.1	15.8
1967	4.1	13.9	34.5	5.5	3.0	1.8	2.2	1.7	2.1	3.6	0.9	18.9	7.7
1968	11.7	49.7	31.2	14.5	6.8	3.7	3.1	1.9	2.1	2.1	9.8	9.7	12.2
1969	38.8	45.2	17.4	14.8	4.5	2.8	2.7	2.2	1.9	0.8	1.9	2.3	11.3
1970	19.6	86.0	53.3	49.0	11.3	3.7	2.6	1.9	3.0	1.8	1.4	23.4	21.4
1971	54.2	201.6	80.1	11.7	5.6	3.8	3.1	2.3	1.7	1.7	3.4	3.1	31.0
1972	34.0	47.2	27.5	16.6	6.1	4.2	3.4	2.4	2.5	1.6	7.9	16.6	14.2
1973	46.0	57.0	53.6	39.0	13.3	4.4	4.4	4.1	4.1	4.7	4.5	7.0	20.2
1974	60.2	95.0	66.4	24.3	8.2	5.2	4.0	4.3	4.4	4.0	4.2	7.4	24.0
1975	20.6	95.1	64.3	24.1	8.9	4.5	5.3	3.5	2.8	2.6	4.8	16.1	21.0
1976	70.0	57.5	39.9	11.8	6.4	5.0	3.2	2.6	5.6	2.6	1.5	2.6	17.4
1977	12.0	38.5	68.2	22.3	5.3	3.6	2.1	1.6	2.1	1.9	5.6	8.7	14.3
1978	35.7	72.9	54.0	19.9	7.3	4.1	2.8	1.5	1.3	1.3	5.6	48.4	21.2
1979	130.2	63.7	41.1	33.6	13.9	5.6	4.0	2.7	1.6	4.1	2.5	10.4	26.1
1980	22.8	31.7	40.6	18.8	5.0	3.2	2.5	1.9	2.0	3.3	3.1	2.4	11.4
1981	66.5	66.1	95.7	32.4	6.3	3.0	3.5	3.0	2.6	7.5	7.7	17.1	26.0
1982	95.5	24.1	64.0	36.2	10.7	5.0	3.5	3.0	4.6	6.5	17.4	18.8	24.1
1983	14.4	37.4	8.7	7.6	5.0	3.0	2.1	1.5	1.5	1.6	1.3	2.6	7.2
1984	55.3	126.3	61.3	32.0	9.2	5.1	3.5	2.8	2.7	3.7	7.7	23.6	27.8
1985	96.2	67.5	60.2	67.7	25.6	13.8	5.7	3.5	6.6	5.5	9.6	12.4	31.2
1986	132.1	94.8	118.9	47.7	24.6	7.5	4.9	3.2	4.3	4.1	6.7	31.7	40.0
1987	70.5	44.8	20.6	15.7	6.7	4.0	3.7	1.9	1.3	1.4	4.0	5.7	15.0
1988	54.2	39.2	53.2	66.3	17.4	5.7	3.6	2.8	2.4	2.7	1.4	2.7	21.0
1989	19.3	31.6	41.2	21.3	8.1	4.2	3.7	2.1	1.6	1.9	2.6	2.6	11.7
1990	17.9	18.2	10.8	7.4	4.1	3.5	2.6	2.0	1.6	2.3	11.1	17.3	8.2
1991	20.5	22.5	26.1	25.1	13.0	7.3	5.2	4.1	3.9	3.8	5.7	8.8	12.2
1992	47.2	36.0	30.3	9.4	4.5	3.4	2.4	3.7	1.6	1.7	2.5	8.0	12.6
1993	45.2	31.7	30.3	25.9	11.4	5.9	3.8	2.8	3.1	5.0	9.5	35.7	17.5
1994	48.1	86.6	48.0	59.5	19.0	7.9	5.9	3.7	2.9	3.8	7.8	21.9	26.3
1995	40.4	24.0	50.8	17.2	6.5	4.3	3.4	2.9	2.8	2.8	4.0	4.1	13.6
1996	21.6	33.6	20.4	16.7	5.8	3.5	2.4	1.9	1.7	1.9	3.7	12.6	10.5
1997	56.6	90.3	97.0	42.7	11.0	5.9	3.6	3.8	2.6	4.1	8.5	4.8	27.6
1998	8.5	28.7	31.0	22.8	5.2	3.0	2.6	2.2	2.0	3.9	3.6	6.5	10.0
1999	13.5	21.3	56.7	27.1	11.1	4.0	2.5	2.2	2.6	4.2	3.8	5.3	12.9
2000	15.3	47.1	52.0	10.9	5.1	4.3	3.0	2.4	2.1	4.3	3.2	6.0	13.0
2001	105.2	77.4	123.8	33.5	21.0	8.2	5.2	3.9	4.5	8.2	6.0	12.5	34.1
2002	21.1	82.5	107.2	45.3	13.4	4.9	4.4	3.5	4.8	14.5	18.2	52.5	31.0
2003	98.0	121.6	127.7	80.2	11.7	6.4	5.6	4.6	4.2	7.8	5.5	12.8	40.5
2004	149.6	92.2	24.9	15.6	14.3	4.7	3.9	3.4	4.5	2.6	7.4	6.4	27.5
2005	25.4	88.7	27.2	23.1	7.3	3.6	2.7	1.8	1.3	4.0	4.4	11.5	16.7
2006	78.9	37.1	40.2	27.1	9.7	5.5	3.4	2.0	3.4	5.6	10.1	21.9	20.4
2007	57.1	30.5	56.6	42.6	20.1	8.7	4.6	3.3	3.5	3.2	7.1	11.1	20.7
2008	20.9	36.3	32.9	7.3	1.4	1.8	2.0	1.4	1.4	2.5	2.2	27.7	11.5
2009	26.5	23.6	21.7	11.2	4.5	3.4	3.3	2.5	1.7	4.4	6.8	19.6	10.8
2010	45.9	60.2	43.1	17.0	8.7	4.1	3.3	2.6	3.3	5.8	5.8	9.3	17.4
2011	37.8	58.7	33.5	18.9	6.8	4.5	3.6	2.9	2.8	9.8	4.1	10.2	16.1
2012	25.5	97.6	67.7	41.3	10.6	4.2	3.0	2.5	2.5	2.4	2.5	10.5	22.5
2013	50.6	191.2	94.6	45.0	12.9	5.3	3.9	3.0	2.4	3.1	3.8	8.1	35.3
2014	33.9	79.1	43.2	20.2	6.5	3.3	2.7	2.4	2.2	2.4	3.5	8.7	17.3
PROM.	46.5	62.6	52.4	27.4	9.6	4.8	3.5	2.7	2.7	3.7	5.4	13.3	19.5

Nota. Adoptado de ANA

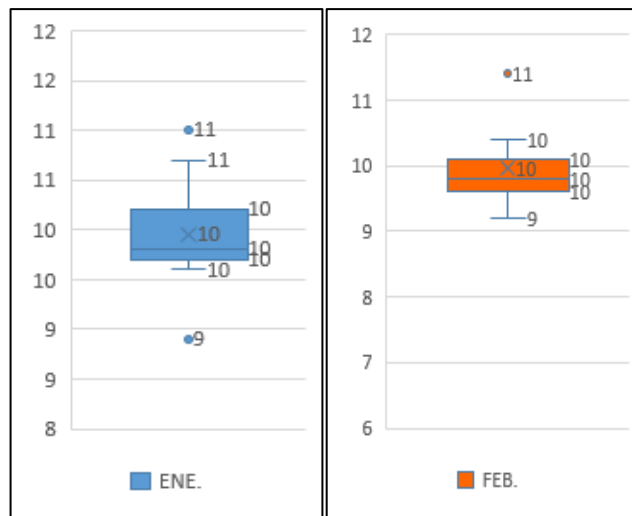
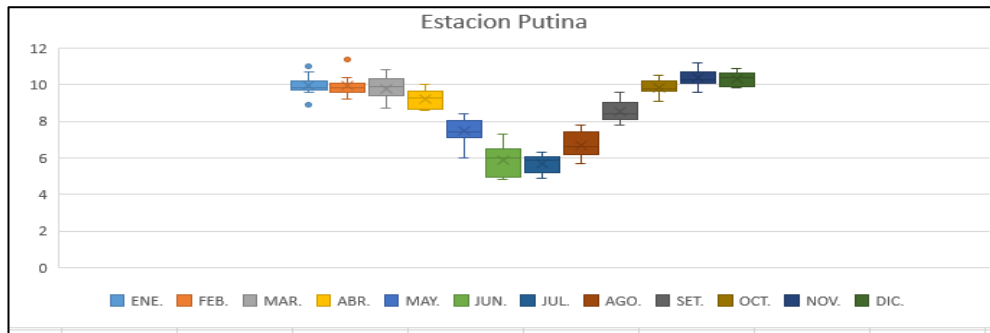
### ANEXO 13. Análisis de caja y bigotes de temperatura media, estación Progreso.



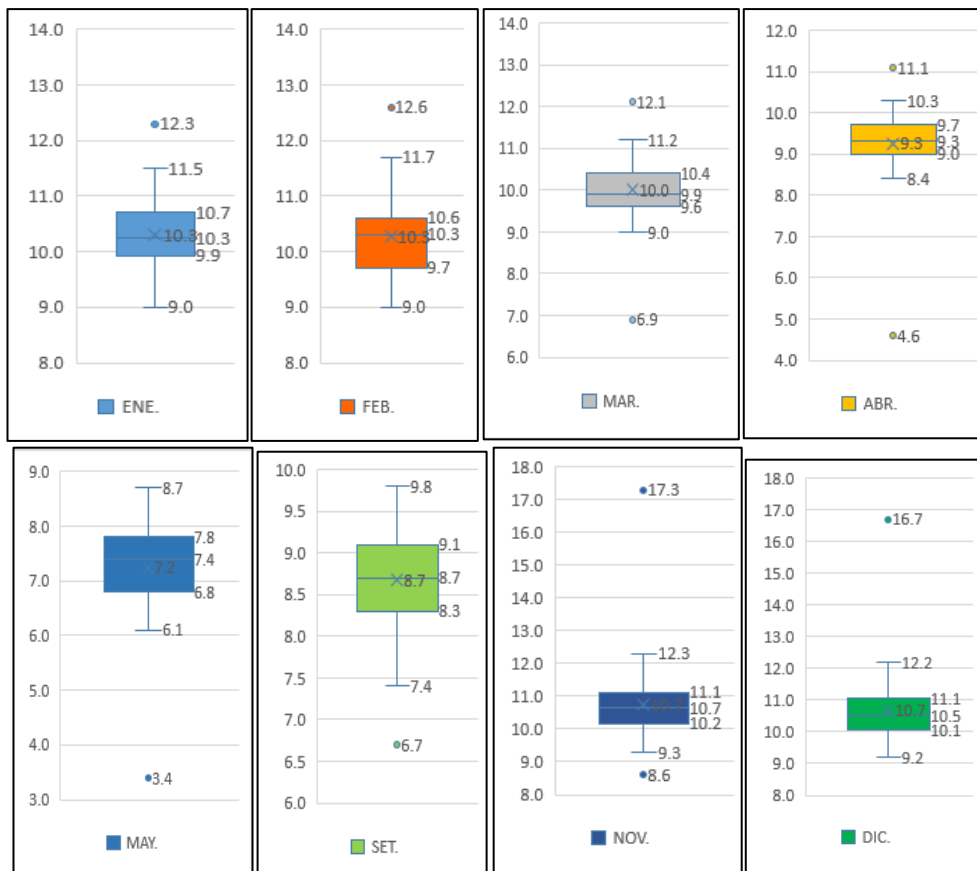
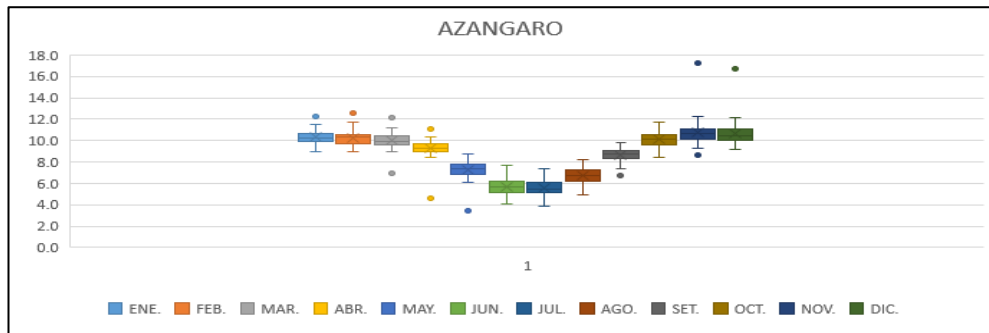
### ANEXO 14. Análisis de caja y bigotes de temperatura media, estación Muñani.



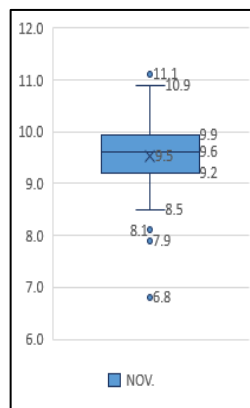
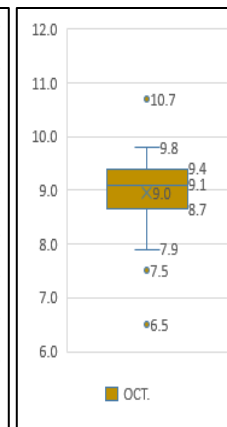
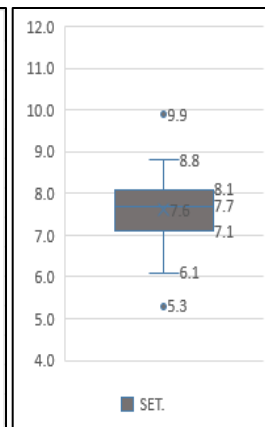
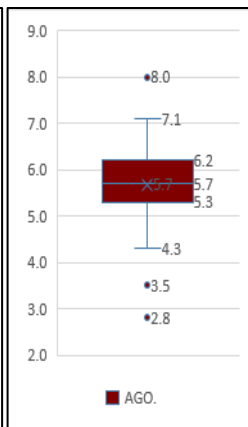
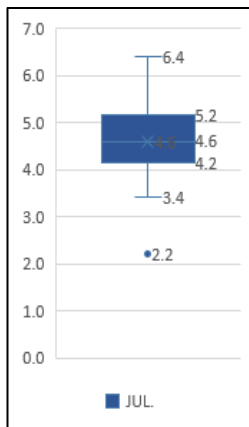
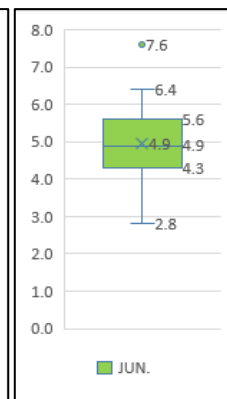
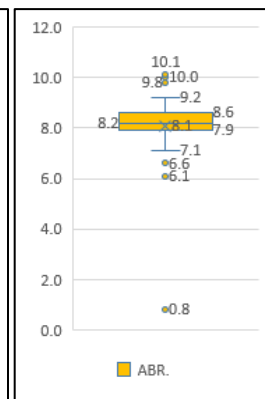
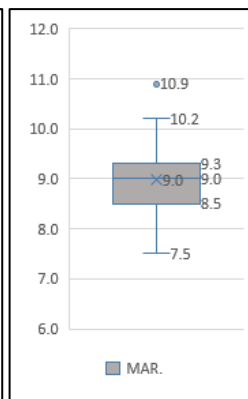
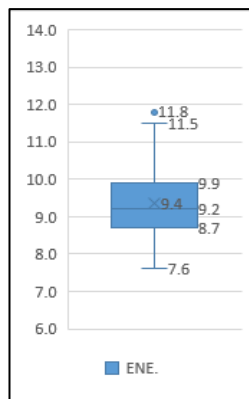
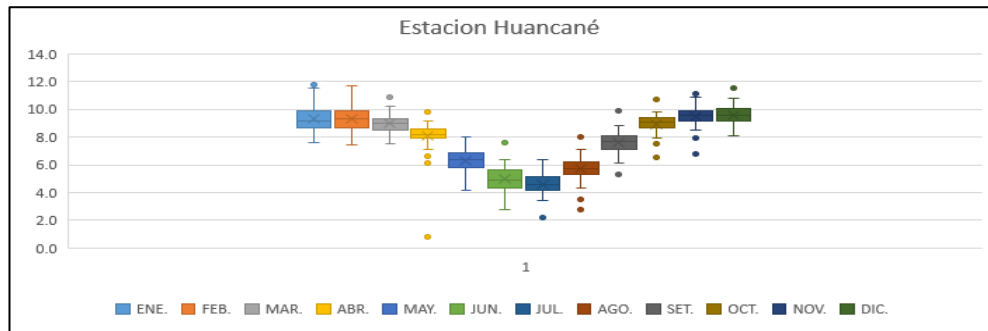
### ANEXO 15. Análisis de caja y bigotes de temperatura media, estación Putina.



**ANEXO 16.** Análisis de caja y bigotes de temperatura media, estación Azángaro.

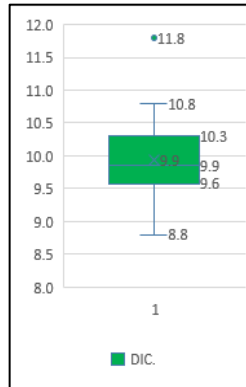
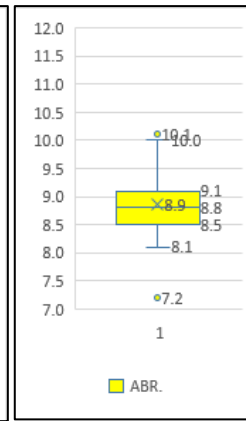
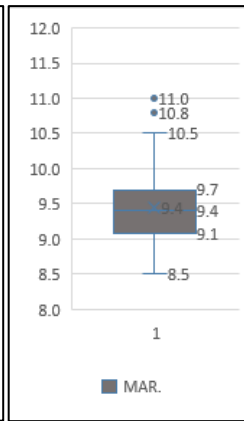
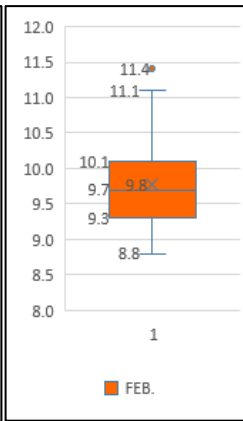
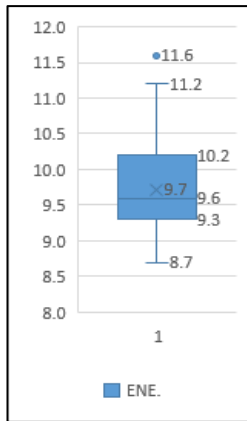
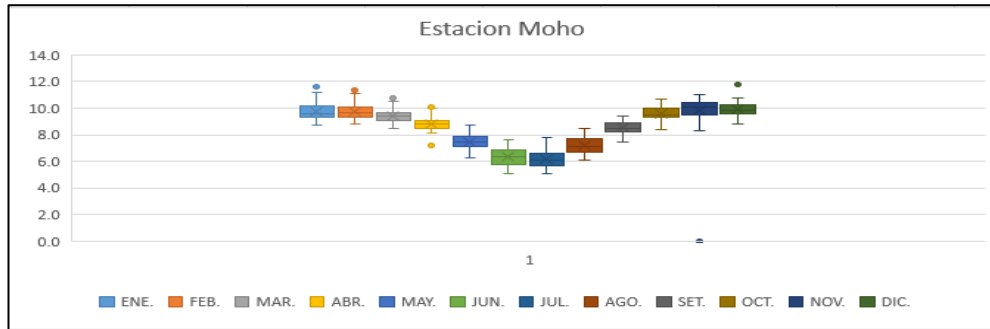


### ANEXO 17. Análisis de caja y bigotes de temperatura media, estación Huancané.



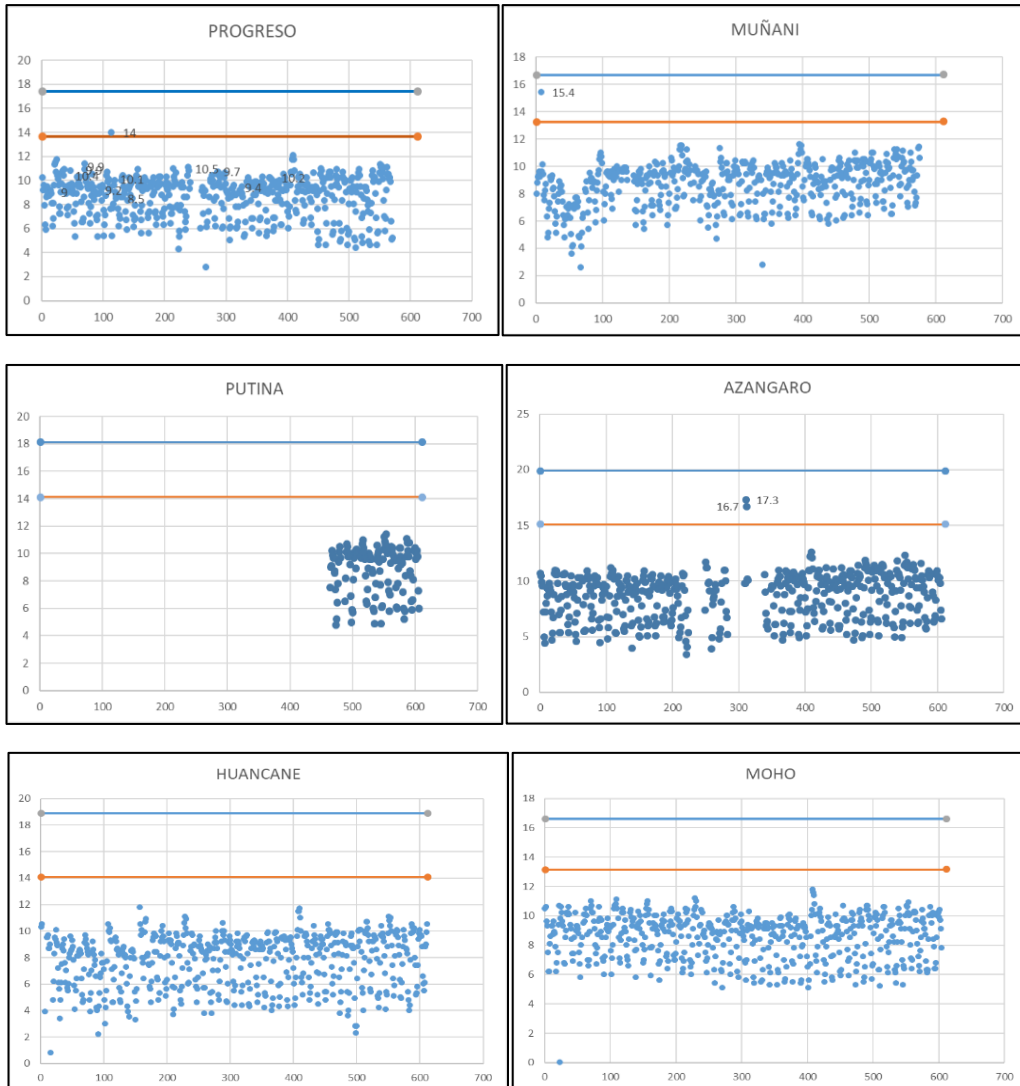


### ANEXO 18. Análisis de caja y bigotes de temperatura media, estación Moho

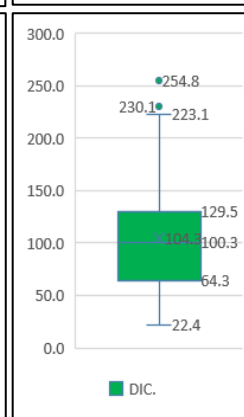
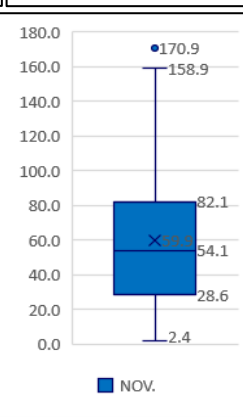
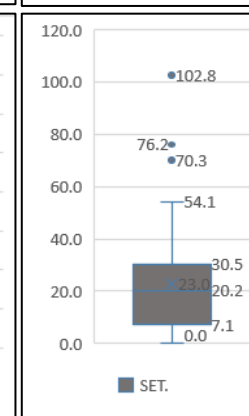
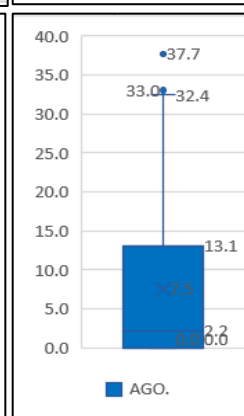
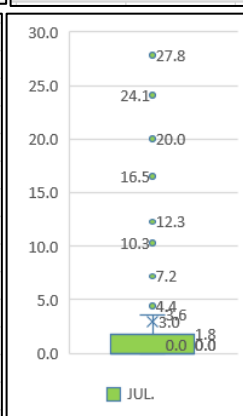
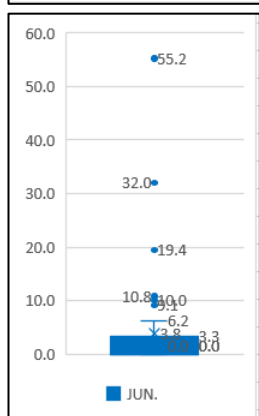
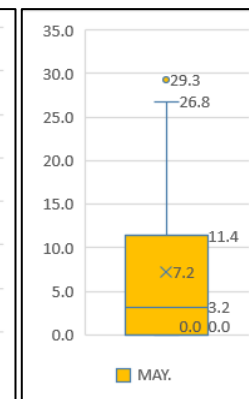
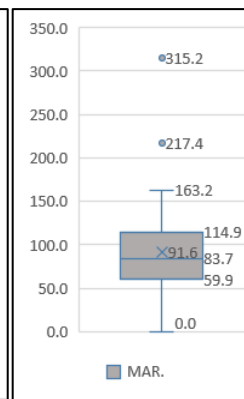
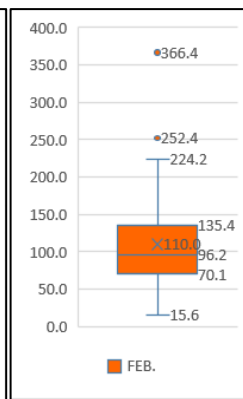
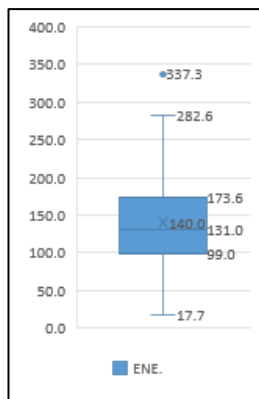
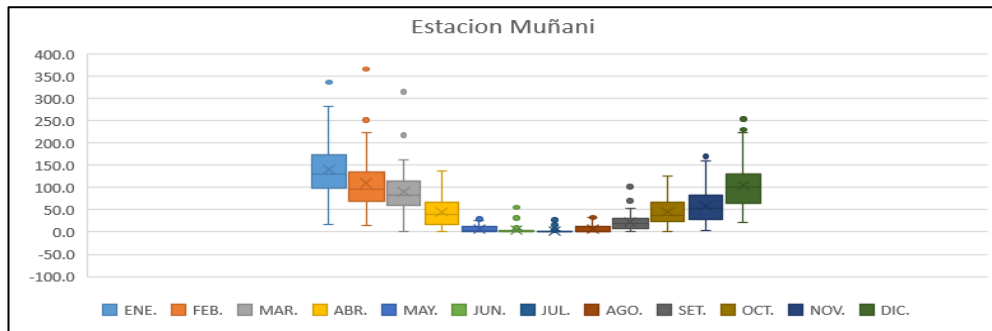


### ANEXO 19. Análisis de cercas, temperatura media.

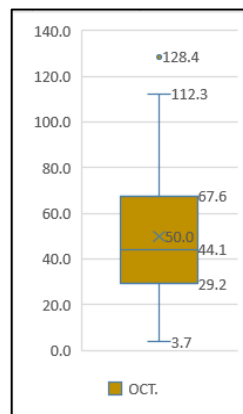
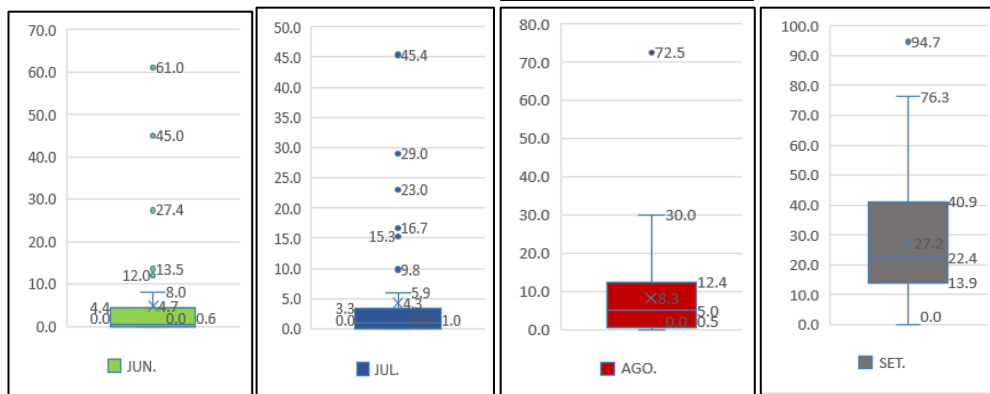
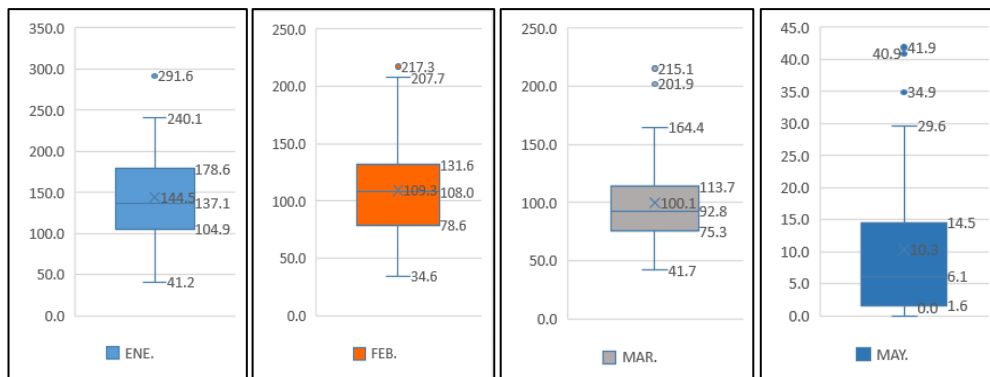
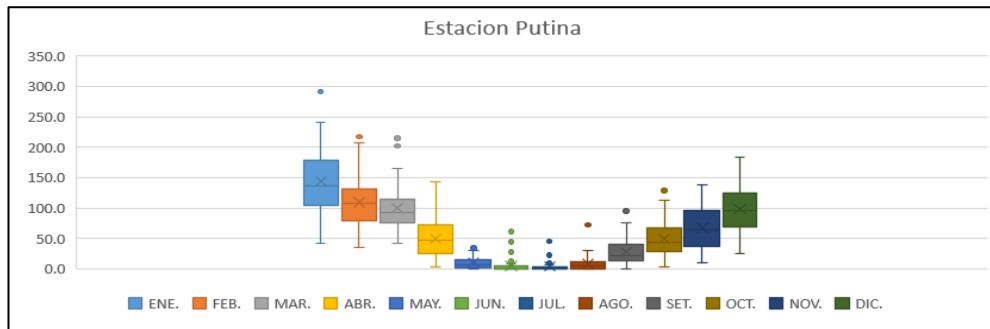
	CUARTIL	Q1	7.4	7.5	7.1	7.4	6.1	7.4
	CUARTIL	Q3	9.9	9.8	10.3	10.1	9.3	9.7
	RANGO (RI)	Q3-Q1	2.5	2.3	3.2	2.7	3.2	2.3
	PASO	1.5*RI	3.8	3.5	4.8	4.0	4.8	3.5
	Cl <sub>i</sub>	Q1-PASO	3.7	4.1	2.3	3.4	1.3	4.0
1	Cl <sub>s</sub>	Q3+PASO	13.7	13.3	15.1	14.1	14.1	13.2
612			13.7	13.3	15.1	14.1	14.1	13.2
	CE <sub>i</sub>	Q1-2*PASO	-0.1	0.6	-2.5	-0.6	-3.5	0.5
1	CE <sub>s</sub>	Q3+2*PASO	17.4	16.7	19.9	18.1	18.9	16.6
612			17.4	16.7	19.9	18.1	18.9	16.6



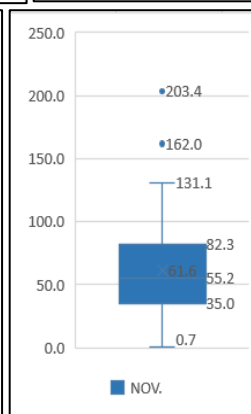
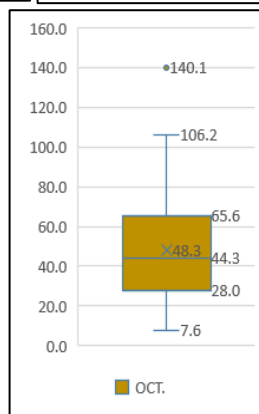
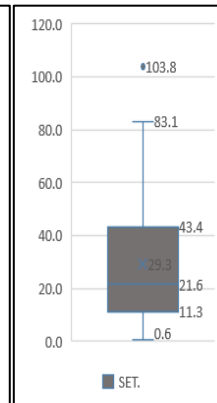
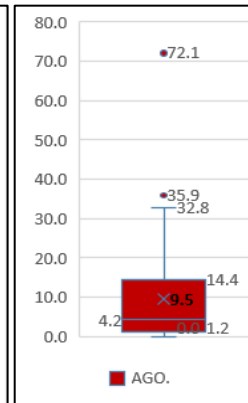
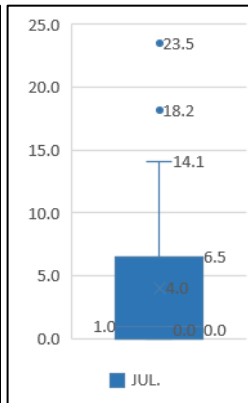
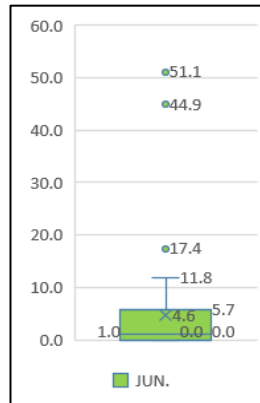
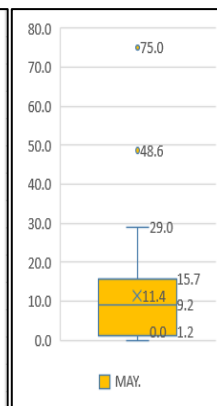
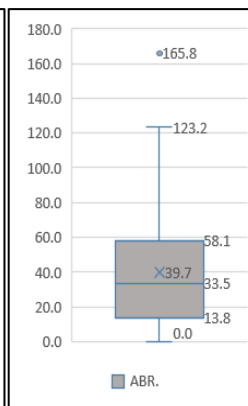
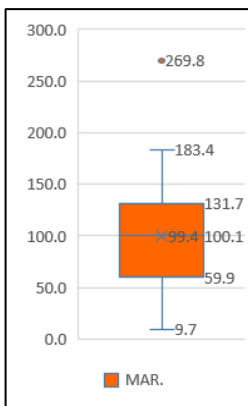
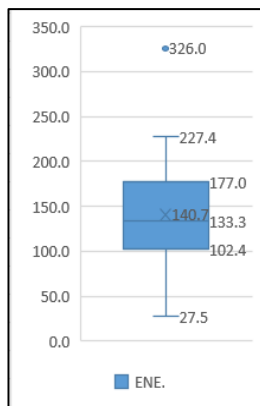
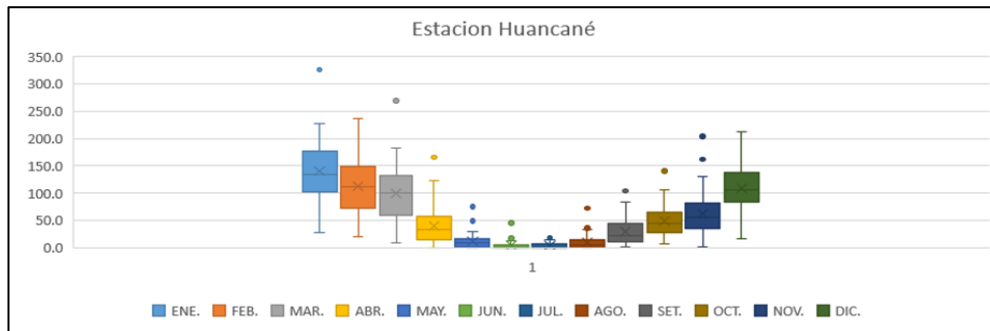
### ANEXO 20. Análisis de caja y bigotes de precipitación media, estación Muñani.



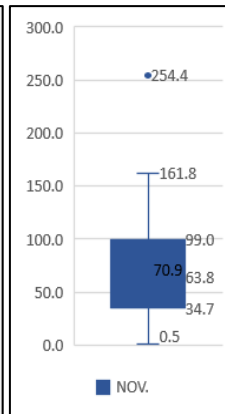
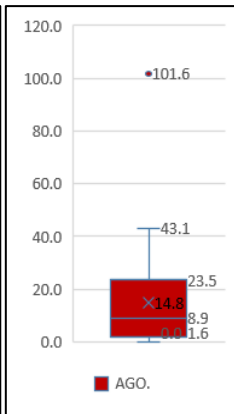
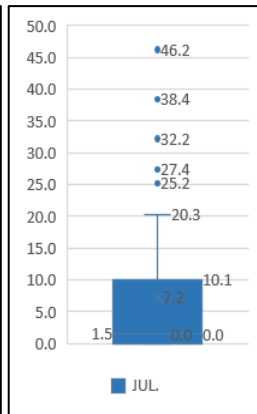
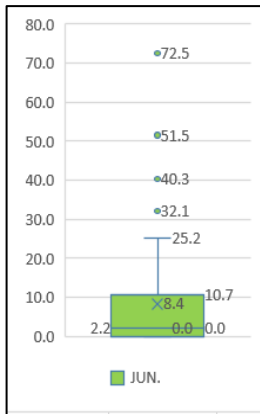
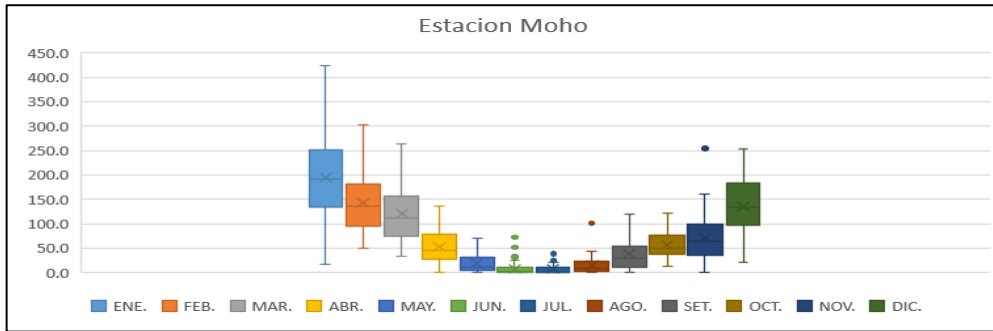
### ANEXO 21. Análisis de caja y bigotes de precipitación media, estación Putina.



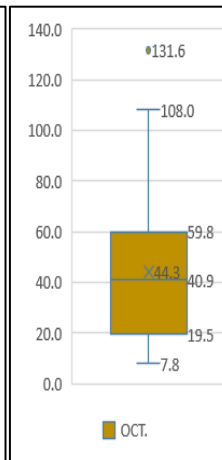
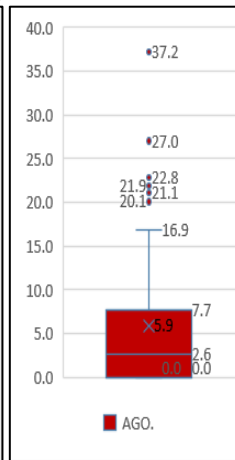
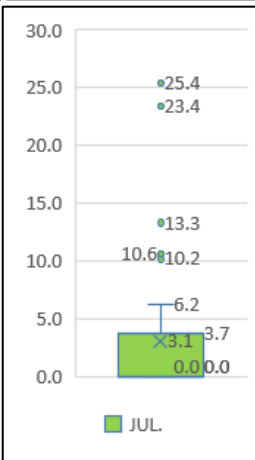
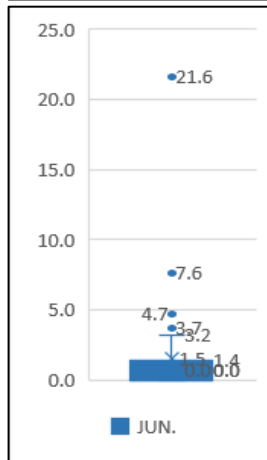
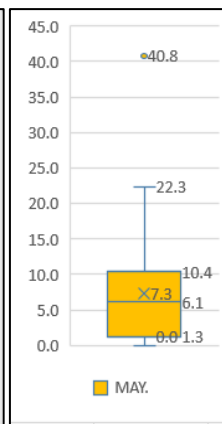
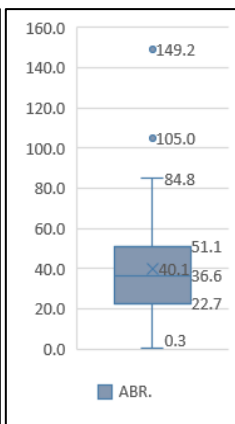
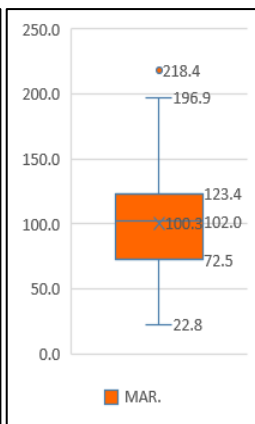
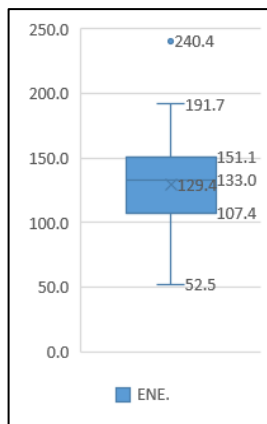
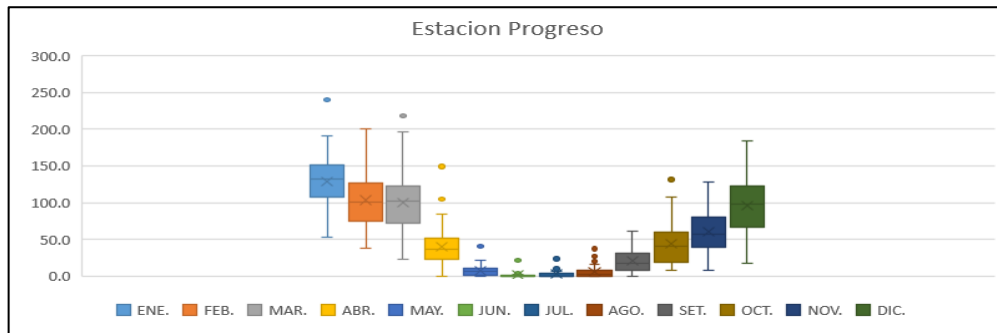
## ANEXO 22. Análisis de caja y bigotes de precipitación media, estación Huancané.



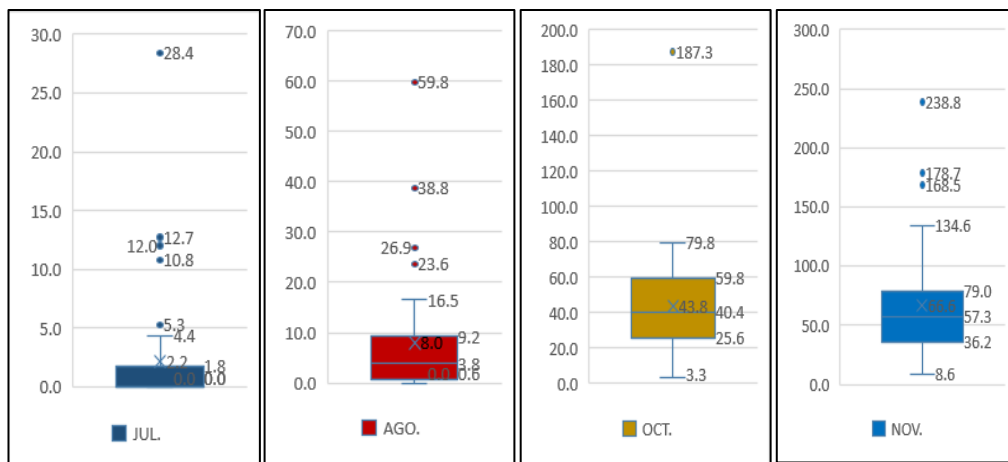
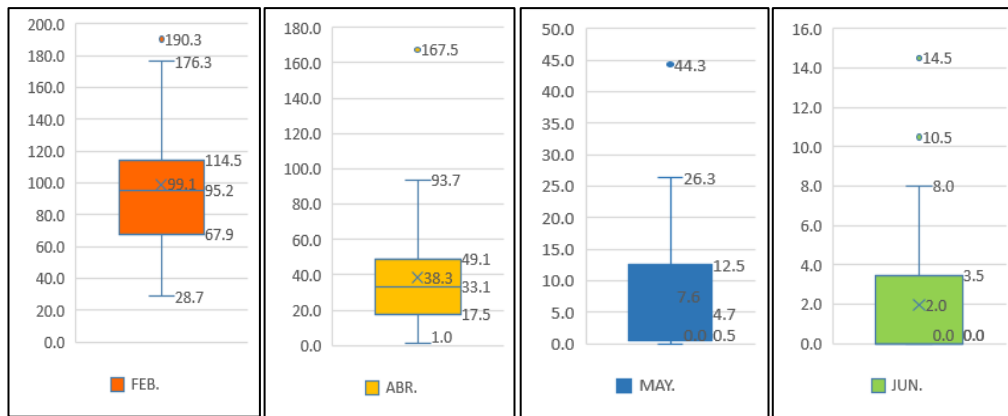
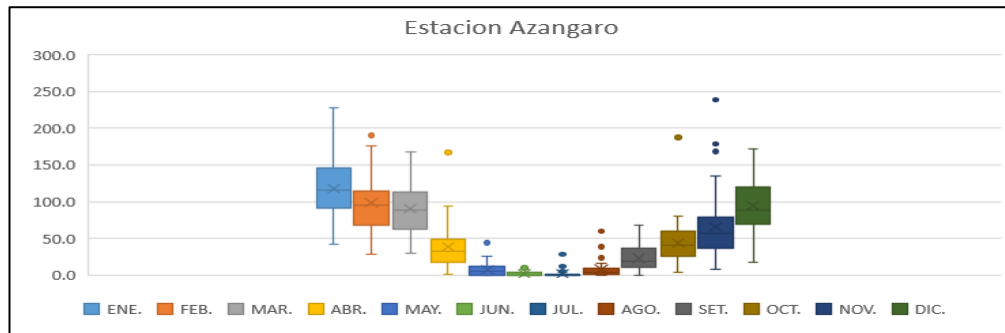
**ANEXO 23.** Análisis de caja y bigotes de precipitación media, estación Moho.



**ANEXO 24.** Análisis de caja y bigotes de precipitación media, estación Progreso.

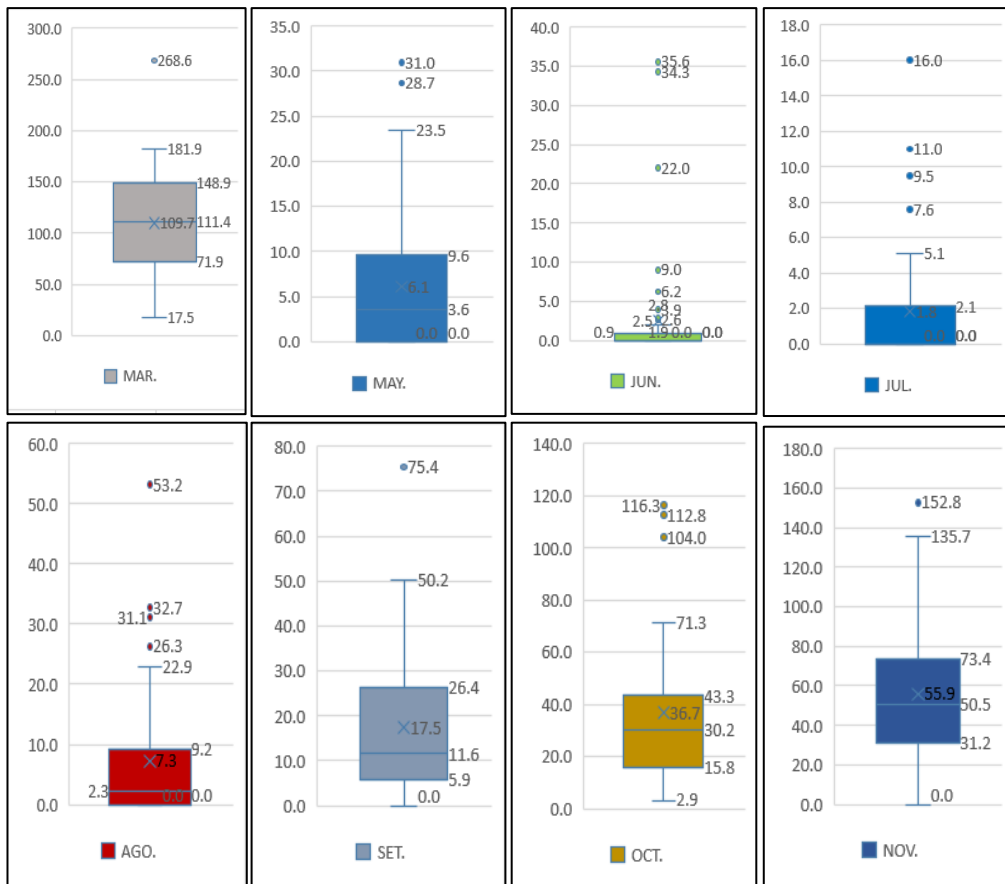
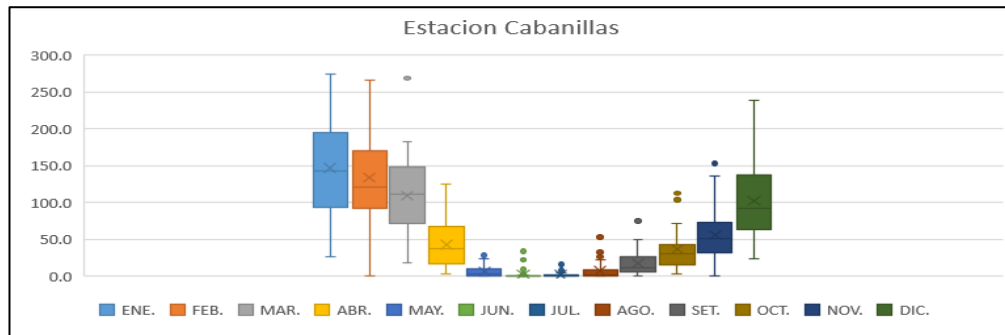


**ANEXO 25.** Análisis de caja y bigotes de precipitación media, estación Azángaro.

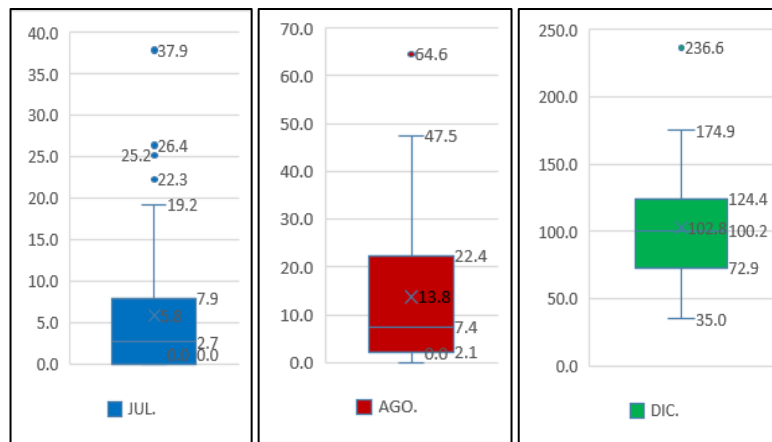
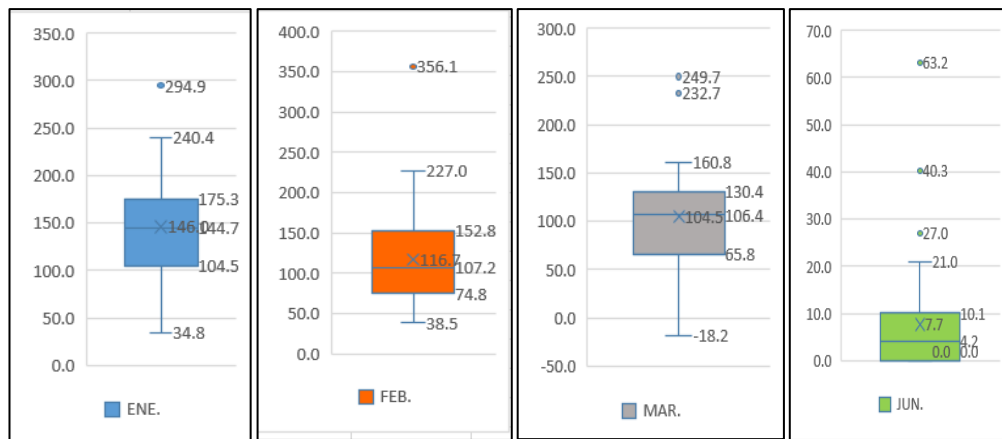
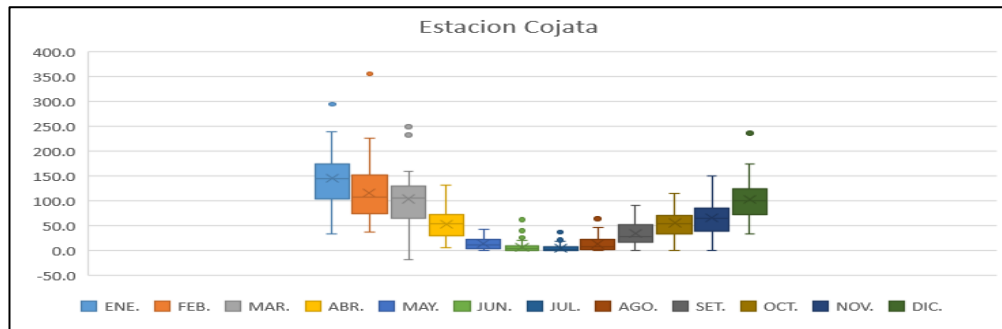




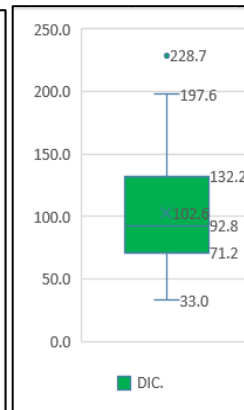
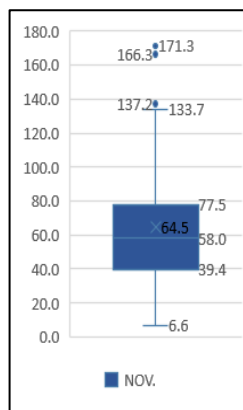
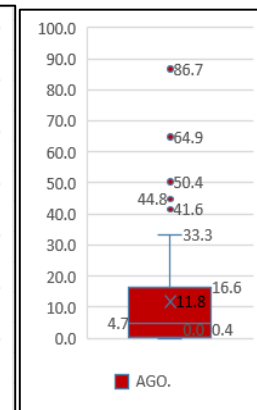
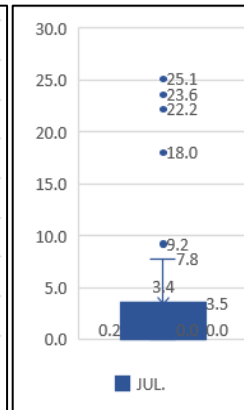
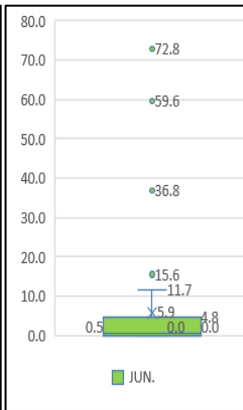
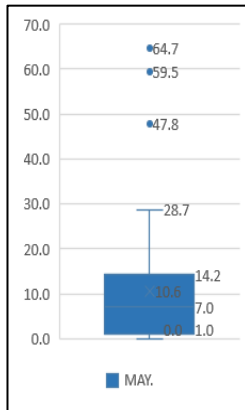
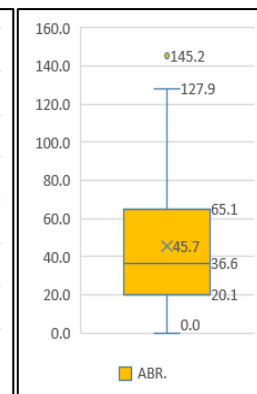
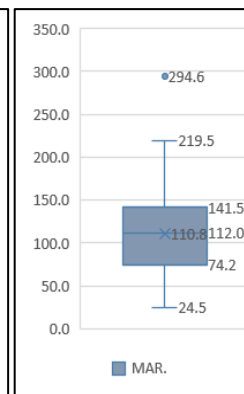
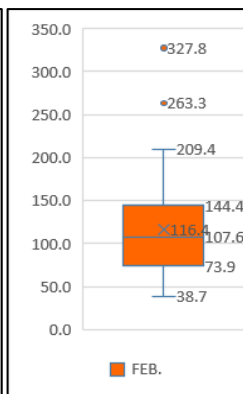
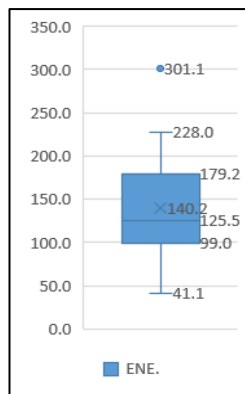
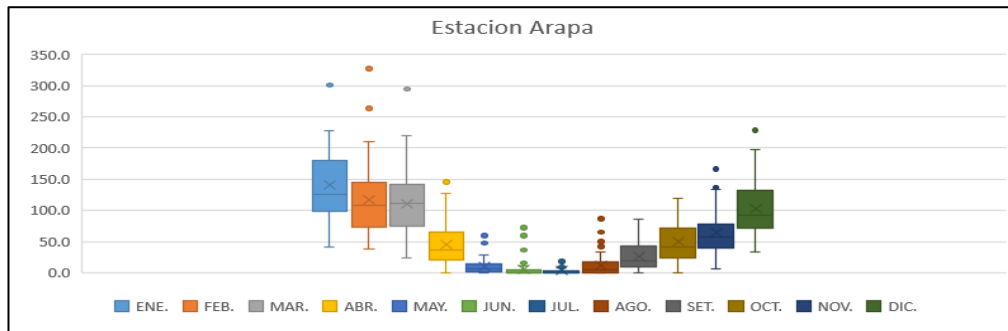
**ANEXO 26.** Análisis de caja y bigotes de precipitación media, estación Cabanillas.



### ANEXO 27. Análisis de caja y bigotes de precipitación media, estación Cojata.



### ANEXO 28. Análisis de caja y bigotes de precipitación media, estación Arapa.



### ANEXO 29. Análisis de cercas, precipitación media.

	CUARTIL Q1	4.6	6.8	6.5	11.6	5.4	5.7	3.5	12.3	6.5	
	CUARTIL Q3	87.0	95.3	78.5	114.2	85.3	83.4	93.4	92.0	92.9	
	RANGO (RI)	Q3-Q1	82.5	88.5	72.0	102.6	79.9	77.8	89.9	79.7	86.5
	PASO	1.5*RI	123.7	132.8	108.0	153.9	119.8	116.6	134.8	119.6	129.7
	Cli	Q1-PASO	-119.1	-126.0	-101.5	-142.4	-114.4	-111.0	-131.3	-107.3	-123.2
612	1 CIs	Q3+PASO	210.7	228.1	186.5	268.1	205.0	200.1	228.2	211.6	222.6
			210.7	228.1	186.5	268.1	205.0	200.1	228.2	211.6	222.6
	CEi	Q1-2*PASO	-242.8	-258.7	-209.5	-296.3	-234.2	-227.6	-266.1	-226.8	-252.9
1	CEs	Q3+2*PASO	334.4	360.8	294.5	422.1	324.8	316.7	363.0	331.1	352.3
			334.4	360.8	294.5	422.1	324.8	316.7	363.0	331.1	352.3

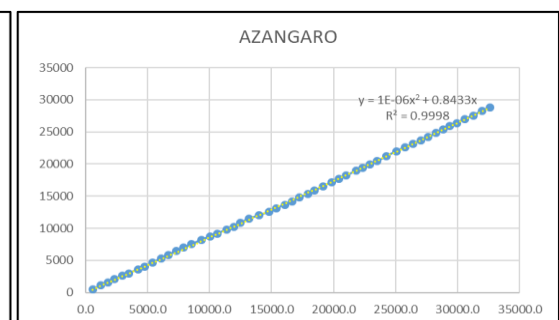
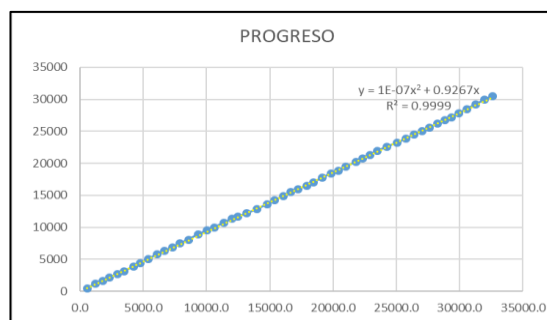
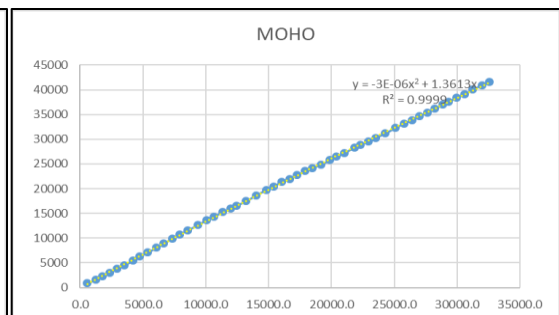
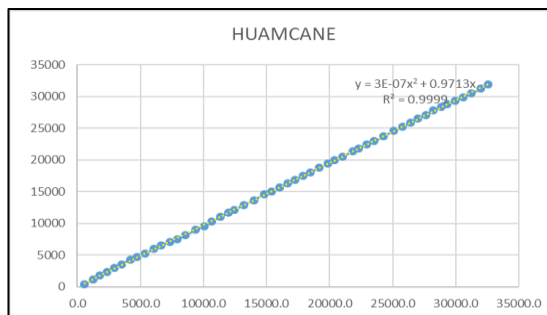
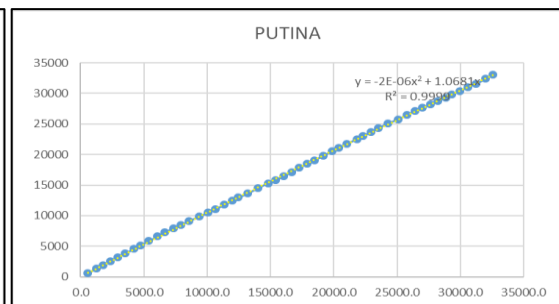
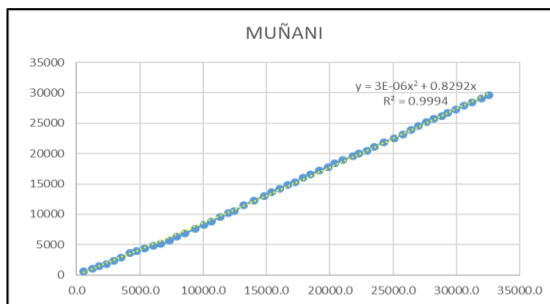
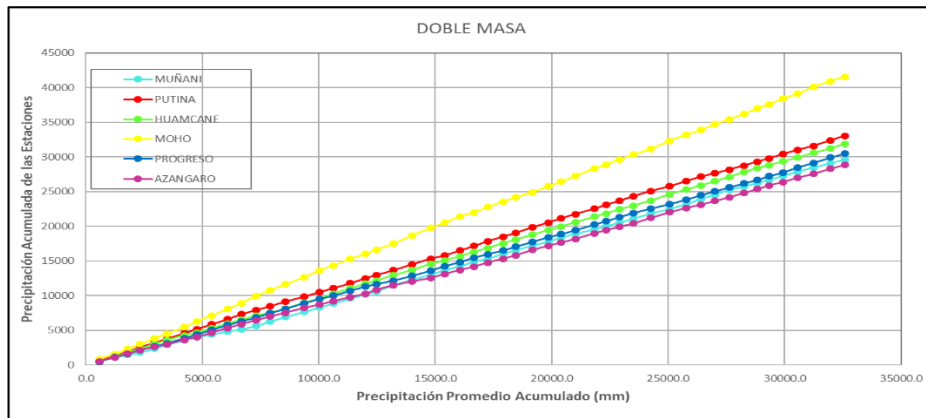




### ANEXO 30. Análisis de doble masa precipitación media anual.

Año	MUÑANI		PUTINA		HUAMCANE		MOHO		PROGRESO		AZANGARO		PROMEDIO	
	Xi	Acum	Xi	Acum	Xi	Acum	Xi	Acum	Xi	Acum	Xi	Acum	Xi	Acum
1964	580.1	580.1	574	574	435.1	435.1	869.1	869.1	464.1	464.1	520.9	520.9	573.9	573.9
1965	458	1038	796.1	1370	736.8	1172	716.3	1585	701.8	1166	579.5	1100	664.7	1238.6
1966	442.5	1481	542.5	1913	625.2	1797	722.4	2308	422.6	1589	512.0	1612	544.5	1783.2
1967	308	1789	679.7	2592	511	2308	707.9	3016	539.4	2128	493.7	2106	540.0	2323.1
1968	579.1	2368	614.5	3207	706.4	3015	821.5	3837	543.9	2672	494.2	2600	626.6	2949.7
1969	541	2909	593.2	3800	547.5	3562	684.5	4522	464.9	3137	375.6	2976	534.5	3484.2
1970	685.8	3595	789.4	4589	720.5	4283	922.2	5444	721.7	3858	651.8	3628	748.6	4232.8
1971	401.8	3996	586.7	5176	379.6	4662	836.5	6280	537.7	4396	395.7	4023	523.0	4755.8
1972	412.2	4409	675.3	5851	624.1	5286	842	7122	639.9	5036	599.8	4623	632.2	5388.0
1973	422.6	4831	759.6	6611	647.9	5934	946.8	8069	717.5	5753	702.5	5326	699.5	6087.5
1974	321.2	5152	704.2	7315	559.5	6494	833.7	8903	528.9	6282	533.8	5860	580.2	6667.7
1975	474	5626	606.4	7922	608.1	7102	1038	9941	560.5	6843	599.3	6459	647.8	7315.4
1976	638.4	6265	573.7	8495	431.7	7533	822.6	10764	626.9	7470	512.3	6971	600.9	7916.3
1977	640.4	6905	645.5	9141	569.3	8103	851.4	11615	618.9	8089	565.5	7537	648.5	8564.8
1978	734.6	7640	720.5	9861	858.4	8961	1041	12656	823.8	8912	680.8	8217	809.8	9374.7
1979	659.9	8300	651.7	10513	593.1	9554	977.3	13634	584.8	9497	498.0	8715	660.8	10035.4
1980	544	8844	562.6	11075	707.8	10262	726.1	14360	496.5	9994	466.9	9182	584.0	10619.4
1981	733.2	9577	693.6	11769	777.2	11039	906.4	15266	699.1	10693	600.4	9783	735.0	11354.4
1982	588.1	10165	722.9	12492	652.4	11691	739.1	16005	606.6	11299	482.8	10266	632.0	11986.4
1983	412.3	10577	466.7	12959	447.7	12139	614.8	16620	358.6	11658	565.6	10831	477.6	12464.0
1984	905.7	11483	690.7	13649	771.5	12911	851.7	17472	506.3	12164	653.2	11484	729.8	13193.8
1985	784.1	12267	866.5	14516	762.2	13673	1199	18670	690.9	12855	552.0	12036	809.1	14002.9
1986	755.9	13023	803.6	15319	879.4	14552	1081	19752	737.6	13593	516.8	12553	795.8	14798.7
1987	624.8	13647	474.4	15794	515.2	15067	736.1	20488	661.1	14254	566.5	13120	596.4	15395.1
1988	591.9	14239	699.6	16493	587.8	15655	939.9	21428	572.5	14827	565.6	13685	659.6	16054.7
1989	622.1	14861	658.8	17152	659.6	16315	556.5	21984	655.3	15482	495.5	14181	608.0	16662.6
1990	461	15322	674.6	17827	545.9	16861	764.1	22749	482	15964	579.4	14760	584.5	17247.1
1991	679	16001	680.1	18507	677.6	17538	802.9	23551	565.8	16530	565.6	15326	661.8	17908.9
1992	555.6	16557	552	19059	550.4	18089	627.5	24179	526	17056	503.1	15829	552.4	18461.3
1993	619.9	17177	777	19836	678.8	18767	735	24914	696.5	17752	742.3	16571	708.2	19169.6
1994	591.9	17769	700	20536	669.8	19437	839	25753	658.8	18411	619.9	17191	679.9	19849.5
1995	587.6	18356	588.6	21125	522.4	19960	698.5	26451	456.5	18867	460.1	17651	552.3	20401.8
1996	558.5	18915	641.7	21766	605.7	20565	787	27238	561.2	19429	538.3	18190	615.4	21017.2
1997	620.3	19535	770.4	22537	799.1	21364	1099	28337	829.4	20258	795.9	18985	819.0	21836.2
1998	467.9	20003	540.1	23077	476.9	21841	548.1	28885	478.8	20737	431.6	19417	490.6	22326.8
1999	492.2	20495	585.8	23663	591.5	22433	731.2	29617	580.5	21317	514.3	19931	582.6	22909.3
2000	595.9	21091	667.3	24330	539.8	22973	698.3	30315	604.5	21922	493.1	20424	599.8	23509.1
2001	727.3	21818	748.2	25078	734.1	23707	863.1	31178	638.1	22560	777.1	21201	748.0	24257.1
2002	670.1	22488	692.2	25770	895.4	24602	1125	32303	655.4	23215	813.6	22015	808.7	25065.8
2003	688.3	23177	728.1	26498	664	25266	912.8	33216	633.8	23849	630.6	22646	709.6	25775.4
2004	755.6	23932	660.6	27159	625.1	25891	671.5	33888	633	24482	480.6	23126	637.7	26413.1
2005	592.6	24525	471.6	27631	606.1	26497	822.2	34710	576.2	25058	525.0	23651	598.9	27012.1
2006	714.4	25239	537.5	28168	620.7	27118	711.4	35421	537.4	25596	525.4	24177	607.8	27619.8
2007	461.1	25701	586.4	28755	694.4	27812	765.8	36187	588.5	26184	633.8	24810	621.7	28241.5
2008	515.3	26216	549.5	29304	585.4	28398	810.4	36997	505.8	26690	538.0	25348	584.1	28825.6
2009	442.7	26659	486.9	29791	433.8	28832	587.8	37585	533.4	27223	551.0	25900	505.9	29331.5
2010	583	27242	610.1	30401	520.7	29352	837.6	38423	550.8	27774	499.4	26399	600.3	29931.8
2011	611.2	27853	612.1	31013	569.2	29922	668.2	39091	723.1	28497	614.9	27014	633.1	30564.9
2012	613.1	28466	583.9	31597	651.7	30573	1009	40100	666.2	29163	552.2	27566	679.3	31244.2
2013	580.1	29046	779.6	32377	657.7	31231	834	40934	744.4	29908	745.8	28312	723.6	31967.8
2014	580.1	29626	657.4	33034	684.2	31915	656.1	41590	584.6	30492	536.0	28848	616.4	32584.2

### ANEXO 31. Análisis de doble masa precipitación media anual y estaciones.



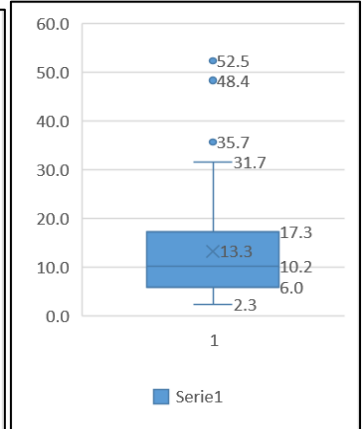
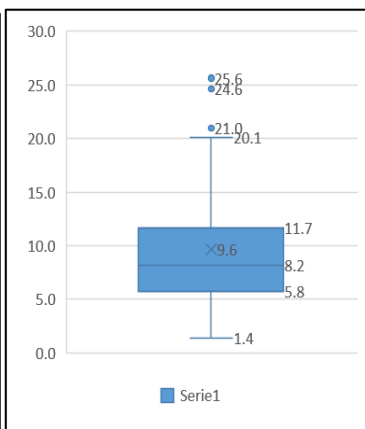
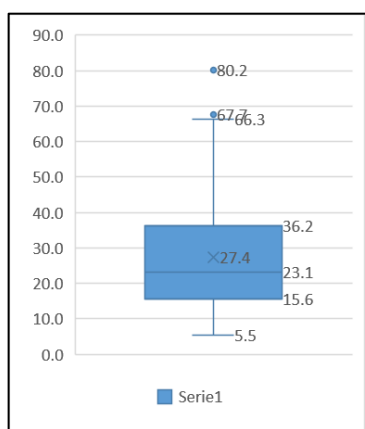
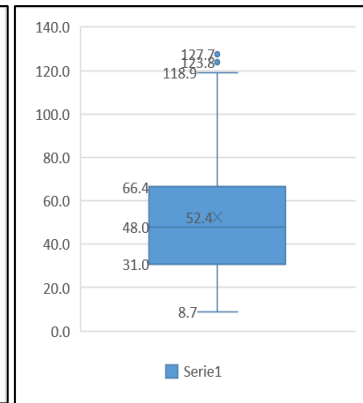
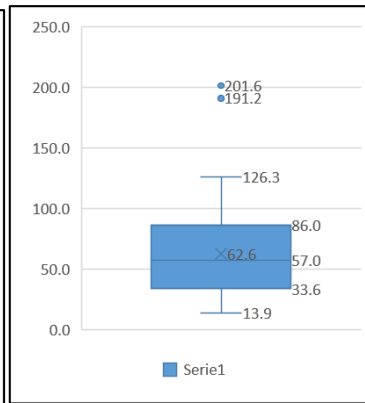
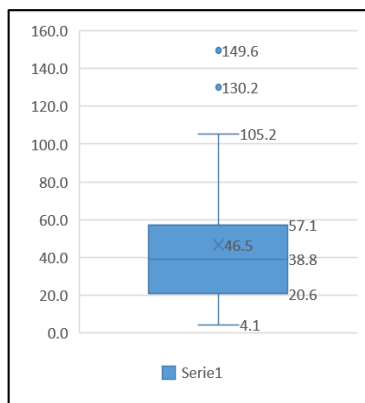
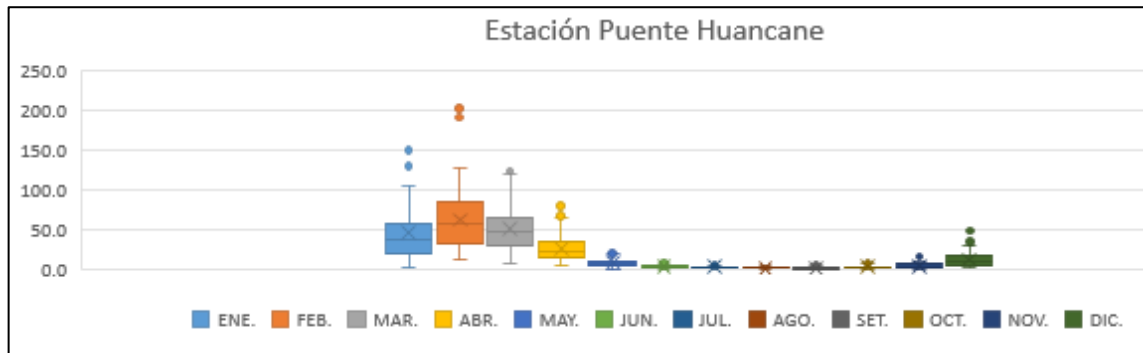
### ANEXO 32. Resultado del modelamiento de precipitación en Hydracces

Id Estación	No Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Media Obs.	Media Calculada	Media Desvíos	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correl. /Vector	Lin. a priori	Lin. a post.	Proporcionalidad	Calidad (/10)	Evaluación (/10)
MUÑANI	51	121.2	0.209	580.9	591.7	-0.018	0.16	0.013	0.62	0.22	0.18	0.0895	8.9	8.6
PUTINA	51	93.9	0.145	647.7	650.4	-0.004	0.092	0.293	0.784	0.22	0.11	0.0577	9.5	9.5
HUANCANE	51	115.5	0.185	625.8	634.6	-0.014	0.111	0.577	0.791	0.24	0.15	0.0811	9.1	9.1
MOHO	51	147.6	0.181	815.5	826.6	-0.013	0.129	0.382	0.694	0.25	0.2	0.0996	8.6	8.6
PROGRESO	51	99	0.166	597.9	600.1	-0.004	0.08	0.194	0.875	0.24	0.1	0.0523	9.6	9.6
AZANGARO	51	99	0.166	597.9	600.1	-0.004	0.08	0.194	0.875	0.24	0.1	0.0523	9.6	9.6
ARAPA	51	124.5	0.192	648.9	653.5	-0.007	0.123	0.301	0.762	0.22	0.15	0.077	9.2	9.2

### ANEXO 33. Resultado del modelamiento de temperatura en Hydracces

Id Estación	No Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Media Obs.	Media Calculada	Media Desvíos	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correl. /Vector	Lin. a priori	Lin. a post.	Proporcionalidad	Calidad (/10)	Evaluación n(/10)
PROGRESO	49	4.1	0.039	104.1	104.1	0.000	0.038	0.058	0.44	0.04	0.04	0.0173	10	9.7
MUÑANI	49	7.5	0.072	104	104.3	-0.002	0.061	0.064	0.53	0.08	0.07	0.0338	9.8	9.8
AZANGARO	49	3.1	0.03	102.9	102.7	0.001	0.019	0.011	0.82	0.03	0.03	0.0124	10	10
PUTINA	49	4.9	0.046	105.1	105	0.001	0.025	0	0.86	0.03	0.02	0.01	10	10
HUANCANE	49	5.9	0.063	92.4	92.4	0.000	0.04	0.012	0.83	0.06	0.05	0.0271	9.9	9.9
MOHO	49	4.1	0.04	102.5	102.5	0.001	0.036	0	0.51	0.03	0.02	0.0114	10	10

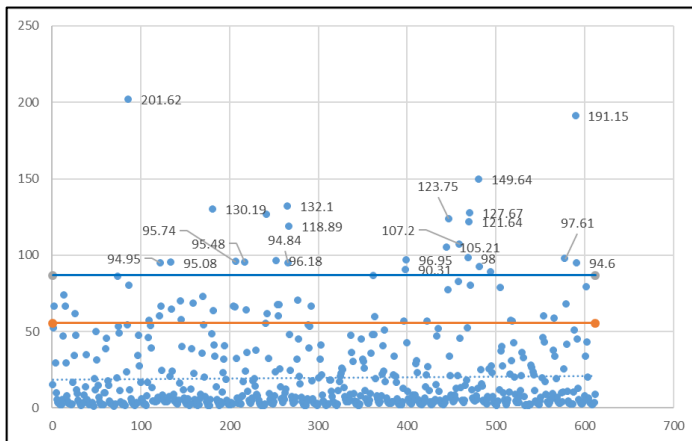
### ANEXO 34. Análisis de caja y bigotes de la estación hidrológica puente Huancané.



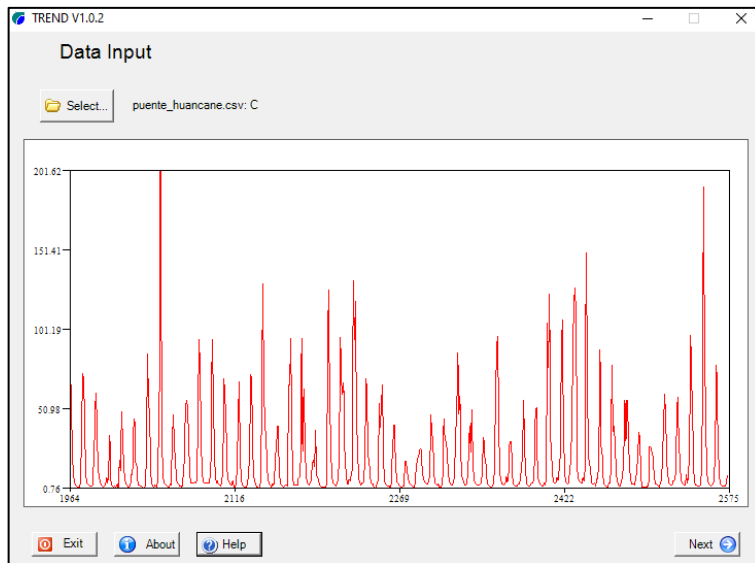


**ANEXO 35.** Análisis de cercas, estación hidrológica puente Huancané.

	CUARTIL	Q1	3.1
	CUARTIL	Q3	24.0
	RANGO (RI)	Q3-Q1	21.0
	PASO	1.5*RI	31.4
	Cl <sub>i</sub>	Q1-PASO	-28.3
1	Cl <sub>s</sub>	Q3+PASO	55.5
612			55.5
	CE <sub>i</sub>	Q1-2*PASO	-59.8
1	CE <sub>s</sub>	Q3+2*PASO	86.9
612			86.9



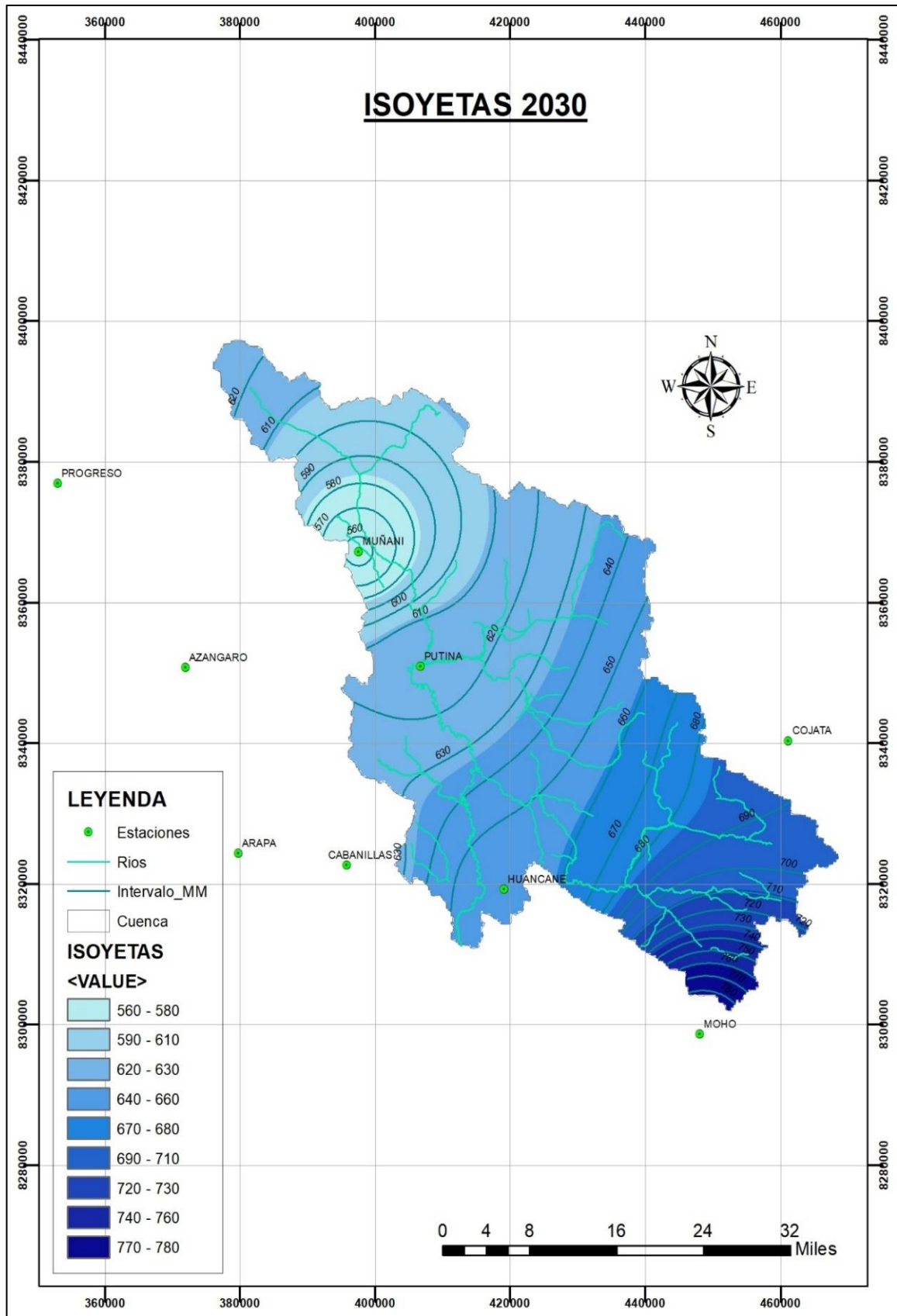
### ANEXO 36. Análisis de consistencia de información en la estación hidrométrica de puente Huancané.



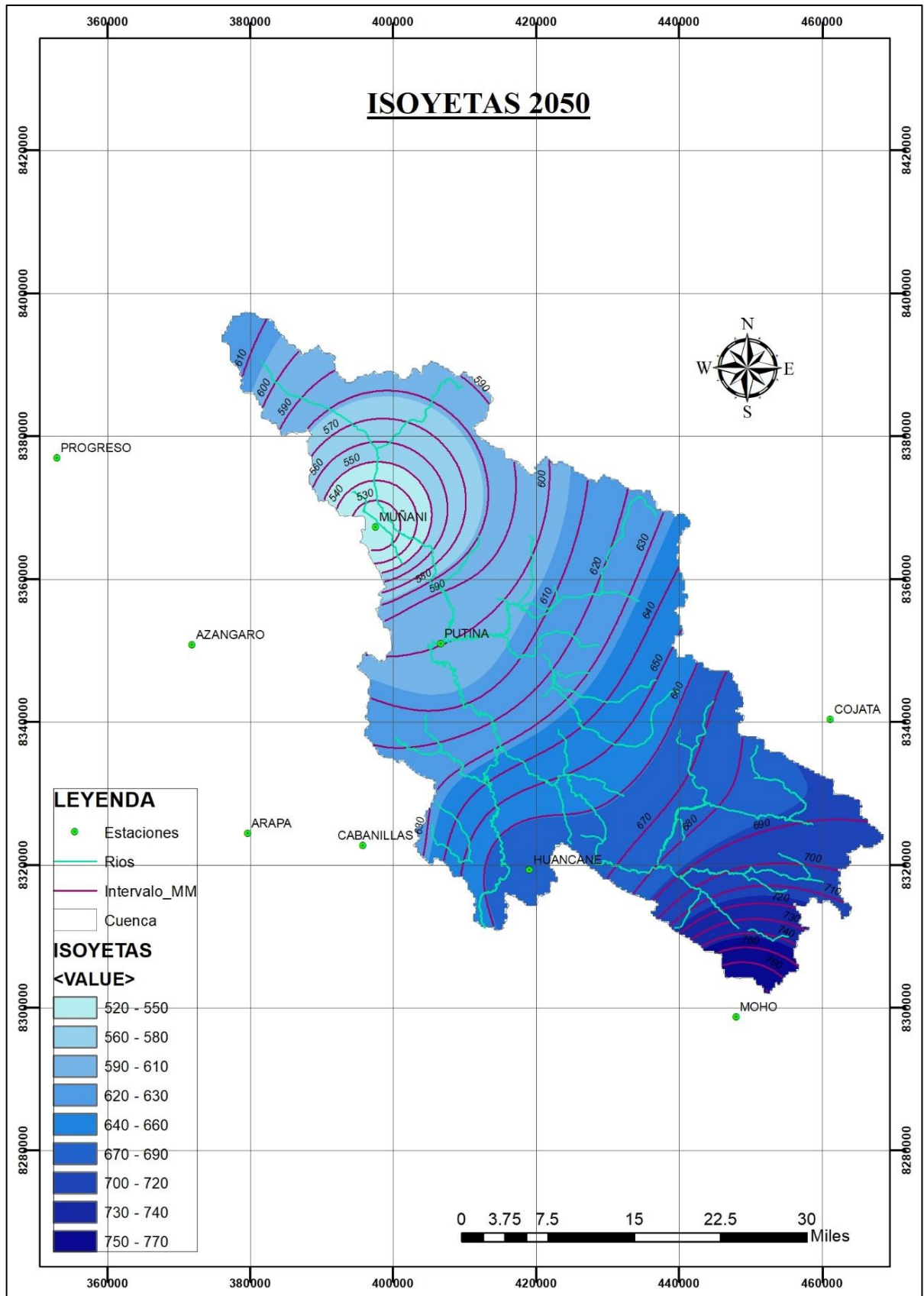
	Test statistic	Critical values (Statistical table)			Result	Tipo prueba	Prueba
		a=0.1	a=0.05	a=0.01			
		Mann-Kendall	1.477	1.645			
Spearman's Rho	1.519	1.645	1.96	2.576	NS	No paramétrica	
Linear regression	0.627	1.651	1.969	2.594	NS	Paramétrica	
Cusum	23	30.181	33.645	40.324	NS	No paramétrica	SALTOS
Cumulative deviation	0.844	1.198	1.33	1.596	NS	Paramétrica	
Worsley likelihood	1.894	2.864	3.148	3.79	NS	Paramétrica	
Rank Sum	-0.74	1.645	1.96	2.576	NS	No paramétrica	
Student's t	0.39	1.651	1.969	2.594	NS	Paramétrica	
Median Crossing	15.495	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
Turning Point	-20.227	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
Rank Difference	-22.358	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
Auto Correlation	15.293	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		

*Nota.* Análisis de consistencia en el software trend.

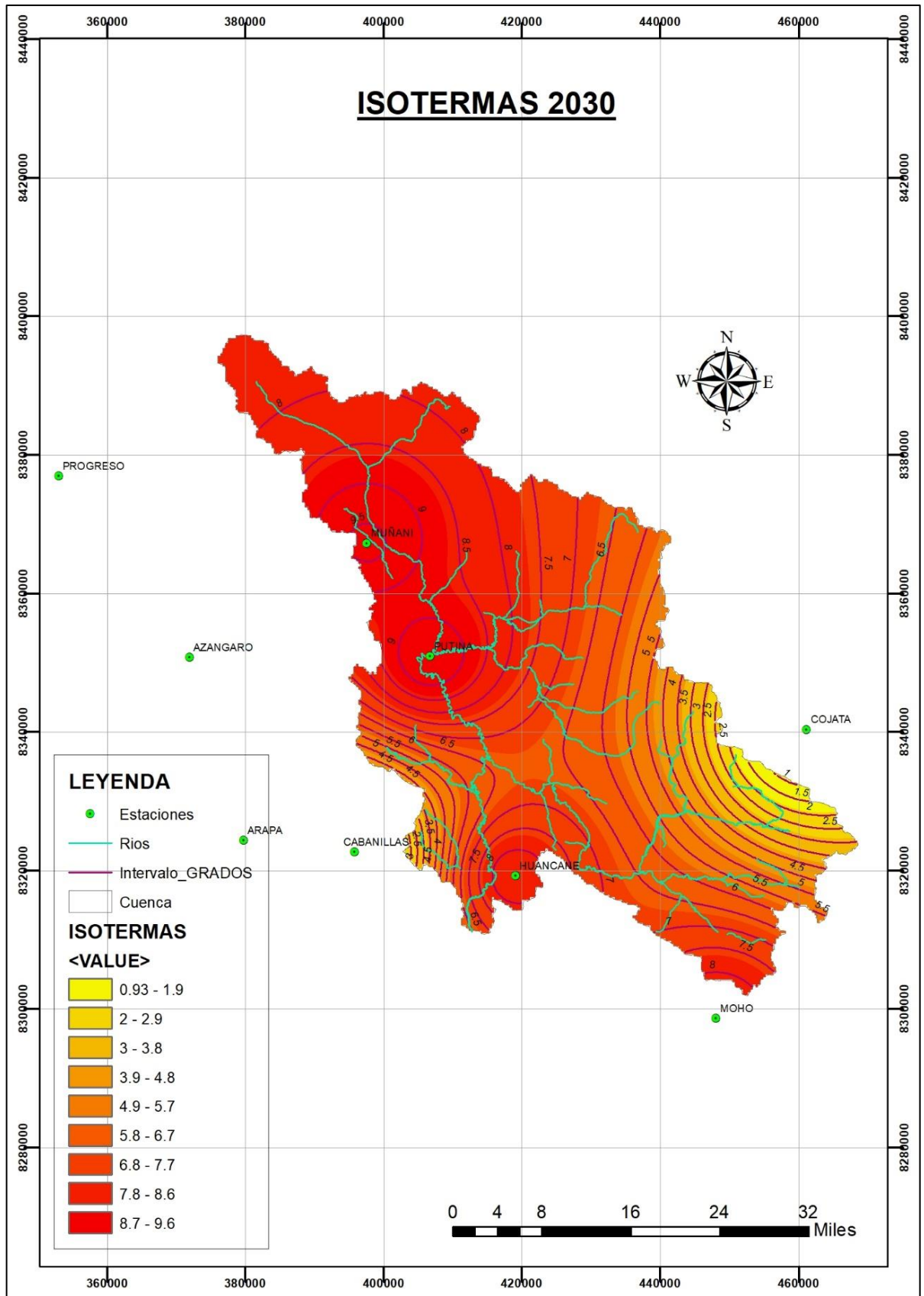
### ANEXO 37. Proyección de precipitación al 2030.



### ANEXO 38. Proyección de precipitación al 2050.



### ANEXO 39. Proyección de temperatura al 2030.



### ANEXO 40. Proyección de temperaturas al 2050.

