

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



**ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN
PLUVIAL MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO ILLPA, PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

ELIAS ELMER SALAS FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO, PERÚ

2014

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

TESIS

**ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN
PLUVIAL MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO ILLPA, PERÚ**

PRESENTADA POR:

ELÍAS ELMER SALAS FLORES

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

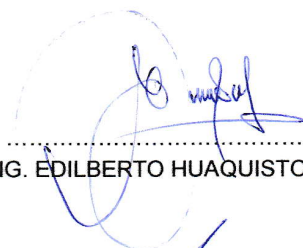
APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



M. Sc. OSCAR MAMANI LUQUE

PRIMER MIEMBRO



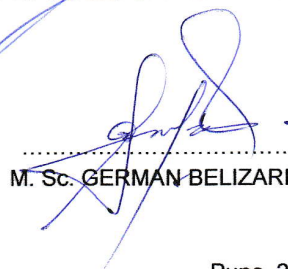
ING. EDILBERTO HUAQUISTO RAMOS

SEGUNDO MIEMBRO



ING. EDGARDO SEBASTIAN GUERRA BUENO

DIRECTOR DE TESIS



M. Sc. GERMAN BELIZARIO QUISPE

Puno, 26 de Agosto de 2014.

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Meteorología y ciencias atmosféricas
LÍNEA: Recursos Hídricos

DEDICATORIA

Este Trabajo se ha podido desarrollar, gracias al aliento, apoyo y cariño de mis padres, por lo que en reconocimiento a ello dedico con inmenso cariño y eterno gratitud a Rodolfo E. Salas Arpasi y Margarita I. Flores Quispe, por su orientación y apoyo económico y socialmente.

A la Universidad Nacional del Altiplano por haberme formado profesionalmente en las aulas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola y a los Docentes por sus meritorios enseñanzas, que contribuyeron a mi formación Profesional.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios todopoderoso, por darnos la fuerza, voluntad y claridad mental necesarios para terminar mi carrera y este proyecto de graduación.
- A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en sus aulas universitarias.
- A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola, por sus valiosas enseñanzas que se han constituido en el pilar fundamental de mi formación profesional y por haberme formado profesionalmente.
- Especial al M. Sc. German Belizario Quispe, director de tesis y a todos mis amigos y compañeros por su apoyo desinteresado y aliento para la culminación del presente informe.
- A mi familia por la comprensión permanente y apoyo económico y socialmente que me fortaleció para la elaboración del presente proyecto.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.2 JUSTIFICACIÓN	7
1.3 ANTECEDENTES	9
1.4 OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	11
1.4.1 Objetivo general	11
1.4.2 Objetivos específicos	11
CAPÍTULO II	12
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	12
2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA	12
2.2. SISTEMA HIDROLOGICO.....	13
2.3. CLIMATOLOGÍA.....	13
2.4. VARIABLES CLIMÁTICAS.....	14
2.4.1. Precipitación	14
2.4.2. Temperatura	15
2.5. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN ESTUDIO.....	17
2.6. TEORÍA DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN.....	20
2.7 TENDENCIA	29
2.7.1 Análisis de tendencia.....	30
CAPITULO III	33
METODO DE INVESTIGACION	33
3.1 MATERIALES METEOROLOGICOS Y EQUIPOS	33
3.1.1 Información meteorológica	33
3.1.2 Equipos (materiales de cómputo y otros)	34
3.2 METODOLOGÍA	35
3.2.1 Tipo de investigación	35
3.2.2 Población y muestra	35
3.2.3 Definición de variables	36
3.2.4 Análisis de consistencia de la información meteorológica	36
3.2.5 Procedimiento de análisis de consistencia de precipitación .	37

3.2.6	Análisis de tendencia de precipitación y temperaturas.....	41
CAPITULO IV	.....	48
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN	.....	48
4.1	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	48
4.1.1	Ubicación del ámbito de estudio.....	48
4.1.2	Descripción del ámbito de estudio	53
4.1.3	Descripción climática y ecológica	54
CAPITULO V.	.....	55
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	.....	55
5.1	DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA.....	55
5.2	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PLUVIO-METEOROLOGICA.....	55
5.2.1	Análisis de consistencia de la información pluviométrico	55
5.2.2	Análisis de consistencia de la información temperaturas.....	62
5.3	ANÁLISIS DE TENDENCIAS	65
5.3.1	Análisis de series de precipitación	66
5.3.2	Análisis de series de temperaturas	70
CONCLUSIONES	.....	87
RECOMENDACIONES	.....	88
BIBLIOGRAFÍA	.....	89

RESUMEN

El clima de la tierra ha sufrido modificaciones substanciales los últimos años. Sin embargo, la falta de estudios para evidenciar cambio climático y las causas de su variación, son temas imprescindibles en la actualidad. El objetivo es analizar el comportamiento de los parámetros climáticos en la cuenca del río Illpa mediante las pruebas no paramétricas distribuidas en toda la cuenca, para detectar variaciones de los elementos climáticos. Los resultados muestran un incremento en las temperaturas en la cuenca. La MxT, experimenta los cambios más importantes, con incremento promedio de $0.48^{\circ}\text{C}/\text{década}$, acompañado de una disminución de precipitación pluvial, el número de días lluviosos registra los cambios más importantes, promediando un decremento de 7 días/década. En términos generales, los resultados revelan que el clima actual está siendo modificado, registrando variaciones importantes a nivel de la cuenca, las mismas que podrían acentuarse durante los próximos años.

Palabras clave: cuenca Illpa, tendencias, precipitación, temperatura.

ABSTRACT

The Earth's climate has undergone substantial changes in recent years. However, the lack of studies to demonstrate climate change and the causes of their variation, are essential issues today. The aim is to analyze the behavior of climatic parameters in the basin of river Illpa by nonparametric tests distributed throughout the basin, to detect variations of the elements. The results show an increase in temperature in the basin. The MxT, undergoes major changes, with average increase of 0.48 °C/decade, accompanied by a decrease in rainfall, number of rainy days recorded the most important changes, averaging a decrease of 7 days/decade. Overall, the results show that the current climate is being changed, registering significant changes to the basin level, the same that could worsen in the coming years.

Keywords: basin Illpa, trends, rainfall, temperature.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El sistema climático, es un sistema complejo e interactivo, compuesto por atmósfera, biosfera, hidrosfera, criosfera y litosfera. El “Tiempo” y el “Clima” tienen una influencia fundamental en la vida sobre la tierra; son conceptos generalmente confundidos. “Tiempo”, se refiere a las fluctuaciones del estado de la atmósfera a nuestro alrededor, caracterizado por temperatura, precipitación, viento y nubosidad. “Clima” es usualmente definido como promedio del “Tiempo”, (Houghton *et al.*, 1990). Más rigurosamente, el clima es la descripción estadística en términos de la media y su variabilidad sobre cierto tiempo (generalmente de 30 años), sobre cierta área (IPCC, 1996).

El clima varía de un día a otro, entre meses, años, décadas e incluso entre milenios. La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima, en todas las escalas espaciales y temporales. Las escalas espaciales pueden variar entre locales (menos de 100,000 km²), regionales (100,000 a 10 millones de km²) y continentales (10 a 100 millones de km²) (IPCC, 1994). Las escalas temporales pueden ser estacionales o geológicas (hasta cientos de millones de años). La variabilidad del clima puede deberse a procesos internos naturales dentro del sistema climático, o a variaciones en los forzamientos externos (fenómenos naturales como erupciones volcánicas, variación solar, así como a cambios en la composición atmosférica inducida por el hombre y cambio de uso de suelo (Somerville *et al.*, 2007).

Mientras muchos factores continúan modificando el clima, los científicos han determinado que las actividades humanas han llegado a ser la fuerza dominante y son las responsables de gran parte del calentamiento global observado en los últimos 50 años (IPCC, 1994; Somerville *et al.*, 2007).

Una recopilación de estudios recientes sobre cambio climático indica lo siguiente: Incremento de la temperatura media global en $0.74^{\circ}\text{C}\pm 0.18^{\circ}\text{C}$ (estimada linealmente) durante los últimos 100 años (1906-2006). La tasa de incremento ha sido el doble en los últimos 50 años ($0.13^{\circ}\text{C}\pm 0.03$ por década) comparada contra $0.07^{\circ}\text{C}\pm 0.02$ registrada durante 100 años. La precipitación ha incrementado aproximadamente en un 2% en latitudes mayores a 30°N durante el periodo 1900-2005, mientras que en los trópicos se experimenta una disminución desde 1970. Los cambios en la circulación atmosférica son aparentes, la moda dominante a escala global, sobre escalas de tiempo interanuales es el ENSO (El Niño Oscilación del Sur) (Trenberth *et al.*, 2007).

Los expertos indican que para evidenciar la existencia de un cambio climático, es necesario analizar tendencias de variables climatológicas, considerando escalas de tiempo y de espacio. Las tendencias son cambios graduales de incremento o decremento en el tiempo de las variables estudiadas (Bradley *et al.*, 1987). En este sentido, desde finales del siglo pasado, en todo el mundo se han realizado estudios para detectar cambio climático, analizando datos instrumentales de estaciones climatológicas, principalmente de precipitación y temperatura. Sin embargo, en nuestro país este tipo de estudios son escasos y muy puntuales; situación que complica evidenciar cambio climático en el país, más aún en la región no existen estudios.

El clima de la tierra puede ser modificado por el hombre o de forma natural. Un fenómeno natural con influencia directa en la variabilidad del clima a nivel mundial es el ENSO, el cual es una combinación de El Niño (componente oceánico) y Oscilación del Sur (componente atmosférico). Término usado para

identificar casos de anomalías cálidas de temperatura de la superficie del mar en el Este y centro del Pacífico Ecuatorial (Bigg, 1996), cuyos impactos son dependientes de la intensidad y duración (Quinn y Neal, 1992). Los efectos del ENSO en el mundo han sido bien estudiados desde hace varias décadas (Ropelwisky y Halpert, 1986, 1987; Quinn *et al.*, 1987; Trenberth, 1991, por citar algunos ejemplos). En Puno, además de pioneros, los estudios más relevantes del tema destacan los de SENAMHI(2010); Sanabria *et al.* (2009).

Estudiar el clima, sus tendencias, causas de su variación e impactos, es de fundamental importancia, ya que de aquí se puede planificar el manejo de recursos naturales de un país y de una región o a nivel de cuencas. Dentro de este contexto, el propósito de esta investigación fue analizar la variabilidad del clima en la cuenca del río Illpa a escalas espaciales y temporales. El primer capítulo hace énfasis sobre la problemática de tendencias de parámetros de precipitación y temperatura máxima y mínima en cuenca Illpa, incluyendo eventos extremos, cuyas tendencias fueron evaluadas mediante pruebas no paramétricas en un total de 04 estaciones climatológicas distribuidas en casi todo el territorio de la cuenca río Illpa, analizando información que varió desde 1958-2011, justificación, hipótesis, objetivos de investigación. En un segundo capítulo se evaluaron las teorías que fundamentan el trabajo de investigación. En el tercer capítulo se presentan la metodología seguida para analizar las tendencias de series de precipitación y las temperaturas, identificando zonas de la cuenca con tendencias más significativas en términos porcentuales y de magnitud. Finalmente, el cuarto capítulo se presenta los resultados del análisis de la precipitación y temperaturas en cuenca del río Illpa, identificando zonas de la cuenca más susceptibles tanto a episodios de El Niño como de La Niña. De todos ellos, pueden tomarse en cuenta para efectos de manejo de recursos naturales sobre alguna zona específica en un tiempo dado; así mismo, se analizan perspectivas de cambio climático en la cuenca para los próximos años, mismas que pueden ser una herramienta útil para el mismo fin.

Los factores climatológicos representan para la mayoría de los países la parte más importante para su desarrollo, ya que de ellos dependen en gran medida las

actividades socioeconómicas, las cuales están asociadas a alimentos, energía y almacenes de agua entre otros (Indeje *et al.*, 2000). Específicamente, la precipitación y temperatura tienen un papel importante en el manejo de los recursos naturales, debido a que controlan las actividades agrícolas, pecuarias y forestales así como una gran variedad de actividades económicas e incluso el comportamiento y desarrollo social (Corte-Real *et al.*, 1998).

Es bien conocido por todos que la variación climática se hace cada vez más notoria, todo parece indicar que la acumulación de gases con efecto invernadero en la atmósfera de la Tierra, como resultado de las actividades antrópicas, han causado que las temperaturas del aire y del océano se incrementen, pero no se descarta que algunos de estos cambios sean parte de la variabilidad natural (IPCC, 2001). Como consecuencia de esto, en los últimos años se han presentado cambios climáticos inusuales a nivel mundial. Los cambios en los patrones de precipitación han sido asociados con el calentamiento global (Bradley *et al.*, 1987; Diaz *et al.*, 1989; Hulme *et al.*, 1998)

Se ha reportado que la temperatura ha estado incrementando en todo el mundo desde finales del siglo pasado (Houghton *et al.*, 1990; Parker *et al.*, 1994; Easterling *et al.*, 1997; Plummer *et al.*, 1999). Según lo reporta el IPCC (2001), la temperatura del aire ha incrementado 0.6°C desde 1880 hasta el presente, así mismo, se espera que la temperatura de la tierra incremente en promedio hasta 3.5°C a fines de este siglo. Por otro lado, la precipitación se ha incrementado, a nivel global aproximadamente 2% desde inicios del siglo XX (Jones y Hulme, 1996; Hulme *et al.*, 1998), siendo más notable en el Hemisferio Norte y áreas continentales, este incremento es estadísticamente significativo; sin embargo, no posee consistencia espacial.

Los registros de más de 3000 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el mundo indican un aumento de temperatura promedio de 0.4 y 0.6°C para el periodo de 1910-1945. Este aumento ha sido más intenso a partir de 1990, registrándose nueve de los diez años más calurosos del siglo y, 1998 ostenta el año más caluroso del milenio. Así mismo, las temperaturas mínimas diarias en los continentes han aumentado el doble que las máximas diarias desde la década de los años 50's (IPCC, 2001).

Varios investigadores han señalado la ocurrencia de un cambio climático global. Los expertos indican que para evidenciar la existencia de un cambio climático, es necesario analizar observaciones de algunas variables climáticas como: temperatura, precipitación, nivel del mar, fenómenos extremos, etc., considerando diferentes escalas de tiempo y de espacio y que las series a evaluar sean largas y confiables.

En este sentido, desde finales del siglo pasado, en todo el mundo se han realizado estudios para detectar cambio climático mediante el análisis de tendencias de series de variables climáticas; por citar algunos ejemplos, las tendencias de precipitación y temperatura han sido estudiadas en Georgievsky *et al.* (1996) en Rusia; Schönwiese y Rapp (1997) en Europa; Canadá por Mekis y Hogg (1999); Zhai *et al.* (1999a) en China; América central y oeste de México realizado por Douglas y Englehart (1999); Haylock y Nicholls (2000) en Australia; Groisman y Rankova, (2001) en la USSR; Manton *et al.* (2001) en Asia, etc.

Como puede notarse, este tipo de estudios han sido realizados en todo el mundo; sin embargo en Perú, las investigaciones existentes son muy regionales y se analizan pequeñas bases de datos. Es por tanto fundamental investigar los cambios en precipitación y temperatura que pueden estar ocurriendo en términos de magnitud y distribución espacial. Por otra parte, este tipo de estudios se hacen interesantes, debido a que Perú es un país muy extenso, poseyendo una gran variedad climas, vegetación y ecoregiones biogeográficas. Adicionalmente, la serie de anomalías, especialmente el incremento de temperatura, cambio en el régimen pluviométrico y sobre todo los numerosos eventos inusuales detectados en todo el mundo y sobre todo en Perú en décadas recientes, son un elemento medular para profundizar sobre las causas y efectos del cambio climático y las tendencias que en el futuro se esperan.

La suposición fundamental del cambio climático por el calentamiento global presenta la hipótesis de que no existen cambios significativos en las tendencias de los factores climatológicos en cuenca Illpa. Dentro de este contexto, el propósito de esta investigación fue detectar tendencias de series anuales de parámetros de precipitación y temperatura mediante pruebas no paramétricas, analizando 3 estaciones climatológicas distribuidas en casi toda la cuenca, con

la finalidad de verificar posibles cambios climáticos bajo la hipótesis anteriormente planteada.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio en el patrón clima global no sólo afecta la temperatura, sino el ciclo hidrológico con mayores variaciones en los ambientales locales, alterando las precipitaciones y generando mayores oscilaciones en la temperatura.

El calentamiento global vinculado con el cambio climático, se refiere al aumento progresivo de la temperatura media del aire, que puede alterar el patrón climático global (EPA, 2010). Este aumento de la temperatura causa cambios en la evaporación y en el régimen de precipitación, debido a una alteración del ciclo hidrológico, que podría representar mayores impactos en los humanos y en los sistemas ambientales que los mismos cambios en la temperatura (McElwain y Sweeney, 2003). En las últimas tres décadas del siglo pasado, se documentó un incremento de la temperatura media a escala global de aproximadamente $0,15^{\circ}\text{C}$ por década (Jones *et al.*, 2001), así como se han detectado aumentos en la frecuencia de eventos extremos de precipitación en diferentes regiones del mundo (Frich *et al.*, 2002). Además de esto, cada vez se reportan con mayor frecuencia ondas de calor y sequías, intensas precipitaciones que han llegado a generar inundaciones, tornados, huracanes y otros eventos de carácter catastrófico en diferentes regiones del mundo (Easterling *et al.*, 2000). Algunos impactos en el sector agropecuario ya han sido reportados en la zona Cundiboyacense (Colombia), como la migración altitudinal de plagas como la garrapata, que fue detectada por encima de los 2.900 msnm (Cortés *et al.*, 2010), donde según Evans (1978) no era posible.

Pese a que las salidas de los modelos climáticos globales pueden representar un insumo importante para los decisores de políticas a escala mundial o regional, a nivel de mesoclima o más aun, a escala local de municipio o propiedad, esta información es insuficiente para la toma de decisiones. Por otro lado, la información a escala local de los posibles impactos del cambio climático es importante para orientar las acciones de investigación en el tema, así como para el diseño de medidas de adaptación y mitigación, que no pueden ser

desarrolladas solamente en función de escenarios de cambio climático generados por los modelos de circulación general de la atmósfera. Éstos, por su bajo nivel de resolución espacial no pueden percibir particularidades locales y además sus resultados no muestran los mejores niveles de confianza para zonas fisiográficamente complejas como es el caso del Altiplano Peruano, concretamente la cuenca del río Illpa.

Debido a la importancia del tema, dentro de las prioridades del ámbito de trabajo figura el estudio del clima a escala local enfocado en la detección y cuantificación de tendencias de cambio en las series de tiempo de las estaciones climáticas de diferentes regiones del país para identificar aquellas zonas donde están ocurriendo cambios evidentes en las variables climáticas y generar hipótesis respecto a las amenazas sobre los sistemas productivos asociadas con el cambio climático, mediante la estadística no-paramétrica para cuantificar las tendencias en las series de tiempo y de esta forma tener un estimativo de la magnitud de los cambios de las variables climáticas en los últimos años y con el fin de identificar aquellas zonas donde las variables climáticas presentan variaciones más significativas. Por lo que propone responder a las siguientes interrogantes:

¿Presentará tendencias de series anuales de parámetros de precipitación y temperatura mediante pruebas no paramétricas en la cuenca Illpa?

¿Experimentará una tendencia de precipitación en la cuenca del río Illpa?

¿Experimentará una tendencia de la temperatura en la cuenca del río Illpa?

1.2 JUSTIFICACIÓN

El análisis de series históricas de datos meteorológicos permite valorar los cambios en las condiciones climáticas de una localidad o región en el tiempo, para ello es necesario analizar las tendencias de precipitación pluvial y temperaturas en la cuenca del río Illpa, para ver el comportamiento de dichos variables en el tiempo a partir de las series históricas de precipitación pluvial y temperaturas máximas, mínimas y oscilaciones.

Los últimos acontecimientos meteorológicos acontecidos en nuestro departamento (lluvias, sequía, y heladas principalmente), demuestran que es de vital importancia conocer y manejar el comportamiento termo pluviométrico de la Región Puno, ya que estos son factores que afectan directamente sobre los procesos de desastres naturales (inundaciones, huaycos, aluviones, heladas, nevadas, granizadas, etc.).

De acuerdo a las investigaciones realizadas, hasta ahora, no existen estudios, hidroclimáticos o similares para la Región Puno, lo cual es una limitante para desarrollar Programas de Proyectos Integrales de Desarrollo de la Región Puno (Proyectos de Infraestructura Social, Infraestructura productiva, Productivos, etc.).

El presente trabajo permitirá conocer los comportamientos termopluviométrico y los tipos de climas existentes en la Región, con la disponibilidad de esta información, se podrá realizar el monitoreo meteorológico para fines de la agricultura, ganadería y predicción por los cambios globales en el régimen estacional y espacial de las temperaturas, también servirá para desarrollar programas de prevención de desastres.

En este marco, la determinación de las características climáticas permitirá contar con un documento base, la misma que nos dotará de elementos de juicio y hará posible conocer las modificaciones de los principales parámetros y la influencia de estos en los diferentes ecosistemas existentes en la zona.

1.3 ANTECEDENTES

1.3.1 Antecedentes internacionales.

En la literatura existen diferentes metodologías de interpolación de datos climáticos, que permiten construir superficies climáticas continuas a partir de datos registrados en ciertos puntos sobre la tierra a nivel mundial, nacional, regional. (Díaz *et al.*, 2008; Gallardo, 2006; Ramírez *et al.*, 2005; López 1995). En su estudio utilizaron el método de Distancia Inversa Ponderada (IDW), para modelar la distribución espacial de las tendencias climáticas en la zona de estudio y mediante el método de validación cruzada (Cisneros *et al.*, 2005) se evaluó la bondad de ajuste del método de interpolación para cada una de las tres variables especializadas.

Desde finales del siglo pasado, en todo el mundo se han realizado estudios para detectar cambios en el clima mediante el análisis de tendencias de series de variables climáticas; por citar algunos ejemplos, las tendencias de precipitación y temperatura han sido estudiadas en Georgievsky *et al.* (1996) en Rusia; Schönwiese y Rapp (1997) en Europa; en Argentina por Dai *et al.* (1997); en Brasil por Marengo *et al.* (1998); Canadá por Mekis y Hogg(1999); Zhai *et al.* (1999) en China; América central y oeste de México realizado por Douglas y Englehart (1999); Haylock y Nicholls (2000) en Australia; Groisman y Rankova, (2001) en la USSR; Manton *et al.* (2001) en Asia, etc.

Para Méndez *et al.* (2007) en términos geográficos, el incremento de precipitación se registra especialmente en regiones áridas y semiáridas, mientras que la disminución de lluvia se hace más evidente en el centro y costas del Golfo de México. Estacionalmente, el verano es la época del año que registra el mayor porcentaje de estaciones con tendencias estadísticamente significativas de incremento y decremento de precipitación ($p \leq 0.1$). En promedio, un 11.3% del total de estaciones

analizadas registra incremento de lluvia y 11.9%, disminución, durante esta misma época mediante la prueba no paramétrica de Mann-Kendall para detectar la tendencia estacional de la precipitación.

Con el fin de cuantificar las tendencias de temperatura máxima, mínima y precipitación media, se realizó un análisis no-paramétrico de las series de tiempo de las estaciones meteorológicas ubicadas en zonas alto andinas de Cundinamarca y Boyacá, con registros de 1985 a 2008. Se calcularon las tendencias de cambio de las variables climáticas para cada una de las estaciones mediante el método de estimación de pendiente y se utilizó la prueba de Mann- Kendall para determinar el nivel de confianza de dichas tendencias. La temperatura máxima mostró tendencias positivas con niveles de confianza significativa (>90%) en la mayoría de estaciones climáticas. Para la temperatura mínima, la tendencia positiva fue detectada en menor número de estaciones pero con mayores niveles de confianza estadística.

1.3.2 Antecedentes nacional y regional

Como puede notarse, este tipo de estudios han sido realizados en todo el mundo; sin embargo en Perú, las investigaciones existentes son muy regionales y se analizan pequeñas bases de datos, como por ejemplo Sanabría *et al.* (2010) solo trabaja con una sola estación para toda la región Puno, pero esta es variable geográficamente. Es por tanto fundamental investigar los cambios de la precipitación y temperatura, que pueden estar ocurriendo en términos de magnitud y distribución espacial a nivel de cuencas. Por otra parte, este tipo de estudios se hacen interesantes, debido a que la cuenca del río Illpa abarca gran parte Norte de la vertiente del lago Titicaca, poseyendo una gran variedad de climas, vegetación. Adicionalmente, la serie de anomalías, especialmente el incremento de temperatura, cambio en el régimen pluviométrico y sobre todo los numerosos eventos inusuales detectados en todo el país en décadas recientes; es un elemento medular para profundizar sobre las causas y efectos del cambio climático y las tendencias que en el futuro se esperan.

El Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) y la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico TDPS mediante convenio de fecha 23 de julio del 2003 firman el convenio de cooperación institucional, en función a ello es que deciden realizar el estudio hidrológico de las cuencas portantes del sistema denominado lago Titicaca y río Desaguadero, a fin de diagnosticar la situación actual y potencial de las cuencas. Es así que mediante la Administración Técnica del Distrito de riego de la cuenca del río Illpa se inicia los estudios para lo cual se contrata a un equipo multidisciplinario con el objetivo de cumplir con dichas metas. Sin embargo, el INRENA, mediante la Intendencia de Recursos Hídricos tiene, entre otras, las funciones de proponer, supervisar y controlar las políticas, planes, programas, proyectos y normas sobre el uso y aprovechamiento sostenible del agua, asimismo, tiene transitoriamente la competencia de supervisar, promover y evaluar el uso y aprovechamiento del agua de riego.

1.4 OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

- ✓ Estimar la tendencia de la precipitación pluvial y temperaturas máximas y mínimas en la cuenca del río Illpa, para el periodo 1964-2011 (47años).

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Uniformizar y analizar la consistencia de la información termoplumiométrica de la estación utilizada.
- ✓ Aplicar los test de Mann-Kendall, Sperman's Rho para la detección de tendencia en los parámetros termoplumiométricos aun nivel de significancia de 5% en la serie de datos utilizados

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA

Según, Aparicio (1993), una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Además indica que se entiende por cuenca hidrográfica, hoya hidrográfica, cuenca de drenaje el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. Una cuenca hidrográfica es un área de terreno que drena agua en un punto común, como un riachuelo, arroyo, río o lago cercano. Cada cuenca pequeña drena agua en una cuenca mayor que, eventualmente, desemboca en el océano.

Para Vázquez (2000), una cuenca es un territorio y un área geográfica (suelo, agua, clima, precipitación pluvial, escorrentía subterránea) delimitada por la colección del agua que se deriva en una fuente de agua. Esta contiene determinados recursos naturales que otorgan posibilidades a la vida humana y animal.

2.2. SISTEMA HIDROLOGICO.

Para Chow, *et al.* (1994), un sistema es un conjunto de partes conectadas entre sí, que forman un todo. El ciclo hidrológico puede tratarse como un sistema cuyos componentes son precipitación, evaporación, escorrentía y otras fases del ciclo hidrológico. Estos componentes pueden agruparse en subsistemas del ciclo total; para analizar el sistema total, estos subsistemas más simples pueden analizarse separadamente y combinarse los resultados de acuerdo con las interacciones entre los subsistemas.

El sistema hidrológico representa un sistema de depósitos del agua en el territorio de referencia así como las transferencias entre ellos. La descripción más sencilla del sistema hidrológico identifica tres depósitos: el agua de la atmósfera; el agua de los océanos y mares y; el agua sobre la superficie de la tierra y subterránea. Las principales transferencias a la atmósfera son representadas por la evaporación y la transpiración, y la transferencia de la atmósfera a la tierra por la precipitación. Conocer el funcionamiento de los sistemas hidrológicos permite anticipar los impactos, lo cual es fundamental para trazar objetivos en relación a la planificación y prevención, un sistema hidrológico se define como una estructura o volumen en el espacio, rodeada por una frontera, que acepta agua y otras entradas, opera en ellas internamente y las produce como salidas.

2.3. CLIMATOLOGÍA.

Barry (1978), define que, el estudio del clima y del tiempo es un tema de mucha importancia, teniendo en consideración que de las condiciones atmosféricas dependen de muchas actividades humanas, desde la agricultura hasta de un simple paseo por el campo. Por eso se ha hecho un esfuerzo ingente por predecir el tiempo tanto a corto como a medio plazo.

El tiempo se define como el estado de la atmósfera en un determinado momento. Se toma en cuenta la humedad (absoluta y relativa), la

temperatura y la presión, en un determinado lugar y momento. Como cada uno de los instantes es más o menos prolongado en el tiempo, y en extensión, se le denomina tipo de tiempo. El clima es, pues, la sucesión de tipos de tiempo que tienden a repetirse con regularidad en ciclos anuales. Cuando una comunidad, ladera, etc., tiene un clima diferenciado del clima zonal decimos que es un topo clima. Además, llamamos microclima.

El clima tiende a ser regular en períodos de tiempos muy largos, incluso geológicos, lo que permite el desarrollo de una determinada vegetación y un suelo perfectamente equilibrado, Pero, en períodos de tiempo geológicos, el clima también cambia de forma natural, los tipos de tiempo se modifican y se pasa de un clima otro en la misma zona.

El tiempo, y el clima tienen lugar en la atmósfera. Para estudiar un clima es necesaria la observación durante un lapso de tiempo largo (mínimo quince años). Las observaciones de temperatura, precipitaciones, humedad y tipo de tiempo se recogen en las estaciones meteorológicas. Con estos datos se elaboran tablas que se expresan en climogramas.

2.4. VARIABLES CLIMÁTICAS

2.4.1. Precipitación

Castillo (2001), indica que, la precipitación es la fuente principal del ciclo hidrológico, y puede definirse como el agua en forma líquida o sólida que alcanza la superficie terrestre. Viene siempre precedida de condensación, sublimación o una combinación de ambas, generalmente está asociada con movimientos verticales de aire. Las formas comunes son la lluvia, la nieve y el granizo y sus variaciones.

Torres (2001), indica que el término precipitación se usa para designar cualquier tipo de forma en que el agua cae desde las nubes a la tierra. Existe una lista hecha por meteorólogos de diez tipos de precipitación pero sólo se distinguen normalmente tres: lluvia, granizo y nieve.

Medición de la precipitación.

Para Torres (2001), los mapas que recogen las precipitaciones sobre un continente, un país, o una región expresan la pluviosidad en milímetros de agua anuales. El agua que cae durante un día siempre se expresa en litros por metro cuadrado. A primera vista parece que existe una contradicción por establecer una equivalencia entre mm y litros, ya que el litro es una unidad de volumen y el mm es una unidad de longitud.

2.4.2. Temperatura

Quereda (2008), manifiesta que, la temperatura es el elemento más importante del clima; En la naturaleza toda aparece gobernado por lo térmico. Consecuentemente la temperatura es la causa de la circulación atmosférica y por tanto el verdadero motor del sistema climático. Al mismo tiempo que fuerza motriz, la temperatura es el elemento más sensible del clima. Fundamento básico del mundo vegetal a través de la energía fotosintética, puede afirmarse que constituye la fuente de toda la vida sobre la superficie del globo. Por ello la distribución de las formaciones vegetales del globo coincide con la de las temperaturas.

Medición de la temperatura.

Quereda (2005) afirma que, en los observatorios meteorológicos se usa corrientemente el termómetro de mercurio, líquido que al dilatarse discurre en forma continua por el interior de un capilar, leyéndose directamente en la escala grabada sobre el tubo termométrico la temperatura. En graduación centígrada la escala está dividida en medios grados o en décimas de grado.

Para lugares muy fríos ($T < 25^{\circ}\text{C}$) el mercurio se sustituye por alcohol que tiene un punto de solidificación más bajo.

Otra medida corriente es la máxima y mínima temperatura diaria. Un termómetro de máxima tiene un estrechamiento en la base de la columna capilar, que la impide descender. La vuelta al depósito se consigue con sacudidas bruscas. Los termómetros de mínima son de alcohol con un índice empujado por el menisco que forma el líquido al retroceder por el capilar, pero que no se mueve cuando el líquido asciende. Ambos termómetros se disponen horizontalmente para paliar la acción de la gravedad.

Escalas de temperatura.

Fices (2010), manifiesta que, las escalas de temperatura más comúnmente usadas son dos: Celsius y Fahrenheit, con fines de aplicaciones físicas o en la experimentación, es posible hacer uso de una tercera escala llamada Kelvin o absoluta.

La escala Celsius es la más difundida en el mundo y se la emplea para mediciones de rutina, en superficie y en altura.

La escala Fahrenheit se usa en algunos países con el mismo fin, pero para temperaturas relativamente bajas continúa siendo de valores positivos. Se aclarará este concepto cuando se expongan las diferencias entre ambas escalas.

Tradicionalmente, se eligieron como temperaturas de referencia, para ambas escalas los puntos de fusión del hielo puro (como 0°C ó 32°F) y de ebullición del agua pura, a nivel del mar (como 100°C o 212°F).

Como puede verse, la diferencia entre estos dos valores extremos es de 100°C y 180°F , respectivamente en las dos escalas.

Variaciones de temperatura.

Fices (2010), asevera que, la cantidad de energía solar recibida, en cualquier región del planeta, varía con la hora del día, con la estación del año y con la latitud. Estas diferencias de radiación originan las variaciones de temperatura. Por otro lado, la temperatura puede variar debido a la distribución de distintos tipos de superficies y en función de la altura. Ejercen influencia sobre la temperatura: Variación diurna, distribución latitudinal, variación estacional tipos de superficie terrestre, variación con la altura.

2.5. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN ESTUDIO

Para Aliaga (1983), la inconsistencia es el sinónimo de error sistemático(naturales y artificiales) y se presenta como saltos y tendencias, y no homogeneidad es definido como cambios de los datos vírgenes con el tiempo, así por ejemplo la no homogeneidad de la precipitación son datos por tres fuentes principales: a) Movimiento de las estaciones en una distancia horizontal, b) Movimiento de una distancia vertical y c) Cambios en el medio ambiente de una estación como árboles, construcción de una casa, entre otros.

Villón (2001), menciona que, el hidrólogo o especialista que desea desarrollar un estudio hidrológico debe buscar la información de la cuenca en estudio en las instituciones encargadas de su recopilación, pero una vez obtenido ésta, una de las interrogantes que se debe hacer, ¿es confiable la información disponible?

La respuesta a esta pregunta, se obtiene realizando un análisis de consistencia de la información disponible mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que han podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasionadas por la intervención de la mano del hombre.

La no homogeneidad e inconsistencia, son los causales del cambio a que están expuestas las informaciones hidrológicas, por lo cual su estudio es de mucha importancia para determinar los errores sistemáticos que puedan afectarlas.

Inconsistencia es sinónimo de error sistemático y se presenta como saltos y tendencias, y no homogeneidad es definido como los cambios de datos vírgenes con el tiempo.

La no homogeneidad en una serie de tiempo hidrológico, se debe a factores humanos (tala indiscriminada de una cuenca, construcción de estructuras hidráulicas, etc.) o a factores naturales de gran significación, como los desastres naturales (inundaciones, derrumbes, etc.).

La inconsistencia de una serie de tiempo, está dada por la producción de errores sistemáticos (déficit de toma de datos, cambio de estación de registro, etc.).

Esta inconsistencia y no homogeneidad se pone de manifiesto con la presencia de saltos y/o tendencias en las series hidrológicas afectando las características estadísticas de dichas series, tales como la media, desviación estándar y correlación serial.

El análisis de consistencia de la información, es el proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológica.

El análisis de consistencia de la información hidrológica, se realiza mediante los siguientes procesos:

- Análisis visual gráfico
- Análisis doble masa

- Análisis estadístico.

Análisis visual gráfico.

En coordenadas cartesianas se plotea la información hidrológica histórica, ubicándose en las ordenadas, los valores de la serie y en las abscisa el tiempo (años, meses, días, etc.).

Este gráfico sirve para analizar la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar el período o períodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar como picos muy altos o valores muy bajos, saltos y/o tendencias, los mismos que deberán comprobarse, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido, o si son producto de errores sistemáticos.

Para conocer la causa del fenómeno detectado, se puede analizar de diversas formas:

- Cuando se tienen estaciones vecinas, se comparan los gráficos de las series históricas, y se observa cuál período varía notoriamente uno con respecto al otro.
- Cuando se tiene una sola estación, esta se divide en varios períodos y se compara con la información de campo obtenida.
- Cuando se tienen datos de precipitación y escorrentía se comparan los diagramas, los cuales deben ser similares en su comportamiento.
- La interpretación de estas comparaciones, se efectúa conjuntamente con el análisis de doble masa.

Análisis de doble masa.

Este análisis es para tener una cierta confiabilidad en la información, así como también, para analizar la consistencia en lo relacionado a errores, que pueden producirse durante la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta doble masa.

El diagrama de doble masa se obtiene planteando en el eje de las abscisa los acumulados, por ejemplo de los promedios de los volúmenes anuales en millones de m³ de todas las estaciones de la cuenca y en el eje de las ordenadas los acumulados de los volúmenes anuales, en millones de m³, de cada una de las estaciones en estudio.

De estas dobles masas se selecciona como la estación más confiable, la que presenta el menor número de quiebres.

El análisis doble masa propiamente dicho, consiste en conocer mediante los quiebres que se presenta en los diagramas, las causas de los fenómenos naturales, o si estos han sido ocasionados por errores sistemáticos. En este último caso, permite determinar el rango de los períodos dudosos y confiables para cada estación en estudio, la cual se deberá corregir utilizando ciertos criterios estadísticos.

Análisis de saltos.

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los valores medios (\bar{x}) de las sub muestras son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con 5% de nivel de significación de la siguiente manera:

Cálculo de la media y de la desviación estándar para un período según:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i \dots; \dots S_1(x) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j \dots; \dots S_2(x) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

2.6. TEORÍA DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN

Teoría de regresión.

Weiers, (2008) indica que, el tipo de correlación debe ser analizado en el diagrama de dispersión en base a la forma que toma la curva de la función y a la relación entre las variables. Cuando el análisis se basa en el estudio de dos variables se denomina correlación simple, cuando se analizan más variables se las denomina correlación múltiple.

En términos de estadística los conceptos de regresión y ajuste con líneas paralelas son sinónimos lo cual resulta estimar los valores de la variable dependiente (Y) correspondiente a los valores dados de la variable independiente (X), por lo que si se estima el valor de "Y" a partir de "X" decimos que se trata de una curva de regresión de "Y" sobre "X". Ejemplo, la precipitación depende de la humedad relativa.

Modelo de regresión múltiple

Harnett y Murphy (1980), afirman que, si disponemos de una muestra de n observaciones de cada una de las m variables. El problema consiste en determinar la ecuación de regresión muestra con el "mejor ajuste" a estos datos, y usar los coeficientes de esa ecuación como estimaciones de los parámetros de la ecuación de regresión poblacional. La ecuación muestra para la regresión múltiple es:

$$\bar{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m$$

El valor de \bar{y} es la estimación de μ_y . X_1, X_2, \dots, X_m ; a es la estimación de α y b_1, b_2, \dots, b_m son las estimaciones de los coeficientes de regresión parcial $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$.

Correlación lineal simple.

Rincón, (2005) indica que, si sabemos que existe una relación entre una variable denominada dependiente y otras denominadas independientes (como por ejemplo las existentes entre: la experiencia profesional de los trabajadores y sus respectivos sueldos, las estaturas y pesos de personas, la producción agraria y la cantidad de fertilizantes utilizados, etc.), puede

darse el problema de que la dependiente asuma múltiples valores para una combinación de valores de las independientes.

La dependencia a la que hacemos referencia es relacional matemática y no necesariamente de causalidad. Así, para un mismo número de unidades producidas, pueden existir niveles de costo, que varían empresa a empresa.

Si se da ese tipo de relaciones, se suele recurrir a los estudios de regresión en los cuales se obtiene una nueva relación pero de un tipo especial denominado función, en la cual la variable independiente se asocia con un indicador de tendencia central de la variable dependiente. Cabe recordar que en términos generales, una función es un tipo de relación en la cual para cada valor de la variable independiente le corresponde uno y sólo un valor de la variable dependiente.

Regresión simple y correlación.

Rincón, (2005) menciona que, la regresión y la correlación son dos técnicas estadísticas que se pueden utilizar para solucionar problemas comunes.

Muchos estudios se basan en la creencia de que es posible identificar y cuantificar alguna relación funcional entre dos o más variables, donde una variable depende de la otra variable.

Se puede decir que y depende de x , en donde y y x son dos variables cualquiera en un modelo de regresión simple.

" y es una función de x "

$$y = f(x) = a + bx$$

- como y depende de x ,
- y es la variable dependiente, y
- x es la variable independiente.

En el modelo de regresión es muy importante identificar cuál es la variable dependiente y cuál es la variable independiente.

En el modelo de regresión simple se establece que Y es una función de sólo una variable independiente, razón por la cual se le denomina también regresión bivariada porque sólo hay dos variables, una dependiente y otra independiente y se representa así:

$$y = f(x)$$

"y está regresando por x"

La variable dependiente es la variable que se desea explicar, predecir.

La variable independiente x se le denomina variable explicativa ó regresor y se le utiliza para explicar y.

Análisis estadístico: Regresión lineal simple.

Rincón, (2005) indica que, el estudio de la relación funcional entre dos variables poblacionales, una variable X, llamada independiente, explicativa o de predicción y una variable Y, llamada dependiente o variable respuesta, presenta la siguiente notación:

$$y = a + b x + e$$

Dónde:

a = Es el valor de la ordenada donde la línea de regresión se intercepta con eje Y.

b = Es el coeficiente de regresión poblacional (pendiente de la línea recta)

e = Es el error

Suposiciones de la regresión lineal

1. Los valores de la variable independiente x son fijos, medidos sin error.

2. La variable y es aleatoria
3. Para cada valor de x , existe una distribución normal de valores de y (subpoblaciones y)
4. Las variancias de las subpoblaciones Y son todas iguales.
5. Todas las medias de las subpoblaciones de Y están sobre la recta.
6. Los valores de Y están normalmente distribuidos y son estadísticamente independientes.

Coefficiente de correlación.

Ibáñez, (2010) asevera que, la correlación viene del Latín cum: con y relatus: relacionado, la correlación lineal permite medir si hay asociación entre dos variables o medir la intensidad de dicha asociación. Para ello es importante que la muestra bivariado sea tomada al azar, tanto para la variable X como para la variable Y .

El coeficiente de correlación de Pearson, se ajusta al tipo de información cuantitativa, esto con la finalidad de detectar y medir la asociación entre variables o de razón. Los valores del coeficiente de correlación oscilan entre $+1$ y -1 , y se explica de la siguiente manera:

- a. El valor de $r = +1$, indica una correlación positiva perfecta o correlación directa, cuando al aumentar o disminuir el valor de la variable independiente, aumenta o disminuye también el valor de la variable dependiente (pendiente positiva).
- b. El valor de $r = -1$, expresa una correlación inversa o relación negativa perfecta: cuando al aumentar o disminuir el valor de la variable independiente, disminuye o aumenta el valor de la variable dependiente (pendiente negativa).
- c. El valor de $r = 0$, indica la ausencia de correlación, es decir las dos variables no están correlacionadas o relacionadas.

El coeficiente de correlación está dado por:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \bar{y}^2 \right]}}$$

Los rangos del coeficiente de correlación, se pueden interpretar haciendo uso de las siguientes expresiones:

$r = 0.2$ á $r = 0.3$ Coeficiente de correlación muy bajo.

$r = 0.4$ á $r = 0.5$ Coeficiente de correlación bajo.

$r = 0.6$ á $r = 0.7$ Coeficiente de correlación alto.

$r = 0.8$ á $r = 1.0$ Coeficiente de Correlación muy alto.

El método del vector regional (MVR)

El vector regional es modelo simple orientado al análisis de la información pluviométrica de una región y a la síntesis de esa información. Este método fue desarrollado por el IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo) en los años 70 con el objetivo de homogenizar los datos pluviométricos. Se elaboraron dos métodos para el cálculo del vector regional uno por G. Hiez y Y. Brunet Moret. (www.ird.fr)

Este método permite representar la información pluviométrica regional bajo la forma de índices anuales representativos de las precipitaciones en esa región y por coeficientes característicos de cada punto de observación. Así mismo es posible usar este método para otros parámetros con la condición que sean relativamente independientes entre sí de un año a otro, y que sean *pseudo-proporcionales*, es decir que los datos de las diferentes estaciones varíen en el mismo sentido y en proporciones casi idénticas, con variaciones ligeras debidas al ruido de fondo.

El método de G. Hiez está basado en el cálculo de la moda, mientras que el de Brunet Moret se basa en el promedio, eliminando los valores

demasiado alejados del promedio. Cada método estima una media extendida para cada estación sobre el período de trabajo y calcula los índices anuales de cada estación.

El método clásico de crítica de datos anuales consiste en efectuar análisis de dobles masas entre los valores de las estaciones tomadas dos a dos, para detectar eventuales heterogeneidades, y luego completar datos faltantes por correlación con los datos de la estación y de sus vecinas.

El método del vector regional consiste en elaborar, a partir de la información disponible, una especie de estación ficticia que sea representativa de toda la zona de estudio. Para cada estación se calcula un promedio extendido sobre todo el período de estudio, y para cada año, se calcula un índice. (>1 año con superávit, <1 año deficitario). A esta serie de índices anuales se le llama vector regional, ya que toma en cuenta la información de una región que se supone es climáticamente homogénea.

Este método también puede aplicarse a datos mensuales, tratando separadamente cada uno de los meses del año como si se tratara de un valor anual.

Una vez elaborado el vector regional, el análisis de la información es enormemente facilitada, así podemos:

- Evaluar la calidad de los datos de una estación por curvas de dobles acumuladas con los índices del vector regional.
- Analizar gráficamente y correlacionar los datos de una estación con los índices del vector regional.

- Evaluar los datos faltantes de una estación multiplicando el índice de un año del vector regional por el promedio extendido de la estación sobre el período de estudio.

La calidad del vector regional depende de la calidad de los datos de entrada. Aunque los algoritmos utilizados por los dos métodos intentan minimizar la influencia de los datos erróneos, el vector calculado al comienzo sigue contaminado por los errores que existen en los datos de las estaciones. Sólo de manera iterativa, eliminando los datos visiblemente imaginarios y corrigiendo poco a poco los errores más evidentes sobre los datos de entrada, se llegará a un vector regional de buena calidad.

Métodos utilizados.

Dos métodos concurrentes fueron elaborados en el ORSTOM – IRD por G. Hiez y Y. Brunet Moret. El método de G. Hiez se basa en el cálculo de la moda (valor más frecuente), mientras que el de Y. Brunet Moret se basa en el promedio, eliminando los valores demasiado alejados del promedio para evitar contaminar demasiado las estimaciones con datos evidentemente erróneos. Cada método estima una media extendida para cada estación sobre el período de trabajo, y calcula los índices anuales de cada estación, obtenidos al dividir el valor observado en una estación para un año por ésta media extendida.

El método de BrunetMoret considera que el índice regional de un año es el promedio de los índices de todas las estaciones. Sin embargo, toma la precaución de filtrar los índices de las estaciones que se alejan demasiado del promedio, puesto que el promedio es influenciado por los valores extremos. De la misma manera, la media extendida de una estación se calcula a partir de la media de los valores observados o estimados, siempre

después de filtrar los valores que se alejan demasiado de los valores de las estaciones vecinas para un mismo año. La filtración de los valores que se alejan demasiado del promedio se hace en forma iterativa. Cuando tales valores se detectan durante una iteración, son remplazados por su estimación por medio del vector que acaba de calcularse, y el cálculo recomienza con estos nuevos valores, hasta obtener un Vector Regional con ningún valor demasiado alejado. Por lo tanto se puede notar que a pesar de filtrar los valores demasiado alejados del promedio, estos valores guardan una cierta influencia sobre el vector regional calculado. En efecto, el vector calculado durante una iteración y utilizado para re-estimar estos valores está contaminado por estos valores, sobre todo si las estaciones son poco numerosas.

El método de G. Hiez considera que el índice regional de un año es el índice más frecuentemente observado sobre las diferentes estaciones. Por lo tanto, no es necesario filtrar los datos que se alejan demasiado del promedio, puesto que los datos extremos tienen poco efecto sobre el cálculo de la moda. De la misma manera, la media extendida de una estación se calcula a partir de los valores más frecuentemente en concordancia con sus vecinas, y no con el promedio de todos los valores observados.

Por su concepción, el método de G. Hiez parece más potente para detectar datos erróneos y construir rápidamente un vector regional poco contaminado por estos datos erróneos, pero se basa en un cálculo de la moda que siempre es delicado evaluar. Al contrario, el método de Y. Brunet Moret parece matemáticamente más sólido, pero supone que el utilizador haya eliminado todos los datos erróneos para obtener un vector regional confiable. La detección, corrección o eliminación de los datos erróneos es de todos modos una buena política cualquiera sea el método utilizado, y es a menudo la meta principal de un análisis con el método del vector regional.

2.7 TENDENCIA

Para Villón (2002), son aquellos valores que tienden a sintetizar o servir de una descripción promedio del conjunto de datos, cuya finalidad es presentar un individuo o conjunto que pueda considerarse como el representativo de la distribución.

La tendencia es un efecto prolongado del comportamiento general de una serie en el tiempo. La forma de la línea general de tendencia puede ajustarse a una recta o a una curva, y puede ser ascendente (creciente), estacionaria (sin variación significativa) o descendente (decreciente).

Los cambios en una serie de tiempo se puede producir gradualmente (una tendencia), bruscamente (un cambio radical) o en una forma más compleja. Puede afectar a la media, mediana, varianza u otros parámetros estadísticos de los datos (Espinoza y Fernández, 2011).

Los resultados del análisis de tendencias muestran, a nivel anual, un aumento significativo de la temperatura media y de la media de las máximas, pero en cambio, ni la temperatura media de las mínimas ni la precipitación muestra variaciones significativas. A nivel estacional, existe un calentamiento significativo en primavera y verano de las tres variables de temperatura y, además, en primavera, un descenso significativo de la precipitación. A nivel mensual se ven reflejadas las tendencias estacionales (Delgado, V. y López, M., 2007).

Específicamente, la precipitación y temperatura tienen un papel importante en el manejo de los recursos naturales, debido a que controlan las actividades agrícolas, pecuarias y forestales así como una gran variedad de actividades económicas e incluso el comportamiento y desarrollo social (Corte-Real *et al.*, 1998).

Como consecuencia de esto, en los últimos años se han presentado cambios climáticos inusuales a nivel mundial. Los cambios en los patrones de precipitación han sido asociados con el calentamiento global (Bradley *et al.*, 1987; Díaz *et al.*, 1989; Hulme *et al.*, 1998).

Se ha reportado que la temperatura ha estado incrementando en todo el mundo desde finales del siglo pasado (Houghton *et al.*, 1990; Parker *et al.*, 1994; Easterling *et al.*, 1997; Plummer *et al.*, 1999). Según lo reporta el IPCC (2001), la temperatura del aire ha incrementado 0.6°C desde 1880 hasta el presente, así mismo, se espera que la temperatura de la tierra incremente en promedio hasta 3.5°C a fines de este siglo.

Para Ayllón (2003), estudiar el clima regional es de fundamental importancia, ya que de aquí se puede planificar el manejo de recursos naturales de un país; sin embargo, evaluar la variabilidad climática es muy complicado, la forma más fácil de analizar e interpretar el clima es en términos de medias anuales o estacionales de temperatura y/o precipitación. Además según FAO (1978), la precipitación varía gradualmente de una región a otra, por consiguiente la distribución de lluvia determina en gran magnitud el potencial climático de una región para la agricultura.

2.7.1 Análisis de tendencia

Según Aliaga (1983), las tendencias son comportamientos determinísticos transitorias que se definen como un cambio sistemático y continuo sobre una muestra de información hidrometeorológica en cualquier parámetro de la misma, que afectan a las distribuciones y dependencias de las series. Por ejemplo si hay un cambio ascendente o descendente en la temperatura, precipitación, evaporación entonces se produce una tendencia.

Las propiedades más importantes de las tendencias son:

- a. Las tendencias no son esperadas a repetirse por sí mismas en la misma forma y con las mismas propiedades.

- b. Las tendencias pueden ser lineales o no lineales, por lo que cualquier función continua de tendencias no lineales, puede ser representado en series de potencia.
- c. Se pueden separar de las otras componentes (periódicos, aleatorias) de la serie, lo que hace posible removerlas y/o incorporarlas.
- d. Pueden existir en cualquier parámetro de una serie, media, varianza, coeficiente de auto correlación, y en parámetros de alto orden; pero por lo general las tendencias se presentan únicamente en la media, si la información es anual, y en la media y desviación estándar si la información es mensual.

Test estadístico.

Las gráficas de series en el tiempo son una herramienta visual de gran utilidad para análisis de tendencia o cambio. El punto de partida de una prueba estadística es definir una hipótesis nula H_0 y una hipótesis alterna H_1 .

La prueba estadística.

Es una forma de comparar H_0 y H_1 , que implica un valor numérico a partir de la serie de datos que se está probando.

Un punto de partida de una prueba estadística es definir una hipótesis nula (H_0) y una hipótesis alternativa (H_1). Por ejemplo para comprobar la evolución de la media de una serie de tiempo, H_0 sería que no hay ningún cambio en la media de los datos, y H_1 sería que la media va aumentando o disminuyendo con el tiempo.

El nivel de Significancia, es una manera de medir si la prueba estadística es muy diferente de los valores que normalmente se producen bajo H_0 . Es la probabilidad de que un valor de la prueba estadística sea extremo a más extremo que el valor observado suponiendo que no hay tendencia o cambio (H_0). por ejemplo, para $\alpha=0.05$, el valor crítico de la prueba estadística es el

que superara el 5% de valor de la prueba estadística obtenida a partir de los datos generados aleatoriamente. Si el valor de la prueba estadístico es mayor que el valor crítico de la prueba estadística, se rechaza H_0 . El nivel de significancia es por tanto la probabilidad de que una prueba detecta una tendencia o cambio (rechazar H_0), y cuando no está presente (error tipo I) una posible interpretación del nivel de significancia podría ser:

$\alpha=0.10$	poca evidencia en contra de H_0
$0.05 < \alpha < 0.01$	posible evidencia en contra de H_0
$0.01 < \alpha < 0.05$	fuerte evidencia en contra de H_0
$\alpha < 0.01$	evidencia muy fuerte en contra de H_0

Para detectar tendencias y cambios, se utiliza el valor crítico de la prueba estadística $\alpha/2$ se utiliza (dos periodos), para detectar un aumento (o disminución), se utiliza el valor crítico de la prueba estadística “ α ” (un periodo)

Hay dos tipos posibles de errores. Error tipo I cuando H_0 se rechaza incorrectamente. Error tipo II cuando H_0 no se acepta cuando H_1 es verdadero. Una prueba con escaso margen de error de tipo II se dice que es de gran alcance.

CAPITULO III

METODO DE INVESTIGACION

3.1 MATERIALES METEOROLOGICOS Y EQUIPOS

3.1.1 Información meteorológica

3.1.1.1 Información pluviométrica

Para el análisis pluviométrico de la cuenca se ha utilizado 04 registros históricos de precipitación total mensual correspondiente a igual número de observatorios meteorológicos de los cuales 03 estaciones meteorológicas están ubicadas dentro de la cuenca del río Illpa y 01 estación más cercana en el entorno externo de la cuenca Illpa. La ubicación hidrográfica de los observatorios meteorológicos se presenta en la tabla siguiente.

Cuadro N° 3.1 Estaciones pluviométricas de la cuenca del río Illpa y cuencas vecinas, 2014.

N°	Estación	Tipo	Sub Cuenca	Ubicación Política			Coordenadas UTM			Propietario
				Distrito	Provincia	Dpto	Cood.Este	Cood.Norte	Altitud (m.s.n.m.)	
1	Cabanillas	CO	Cabanillas	Cabanillas	San Roman	Puno	15°38'21"	70°20'47.7"	3,900	SENAMHI
2	Capachica	CO	Cabanillas	Capachica	Puno	Puno	15°36'56"	69°50'38.4"	3,933	SENAMHI
3	Mañazo	CO	Illpa	Mañazo	Puno	Puno	14°48'0.2"	70°3'59.7"	3,920	SENAMHI
4	Puno	CP	Titicaca	Puno	Puno	Puno	15°49'34.5"	70°0'43.5"	3,820	SENAMHI

Fuente: Elaboración propia

Para el presente estudio, la información de precipitación total mensual disponible varía en el periodo de los años 1966 – 2010, con un promedio de 44 años de registro de la serie histórica disponible de precipitación total mensual correspondiente.

3.1.1.2 Información de temperatura

Se ha utilizado la información de termometría existente en la base de datos del SENAMHI, con respecto a las variables de termométrica: como los registros de las temperaturas, máxima media y mínima; las estaciones de Puno, Cabanillas, Mañazo y Capachica.

La longitud de registro de parámetros meteorológicos disponibles varía en el periodo de los años 1966 – 2010 con periodo de registro histórico de la información de la temperatura de la cuenca del río Illpa.

3.1.2 Equipos (materiales de cómputo y otros)

Entre los materiales, instrumentos, equipos y servicios utilizados para la ejecución de este proyecto se tienen los siguientes.

Materiales y equipos de gabinete

- Papel bond A-4
- Memoria USB
- DVD
- Papel bond A-3
- Equipo de cómputo Core 2 Duo
- Una impresora Laser
- Software: SPSS, Hec-4, Hydracces, Trend, otros.
- Programas de cómputo (Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point Microsoft.
- Otros

Servicios

- Impresión, fotocopias, anillados, escaneados y otros.
- Servicios de especialista meteorológicos y del clima.

Materiales cartográficos, hidrológicos y bibliográficos

Mapa físico político del departamento de Puno por el (IGM) a escala 1/750,00
Carta Nacional que abarca la cuenca del río Illpa a escala de 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) digitalizado entre el entorno de SIG con equidistancia mínima entre curvas de nivel de 50m.

Información meteorológica (precipitación total mensual, temperatura máxima y mínima) correspondiente al registro histórico de la cuenca Illpa, proporcionado por SENAMHI.

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es: Descriptivo y explicativo. Es descriptivo porque describe el comportamiento variables climáticas y es explicativo porque es una investigación cuantitativa que estudia el comportamiento de las tendencias de las precipitaciones y temperaturas con datos numéricos de la serie histórica. Ya que son fenómenos que han sucedido a través del tiempo y espacio.

3.2.2 Población y muestra

• Población

Para la presente investigación se consideró como población al total de datos meteorológicos de la cuenca, y solo se utilizó para análisis de tendencias en el ámbito de estudio 04 estaciones meteorológicas para precipitación y 04 estaciones para temperaturas.

• Muestra

Para el presente estudio se consideró muestra al conjunto de estaciones de donde se recopiló datos. Estos datos son considerados como muestreo aleatorio. Los datos a ser recopilados son de precipitaciones y temperaturas correspondientes a los años de 1966 a 2010.

Para la selección de las estaciones ubicadas dentro de la cuenca Illpa se tomó tres criterios.

Que tuvieran como mínimo una longitud de al menos 38 años de observaciones, es decir se ha excluido estaciones con 15% de datos faltantes y las estaciones vecinas más alejadas a la cuenca.

No se consideró, aquellas con información dudosa, estaciones que fueron cambiadas de localización.

3.2.3 Definición de variables

· Variable dependientes

Son los variables que dependen del tiempo se miden en cada prueba, para establecer si las variables independientes influyen sobre sus variables. Precipitaciones totales mensuales (PP), temperaturas máximas mensuales (TM) y la temperatura mínimas mensuales (Tm), son datos obtenidos del SENAMHI, estas son variables en el tiempo y en el espacio.

· Variable independiente

Es el factor (causa), que suponemos influye sobre la característica que medimos, para comprobar su influencia. En el presente trabajo de investigación se considera como variable independiente al tiempo (años).

3.2.4 Análisis de consistencia de la información meteorológica

Los datos provienen de estaciones meteorológicas distribuidas en casi toda la cuenca del río Illpa, para análisis de precipitación y temperatura comprenden desde 1966-2010. La información analizada corresponderá (PP), temperatura máxima (TM), temperatura media (TMed) y temperatura mínima (Tm), obtenidas de cada estación meteorológica. La selección de estaciones será en base a tres criterios.

- Que tuvieran como mínimo una longitud de al menos 38 años de observaciones,

- La consistencia anual e interanual en las observaciones
- La homogeneidad de las series anuales de PP, TM y Tm.

Se excluyeran estaciones que fueron cambiadas de localización, aquellas con información dudosa, así como estaciones que mostraron 15% de datos faltantes. Un total de 04 estaciones meteorológicas fueron analizadas de los cuales 04 estaciones fueron seleccionadas con los criterios establecidos.

3.2.5 Procedimiento de análisis de consistencia de precipitación

El análisis de consistencia de los datos de precipitación nos permitió detectar, corregir y eliminar errores sistemáticos y aleatorios que se presentan en series meteorológicas en consecuencia de las series analizadas debe ser homogéneo, consistente y confiable.

- **Análisis de saltos**

El análisis de salto tiene por objeto detectar la presencia del mismo y evaluar, se realiza mediante tres puntos de vista: análisis visual de hidrogramas, análisis de doble masa y análisis estadístico.

- **Corrección de la información**

Se ha corregido los datos de las sub muestras con las siguientes ecuaciones.

$$x'(t) = \left(\frac{X_t - \bar{x}_1}{S_1} \right) \times (S_2 + \bar{x}_2) \dots\dots\dots 3.1$$

$$x'(t) = \left(\frac{X_t - \bar{x}_2}{S_2} \right) \times (S_1 + \bar{x}_1) \dots\dots\dots 3.2$$

Dónde:

X'(t) = valor corregido de la información

Xt = valor a ser corregido

- **Completación y extensión de los datos pluviométricos**

Una vez obtenida las series consistentes de la información pluviométrica, se procedió a realizar la completación de la información, mediante correlación múltiple entre las estaciones consistentes, para este proceso se utilizó el programa Hydraccess.

Para el proceso de completación y extensión de la información pluviométrica se conformó según la pertenencia a una cuenca o zona hidrológica con comportamiento similar, a continuación se presenta los grupos de estaciones consideradas, como Puno, Mañazo, Cabanillas y Capachica.

Para realizar este análisis de salto se ha realizado el esquema que se muestra en la Figura N° 3.1.

3.2.5.1 Procedimiento de análisis de consistencia de temperatura.

Se agrupo en dos grupos para las estaciones termométricas, según la pertenencia a una cuenca o zona hidrológica con comportamiento similar, cuencas o estaciones vecinas.

En el análisis de consistencia de los datos de temperaturas se ha utilizado el software Hydraccess del IRD, desarrollado por Philippe VAUCHEL, hidrólogo del IRD (Instituto de investigación para el desarrollo) el cual tiene incluido un módulo para el cálculo del vector regional por el método de Y. Brunet Moret.

El software Hydraccess nos permite calcular el vector regional a paso de tiempo mensual y anual (análisis y corrección). Igualmente nos permite detectar, corregir o eliminar los errores sistemáticos de series cronológicas estudiadas (fase de homogenización) luego de buscar las zonas climáticas homogéneas (fase de regionalización) para las cuales se genera una serie cronológica representativa de índices mensuales y anuales.

Para calcular el vector hemos tenido las siguientes consideraciones:

- Para el cálculo del vector regional debemos tener como mínimo 3 estaciones por año y 3 años como mínimo por estación, por lo tanto debemos verificar esta condición y de ser necesario calcularemos los datos faltantes con los registros de las estaciones más confiables y con registros más largos, por correlación.
- La hipótesis principal de este método es el principio de “pseudo-proporcionalidad” por lo cual los datos deben tener el mismo comportamiento (cantidad y variación temporal), es decir deben tener una tendencia climática regional única.

La pseudos-proporcionalidad de una zona es medida por el valor del coeficiente de correlación media entre las estaciones y el vector correspondiente (en caso de estricta proporcionalidad este valor es igual a 1. Este coeficiente en el software *Hydraccess* aparece como “correl/vector”).

Se ha considerado una zona como homogénea si los coeficientes de correlación anual entre el vector y la estación son superiores o iguales a 0.7; debido a que la poca densidad de la red de estaciones, no nos permite ser más estrictos y reducir la zona.

Se aplicó el método para el cálculo del vector regional por Brunet Moret. Para análisis de consistencia de datos de temperatura del presente trabajo.

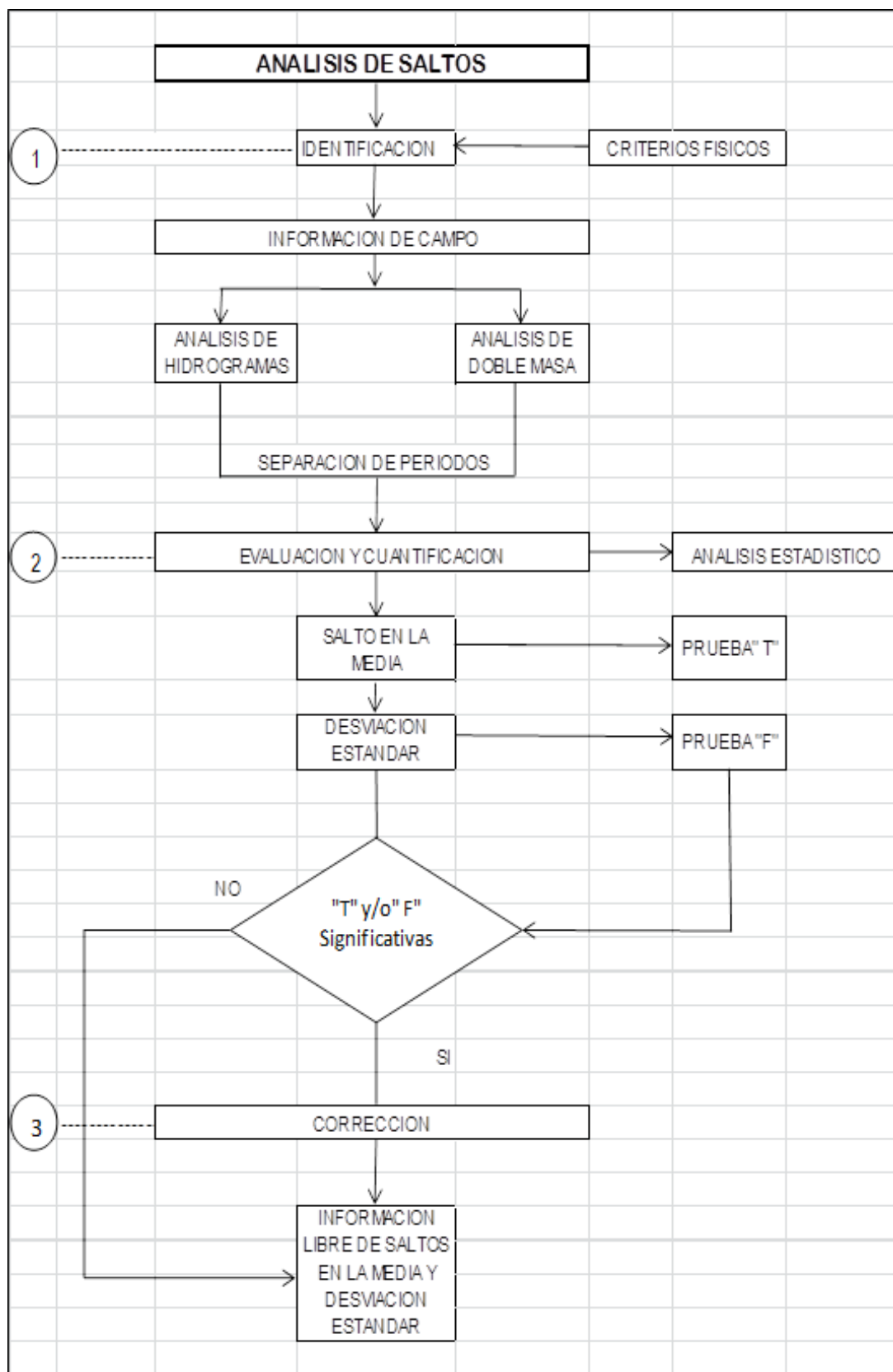


Figura N° 3.1 Esquema simplificado para realizar el análisis de saltos Fuente: Aliaga A. Vito S. 1983.

3.2.6 Análisis de tendencia de precipitación y temperaturas.

Para análisis de tendencias de precipitaciones y temperaturas máximas, medias y mínimas anuales se aplicó los test estadísticos paramétricos y no paramétricos, incluidos en el programa Trend. Se aplicó la prueba estadística no-paramétrica de test Mann-Kendall, Spearman's y Rho, RanKsum y la prueba estadística paramétrica de regresión lineal y T-Studest.

Con el Trend, realizó las pruebas estadísticas sólo en los datos de series cronológicas mensuales y anuales.

a).Test no paramétricos

Una prueba no paramétrica responde a un modelo matemático de distribución libre, que no condiciona la muestra investigada y su población a parámetros estadísticos. La significancia de los resultados de este tipo de test depende de algunas suposiciones o condiciones estadísticas asociadas a este tipo de test, con menor grado de condicionamiento respecto a las pruebas paramétricas:

- Datos de series temporales independientes
- Variables de continuidad básica

Estos test no requieren de mediciones fuerte y gran parte de estos se aplican a datos de escala ordinal a escala nominal. Estas pruebas detectan tendencia o cambio, pero no cuantifican la magnitud. Son muy útiles porque la mayoría de las series temporales de datos hidrológicos no se distribuyen normalmente.

Ventajas

Se usa este tipo de pruebas si el tamaño de la muestra es muy pequeño, a menos que la naturaleza de la distribución de la población sea conocida con exactitud.

Estas pruebas analizan los datos que no son coherentes a los rangos, así como datos cuyas puntuaciones numéricas tiene aparentemente el peso de los rangos.

Estas pruebas son más fáciles de aprender y aplicar, su interpretación suele ser más directa que las paramétricas.

Generalmente estas pruebas son distribuciones libres, pero no pueden cuantificar el tamaño de la tendencia.

Desventajas

La aplicación de estas pruebas está muy difundida y aparecen en diferentes formatos por lo que esto relaciona a la conveniencia o no del método.

Si la serie de datos tiene las suposiciones del modelo estadístico paramétrico conocidos y las hipótesis de investigación pudieran ser probadas por una prueba paramétrica, entonces las pruebas estadísticas no paramétricas serían inútiles. Este grado de falta la aplicabilidad es expresado por la potencia – eficacia de este tipo de pruebas.

Estas pruebas no son sistemáticas, como las paramétricas y diferentes pruebas son simples variaciones de un tema central. Aunque el valor de la aproximación sistemática es parcialmente verdadero, no justifica su aplicabilidad.

Mann- Kendall (test paratendencia)

Este test de Mann Kendall ha sido ampliamente aplicado en estudios de identificación de tendencias en series meteorológicas y otras series ambientales.

Su desarrollo se resume como:

1. Se listan los valores de las variables (precipitación por ejemplo), de forma ordenada (X_1, X_2, \dots, X_n)
2. Se obtiene el signo de la diferencia de cada par de valores al comparar sus magnitudes ($X_j - X_k$) con ($j > k$) de acuerdo con lo siguiente:

$$Signo(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 \dots si \dots (x_j - x_k) > 0 \\ 0 \dots si \dots (x_j - x_k) = 0 \\ -1 \dots si \dots (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

3. Obtención del estadístico S de Mann Kendall, mediante la ecuación:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n signo(x_j - x_k)$$

Si S es positivo se infiere de forma subjetiva que la tendencia es creciente, cuando S es negativo se infiere que hay tendencia decreciente.

4. Con base a los indicadores se estima una varianza para el estadístico S de Mann Kendall, que considera el caso de los empates (signo $X_j - X_k$) obtenidos en el paso 2, mediante la ecuación:

$$Var[S] = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{q=1}^g t_q(t_q-1)(2t_q+5) \right]$$

5. Cálculo del estadístico ZMK mediante:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{[Var(S)]^{1/2}} si > 0 \\ 0 \dots si \dots S = 0 \\ \frac{S+1}{[Var(S)]^{1/2}} si < 0 \end{cases}$$

6. A partir del estadístico Z se evalúa la hipótesis de interés, que puede ser:
 - a). H_0 : No hay tendencia vs. H_1 : Hay tendencia decreciente
 - b). H_0 : No hay tendencia vs. H_1 : Hay tendencia creciente.

El Test de Mann-Kendall nos proporciona un valor de significancia, p-value, así un valor de p-value inferior a 0.05-0.1 nos garantiza que la hipótesis adoptada tiene unas altas garantías de veracidad; a medida que este valor se hace más grande, las probabilidades van disminuyendo; hasta que llegando a un valor de 1, la probabilidad es nula.

El cálculo del estadístico S y Var [S] se ha realizado con el software libre R. El software R constituye un conjunto integrado de algoritmos para gestión y análisis de datos, cálculos y gráficos. En este entorno de trabajo se han implementado muchas técnicas estadísticas.

Spearson's Rho (test paratendencias)

Es un test basado en rangos, que determina si la correlación entre dos variables es significativa. En el análisis de tendencias, una variable es considerada como tiempo (x) (años) y otro a las correspondientes series temporales de datos (y).

El test estadístico ρ_s es el coeficiente de correlación, obtenido de la misma manera que el coeficiente de correlación de una muestra cualquiera pero utilizando rangos:

$$\rho_s = S_{xy} / (S_x S_y)^{0.5}$$

$$S_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad S_y = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad S_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

Dónde:

X_i (Tiempo), Y_i (variable de interés), \bar{x} y \bar{y} se refieren a las filas (\bar{x} , \bar{y} , S_x y S_y) tienen el mismo valor de análisis de tendencia.

Rank-Sum (test de medianas de datos en dos periodos)

Este método prueba si las medianas o puntos medios en dos periodos distintos son diferentes, para el cálculo de la prueba estadística Rank-Sum:

Se alinean todo los datos, desde 1 (el más pequeño) hasta n (el más largo): en caso de valores iguales de datos, utilizar la media de rangos.

Se calcula un S estadístico como la suma de los rangos de las observaciones en el grupo más pequeño (el número de observaciones en el grupo más pequeño se denota como n, y el número de las observaciones en el grupo más grande se denota como m).

Se calcula media teórica y desviación estándar de S bajo H_0 para la totalidad de la muestra.

$$\mu = n(N + 1) / 2$$

$$\sigma = [n.m(N + 1) / 12]^{0.5}$$

La forma estandarizada de Z_{rs} de la prueba estadística se calcula como:

$$Z_{rs} = [S - 0.5 - \mu] / \sigma \dots \text{if } \dots S > \mu$$

$$Z_{rs} = 0 \dots \dots \dots \text{if } \dots S = \mu$$

$$Z_{rs} = [S + 0.5 - \mu] / \sigma \dots \text{if } \dots S < \mu$$

Z_{rs} se distribuye normalmente, y el valor crítico de la prueba estadística para varios niveles de significancia, se pueden obtener de las tablas de la probabilidad normal.

b). Test paramétricos

Una prueba paramétrica responde a un modelo matemático predefinido que condiciona la muestra investigada y su población a parámetros estadísticos. La significancia de resultados de este tipo de test depende de las suposiciones o condiciones estadísticas impuestas:

- Datos de series temporales independientes entre si
- Datos de series temporales distribuidos normalmente
- Datos de series temporales y errores (desviaciones de tendencia) siguen una distribución particular.
- Población con una misma varianza (o en casos espaciales deben tener una proporción de varianza conocida)

Estas pruebas son útiles ya que además cuantifican el cambio en los datos (por ejemplo cambios en la media y la pendiente de la tendencia). Generalmente estas pruebas que son más poderosas que las no paramétricas.

Regresión lineal

El test asume que los datos están distribuidos normalmente. Prueba si hay una tendencia lineal examinando las relaciones entre el tiempo (x) y la variable de entres (y). la fórmula es la siguiente.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

La gradiente de regresión es estimado con:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

El S de test estadístico es: $S = b / \sigma$ donde:

$$\sigma = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2}{n(n-2)(n^2-1)}}$$

Dónde:

La S de la prueba estadística sigue una distribución T-Student con n-2 grados de libertad bajo la hipótesis nula (valores críticos de la prueba de la aprueba estadística para varios niveles de significancia se obtiene de la tablas estadísticas T-Stdent). Este test asume que los datos están distribuidos normalmente y que los errores (desviaciones de la tendencia) son independientes y siguen la misma distribución normal con media 0.

T-students(Test diferencia de medias)

El T de la prueba estadística de student es (valores críticos de la prueba estadística para varios niveles de significancia se obtienen de las tablas estadísticas T-student):

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

Donde

\bar{x} y \bar{y} : son medias del primer y segundo periodo respectivamente,

m y n: son los números de observaciones en el primer y segundo periodo respectivamente,

S: es la muestra de la desviación estándar (de la totalidad m y n)

Este método prueba si los valores medios de los distintos periodos son diferentes. El test asume que los datos son normalmente distribuidos.

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1.1 Ubicación del ámbito de estudio

4.1.1.1 Ubicación hidrográfica

La cuenca Illpa, hidrográficamente se encuentra ubicada en:

- Vertiente : Titicaca
- Sistema hídrico : TDPS

4.1.1.2 Ubicación política

La cuenca del río Illpa, políticamente se encuentra inmerso en la región Puno, dentro de la cuenca podemos encontrar a las provincias y distritos.

- Región : Puno
- Provincias : Parte de las provincias de Puno, San Román

4.1.1.3 Límites hidrográficos

La cuenca del río Illpa, limita con las siguientes cuencas hidrográficas:

- Este : Con las cuencas de lago Titicaca.
- Oeste : Con la cuenca del río Coata
- Norte : Con la cuenca del río Coata
- Sur : Con la cuenca del río llave

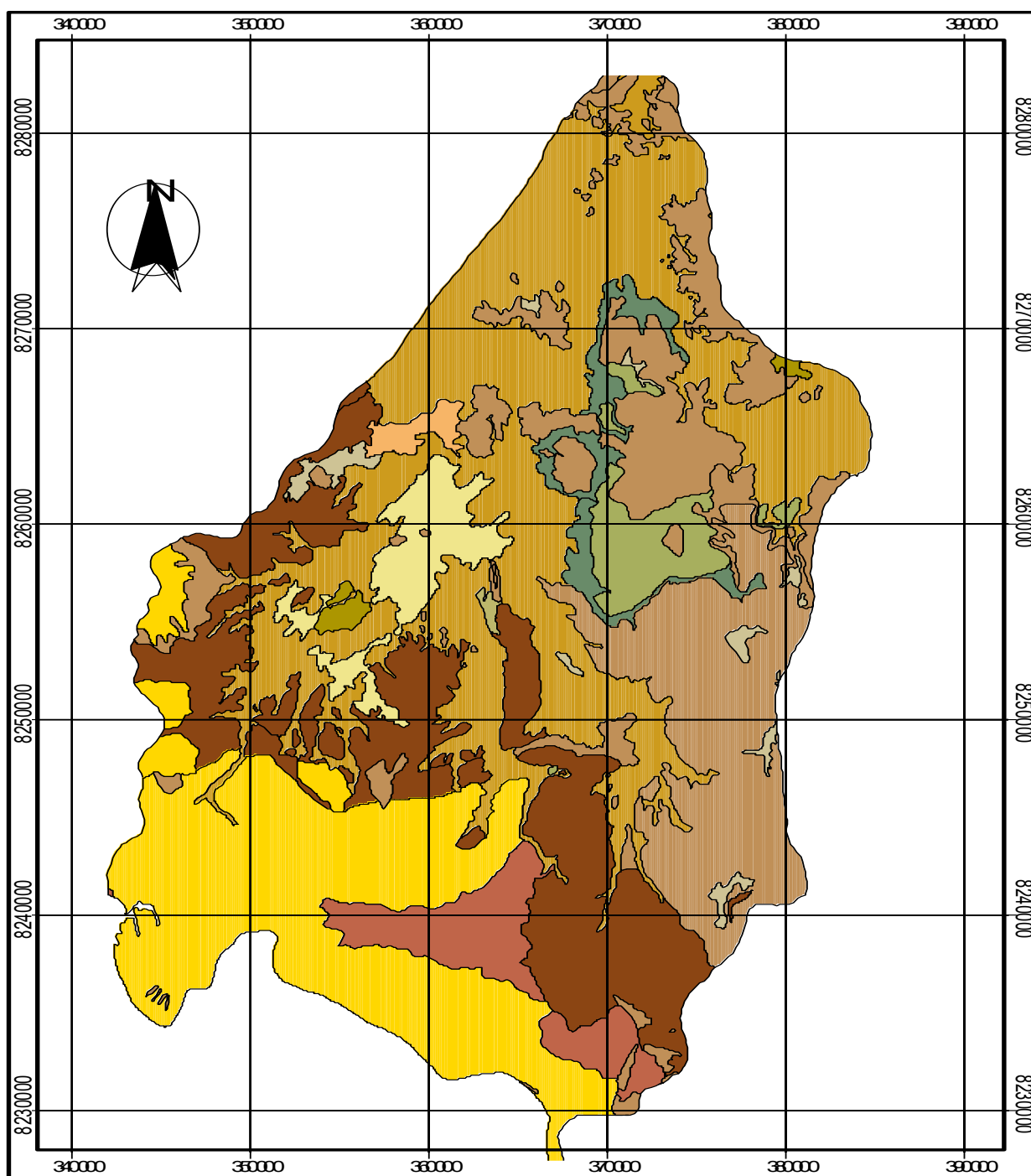


Figura N° 4.1 Ubicación geográfica de la cuenca del río Illpa, 2014.



Mapa N° 4.2 Ubicación Política de la cuenca del rio Illpa



Figura N° 4.3 Ubicación hidrográfica de la cuenca Titicaca, 2014.

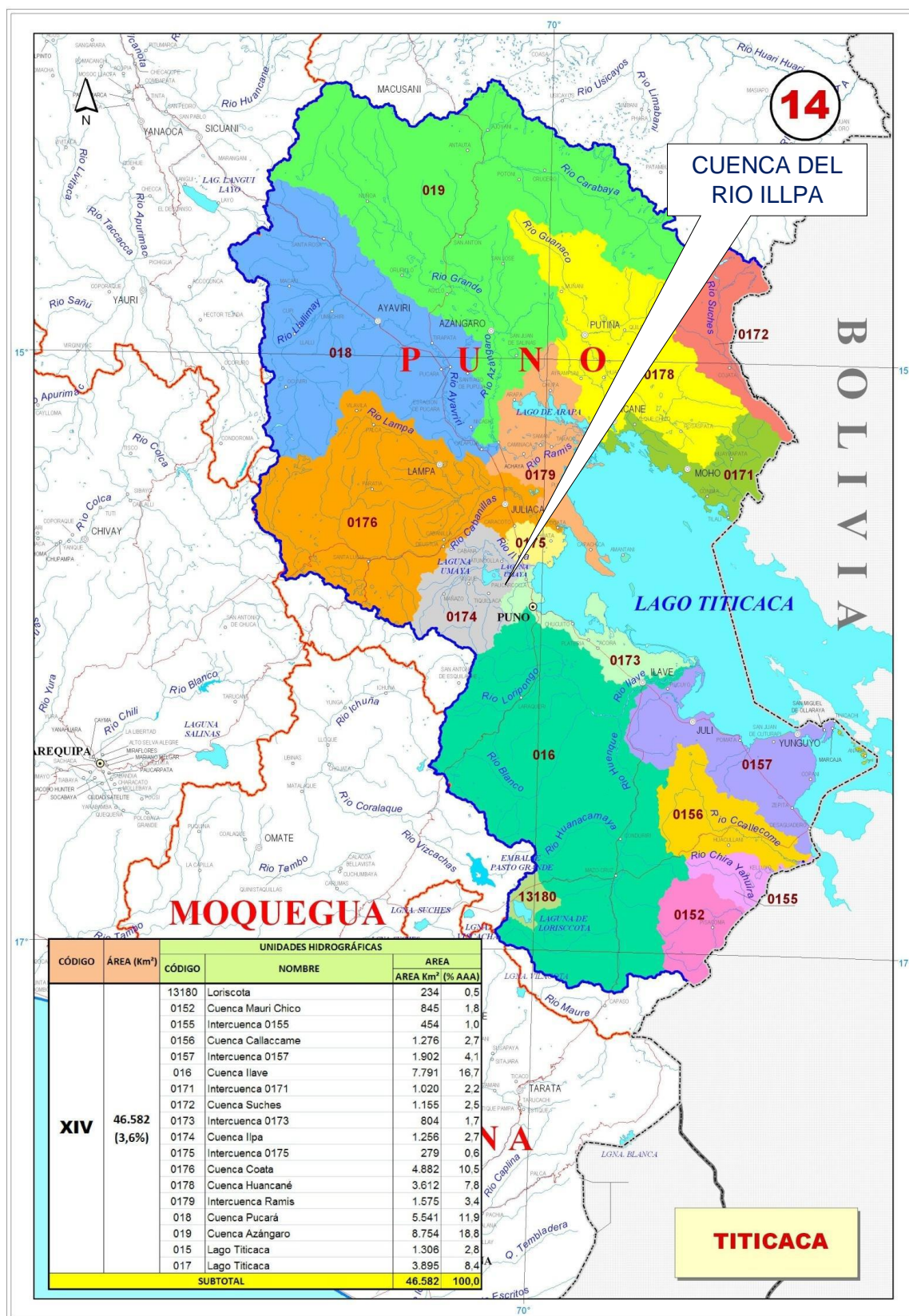


Figura N° 4.4 Ubicación Hidrográfica de la cuenca del río Illpa, 2014.

4.1.2 Descripción del ámbito de estudio

La región Puno, por encontrarse en la sierra Sur-Oriental tiene como límites en sus puntos extremos las coordenadas por el Norte $13^{\circ}00'00''$ latitud sur, y $68^{\circ}58'35''$ longitud oeste, por el Este $16^{\circ}19'00''$ latitud sur, y $68^{\circ}48'46''$ longitud oeste, por sur $17^{\circ}17'30''$ latitud sur, y $69^{\circ}43'48''$ longitud oeste, por Oeste $14^{\circ}42'47''$ latitud sur y $71^{\circ}06'46''$ longitud oeste.

La altitud es un factor decisivo para la geografía de la Región Puno, el plano más bajo es el que está a orillas del lago sobre los 3,812 msnm, alcanzando altitudes por encima de los 4,000 msnm; los límites de la región por el norte con la Región Madre de Dios, por el este con la república de Bolivia, por sur con la región Tacna, y por el oeste con las regiones de Moquegua, Arequipa y Cusco.

La región Puno esta sostenida en su gran meseta lacustre y por el bastión de la cordillera volcánica occidental de Tacna, Moquegua y Arequipa, cerrando el gran círculo andino de la meseta del Titicaca formado por extensas planicies superpuestas en terrazas gigantescas, que por Oeste se prolonga al sur del Cusco hasta el Sur de Ayacucho en altitudes de punas muy frías, cortadas por profundos cañones como el del Apurímac y sus formadores.

Por otro lado la región Puno presenta datos sobre temperatura máxima, mínima; termómetro seco y húmedo, heliofanía, anemometría, etc., toda esta información lo dispone el SENAMHI; así mismo la Región Puno, no cuenta con el componente de climatología, así mismo cuenta con una buena información hidrológica proveniente de sus estaciones hidrológicas.

Por las características de la cuenca alta y árida y las series cortas de información hidrometeorológica no han posibilitado la realización de estudios a pesar de reconocer la importancia que tienen actualmente por las anomalías presentadas en las últimas décadas.

Los escasos estudios realizados en la zona, han demostrado que existen condiciones potenciales de alta vulnerabilidad por impacto de diversos factores ambientales; determinante o el de mayor incidencia a nivel de la cuenca del río Illpa.

4.1.3 Descripción climática y ecológica

Para el caso del altiplano del departamento de Puno, las características climatológicas (termo-pluviales), juegan un papel importante ya que son causa de la existencia de graves problemas, representados principalmente por la sequías y heladas.

El clima general corresponde al tipo semi seco y frío, con estaciones de Otoño e Invierno carentes de lluvias y sin cambio térmico invernal definido, sin embargo, es posible establecer 04 variantes climáticas que si bien no se diferencian grandemente, pero adquieren una gran importancia dentro del patrón climático en general.

CAPITULO V.

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA

Usando las cartas nacionales del Perú se ha delimitado la cuenca del río Illpa, así mismo se ha ubicado las estaciones meteorológicas mediante sus coordenadas UTM.

5.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PLUVIO-METEOROLOGICA

5.2.1 Análisis de consistencia de la información pluviométrico

El análisis de la serie hidrometeorológica, se realizó el análisis de consistencia respectivo a fin de obtener una serie consistente, homogénea y confiable; porque la inconsistencia puede ser error significativo puede introducirse en todo los análisis futuros que se realicen.

El análisis de consistencia es una técnica que permite detectar, identificar, cuantificar, corregir y eliminar los errores sistemáticos de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie hidrometeorológica.

El análisis de consistencia de la información hidrometeoro lógica se realiza con tres métodos.

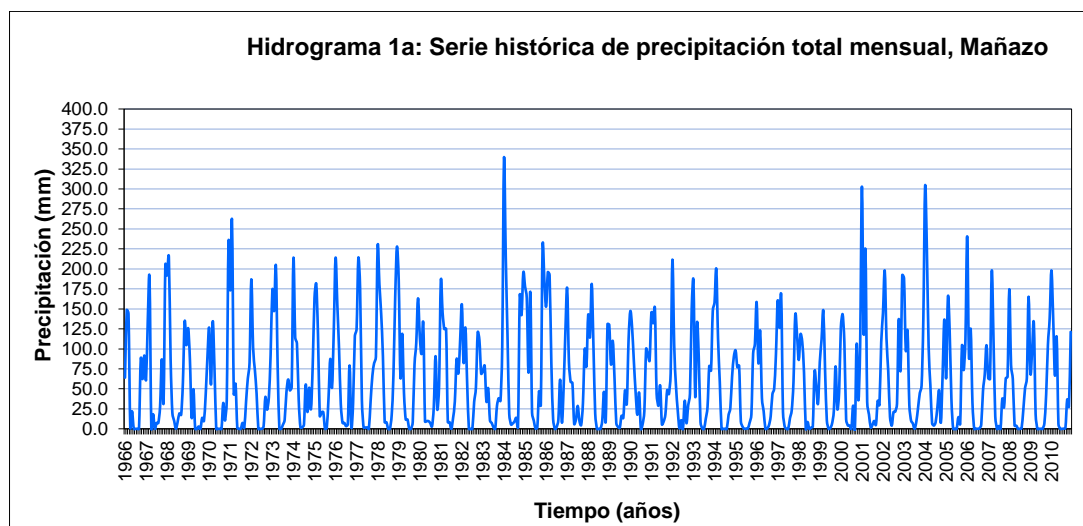
A). Análisis visual de hidrogramas

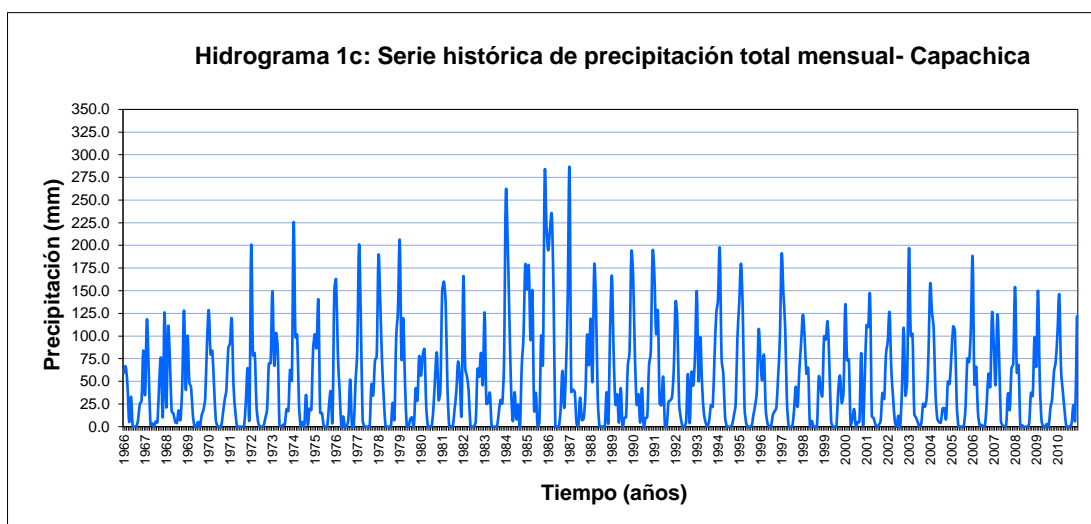
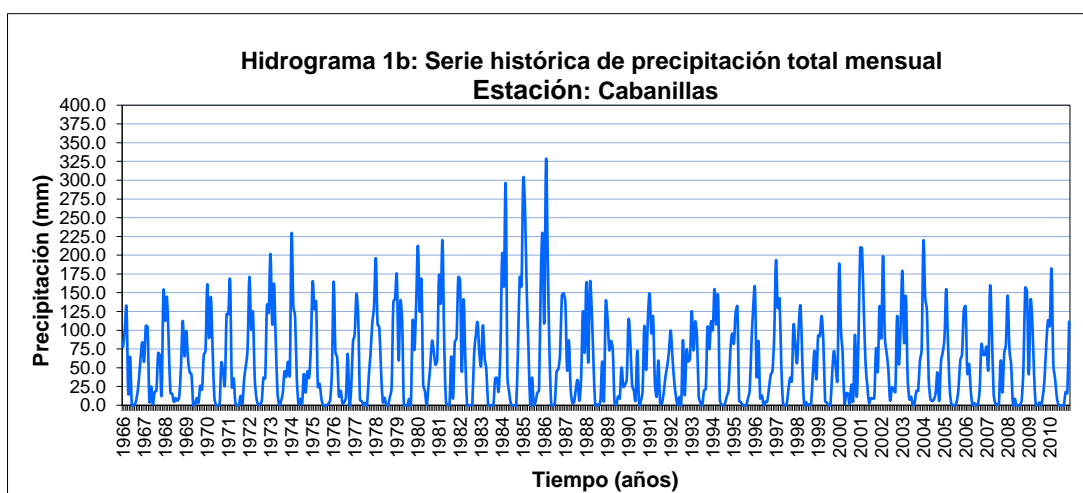
Para el presente trabajo de investigación se ha realizado una gráfica de hidrogramas de estaciones pluviométricas.

Llamado también el análisis gráfico que permite detectar la presencia de saltos o tendencias de manera subjetiva, de encontrarse un salto se procede a su análisis de significancia estadística para luego corregir la serie.

Esta fase complementaria en analizar visualmente la distribución temporal de toda la información hidrometeoro lógica disponible para detectar la regularidad o la irregularidad de los mismos.

Gráfico N° 5.1 *Hidrograma de precipitación total mensual, cuenca Illpa, 1966-2013*





B). Análisis de doble masa

Para análisis de doble masa para el grupo de estaciones meteorológicas, con el fin de obtener una comparación adecuada de las series de precipitaciones anuales de cada estación, los cuadros y los gráficos se muestran en el siguiente.

Mediante el análisis de doble masa del gráfico N° 5.4, la estación Mañazo es seleccionada como estación base por presentar mayor regularidad vale decir menor número de puntos de quiebre, así mismo se ha seleccionado por tener el coeficiente de correlación (r) más próximo a la unidad (ver el cuadro 5.1). La comparación de la serie de precipitaciones anuales de las estaciones con

la estación base (Mañazo) ver gráfico 5.4, muestran pequeños quiebres en el análisis de doble masa, dichos quiebres serán evaluadas en análisis estadístico.

Cuadro N° 5.1 Coeficiente de correlación (r) para cada estación del grupo

Coeficiente de correlación de la precipitación total anual				
Estaciones	Mañazo	Puno	Cabanillas	Capachica
Coeficiente (r)	0.809	0.801	0.786	0.778

Fuente: Elaboración propia

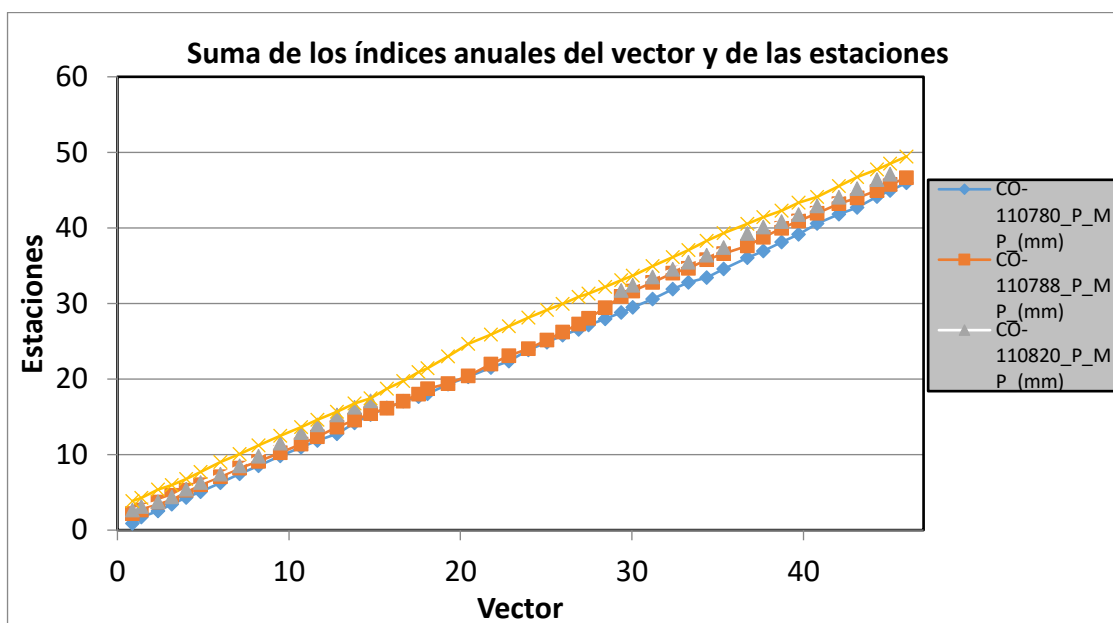
Cuadro N° 5.2 Análisis de doble masa de las precipitaciones Grupo N° 1

Año	Puno	Mañazo	Cabanillas	Capachica
1965	165.2	248.2	124.5	174.8
1966	156.2	103.8	95.5	79.9
1967	148.9	217.9	116.6	223.2
1968	168.5	192.3	128.9	120.7
1969	167.4	142.5	189.7	164.5
1970	144.9	148.3	178.0	189.5
1971	218.3	220.4	211.0	268.2
1972	224.8	236.1	210.8	210.8
1973	199.4	192.4	245.5	238.2
1974	240.5	238.3	335.3	253.0
1975	212.8	242.1	267.8	235.2
1976	165.1	203.8	195.3	200.2
1977	173.2	260.4	258.6	209.8
1978	267.8	197.5	190.9	224.5
1979	203.6	180.8	163.7	143.1
1980	168.4	147.6	134.0	258.4
1981	161.2	203.2	159.1	207.3
1982	116.0	192.7	189.4	232.1
1983	69.0	149.0	212.4	104.2
1984	237.1	139.8	231.5	318.9
1985	180.6	216.6	234.4	337.6
1986	234.1	326.1	241.1	251.1
1987	158.8	233.4	239.7	224.3
1988	273.6	190.1	239.3	228.9
1989	194.6	248.3	230.3	203.8
1990	172.5	215.7	181.2	167.2

1991	144.1	227.6	182.2	185.8
1992	106.8	157.7	201.0	89.7
1993	147.2	293	194.6	175.6
1994	162.1	308.3	182.4	183.1
1995	125.8	150.3	131.8	124.0
1996	206.3	244.9	215.5	252.7
1997	242.8	255.3	197.1	239.6
1998	168.4	136.4	179.8	196.4
1999	116.9	236.1	179.0	244.5
2000	221.9	169.1	190.0	210.0
2001	273.9	219.4	361.1	248.7
2002	166.9	232.7	161.2	180.0
2003	217.2	250.8	139.4	174.5
2004	193	202.4	183.3	208.9
2005	265.7	216.4	220.3	157.9
2006	230.2	265.1	219.8	291.1
2007	168.6	160.9	224.1	236.7
2008	271.6	208.6	231.1	209.7
2009	152.8	162.3	137.3	154.0
2010	183.0	185.4	240.6	192.8

Fuente: SENAMHI, elaboración propia

Grafico N° 5.4 Diagrama de doble masa de las precipitaciones anuales referido al promedio del grupo, 2014



Fuente: Elaboración propia

C). Análisis estadístico de saltos

Análisis de salto

El análisis realizado en forma mensual para cada una de las estaciones, se obtiene que la serie mensual de precipitaciones en el presente trabajo de investigación no muestran “saltos” significativos en los parámetros analizados, prueba T para las medias y la prueba F desviación estándar en todas las estaciones consideradas, para su posible corrección.

Para ello se dividió en dos series de precipitación mensual para cada estación, tomando en cuenta un posible cambio o salto, en la media o varianza muestral. Las pruebas de hipótesis se hicieron al nivel de significancia de 5%.

En los siguientes cuadros se muestran los resultados de los análisis de cada grupo.

Cuadro N°5.7 Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales, grupo.

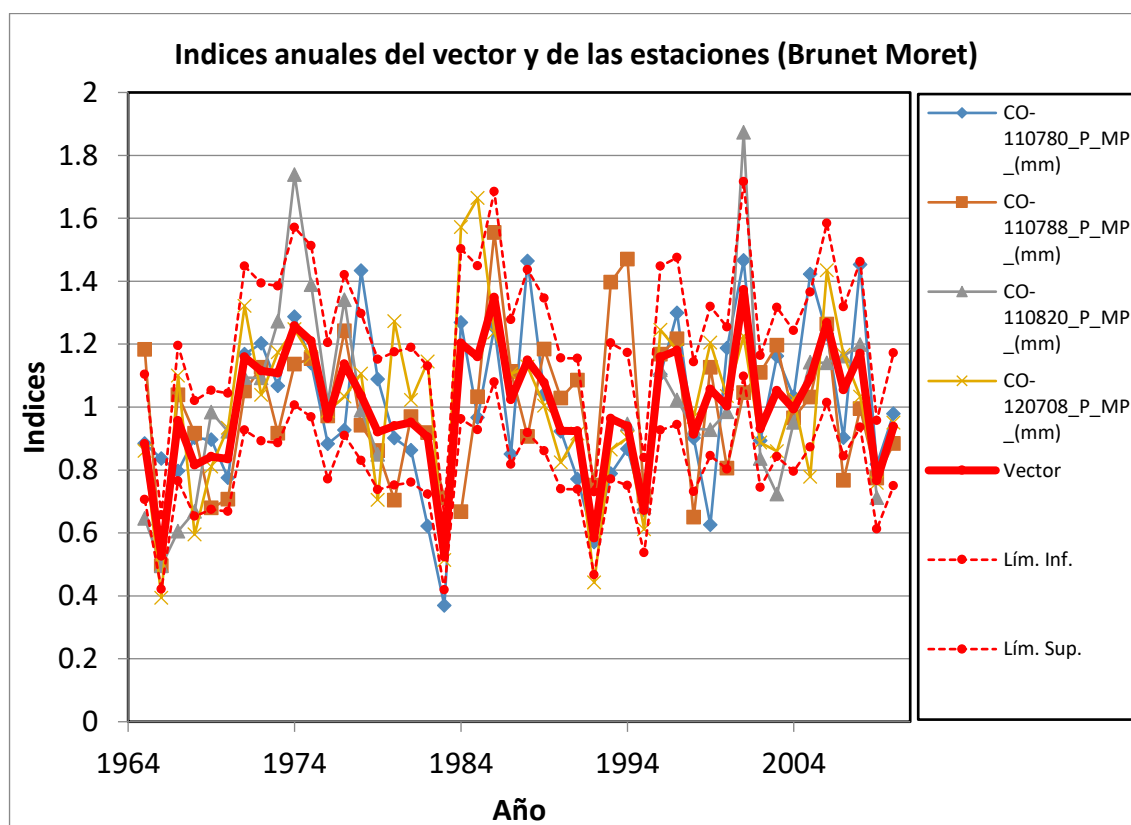
Estación	Periodo	Periodo de análisis	N° Dato	Prom	Desv. Estand.	Consistencia en la media			Consistencia en Desviación estándar		
						Tc	Tt	Diferencia medias	Fc	Ft	Diferencia Varianza
Puno	1966-1994	N1	348	62.43	65.42	0.86	2.91	No	1.07	1.246	No
	1995-2010	N2	192	58.45	63.98						
Mañazo	1966-1994	N1	264	62.58	65.45	1.98	2.91	No	1.201	1.25	No
	1995-2010	N2	276	54.42	54.09						
Cabanillas	1966-1994	N1	264	51.56	50.99	1.99	2.91	No	1.221	1.25	No
	1995-2010	N2	276	48.54	48.98						
Capachica	1966-1994	N1	264	68.43	52.70	1.21	2.91	No	1.198	1.25	No
	1995-2010	N2	276	51.98	49.21						

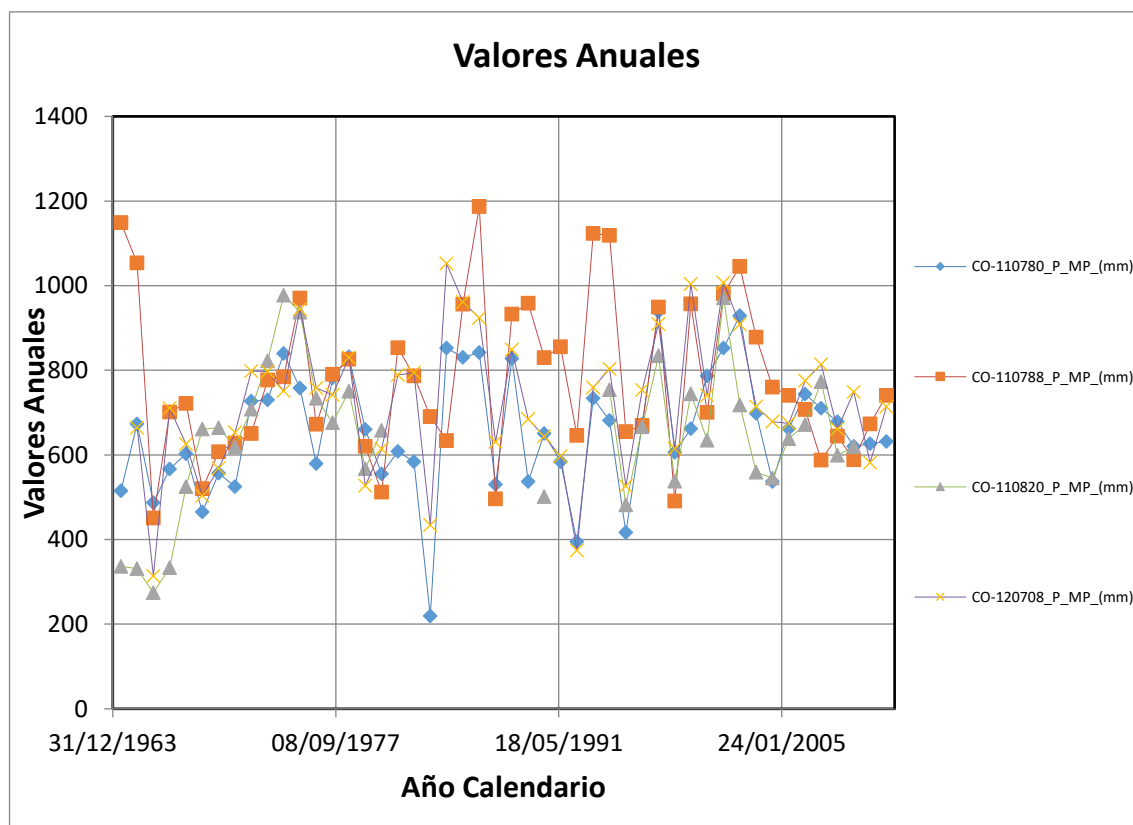
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las pruebas muestran que no existe diferencia significativa entre medias, donde las pruebas calculadas son menores a los tabulados en ambas pruebas, esto nos indican que no existen variaciones de las series históricas en los periodos analizados.

En caso de varianzas y las medias no existe una diferencia significativa en las estaciones Mañazo, Cabanillas, Puno y Capachica, lo que significa que no hay mayor variabilidad en las sub series en las que se dividió la serie de precipitación mensual. Porque el análisis de doble masa no evidencia mayores quiebres por lo tanto se consideran consistentes y homogéneos.

Grafico 5.7 Índices anuales de los vectores regionales, datos originales y datos completados de precipitación pluvial, 1966-2010.





D). Completación de datos pluviométricos

El Hec-4 realiza una correlación múltiple cruzada entre los datos de precipitación mensual de todas las estaciones, buscando el coeficiente de correlación más adecuado.

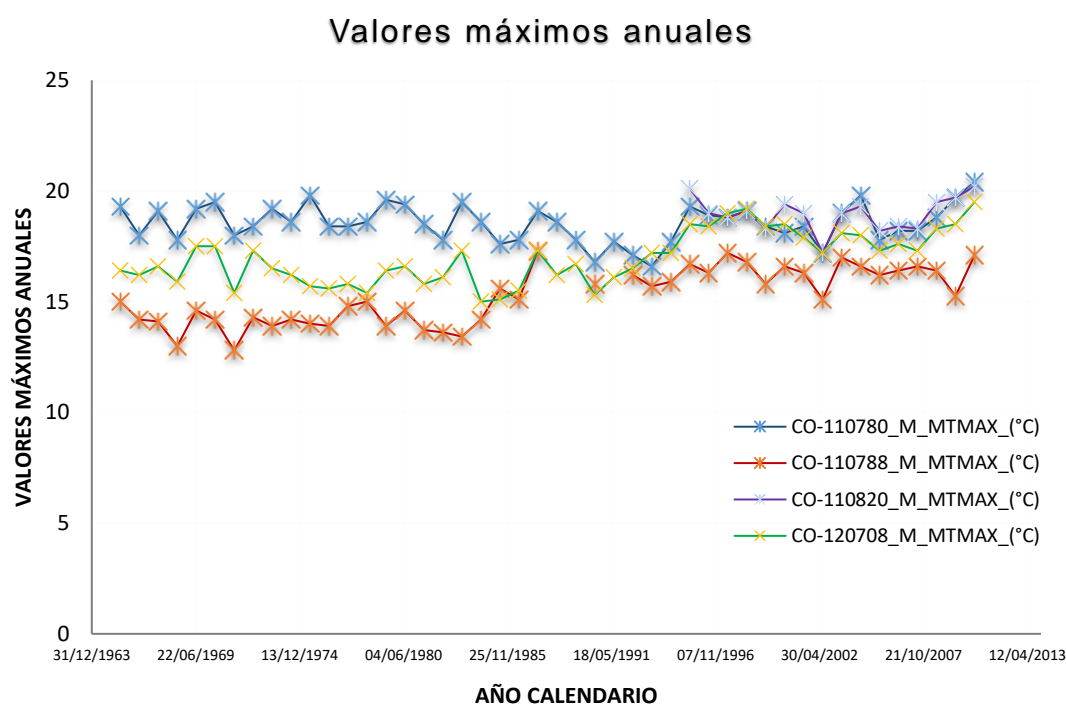
Los hidrogramas resultantes de la completación y extensión de las series anuales se muestran más adelante anexos, muestran los resultados de la variación anual.

5.2.2 Análisis de consistencia de la información temperaturas.

El análisis de consistencia series de temperaturas se efectuó a través de análisis de correlación, basado en la suposición de que las temperaturas medidas en las estaciones de la cuenca se relacionen entre sí. Mediante los índices anuales de vector regional con el software de hydraccess.

En el gráfico 5.7 del grupo de índices anuales para temperatura máxima, muestran un comportamiento regional homogéneo, que implica que los índices de las estaciones están dentro del límite de confianza, por lo que se da a entender la buena calidad de datos y validar que existe un comportamiento similar.

Gráfico 5.8 Índices anuales de los vectores regionales, datos originales y datos completados de temperatura máxima anuales, 1966-2013.

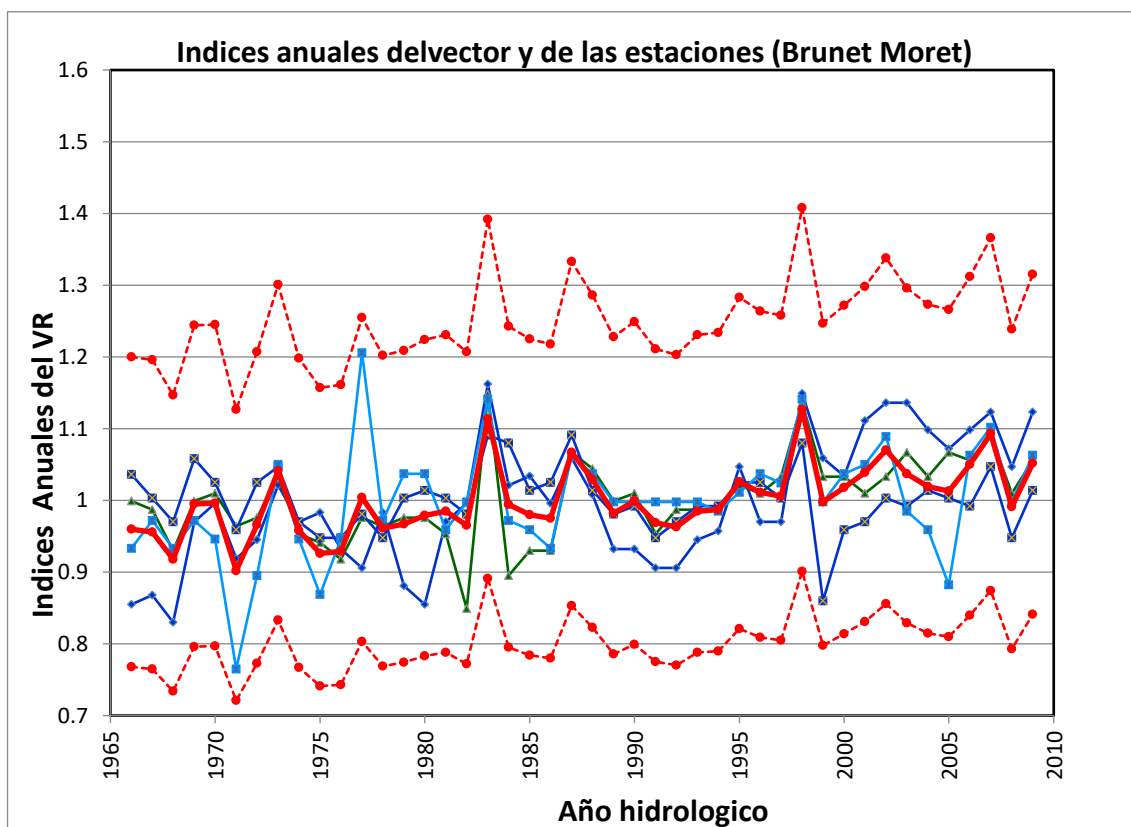


En el gráfico 5.8 los índices anuales para temperatura media, muestran un comportamiento regional homogéneo puesto que se encuentran dentro de los límites de confianza superior e inferior todos los datos de las series históricas de las estaciones en estudio, puesto que dichos datos son consistentes y de buena calidad, así validar que existe un comportamiento similar.

En el gráfico 5.9 del grupo de las series históricas anuales de la temperatura mínima, muestran un comportamiento regional homogéneo, por lo que se da

a entender la buena calidad de datos y validar que existe un comportamiento similar.

Grafico 5.9 Datos originales y datos completados de temperatura media



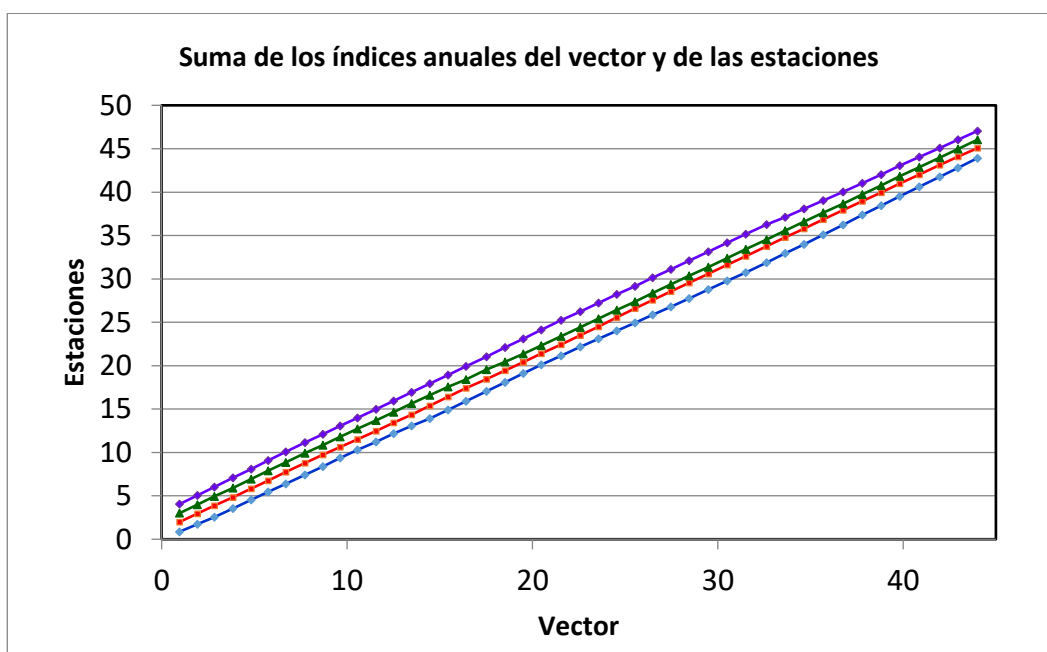
En esta zona se ha analizado las temperaturas anuales de las estaciones: que se muestran en el cuadro N° 5.10, las cuales cumplen con la hipótesis de pseudo-proporcionalidad, tal como se observa en el cuadro para el grupo con datos originales y datos completados y corregidos, en la columna correspondiente a "Correl /Vector".

Cuadro N°5.10 Correlación de temperaturas medias anuales-Grupo

	N°	ESTACIÓN	N° Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Temperatura media anual		Media desvios	D.E. desvios	Homogeneidad B.M.	Correl./ vector
						Media Obs.	Media calculada				
Datos originales	1	Puno	42	0.700	0.089	7.900	7.900	-0.002	0.052	0.007	0.846
	2	Cabanillas	24	0.400	0.053	8.000	8.000	0.001	0.030	0.034	0.831
	3	Mañazo	44	0.500	0.052	8.800	8.800	0.002	0.023	0.023	0.896
	4	Capachica	44	0.600	0.078	7.700	7.700	-0.001	0.050	0.249	0.771
Datos completados	1	Puno	45	0.700	0.088	7.800	7.800	-0.002	0.056	0.020	0.802
	2	Cabanillas	45	0.400	0.052	8.000	8.000	0.001	0.031	0.102	0.812
	3	Mañazo	45	0.500	0.059	8.700	8.700	0.001	0.033	0.006	0.821
	4	Capachica	45	0.600	0.077	7.700	7.700	-0.001	0.051	0.123	0.749

La visualización de curvas de dobles acumulados entre estación y vector de una zona permite determinar si existe una buena relación entre el vector y las estaciones. Esto se ha trabajado con datos completados y corregidas.

Grafico 5.10 Índices anuales de los vectores regionales, acumulados



5.3 ANÁLISIS DE TENDENCIAS

El análisis de tendencias nos sirve para evaluar los posibles cambios en el comportamiento de la precipitación y temperatura sobre periodos largos,

donde en el presente trabajo se aplica el test no paramétrico de Mann Kendall, Spearman's Rho, Rank-Sum y los test paramétricos como regresión lineal y T- Student's, mediante el software de TREND.

Para realizar los test estadísticos sobre las series temporales de datos meteorológicos, estas deben ser continuas, que no deben existir vacíos de datos en la series. En algunos de los registros de variables meteorológicas de las estaciones analizadas para el estudio de la cuenca Illpa presentaron informaciones mensuales vacíos en las gráficas de hidrogramas de análisis de consistencia se muestra claramente, dichos vacíos se completaron mediante el Software Hydraccess.

5.3.1 Análisis de series de precipitación

Los resultados de las tendencias de las precipitaciones totales anuales de las estaciones analizadas de la cuenca Illpa se muestran en la tabla de resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos en las tablas más adelante, también sus graficas de tendencia lineal para las estaciones analizadas se muestran en los anexos, donde se identifica anualmente si la serie temporal de temperaturas presenta cambios significativos, según la tabla de resultados no hay tendencias evidentes en las estaciones analizadas.

En las tablas que se muestran más adelante presentan el resumen del análisis de tendencias para el periodo estudiado, donde se identifica mensualmente y anualmente si la serie temporal de precipitación presenta cambios significativos o no, como se muestra en la tabla mencionada mediante los test estadísticos.

En la tabla 4.1 para el periodo histórico 1966-2010 de las precipitaciones, no se ve tendencia marcada o evidente. En la estación Cabanillas en el mes de mayo, junio y julio las lluvias tienden a aumentar y a nivel anual para las tres estaciones las precipitaciones muestran un comportamiento estable, es decir no presenta cambios significativos.

Tabla N°5.1: Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para precipitación mensual y anual en estaciones estudiadas (1966-2010)

ESTACION	PERIODO	TEST	Enero					Febrero					Marzo					Abril					Mayo														
			Z-estadístico	T-estadístico	ρ-estadístico	ρ=0.1	ρ=0.05	ρ=0.01	Trend	Z-estadístico	T-estadístico	ρ-estadístico	ρ=0.1	ρ=0.05	ρ=0.01	Trend	Z-estadístico	T-estadístico	ρ-estadístico	ρ=0.1	ρ=0.05	ρ=0.01	Trend	Z-estadístico	T-estadístico	ρ-estadístico	ρ=0.1	ρ=0.05	ρ=0.01	Trend							
MAÑAZO	1957-2010	I	0.655	-	-	1645	196	2.576	NS	0.889	-	-	1645	196	2.576	NS	0.665	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.57	-	-	1645	196	2.576	NS	0.968	-	-	1645	196	2.576	NS
		II	0.786	-	-	1645	196	2.576	NS	1046	-	-	1645	196	2.576	NS	0.851	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.08	-	-	1645	196	2.576	NS	1209	-	-	1645	196	2.576	NS
		III	-	0.487	-	1683	2.018	2.697	NS	-	0.926	-	1683	2.018	2.697	NS	-	0.605	-	1683	2.018	2.697	NS	-	-0.75	-	1683	2.018	2.697	NS	-	0.89	-	1683	2.018	2.697	NS
		IV	-1465	-	-	1645	196	2.576	NS	-1465	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.829	-	-	1645	196	2.576	NS	-	-0.02	-	1645	196	2.576	NS	-0.90	-	1645	196	2.576	NS	
		V	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-0.580	-	1682	2.017	2.694	NS
MAÑAZO	1957-2010	I	-0.372	-	-	1645	196	2.576	NS	0.362	-	-	1645	196	2.576	NS	0.812	-	-	1645	196	2.576	NS	1866	-	-	1645	196	2.576	NS	1185	-	-	1645	196	2.576	NS
		II	-0.224	-	-	1645	196	2.576	NS	0.502	-	-	1645	196	2.576	NS	0.949	-	-	1645	196	2.576	NS	2.272	-	-	1645	196	2.576	NS	1595	-	-	1645	196	2.576	NS
		III	-	-0.5	-	1683	2.018	2.697	NS	-	0.106	-	1683	2.018	2.697	NS	0.885	-	-	1683	2.018	2.697	NS	-	2.369	-	1683	2.018	2.697	NS	-	143	-	1683	2.018	2.697	NS
		IV	1328	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.556	-	-	1645	196	2.576	NS	-0.874	-	-	1645	196	2.576	NS	-2.691	-	-	1645	196	2.576	NS	-2.03	-	1645	196	2.576	NS	
		V	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-2.497	-	1682	2.017	2.694	NS
MAÑAZO	1957-2010	I	1458	-	-	1645	196	2.576	NS	2.279	-	-	1645	196	2.576	NS	1.731	-	-	1645	196	2.576	NS	1.731	-	-	1645	196	2.576	NS	1.731	-	-	1645	196	2.576	NS
		II	1609	-	-	1645	196	2.576	NS	2.710	-	-	1645	196	2.576	NS	1640	-	-	1645	196	2.576	NS	1640	-	-	1645	196	2.576	NS	1640	-	-	1645	196	2.576	NS
		III	-	1516	-	1683	2.018	2.697	NS	-	2.782	-	1683	2.018	2.697	NS	-	4537	-	1683	2.018	2.697	NS	-	4537	-	1683	2.018	2.697	NS	-	4537	-	1683	2.018	2.697	NS
		IV	-1215	-	-	1645	196	2.576	NS	-2.759	-	-	1645	196	2.576	NS	-1873	-	-	1645	196	2.576	NS	-1873	-	-	1645	196	2.576	NS	-1873	-	1645	196	2.576	NS	
		V	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1682	2.017	2.694	NS	-	-1570	-	1682	2.017	2.694	NS

REFERENCIA S:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidrológicas a nivel de $\alpha=0.1$, $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresión Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Grafica N° 5.15 Pluviogramas en base a las líneas de tendencias 1966-2010 de la precipitación mensual en (mm) Grupo.

ESTACION	PRECIPITACION	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO
CAPACHICA	TOTAL MENSUAL	1957-2010	I										(+)		(+)	
			II									(+)	(+)		(+)	
			III										(+)		(+)	
			IV						(+157-88-88-2010 (+189-2010-57-88)				(+157-88-88-2010 (+189-2010-57-88)			
			V	(+189-2010-57-88)												
MAÑAZO	TOTAL MENSUAL	1957-2010	I								(-)		(-)		(+)	
			II								(-)	(-)	(-)		(+)	
			III								(-)	(-)	(-)		(+)	
			IV						(+157-88-88-2010 (+189-2010-57-88)				(+157-88-88-2010 (+189-2010-57-88)			
			V	(+189-2010-57-88)												
CABANILLAS	TOTAL MENSUAL	1957-2010	I							(-)	(-)	(-)	(-)		(+)	
			II							(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	
			III							(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	
			IV						(+157-88-88-2010 (+189-2010-57-88)				(+157-88-88-2010 (+189-2010-57-88)			
			V	(+189-2010-57-88)												

REFERENCIAS
 I Test Mann Kendall
 II Test Spearman Rho
 III Test Regression Lineal
 IV Test Ran Ksum
 V Test T-student

0.10 N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
 0.05 N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
 0.01 N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
 N.S.: Nivel de significancia

(-) Tendencia negativa (decreciente)
 (+) tendencia positiva (as cendente)

ESTACION	PRECIPITACION	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO	
CAPACHICA	TOTAL MENSUAL	1957-2010	I	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.01)	NS	NS	I S (0.05)	
			II	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.1)	S (0.01)	S (0.05)	NS	NS	II S (0.05)
			III	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.01)	NS	NS	III S (0.05)
			IV	NS	NS	NS	NS	S (0.1)	NS	S (0.1)	NS	NS	NS	S (0.05)	S (0.1)	NS	IV S (0.05)
			V	S (0.1)	NS	S (0.1)	NS	NS	NS	S (0.1)	NS	NS	NS	S (0.05)	NS	NS	V S (0.05)
MAÑAZO	TOTAL MENSUAL	1957-2010	I	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.01)	NS	S (0.01)	NS	S (0.05)	I S (0.1)	
			II	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.01)	S (0.1)	S (0.01)	S (0.05)	NS	II S (0.1)	
			III	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.01)	S (0.1)	S (0.01)	NS	NS	III S (0.1)	
			IV	NS	NS	NS	NS	S (0.1)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.05)	NS	S (0.05)	S (0.1)	NS	IV S (0.1)	
			V	S (0.1)	NS	S (0.1)	NS	NS	S (0.1)	S (0.1)	NS	NS	S (0.05)	NS	NS	V S (0.1)	
CABANILLAS	TOTAL MENSUAL	1957-2010	I	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)	S (0.01)	NS	S (0.05)	I S (0.01)	
			II	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.01)	S (0.1)	S (0.01)	S (0.05)	NS	II S (0.01)	
			III	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.01)	S (0.1)	S (0.01)	NS	NS	III S (0.01)	
			IV	NS	NS	NS	NS	S (0.1)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.05)	NS	S (0.05)	S (0.1)	NS	IV S (0.01)	
			V	S (0.1)	NS	S (0.1)	NS	NS	S (0.05)	NS	NS	NS	S (0.05)	NS	NS	V S (0.01)	

REFERENCIAS

- I Test Mann Kendall
- II Test Spearman Rho
- III Test Regresion Lineal
- IV Test Ran Ksum
- V Test T-student

- 0.10 N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
- 0.05 N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
- 0.01 N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho

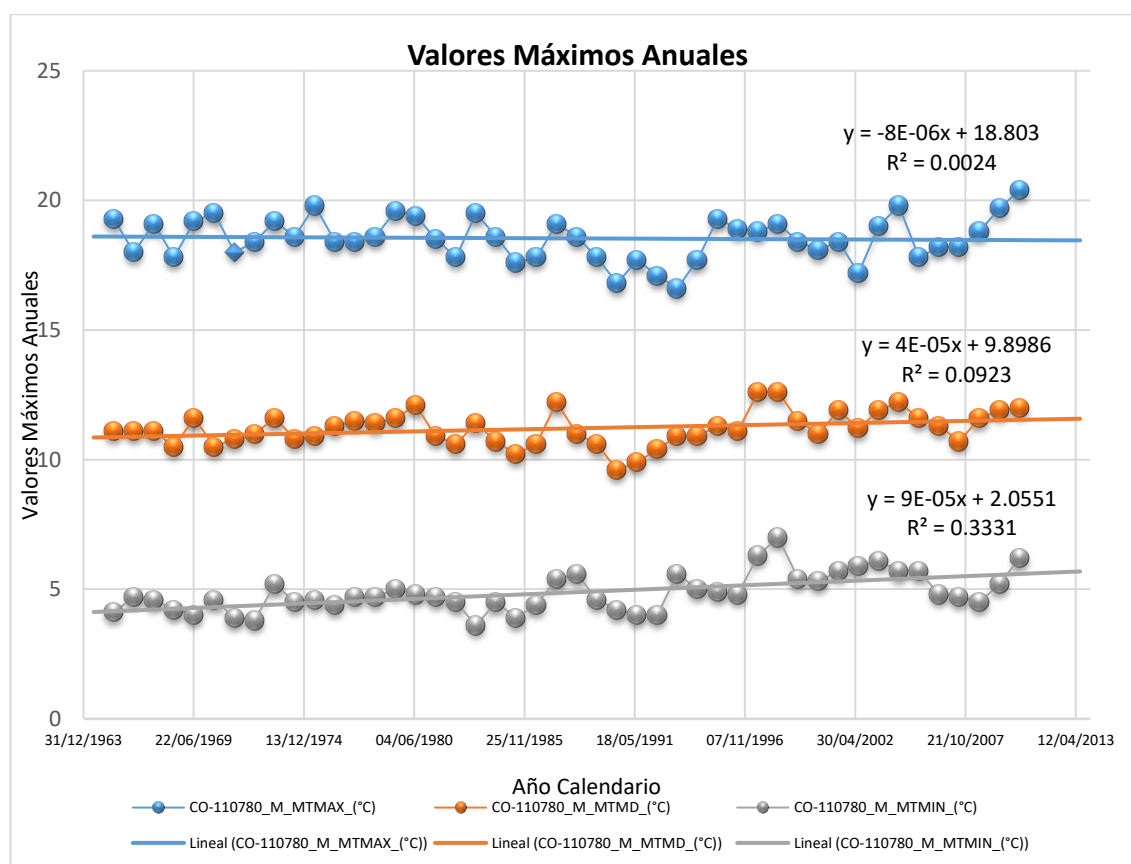
- N.S.: Nivel de significancia

- (-) Tendencia negativa (decreciente)
- (+) Tendencia positiva (ascendente)

5.3.2 Análisis de series de temperaturas

Se presenta las tablas de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos de análisis de tendencia y resultados de los test estadísticos para las series temporales de temperatura máxima, media y mínima anual, en anexos, presentan los resultados anuales de los test paramétricos y también las gráficas de tendencia lineal anual.

Grafico 5.11 Índices anuales de valores máximos de los vectores regionales, acumulados



Para analizar mejor las tendencias de las temperaturas máximas y mínimas se ha seleccionado 03 estaciones meteorológicas más confiables, de la cuenca Illpa con la finalidad de analizar mensualmente y anualmente en la parte alta, media, baja el comportamiento de la temperatura. Las cuales son Mañazo, Cabanillas y Capachica, en el anexo de muestran sus tablas de análisis de los test estadísticos.

En las tablas del anexo anteriormente mencionado, la tercera columna se enumeran las pruebas estadísticas, en las demás columnas da la estadística de prueba para cada prueba de las estaciones, los siguientes tres columnas muestran los valores críticos de la prueba estadística para niveles de significación de $\alpha = 0,1$, $\alpha = 0,05$ y $\alpha = 0,01$ (de norma estadística y la última columna da el resultado de la prueba (NS no significa significativo en $\alpha = 0,1$; S significa estadísticamente significativa, con un nivel de significación entre paréntesis).

En la tabla 5.4 y 5.5 se presenta el resumen del análisis de tendencia y resultado de los test paramétricos y no paramétricos de las temperaturas del periodo (1966-2010). Donde se identifica anualmente si la serie temporal de temperaturas presenta cambios significativos.

Y en las tablas N° 5.6, 5.7 y 5.8 muestran el resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperatura máximas, medias y mínimas mensuales y anuales periodo (1966-2010) de los tres estaciones anteriormente mencionado.

Tabla N°5.4 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas máximas anuales periodo (1966-2010) de la estación Capachica.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo													
			Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0,1	a=0,05	a=0,01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0,1	a=0,05	a=0,01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0,1	a=0,05	a=0,01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0,1	a=0,05	a=0,01	Trend										
CAPACHICA	MAXIMA	1966-2010	I	3.976	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.842	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.760	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.931	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.290	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			II	4.321	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.021	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.035	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.186	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.681	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			III	-	4.883	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	6.202	-	6.387	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	6.387	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	6.877	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	5.909	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)
			IV	-5.363	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-5.415	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-5.726	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-5.66	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.809	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	
			V	-	-	-	-6.382	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-7.035	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	-6.771	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	-	-6.654	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	-6.954	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	
CAPACHICA	MAXIMA	1966-2010	I	4.178	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.568	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.543	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.901	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.327	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			II	4.619	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.835	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.883	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.123	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.474	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			III	-	5.237	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	5.701	-	5.578	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	5.578	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	8.161	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	5.659	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)
			IV	-5.034	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-5.38	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-5.657	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-5.449	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-5.23	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	
			V	-	-	-	-6.985	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-4.110	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	-4.001	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	-	-7.961	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	-6.709	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	
CAPACHICA	MAXIMA	1966-2010	I	6.461	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.976	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.155	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.155	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.155	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			II	6.079	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.335	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.494	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.494	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	5.494	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			III	-	10.77	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	7.817	-	9.018	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	9.018	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	9.018	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	9.018	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)
			IV	-5.709	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-5.934	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-6.193	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-6.193	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-6.193	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	
			V	-	-	-	-7.308	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-9.022	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	-7.403	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	-	-7.403	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	-7.403	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	

REFERENCIAS:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidrológicas a nivel de $\alpha=0,1$, $\alpha=0,05$, $\alpha=0,01$.

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresion Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla N°5.5 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas máximas anuales periodo (1966-2010) de la estación Cabanillas.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo								
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend				
CABANILLAS	MAXIMA	1966-2010	I	-0.480	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.444	-	-	1.031	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.707	-	-	1.645	1.96	2.576	S	(0.1)
			II	-0.314	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.221	-	-	1.105	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.888	-	-	1.645	1.96	2.576	S	(0.1)
			III	-	-0.569	-	1.682	2.014	2.690	NS	-0.446	-	0.872	-	-	1.682	2.014	2.690	NS	-	1.456	-	-	1.682	2.014	2.690	NS	
			IV	1.639	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.392	-	-	0.711	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.031	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	
			V	-	-	2.382	1.681	2.013	2.687	S	(0.05)	-	-	-	-	-	0.953	1.681	2.013	2.687	NS	-	-	0.462	1.681	2.013	2.687	NS

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre															
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend											
CABANILLAS	MAXIMA	1966-2010	I	0.862	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.48	-	-	0.382	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.96	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.107	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	
			II	0.878	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.546	-	-	0.592	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.137	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.225	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	
			III	-	0.588	-	1.682	2.014	2.69	NS	0.092	-	0.555	-	-	1.682	2.014	2.690	NS	-	1.233	-	-	1.682	2.014	2.690	NS	-0.117	-	-	1.682	2.014	2.69	NS	
			IV	1.227	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.876	-	-	0.629	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.093	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.526	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	
			V	-	-	1.516	1.681	2.013	2.687	NS	-	-	-	-	-	0.69	1.681	2.013	2.687	NS	-	-	-	-0.442	1.682	2.013	2.687	NS	-	-	0.98	1.681	2.013	2.687	NS

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Noviembre				Diciembre				AÑO HIDROLOGICO																					
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend																
CABANILLAS	MAXIMA	1966-2010	I	-0.169	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.249	-	-	1.781	-	-	1.696	1.969	2.579	S	(0.05)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			II	-0.064	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.039	-	-	1.660	-	-	1.696	1.969	2.579	NS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			III	-	-0.016	-	1.682	2.014	2.690	NS	-	-0.091	-	1.837	-	-	1.696	2.218	2.699	NS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			IV	0.794	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.835	-	-	-1.823	-	-	1.665	1.969	2.596	S	(0.05)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			V	-	-	1.078	1.681	2.013	2.687	NS	-	-	-	-	-	-1.592	1.696	2.317	2.699	NS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

REFERENCIAS:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidrológicas a nivel de $\alpha=0.1$, $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$.

- I Test Mann Kendall
- II Test Spearman Rho
- III Test Regresion Lineal
- IV Test Ran Ksum
- V Test T-student

Tabla N°5.6 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas máximas anuales periodo (1966-2010) de la estación Mañazo.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo									
				Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend					
MAÑAZO	MAXIMA	1966-2010	I	1.294	-	-	1.364	1.364	NS	1.481	1.764	2.318	NS	1.329	-	-	1.481	1.764	2.318	NS	1.085	-	-	1.481	1.764	2.318	NS		
			II	1.347	-	-	1.332	1.332	NS	1.481	1.764	2.318	NS	1.816	-	-	1.481	1.764	2.318	NS	1.057	-	-	1.481	1.764	2.318	NS		
			III	-	1.369	-	-	0.851	-	1.740	2.11	2.898	NS	-	1.268	-	-	1.74	2.11	2.898	NS	-	0.893	-	-	1.74	2.11	2.898	NS
			IV	-1.511	-	-	-1.755	-	1.481	1.764	2.318	S(0.1)	-	-	-	-	-	1.481	1.764	2.318	S(0.05)	-0.69	-	-	1.481	1.764	2.318	NS	
			V	-	-	-	-	-	-1.120	1.734	2.101	2.878	NS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre									
				Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend					
MAÑAZO	MAXIMA	1966-2010	I	2.729	-	-	0.595	0.595	NS	1.481	1.764	2.318	NS	0.56	-	-	1.481	1.764	2.318	NS	0.63	-	-	1.481	1.764	2.318	NS		
			II	2.799	-	-	0.506	0.506	NS	1.481	1.764	2.318	NS	0.856	-	-	1.481	1.764	2.318	NS	0.841	-	-	1.481	1.764	2.318	NS		
			III	-	3.56	-	-	0.416	-	1.74	2.11	2.898	NS	0.729	-	-	1.74	2.11	2.898	NS	-	0.73	-	-	1.74	2.11	2.898	NS	
			IV	-1.919	-	-	-0.041	-	1.481	1.764	2.318	NS	-0.612	-	-	1.481	1.764	2.318	NS	0.041	-	-	-	-	-	1.481	1.764	2.318	NS
			V	-	-	-	-	-	0.264	1.734	2.101	2.878	NS	-	-0.514	1.734	2.101	2.878	NS	-	-	-	0.24	1.734	2.101	2.878	NS		

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Noviembre				Diciembre				AÑO HIDROLOGICO								
				Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend			
MAÑAZO	MAXIMA	1966-2010	I	1.784	-	-	0.700	0.700	NS	1.481	1.764	2.318	NS	1.788	-	-	1.685	1.992	2.676	S(0.05)
			II	1.742	-	-	1.154	1.154	NS	1.481	1.764	2.318	NS	1.720	-	-	1.685	1.992	2.676	S(0.1)
			III	-	1.963	-	-	1.052	-	1.74	2.11	2.898	NS	-	1.837	-	1.658	2.318	2.676	NS
			IV	-0.939	-	-	-1.021	-	1.481	1.764	2.318	NS	-1.896	-	-	1.695	1.992	2.676	S(0.05)	
			V	-	-	-	-	-	-0.881	1.734	2.101	2.878	NS	-	-	-	1.642	2.317	2.594	NS

REFERENCIAS:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidrológicas a nivel de $\alpha=0.1$, $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$.

- I TestMann Kendall
- II TestSpearman Rho
- III TestRegresion Lineal
- IV TestRan Ksum
- V Test T-stent

Tabla N°5.7 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas máximas anuales periodo (1966-2010) de la estación Puno.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo												
				Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend									
PUNO	MAXIMA	1966-2010	I	3.982	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.804	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.568	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.151	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.862	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			II	3.832	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.966	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.507	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.31	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.977	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			III	-	4.207	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)	-	4.569	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)	-	5.07	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)	-	4.715	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)	-	6.176	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)		
			IV	-3.722	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-3.907	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.217	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.258	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.887	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			V	-	-	-	4.156	1.681	2.013	2.687	S (0.01)	-	-	-	4.301	1.681	2.013	2.687	S (0.01)	-	-	-	4.394	1.681	2.013	2.687	S (0.01)	-	-	-	4.258	1.681	2.013	2.687	S (0.01)	-	-	-	4.951	1.681
PUNO	MAXIMA	1966-2010	I	4.177	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.609	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.537	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.337	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.769	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			II	4.382	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.014	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.666	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.316	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.788	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			III	5.535	-	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)	-	5.199	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)	-	4.463	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)	-	5.364	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)	-	4.494	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)		
			IV	-3.846	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.32	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-3.907	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.856	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.444	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			V	-	-	-	4.013	1.681	2.013	2.687	S (0.01)	-	-	-	5.571	1.681	2.013	2.687	S (0.01)	-	-	-	5.095	1.681	2.013	2.687	S (0.01)	-	-	-	6.867	1.681	2.013	2.687	S (0.01)	-	-	-	5.368	1.681
PUNO	MAXIMA	1966-2010	I	3.733	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.64	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.780	-	-	1.615	1.943	2.626	S (0.05)	-	-	-	1.615	1.943	2.626	S (0.05)	-	-	-	1.615	1.943	2.626	S (0.05)		
			II	3.753	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.593	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.742	-	-	1.615	1.943	2.626	S (0.1)	-	-	-	1.615	1.943	2.626	S (0.1)	-	-	-	1.615	1.943	2.626	S (0.1)		
			III	-	4.431	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)	-	5.543	-	1.682	2.014	2.690	S (0.01)	-	1.687	-	1.625	2.318	2.626	NS	-	-	-	1.625	2.318	2.626	NS	-	-	-	1.625	2.318	2.626	NS		
			IV	-3.742	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.67	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-1.823	-	-	1.645	1.943	2.626	S (0.1)	-	-	-	1.645	1.943	2.626	S (0.1)	-	-	-	1.645	1.943	2.626	S (0.1)		
			V	-	-	-	4.881	1.681	2.013	2.687	S (0.01)	-	-	-	5.85	1.681	2.013	2.687	S (0.01)	-	-	-	1.740	1.642	2.317	2.514	NS	-	-	-	1.740	1.642	2.317	2.514	NS					

REFERENCIAS:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidrológicas a nivel de $\alpha=0.1$, $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$.

- I Test Mann Kendall
- II Test Spearman Rho
- III Test Regresion Lineal
- IV Test Ran Ksum
- V Test T-student

Tabla N°5.8 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas máximas anuales periodo (1966-2010) de las estaciones del grupo.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO			
CAPACHICA	MAXIMA	1957-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
			II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
			III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
			IV	(+57-88-89-2012)	(+57-88-89-2012)	(+57-88-89-2012)	(+57-88-89-2012)	(+57-88-89-2014)	(+57-88-89-2016)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)
			V	(+889-2010>57-88)	(+889-2010>57-89)	(+889-2010>57-90)	(+889-2010>57-91)	(+889-2010>57-92)	(+889-2010>57-93)	(+889-2010>57-94)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)
MANAZO	MAXIMA	1957-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
			II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
			III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
			IV	(+57-88-89-2012)	(+57-88-89-2011)	(+57-88-89-2012)	(+57-88-89-2012)	(+57-88-89-2014)	(+57-88-89-2016)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)
			V	(+889-2010>57-88)	(+889-2010>57-89)	(+889-2010>57-90)	(+889-2010>57-91)	(+889-2010>57-92)	(+889-2010>57-93)	(+889-2010>57-94)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)
MAXIMA	1957-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
		II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
		III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		IV	(+57-88-89-2012)	(+57-88-89-2011)	(+57-88-89-2012)	(+57-88-89-2012)	(+57-88-89-2014)	(+57-88-89-2016)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	(+57-88-89-2017)	
		V	(+889-2010>57-88)	(+889-2010>57-89)	(+889-2010>57-90)	(+889-2010>57-91)	(+889-2010>57-92)	(+889-2010>57-93)	(+889-2010>57-94)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	(+889-2010>57-95)	

REFERENCIAS

- I Test Mann Kendall
- II Test Spearman Rho
- III Test Regresion Lineal
- IV Test Ran Ksum
- V Test T-stident

N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
 N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
 N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
 N.S.: Nivel de significancia

Tabla N°5.9 Resumen del análisis de tendencias y resultados anuales de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas máximas anuales periodo (1966-2010) de las estaciones del grupo.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO			
CAPACHICA	MAXIMA	1957-2010	I	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	I S (0.05) (+)		
			II	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	II S (0.05) (+)	
			III	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	III S (0.05) (-)
			IV	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	IV S (0.05) (+)85-10-66-88
			V	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	V S (0.05) (-)
MANAZO	MAXIMA	1957-2010	I	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	I S (0.1) (-)	
			II	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	II S (0.1) (-)
			III	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.1)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	III S (0.1) (+)
			IV	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.1)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	IV S (0.1) (-)85-10-66-88
			V	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	V S (0.1) (+)66-88-85-10
MAXIMA	MAXIMA	1957-2010	I	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	I S (0.01) (-)	
			II	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.1)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	II S (0.01) (-)	
			III	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	III S (0.01) (-)
			IV	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	IV S (0.01) (-)66-88-85-10
			V	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	V S (0.01) (-)85-10-66-88

REFERENCIAS

- I TestMann Kendall
- II TestSpearman Rho
- III TestRegresion Lineal
- IV TestRan Ksum
- V Test T-stident

0.10
0.05
0.01

N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
N.S.:Nivel de significancia

(-) Tendencia negativa (decreciente)
(+) tendencia positiva (ascendente)

Tabla N°5.10 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas medias anuales periodo (1966-2010) de las estaciones del grupo.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO			
CAPACHICA	MEDIA	1957-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	I S (0.05)		
			II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	II S (0.05)	
			III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	III S (0.05)
			IV	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	IV S (0.05)
			V	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	V S (0.05)
MAÑAZO	MEDIA	1957-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	I S (0.1)	
			II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	II S (0.1)	
			III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	III S (0.1)	
			IV	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	IV S (0.1)
			V	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	V S (0.1)
CABANILLAS	MEDIA	1957-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	I S (0.01)	
			II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	II S (0.01)	
			III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	III S (0.01)	
			IV	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	IV S (0.01)
			V	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	V S (0.01)

REFERENCIAS																	
I	Test Mann Kendall																
II	Test Spearman Rho																
III	Test Regression Lineal																
IV	Test Ran Ksum																
V	Test T-student																

0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho	(-)	Tendencia negativa (decreciente)
0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho	(+)	tendencia positiva (as cendente)
0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho		
	N.S.: Nivel de significancia		

Tabla N°5.11 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas medias anuales periodo (1966-2010) de las estaciones del grupo.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO		
CAPACHICA	MEDIA	1957-2010	I	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	I S (0.05)	
			II	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	II S (0.05)	
			III	NS	S (0.1)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	III S (0.05)
			IV	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	S (0.1)	S (0.01)	S (0.01)	IV S (0.05)
			V	NS	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	V S (0.05)
MAÑAZO	MEDIA	1957-2010	I	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	I S (0.1)	
			II	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	II S (0.1)	
			III	S (0.05)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	III S (0.1)
			IV	S (0.05)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	S (0.1)	S (0.01)	S (0.01)	IV S (0.1)
			V	NS	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	V S (0.1)
CABANILLAS	MEDIA	1957-2010	I	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	I S (0.01)	
			II	NS	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.1)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	II S (0.01)
			III	S (0.05)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	III S (0.01)
			IV	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)	S (0.01)	S (0.01)	IV S (0.01)
			V	S (0.05)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	V S (0.01)

0.10
0.05
0.01

(-) Tendencia negativa (decreciente)
(+) Tendencia positiva (ascendente)

N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
N.S.: Nivel de significancia

REFERENCIAS
I Test Mann Kendall
II Test Spearman Rho
III Test Regresion Lineal
IV Test Ran Ksum
V Test T-student

Tabla N°5.12 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas mínimas anuales periodo (1966-2010) de la estación Capachica.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	Enero						Febrero						Marzo						Abril						Mayo									
			Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend
CAPACHICA	MÍNIMA	1957-2010	I	3.335	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.686	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	1.253	-	-	-1.179	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-4.19	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			II	3.431	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.048	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	1.650	-	-	-1.050	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-3.94	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)		
			III	-	3.338	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	0.699	-	1.340	-	1.678	2.008	2.676	NS	-	-	-1.95	-	-	1.678	2.008	2.676	S (0.1)	-	-4.99	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)		
			IV	-3.668	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-1.888	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-1.661	-	-	0.830	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	3.218	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	
			V	-	-	-2.888	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	-0.687	1.677	2.007	2.674	NS	-	-	-1.034	1.677	2.007	2.674	NS	-	-	-	1.538	1.677	2.007	2.674	NS	-	-	2.606	1.677	2.007	2.674	S (0.05)

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	Junio						Julio						Agosto						Septiembre						Octubre									
			Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend
CAPACHICA	MÍNIMA	1957-2010	I	-4.245	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.566	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.006	-	-	-2.723	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-0.164	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
			II	-4.284	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.466	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.175	-	-	-2.661	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	0.216	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
			III	-	-5.14	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	-5.882	-	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	-4.54	-	-2.96	-	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	0.029	-	1.678	2.008	2.676	NS	
			IV	4.014	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.048	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.806	-	-	1.592	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.588	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
			V	-	-	-3.082	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	5.484	1.677	2.007	2.674	S (0.01)	-	-	2.565	1.677	2.007	2.674	S (0.05)	-	-	-	1.987	1.677	2.007	2.674	NS	-	-	-0.313	1.677	2.007	2.674	NS

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	Noviembre						Diciembre						AÑO HIDROLOGICO																			
			Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend				
CAPACHICA	MÍNIMA	1957-2010	I	-0.231	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.679	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-3.193	-	-	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
			II	0.215	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.915	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-3.055	-	-	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
			III	-	-0.297	-	1.678	2.008	2.676	NS	-	1.372	-	-	1.678	2.008	2.676	NS	-	-3.77	-	-	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)	-	-	-	1.678	2.008	2.676	S (0.01)
			IV	-1.315	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.439	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	2.18	-	-	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
			V	-	-	-0.558	1.677	2.007	2.674	NS	-	-	-1.456	1.677	2.007	2.674	NS	-	-	1.497	1.677	2.007	2.674	NS	-	-	-	1.497	1.677	2.007	2.674	NS		

REFERENCIAS:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidrológicas a nivel de $\alpha=0.1$, $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$.

I	Test Mann Kendall
II	Test Spearman Rho
III	Test Regresión Lineal
IV	Test Ran Ksum
V	Test T-student

Tabla N°5.13 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas mínimas anuales periodo (1966-2010) de la estación Cabanillas.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo									
				Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend					
CAPACHICA	MINIMA	1957-2010	I	3.335	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	1.686	-	-	1.645	1.96	2.576 NS	1.253	-	-	1.645	1.96	2.576 NS	-1.179	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)		
			II	3.431	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	2.048	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.1)	1.650	-	-	1.645	1.96	2.576 NS	-1.050	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)		
			III	-	3.338	-	1.678	2.008	2.676 NS	-	0.699	-	1.340	-	-	1.678	2.008	2.676 NS	-	-1.85	-	1.678	2.008	2.676 S (0.1)	-4.99	-	1.678	2.008	2.676 S (0.01)
			IV	-3.668	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	-1.868	-	-	-1.661	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.1)	0.830	-	-	1.645	1.96	2.576 NS	3.218	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)
			V	-	-	-	2.858	1.677	2.007	2.674 S (0.01)	-	-	-	-0.667	1.677	2.007	2.674 NS	-	-	-	1.538	1.677	2.007	2.674 NS	-	-	2.606	1.677	2.007	2.674 S (0.05)
CAPACHICA	MINIMA	1957-2010	I	-4.245	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	-4.566	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	-4.006	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	-2.723	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)		
			II	-4.284	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	-4.466	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	-4.175	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	-2.661	-	-	1.645	1.96	2.576 NS		
			III	-	-5.14	-	1.678	2.008	2.676 S (0.01)	-	-5.882	-	-4.54	-	-	1.678	2.008	2.676 S (0.01)	-	-2.96	-	1.678	2.008	2.676 S (0.01)	-	0.029	1.678	2.008	2.676 NS
			IV	4.014	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	4.048	-	-	3.806	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	1.592	-	-	1.645	1.96	2.576 NS	-0.588	-	1.645	1.96	2.576 NS
			V	-	-	-	3.082	1.677	2.007	2.674 S (0.01)	-	-	-	5.484	1.677	2.007	2.674 S (0.01)	-	-	-	1.987	1.677	2.007	2.674 S (0.1)	-	-	-0.313	1.677	2.007	2.674 NS
CAPACHICA	MINIMA	1957-2010	I	-0.231	-	-	1.645	1.96	2.576 NS	1.679	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	-3.193	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)		
			II	0.215	-	-	1.645	1.96	2.576 NS	1.915	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.1)	-3.055	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576 NS		
			III	-	-0.297	-	1.678	2.008	2.676 NS	-	1.372	-	-	1.678	2.008	2.676 NS	-	-3.77	-	1.678	2.008	2.676 S (0.01)	-	-	-	1.678	2.008	2.676 NS	
			IV	-1.315	-	-	1.645	1.96	2.576 NS	-2.439	-	-	2.18	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.05)	2.18	-	-	1.645	1.96	2.576 S (0.05)	-	-	1.645	1.96	2.576 NS
			V	-	-	-	-0.558	1.677	2.007	2.674 NS	-	-	-	-1.466	1.677	2.007	2.674 NS	-	-	-	1.497	1.677	2.007	2.674 NS	-	-	1.497	1.677	2.007	2.674 NS

REFERENCIAS:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas a nivel de $\alpha=0.1$, $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$.

- I Test Mann Kendall
- II Test Spearman Rho
- III Test Regresion Lineal
- IV Test Ran Ksum
- V Test T-student

Tabla N°5.14 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas mínimas anuales periodo (1966-2010) de la estación Mañazo.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo																	
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend											
MAÑAZO	MÍNIMA	1957-2010	I	0.947	-	-	0.379	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	0.379	-	-	-1.174	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	-1.401	-	-	1.398	1.666	2.19	S (0.1)			
			II	1.128	-	-	0.711	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	0.472	-	-	-0.957	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	-1.502	-	-	1.398	1.666	2.19	S (0.1)			
			III	-	0.936	-	-	0.359	-	-	1.746	2.12	2.921	NS	-	0.484	-	-	-1.107	-	-	1.746	2.12	2.921	NS	-	-1.897	-	-	1.746	2.12	2.921	S (0.1)
			IV	-1.148	-	-	0.442	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	0.088	-	-	0.795	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	1.678	-	-	1.398	1.666	2.19	S (0.5)			
			V	-	-	-	-	-	-	0.495	1.74	2.11	2.898	NS	-	-	-	-	-	0.684	1.74	2.11	2.898	NS	-	-	1.697	1.74	2.11	2.898	NS		
MAÑAZO	MÍNIMA	1957-2010	I	-1.856	-	-	-0.985	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	-2.966	-	-	-1.689	-	-	1.316	1.568	2.061	S (0.05)	-0.947	-	-	1.398	1.666	2.19	NS			
			II	-1.808	-	-	-1.025	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	-2.765	-	-	-1.902	-	-	1.316	1.568	2.061	S (0.05)	-0.745	-	-	1.398	1.666	2.19	NS			
			III	-	-2.083	-	-	-1.271	-	-	1.746	2.12	2.921	NS	3.778	-	-	-1.909	-	-	1.753	2.131	2.947	S (0.1)	-1.093	-	-	1.746	2.12	2.921	NS		
			IV	2.384	-	-	0.883	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	2.069	-	-	1.491	-	-	1.316	1.568	2.061	S (0.1)	0.442	-	-	1.398	1.666	2.19	NS			
			V	-	-	-	-	-	-	1.202	1.74	2.11	2.898	NS	-	-	-	-	-	1.241	1.746	2.12	2.921	NS	-	-	0.495	1.74	2.11	2.898	NS		
MAÑAZO	MÍNIMA	1957-2010	I	-1.212	-	-	-0.455	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	1.788	-	-	-	-	-	1.685	1.992	2.676	S (0.05)	-	-	-	-	-	-	-			
			II	-1.128	-	-	-0.404	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	1.720	-	-	-	-	-	1.685	1.992	2.676	S (0.1)	-	-	-	-	-	-	-			
			III	-	-1.113	-	-	-0.397	-	-	1.746	2.12	2.921	NS	-	1.837	-	-	-	1.658	2.318	2.676	NS	-	-	-	-	-	-	-			
			IV	0.971	-	-	-0.53	-	-	1.398	1.666	2.19	NS	-1.866	-	-	-	-	-	1.695	1.992	2.676	S (0.05)	-	-	-	-	-	-	-			
			V	-	-	-	-	-	-	-	0.801	1.74	2.11	2.898	NS	-	-	-	-	-	1.740	1.642	2.317	2.594	NS	-	-	-	-	-	-	-	

REFERENCIAS:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidroclimáticas a nivel de $\alpha=0.1$, $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$.

- I Test Mann Kendall
- II Test Spearman Rho
- III Test Regresion Lineal
- IV Test Ran Ksum
- V Test T-student

Tabla N°5.15 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas mínimas anuales periodo (1966-2010) de la estación Puno.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo													
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend									
PUNO	MÍNIMA	1957-2010	I	3.911	-	-	2.64	2.906	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.906	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.115	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.587	-	1.645	1.96	2.576	NS		
			II	4.088	-	-	3.073	3.165	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.165	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.297	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.24	-	1.645	1.96	2.576	NS		
			III	-	4.667	-	-	3.091	-	1.682	2.014	2.69	S (0.01)	-	3.109	-	1.682	2.014	2.69	S (0.01)	1.998	-	1.682	2.014	2.69	S (0.1)	-	-0.796	-	1.682	2.014	2.69	NS
			IV	-3	-	-	-1.99	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-1.763	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-1.784	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-0.258	-	1.645	1.96	2.576	NS	
			V	-	-	-1.781	1.681	2.013	2.687	S (0.1)	-	-1.169	1.681	2.013	2.687	NS	-	-0.967	1.681	2.013	2.687	NS	-	-1.068	1.681	2.013	2.687	NS	-	0.115	1.681	2.013	2.687	NS

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre											
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend							
PUNO	MÍNIMA	1957-2010	I	0.471	-	-	1.395	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.302	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.089	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.271	-	1.645	1.96	2.576	NS	
			II	0.629	-	-	1.549	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.056	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.164	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.471	-	1.645	1.96	2.576	NS	
			III	-	0.642	-	-	1.395	-	1.682	2.014	2.69	NS	-0.591	-	1.682	2.014	2.69	NS	-0.011	-	1.682	2.014	2.69	NS	1.444	-	1.682	2.014	2.69	NS
			IV	0.072	-	-	-0.959	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.175	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.155	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.33	-	1.645	1.96	2.576	NS	
			V	-	-	0.068	1.681	2.013	2.687	NS	-	-0.447	1.681	2.013	2.687	NS	-	-0.442	1.681	2.013	2.687	NS	-	-0.037	1.681	2.013	2.687	NS	-	-1.02	1.681	2.013	2.687	NS

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Noviembre				Diciembre				AÑO HIDROLOGICO								
				Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend			
PUNO	MÍNIMA	1957-2010	I	1.191	-	-	3.093	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.780	-	1.615	1.943	2.626	S (0.05)		
			II	1.389	-	-	3.167	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.742	-	1.615	1.943	2.626	S (0.1)		
			III	-	1.533	-	-	3.017	-	1.682	2.014	2.69	S (0.01)	-	1.687	-	1.625	2.318	2.626	NS
			IV	-0.443	-	-	-2.464	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-1.823	-	1.645	1.943	2.626	S (0.1)		
			V	-	-	-0.491	1.681	2.013	2.687	NS	-	-2.225	1.681	2.013	2.687	S (0.05)	-	-1.740	1.642	2.317	2.514	NS

REFERENCIAS:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidrológicas a nivel de $\alpha=0.1$, $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$.

- I Test Mann Kendall
- II Test Spearman Rho
- III Test Regresion Lineal
- IV Test Ran Ksum
- V Test T-student

Tabla N°5.16 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas mínimas anuales periodo (1966-2010) de las estaciones del grupo.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLÓGICO			
CAPACHICA	MINIMA	1964-2010	I	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	I S (0.05)		
			II	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	II S (0.05)	
			III	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	III S (0.05)
			IV	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	IV S (0.05)
			V	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	V S (0.05)
CABANILLAS	MINIMA	1964-2010	I	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	I S (0.1)		
			II	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	II S (0.1)	
			III	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	III S (0.1)
			IV	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	IV S (0.1)
			V	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	V S (0.1)
MAÑAZO	MINIMA	1964-2010	I	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	I S (0.01)		
			II	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	II S (0.01)	
			III	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	III S (0.01)
			IV	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	IV S (0.01)
			V	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	V S (0.01)
PUNO	MINIMA	1964-2010	I	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	I S (0.01)		
			II	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	II S (0.01)	
			III	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	III S (0.01)
			IV	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	(+57.88-89-2010)	IV S (0.01)
			V	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	(+89-2010-57.88)	V S (0.01)

REFERENCIAS

- I Test Mann Kendall
- II Test Spearman Rho
- III Test Regresion Lineal
- IV Test Ran Ksum
- V Test T-stident

0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho

N.S.: Nivel de significancia

(-) Tendencia negativa (decreciente)
 (+) Tendencia positiva (ascendente)

Tabla N°5.17 Resumen del análisis de tendencias y resultados de los test paramétricos y no paramétricos para las temperaturas mínimas anuales periodo (1966-2010) de las estaciones del grupo.

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO			
CAPACHICA	MINIMA	1964-2010	I	S (0.01)	NS	NS	NS	S (0.1)	S (0.01)	S (0.1)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)			
			II	S (0.01)	NS	NS	NS	S (0.1)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.1)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)		
			III	S (0.01)	NS	NS	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	NS	S (0.1)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	
			IV	S (0.01)	NS	NS	NS	NS	S (0.05)	S (0.01)	S (0.1)	S (0.1)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	
			V	S (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	NS	NS	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	
CABANILLAS	MINIMA	1964-2010	I	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)		
			II	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)	
			III	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)	S (0.1)
			IV	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.1)
			V	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.1)
MAÑAZO	MINIMA	1964-2010	I	S (0.01)	NS	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	NS	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)		
			II	S (0.01)	NS	NS	NS	S (0.01)	NS	S (0.01)	S (0.01)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)	
			III	S (0.05)	S (0.01)	NS	NS	S (0.05)	NS	S (0.01)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.1)
			IV	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.1)
			V	S (0.01)	S (0.05)	NS	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.05)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.1)
PUNO	MINIMA	1964-2010	I	S (0.01)	S (0.01)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)		
			II	S (0.01)	NS	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	
			III	S (0.05)	NS	S (0.01)	NS	S (0.05)	NS	S (0.01)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)
			IV	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	NS	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)
			V	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.01)	S (0.01)	S (0.01)

REFERENCIAS
 I Test Mann Kendall
 II Test Spearman Rho
 III Test Regression Lineal
 IV Test Ran Ksum
 V Test T-student

0.10
 0.05
 0.01

N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
 N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
 N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
 N.S.: Nivel de significancia

(-) Tendencia negativa (decreciente)
 (+) tendencia positiva (ascendente)

En las tablas 5.4 a 5.17 muestran el resumen del análisis de tendencia por estación para el periodo (1966-2010), donde se identifica anualmente si la serie temporal de las temperaturas máximas, mínimas, medias, presentan cambios significativos, según la tabla se ve tendencias positivas, en algunos meses se presentan tendencias para la temperatura máxima no con clara tendencia negativa.

Mientras para la estación Capachica para la temperatura media es no significativa, de igual manera para las estaciones, pero se muestran tendencias para la temperatura mínima.

CONCLUSIONES

Los resultados de las tendencias de series anuales de los parámetros de precipitaciones utilizando software de TREND, tiene tendencias a disminución de las precipitaciones pluviales totales en la cuenca del río Illpa con un nivel de significancia de 0.01 (1%) de las cuatro estaciones.

Las temperaturas presentan tendencias positivas a la cuenca del río Illpa, desde con un nivel de significancia de 1, 5 y hasta de 10%, lo que nos permite afirmar que las variaciones de incremento de las temperaturas vienen presentándose con mayor relevancia durante el periodo de análisis de la serie histórica de 1957 hasta 2010.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que en las investigaciones futuras se realice otros trabajos similares con software de hydraccess para análisis de consistencia y TREND para análisis de tendencias ya sea con pruebas estadísticas paramétricos y no paramétricos, por tener una variación mínima que no se muestran muchas mediante análisis estadístico paramétricos.

Los análisis de tendencias deben ser con series históricas de longitud larga, o sea deben tener series de mayores años, lo que permitiría hacer análisis serios con mayor precisión por los menos de unos 100 años como mínimo.

Finalmente se recomienda a las instituciones públicas, privadas y sectores involucrados en el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos a cambio climático realizar con otros elementos climáticos y la adopción de esta nueva metodología como una herramienta de análisis de tendencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Bigg, G. R. (1996). 'The Oceans and Climate'. Cambridge University Press. Cambridge. 266 pp.
- Bradley, R. S., H. F. Diaz, J. K. Eischeid, P. D. Jones, P. M. Kelly and C. M. Goodess (1987). 'Precipitation fluctuations over Northern Hemisphere land areas since the mid-19th century', *Science*, 237: 171-175.
- Brunetti, M., Maugeri M., Monti F., Nanni T. (2006). 'Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenized instrumental time series'. *Int. J. Climatol.*, 26 (3): 345-381.
- Corte-Real, J., Qian B., Xu H. (1998). 'Regional climate change in Portugal: Precipitation variability associated with large-scale atmospheric circulation'. *Int. J. Climatol.*, 18: 619-635.
- Cutipa, E. (1999). "Aplicación de Modelos Hidrológicos en el Análisis de Máximas Avenidas del Río Grande Ilave – Puno". Tesis de Ing. Agrícola. UNAP. Puno. Perú.
- Chereque, W. (1989). "Hidrología" CONCYTEC Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú. Pág 146.
- Chow, V. (1994). "Hidrología Aplicada". Mc Graw-Hill Interamericana. Santafé de Bogotá. Colombia. Pag. 8 y 9, Pag. 495.
- Diaz, H.F. Bradley R.S., Eischeid J.K. (1989). 'Precipitation fluctuations over global land areas since the late 1800s'. *J. Geoph. Res.*, 94: 1195-1210.
- Douglas, A.V. and P.J. Englehart (1999). Inter-monthly variability of the Mexican summer monsoon. Proceedings of the Twenty-Second Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop, Berkeley, CA, October 6-10, 1997, Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, NOM, NTIS #PB97-159164, pp. 246-249.

- Easternling, D., Horton B., Jones P., Peterson T., Karl T., Parker D., Salinger J., Razuvayeu V., Plummer N., Jamason P. and Folland C. (1997). 'Maximum and minimum temperature trends for the globe', *Science*, 227: 364-366.
- Georgievsky, V.Yu., Ezhov A.V., Shalygin A.L., Shiklomanov I.A. and Shiklomanov A.I. (1996). 'Assessment of the effect of possible climate changes on hydrological regime and water resources of rivers in the former USSR'. *Russian Meteorol. and Hydrol.* 11: 66-74.
- Groisman, P.Ya., Karl T.R., Easterling D.R., Knight R.W., Jamason P.B., Hennessy K.J., Suppiah R., Page C.M., Wibig J., Fortuniak K., Razuvaev V.N., Douglas A., Førland E. and Zhai P.M. (1999). 'Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change', *Clim. Change*, 42: 243-283.
- Haylock, M. and Nicholls N. (2000). 'Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910-1998'. *Int. J. Climatol.*, 20: 1533-1541.
- Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A. (1982). 'Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data'. *Water Resources Research*, 18 (1): 107-121.
- Houghton, J. T., Jenkins, G. K. and Ephraim, J. J. (1990). *Climate change. The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, 364 pp.
- Hulme, M., Osborn T.J. and Johns T.C. 1998. 'Precipitation sensitivity to global warming: comparison of observations with HADCM2 simulations', *Geophysical Research letters*, 25: 3379-3382.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2003^a). *Indicadores económicos de coyuntura [en línea] [fecha de consulta: junio de 2003]*. Disponible en: www.dgcnesy.p.inegi.gob.mx.
- Indeje, M., Semazzi, F.H.M., and Ogallo, L.J. (2000). 'ENSO signals in East African rainfall seasons', *Int. J. Climatol.*, 20: 19-46.
- IPCC, (1994): *Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*, [J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B. A. Callander, E. Haites, N. Harris and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 339 pp.
- IPCC, (1996): *Climate change 1995: The Science of Climate Change*.

- Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [J. T. Houghton, L. G. MeiraFilho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K Maskell (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, 572 pp.
- IPCC, (2001). Climate change. The Scientific basis. Contribution of working group I to the Third Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (ed)]. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y, USA, 881p.
- Jones, P.D. and Hulme M. (1996). 'Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: methods and illustrations', *Int. J. Climatol.*, 16, 361-377.
- Jung, HS. Choi Y., Oh JH., Lim GH. (2002). 'Recent trends in temperature and precipitation over South Korea', *Int. J. Climatol.*, 22 (11): 1327-1337.
- Karl, T.R., Knight R.W. Plummer N. (1995). 'Trends in the high frequency climate variability in the twentieth century', *Nature*, 377: 217-220.
- Kruger, A.C. (2006). 'Observed trends in daily precipitation indices in South Africa: 1910-2004', *Int. J. Climatol.*, 26 (15): 2275-2285.
- Manton, M.J., Della-Marta P.M., Haylock M.R., Hennessy K.J., Nicholls N., Chambers L.E., Collins D.A., Daw G., Finet A., Gunawan D., Inape K., Isobe H., Kestin T.S., Lafale P., Leyu C.H., Lwin T., Maitrepierre L., Ouprasitwong N., Page C.M., Pahalad J., Plummer N., Salinger M.J., Suppiah R., Tran V.L., Trewin B., Tibig I. and Yee D. (2001). 'Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998', *Int. J. Climatol.*, 21: 269-284.
- Marengo, J.A., Tomasella J. and Uvo C.R. (1998). 'Trends in streamflow and rainfall in tropical South America: Amazonia, Eastern Brazil and Northwestern Peru', *J. Geophys. Res.*, 103: 1775-1783.
- Mekis, E. and Hogg W.D. (1999). 'Rehabilitation and analysis of Canadian daily precipitation time series', *Atmosphere-Ocean*, 37 (1): 53-85.
- Morales, C.G., Ortega M.T., Labajo J.L. and Piorno A. (2005). 'Recent trends and temporal behavior of thermal variables in the region of Castilla-Leon (Spain)', *Atmósfera*, 71-90.

- Parker, D.E., Jones P.D., Folland C.K., Bevan A. (1994). 'Interdecadal changes of surface temperature since the late nineteenth century', *J. Geoph. Res.*, 99: 14373-14399.
- Plummer, N., Salinger M.J., Nicholls N., Suppiah R., Hennessy KJ., Leighton RM., Trewin B., Page C.M. and Lough J.M. (1999). 'Changes in climate extremes over the Australian region and New Zeland during the twentieth century', *Climate Change*, 42: 183-202.
- Quinn, W. H., Neal V. T., and S Entunes de M. E. (1987). 'El Nino Occurrences over the Past Four and Half Centuries', *Journal of Geophysical Research*, 92. 14449-14461.
- Quinn, W. y Neal, V. (1992). 'The historical record of El Niño events', In: *Climate since A.D. 1500*. Bradley, R., Jones, P. (eds). 623- 648.
- Ropelewsky C.F. and Halpert M.S. (1986). 'North American precipitation and temperature patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation (ENSO)', *Monthly Weather Review*, 114: 2352-2362.
- Ropelewski, C. F., and M. S. Halpert, (1987). 'Global and regional scale precipitation associated with El Niño/Southern Oscillation', *Monthly Weather Review*, 115: 985–996.
- Schönwiese, C.D. and Rapp J. (1997). *Climate Trend Atlas of Europe Based on Observations 1891-1990*. KluwerAcademicPublishers, Dordrecht, 228 pp.
- Somerville, R., H. Le Treut, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather, (2007): *Historical Overview of Climate Change*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Trenberth, K.E., P.D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden and P. Zhai, (2007): *Observations: Surface and Atmospheric Climate Change*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press,

Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Zhai, P.M., Sun A., Ren F., Liu X., Gao B. and Zhang Q. (1999a). 'Changes of climate extremes in China', *Clim. Change*, 42: 203-218.