



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POST GRADO**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO**  
**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**



**TESIS**

**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE LA  
CUENCA RAMIS, PUNO - PERÚ**

PRESENTADA POR:

**GERMÁN BELIZARIO QUISPE**

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**Doctoris Scientiae**

**EN: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**



**PUNO - PERÚ**

**2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO	
BIBLIOTECA CENTRAL AREA DE TESIS	
Fecha Ingreso:	16 ABR 2015
Nº	0746

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO**  
**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**



**TESIS**

**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE LA  
CUENCA RAMIS, PUNO-PERÚ**

**PRESENTADA POR:**

**GERMÁN BELIZARIO QUISPE**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**Doctoris Scientiae**

**EN: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**PUNO, PERÚ**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**PROGRAMA DE DOCTORADO**

**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**TESIS**

**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE LA  
CUENCA RAMIS, PUNO-PERÚ**

**PRESENTADA POR:**

**GERMÁN BELIZARIO QUISPE**

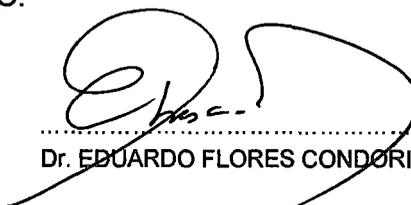
**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**Doctoris Scientiae**

**EN: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:**

**PRESIDENTE**



.....  
Dr. EDUARDO FLORES CONDORI

**PRIMER MIEMBRO**



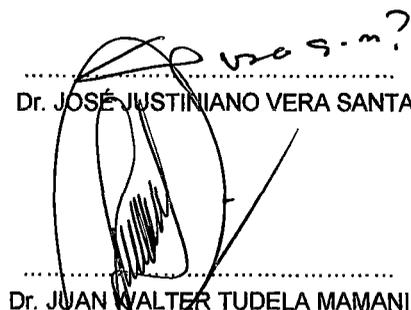
.....  
Dr. ERNESTO CALANCHO MAMANI

**SEGUNDO MIEMBRO**



.....  
Dr. JOSÉ JUSTINIANO VERA SANTAMARIA

**ASESOR DE TESIS**



.....  
Dr. JUAN WALTER TUDELA MAMANI

Puno, 08 de Agosto de 2014.

## DEDICATORIA

☞ A nuestro creador Dios padre todopoderoso, simiente divina que habita en nuestro fuero íntimo, por haberme guiado por la ruta del saber y del bien. El cual nos otorga el poder de decidir por nosotros mismos, acertando o equivocándonos en la medida de nuestras humanas posibilidades, y para ello hemos de escuchar tanto al corazón como a la cabeza.

☞ A mis padres Luciano y María Dolores, por el permanente e inmensurable apoyo, con todo cariño e inmensa gratitud, quienes con su aliento, paciencia, por sus sabios consejos y su gran esfuerzo para forjar a sus hijos, que hicieron posible el logro de mi noble Grado de Doctoris Scientiae.

☞ A mis hermanos:  
Nicolás, Néstor, Celso Javier y Walter con mucho afecto y cariño, por su contribución a mi buena formación y especialización.

☞ En especial a mis hijos:  
Alex Germán y Anabel Jacky quienes supieron comprender por el tiempo que os he robado para realizar este trabajo, y especial a Betty.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO y a la ESCUELA DE POST GRADO, por la formación óptima, en especial a los docentes del Programa de Doctorado en: Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

A los señores jurados de tesis doctoral: Dr. Eduardo Flores Condori, Dr. Ernesto Calancho Mamani y Dr. José Justiniano Vera Santa María por sus consejos, sugerencias y recomendaciones durante la ejecución del presente.

Al Dr. Juan Walter Tudela Mamani, asesor de esta Tesis Doctoral, por su apoyo, consejos, correcciones y sus conocimientos durante la elaboración de este trabajo.

A la plana docente de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Altiplano, Ingeniería Civil de la Universidad José Carlos Mariátegui e Ingeniería Civil de la Universidad Alas Peruanas y en especial a mis compañeros del Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente que han bregado y en especial a Bernardino Tapia Aguilar por vuestro apoyo.

Finalmente, al señor Director de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Puno y Director Regional de Agricultura Puno, quienes han brindado su apoyo en la realización del presente trabajo de investigación.

*Autor.*

## INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1.1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	4
<b>1.1.1 Interrogante general</b>	<b>6</b>
<b>1.1.2 Interrogantes específicas</b>	<b>6</b>
1.2 JUSTIFICACIÓN	6
1.3 OBJETIVOS	9
<b>1.3.1 Objetivo general</b>	<b>9</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b>	<b>9</b>
1.4 HIPOTESIS	9
<b>1.4.1 Hipótesis general</b>	<b>9</b>
<b>1.4.2 Hipótesis específicas</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 MARCO LEGAL	10
<b>2.1.1 Políticas internacionales</b>	<b>10</b>
<b>2.1.2 Políticas nacionales</b>	<b>13</b>
<b>2.1.3 Políticas regionales</b>	<b>15</b>
2.2 ANTECEDENTES	16
2.3 BASE TEÓRICA	22
<b>2.3.1 Calentamiento global</b>	<b>22</b>

<b>2.3.2</b>	<b>Clima</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Tendencias mundiales y proyecciones del impacto de cambio climático en agricultura</b>	<b>33</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Tratamiento de datos hidrometeorológicos</b>	<b>35</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Análisis de tendencia</b>	<b>47</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Síntesis de la revisión de literatura</b>	<b>48</b>

### **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

<b>3.1</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA</b>	<b>51</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Ámbito de estudio</b>	<b>51</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Límites hidrográficos</b>	<b>52</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Fisiografía de la zona</b>	<b>52</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Características geológicas</b>	<b>53</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Características agroecológicas</b>	<b>53</b>
<b>3.2</b>	<b>MUESTRA Y POBLACIÓN</b>	<b>54</b>
<b>3.3</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>54</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Información básica</b>	<b>54</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Información cartográfica</b>	<b>54</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Información de producción agrícola</b>	<b>54</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Información meteorológica</b>	<b>54</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Análisis de la información por objetivos planteados</b>	<b>55</b>

### **CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1</b>	<b>COMPORTAMIENTO DE LAS TEMPERATURAS</b>	<b>62</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Variación de las temperaturas medias en la cuenca</b>	<b>68</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Variación de las temperaturas medias por estación</b>	<b>69</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Influencia del cambio climático sobre la variación de las temperaturas</b>	<b>70</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Modelos matemáticos para pronosticar las temperaturas máximas y mínimas para los próximos dieciséis años</b>	<b>72</b>
<b>4.2</b>	<b>COMPORTAMIENTO DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES</b>	<b>75</b>

4.3 RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS FRENTE A LOS COMPORTAMIENTOS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS	83
4.3.1 Medidas de tendencia central y variabilidad de rendimiento de los cultivos	83
4.3.2 Rendimiento promedio del cultivo de haba grano seco frente a las variables climáticas	84
4.3.3 Rendimiento promedio del cultivo de papa frente a las variables climáticas	87
4.3.4 Rendimiento promedio del cultivo de quinua frente a las variables climáticas	91
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	106

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
2.1 Valores críticos de $\Delta_0$ del estadístico Smirnov-Kolmogorov $\Delta$ , para valores de N y niveles de significancia $\alpha$	46
4.1 Correlación de temperaturas medias anuales-Grupo N°1	63
4.2 Correlación de temperaturas medias anuales-Grupo N°2	64
4.3 Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas máximas, medias y mínimas mediante los Test paramétricos y no paramétricos, estaciones del grupo N°1	66
4.4 Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas máximas, medias y mínimas mediante los Test paramétricos y no paramétricos, estaciones del grupo N°2	67
4.5 Resumen del modelo de variables predictoras de temperaturas	70
4.6 Prueba de hipótesis mediante análisis de varianza (ANOVA <sup>a</sup> ) del cambio climático y las variables climáticas	70
4.7 Análisis de coeficientes independientes de temperaturas frente al cambio climático	71
4.8 Correlaciones bivariadas del cambio climático con las variaciones de las temperaturas	71
4.9 Coeficientes de las temperaturas máximas medias según el modelo lineal	72
4.10 Coeficientes de las temperaturas máximas medias según el modelo logarítmico	72
4.11 Coeficientes de las temperaturas máximas medias según el modelo Exponencial	72
4.12 Coeficientes de las temperaturas mínimas según el modelo lineal	73
4.13 Coeficientes de las temperaturas mínimas según el modelo Log.	73
4.14 Coeficientes de las temperaturas mínimas según el modelo Exp.	74
4.15 Coeficiente de correlación (r) para cada estación-Grupo N°1	76
4.16 Coeficiente de correlación (r) para cada estación-Grupo N°2	76
4.17 Coeficiente de correlación (r) para cada estación-Grupo N°3	76
4.18 Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales-Grupo N°1	77
4.19 Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales-Grupo N°2	77
4.20 Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales-Grupo N°3	78
4.21 Resumen del modelo de regresión lineal de precipitación	79
4.22 ANOVA <sup>a</sup> de las precipitaciones pluviales	79
4.23 Análisis de coeficientes independientes , según prueba T	80
4.24 Correlaciones bivariadas del cambio climático con las variaciones de las precipitaciones pluviales	81
4.25 Coeficientes de precipitación total el modelo lineal	81

4.26	Coeficientes de precipitación total el modelo logarítmico	82
4.27	Coeficientes de precipitación total el modelo exponencial	82
4.28	Medidas de tendencia central y variación del rendimiento de los cultivos	83
4.29	Resumen del modelo de relación entre cultivo de haba y clima	84
4.30	ANOVA de la regresión residual total para el cultivo de haba	85
4.31	Coeficientes no estandarizadas y tipificadas de las variables climáticas	85
4.32	Correlaciones bivariadas del cultivo de haba con las variaciones climáticas	86
4.33	Resumen del modelo del rendimiento de papa y variable climático	87
4.34	ANOVA de la regresión residual total para el cultivo de papa	88
4.35	Coeficientes no estandarizadas y tipificados de variables climáticos	88
4.36	Correlaciones bivariadas del cultivo de papa con las variaciones climáticas	90
4.37	Resumen del modelo del rendimiento de quinua y variables climáticos	91
4.38	Análisis de ANOVA de regresión residual total del modelo	91
4.39	Coeficientes independientes de influencia de variables climáticos	92
4.40	Correlaciones bivariadas del cultivo de quinua con las variaciones climáticas	93

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
3.1 Ubicación geográfica de la cuenca del río Ramis	52
3.2 Ubicación de las estaciones meteorológicas en la cuenca Ramis	55

## INDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1.1 Análisis de consistencia de las series de temperaturas	107
1.2 Análisis del comportamiento de temperaturas en el tiempo	113
1.3 Análisis estadístico del comportamiento de temperaturas	131
2.1 Análisis de consistencia de las series de precipitación pluvial	137
2.2 Análisis del comportamiento de las precipitaciones pluviales	144
2.3 Análisis estadístico del comportamiento de precipitaciones totales	165
3.1 Análisis del comportamiento de los rendimientos de cultivos	169
3.2 Evaluación del comportamiento del cultivo de haba	172
3.3 Evaluación del comportamiento del cultivo de la papa	173
3.4 Evaluación del comportamiento del cultivo de la quinua	175
3.5 Variables climáticos óptimos para los cultivos de la cuenca Ramis	177

## RESUMEN

El cambio climático viene alterando las condiciones del clima local; siendo las temperaturas extremas y las precipitaciones pluviales los parámetros más sensibles; por ende se investiga el impacto del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, con el objetivo de evaluar el comportamiento de las variables climáticas durante el periodo 2012-2014 y su efecto en la actividad agrícola del altiplano. Para tal efecto se ha trabajado con las series históricas de temperaturas extremas y precipitaciones pluviales de 46 años de las nueve estaciones meteorológicas seleccionados en base de tres criterios: longitud de las series, estaciones con datos faltantes y por la consistencia. Estas series fueron sistematizadas, corregidas y completadas en base del análisis de homogeneidad; con las pruebas no paramétricas y paramétricas se ha determinado las tendencias con niveles de significancia de 0.01, 0.05 y 0.10, y análogamente la información de rendimientos de los cultivos. Los resultados muestran temperaturas las máximas tienden a incrementar en  $0.04^{\circ}\text{C}$  anualmente, las temperaturas medias muestran un incremento anual de  $0.025^{\circ}\text{C}$  con evidencia leve y las mínimas no muestran cambios significativos; mientras que las precipitaciones pluviales tienden a disminuir, y estos generan impactos significativos en los cultivos. Por lo tanto, se concluye que el cambio climático viene afectando a los parámetros de temperaturas y precipitaciones, y esto influye negativamente en el rendimiento de los cultivos del pan llevar.

**Palabras Clave:** agricultura puneña, cambio climático, cuenca Ramis, variación temporal y espacial.

## **ABSTRACT**

Climate change is altering the local weather conditions; being extreme temperatures and more rainfall sensitive parameters; therefore the impact of climate change on agriculture in the basin Ramis, in order to evaluate the performance of climatic variables over the period 2012-2014 and its effect on highland agriculture is investigated. To this end we have worked with time series of extreme temperatures and rainfall 46 years of the nine weather stations selected based on three criteria: length of the series, stations with missing data and consistency. These series were systematized, corrected and completed on the basis of the analysis of homogeneity; with non-parametric and parametric tests it was determined trends with significance levels of 0.01, 0.05 and 0.10, and similarly information crop yields. The results show maximum temperatures tend to increase in 0.04°C annually, average temperatures show an annual increase of 0.025°C with mild and minimal evidence showing no significant changes; while rainfall tends to decrease, and they generate significant impacts on crops. Therefore, it is concluded that climate change is affecting the parameters of temperature and precipitation, and this adversely affects the crop yield bread out.

**Keywords:** puneña agriculture, climate change, watershed Ramis, temporal and spatial variation.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el tema del cambio climático ha adquirido gran relevancia a nivel mundial llegando a posicionarse como una de las prioridades de la agenda internacional, nacional, regional y local (Crane, Roncoli, & Hoogenboom, 2011), debido a las predicciones catastróficas para el planeta previsto por la comunidad de científicos (Vargas, 2009). Los cambios en los patrones actuales de la temperatura podrían ocasionar grandes efectos en el incremento de la temperatura ambiental, resultado del cambio climático, además en latitudes subtropicales se prevé una disminución de las precipitaciones pluviales (IPCC, 2001b, 2007; Thomson, Izaurralde, Rosenberg, & He, 2006; Wei *et al.*, 2009).

Sin embargo, en ninguna de las cuencas se puede establecer tendencias claras en cuanto a la precipitación total anual, porque ningún valor estadísticamente es significativa que permita rechazar la hipótesis nula de no tendencia; en una cuenca la temperatura media anual mostró un ligero aumento, mientras que en la otra la temperatura manifestó descenso (Méndez & Martínez, 2010), tanto el estadístico Spearman Rho y Mann-Kendall muestran valores no significativos, debido a estos resultados no se puede establecer tendencias claras de disminución o incremento de las precipitaciones en la región.

Además, un leve aumento de la temperatura (indica mayor evaporación), serian condiciones que pueden crear una tendencia regresiva en los volúmenes de agua. En base a la desviación acumulada ha puesto en evidencia la diferenciación en dos periodos homogéneos. Dentro del análisis previo, cabe comentar el alto valor de la desviación estándar que corrobora la notable variabilidad de la precipitación y resta significación al valor medio mensual (Linsley, Khmer, & Paulus, 1986).

Así mismo, el clima mundial ha cambiado desde la época preindustrial, donde la temperatura se ha incrementado en un 0.3 a 0.6°C (Chakraborty, Tiedemann, & Teng, 2000), mientras que el panel intergubernamental sobre el cambio climático predice con el actual escenario de emisiones, la temperatura

media mundial podría aumentar entre 0.9 y 3.5°C para el año 2100, sin embargo, hay muchas incertidumbres que influyen en estas predicciones (Chakraborty *et al.*, 2000; González & Velasco, 2008; IPCC, 2007) del cambio climático en la frecuencia y severidad de los fenómenos meteorológicos extremos como tormentas de granizo y las subsiguientes pérdidas económicas (Botzen, Bouwer, & van den Bergh, 2010; Olesen & Bindi, 2002).

Más aun, Chang (2002) determinó impacto potencial del cambio climático en el rendimiento del sector agrícola mediante el modelo de precios endógenos bajo diferentes escenarios de cambio climático, mientras para Crane (2011) la mayoría de los estudios sobre cambio climático se ocupan de los impactos potenciales y su adaptación, ya que el rendimiento del cultivo es más sensible a la precipitación de temperatura (Ficklin, Luedeling, & Zhang, 2010), si la disponibilidad de agua se reduce en el futuro, los suelos de alta capacidad de retención del agua es mejor para reducir el impacto de la sequía, pero la urbanización da lugar al aumento de la temperatura (Kumar & Parikh, 2001).

Por su parte, para Andrade (2008), tres décadas de datos globales no son suficientes para entender a cabalidad variaciones más lentas en el clima de la Tierra, sin que esto signifique, que como humanidad no conozcamos lo suficiente para establecer ciertas conclusiones (IPCC, 2007), del análisis de los cambios medios de anomalías de temperatura y precipitación asociadas a desviaciones extremas, que producen un aumento de temperatura y precipitación, esto es producto del calentamiento global del planeta (Gbetibouo & Hassan, 2005).

Ahora es posible afirmar, con un nivel de confianza muy alto, que el calentamiento del sistema climático es inequívoco como resulta evidente de las observaciones de incremento en la temperatura media global del aire y del mar, el derretimiento generalizado del hielo y nieve, y el incremento global del nivel medio del mar (Qiu, Yin, & Geng, 2012; Torres R., 2010).

No sólo son las elevadas temperaturas las que indican el cambio climático y como son las precipitaciones pluviales, sequias prolongadas y bajas temperaturas, todas estas con mayor incidencia que antes, esto es lo que se denomina anomalías, es decir están fuera del promedio. (Vanesa, 2004), las precipitaciones pluviales son más intensas en zonas tropicales, principalmente porque el ciclo del agua ha variado, el nivel del mar ha aumentado a

consecuencia del derretimiento de los glaciares, así como su salinidad ha disminuido y el aumento del vapor de agua se ha incrementado (IPCC, 2001b), y ésta es el gas invernadero más importante en la atmósfera (Tencer, 2010).

Además, el clima ha estado cambiando en las tres últimas décadas, y seguirá cambiando, independientemente de cualquier estrategia de mitigación. La agricultura es una actividad dependiente del clima y por lo tanto es muy sensible a los cambios climáticos y a la variabilidad del clima (Ramirez-Villegas, Jarvis, & Läderach, 2010), principalmente de secano, es un sector económico importante y la más vulnerable al cambio climático (Roudier, Sultan, Quirion, & Berg, 2011). El cambio climático puede afectar a la agricultura en diversas formas, por ejemplo tiende a reducir el rendimiento, debido a que se acelera el proceso de las cosechas, con lo cual se reduce la producción de granos (Cline, 2007).

Por otra parte, la agricultura de secano es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático cada vez más, disminuyendo en algunas regiones la producción de cultivos (Alcamo, Dronin, Endejan, Golubev, & Kirilenko, 2007), donde los ingresos de los productores está en mayor reducción y los impactos del cambio climático varía a lo largo del periodo de proyección de 100 años (Alig, Adams, & McCarl, 2002). Hahn *et al.* (2009).

No obstante, el tema se ha politizado por la incidencia que tiene en el resto de las esferas de la vida cotidiana. Principalmente, se refiere a la estrecha relación entre cambio climático y las cuestiones energéticas y modos de producción agrícola. Por otro lado, los cambios en los patrones actuales de la temperatura podrían ocasionar grandes efectos en el incremento de la temperatura ambiental y consecuentemente variar la precipitación pluvial, efecto del cambio climático.

Por consiguiente, se plantea responder a la interrogante: ¿Cuál es impacto del cambio climático en el rendimiento de los cultivos en la cuenca Ramis?. Ya que los incrementos de temperatura y cambios en la precipitación bajo los escenarios del cambio climático son responsables de la variación en los rendimientos de los cultivos, debido a su variabilidad interanual. Y por ende es necesario evaluar el comportamiento de las temperaturas extremas y precipitaciones pluviales en el contexto del cambio climático.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

El cambio climático se ha convertido en un grave problema ambiental que afecta a la supervivencia y el desarrollo futuro de la humanidad, y ha atraído una amplia atención de las organizaciones no gubernamentales y la comunidad académica en el mundo. La agricultura es uno de los sectores más sensibles frente a este problema ya que depende de factores climáticos como temperatura y precipitación, y cualquier grado de éste traerá impacto potencial o significativo para la producción agrícola y los procesos relacionados, afectando también a la agricultura del altiplano peruano de manera significativa, y que inevitablemente tendrá un impacto enorme en la producción agrícola en el futuro. A pesar de que el impacto variará en tiempo y espacio, como un todo será principalmente adverso (ECCNARCC, 2007).

En cuanto a, la evaluación del impacto de cambio climático es todavía un campo relativamente nuevo de estudio en la actualidad. Aunque IPCC desarrolló un programa de investigación dedicado específicamente para la evaluación de la investigación sobre el cambio climático (Antle, 1996; Xu & Ma, 2009). Ya que a nivel del globo terráqueo la temperatura de la Tierra se ha incrementado en 0,25°C durante los últimos 40 años (Mendelsohn, 2007) pero estos cinco últimos años es cada vez mayor, y consecuentemente el hielo de los polos y cordilleras van derritiéndose dejando la tierra y rocas oscuras al descubierto, que permiten una mayor absorción del calor solar, asimismo la temperatura del agua cambia con más lentitud que en la tierra, debido a su mayor capacidad para retener calor.

Más aún, el cambio climático hace más vulnerable los aspectos tecnológicos, socioeconómicos y la seguridad alimentaria. En el futuro las condiciones de vida en general serían afectadas, principalmente la actividad agropecuaria que es el principal sustento de la población rural del altiplano peruano; trayendo como consecuencia la crisis de la seguridad alimentaria, hambre y miseria, rompiendo la relación de equilibrio ecológico y socioeconómico.

Por otra parte, el altiplano peruano es fuertemente afectado por el cambio climático, y se enfrenta a incremento de la temperatura promedio al igual que la frecuencia de las olas de calor que aumentan la probabilidad de sequías; así como el aumento en la evaporación durante el verano podría elevar las condiciones de sequía; las temperaturas más cálidas aumentan la evaporación del agua y con ello la producción de lluvias, afectando la economía en el sector agropecuario, por lo que se considera necesario conocer y precisar cómo afecta el cambio climático a la agricultura de la cuenca Ramis.

Asimismo, el recurso hídrico viene a ser uno de los más afectados por efecto del cambio climático al ser un recurso vital para la humanidad en sus diferentes actividades sobre todo en la actividad agropecuaria, ya que sin agua por más tecnologías modernas de producción existente no sería posible.

Es por esto que, en la actualidad el efecto del cambio climático impacta directamente sobre las poblaciones rurales con las alteraciones del clima, que de por sí ya es hostil por su posición geográfica situada por encima de los 3,800 m.s.n.m., con rendimientos de producción cada vez más bajos, asociados con la exigencia de incorporación de nutrientes al suelo (la tierra no produce como antes), los periodos de rotación de cultivos se han acortado, monocultivos, la incidencia y aparición de nuevas plagas y enfermedades, la excesiva micro parcelación de las tierras (menos de ½ hectárea por persona), reducción de las áreas de pastoreo, sobre pastoreo, excesiva carga de ganado por superficie, desertificación de las áreas naturales, tierras erosionadas por las lluvias.

De ahí que, el poblador rural sea cada vez el más afectado, provocando migración a las ciudades Juliaca, Puno, Arequipa y Lima, donde se instalan en

las zonas periféricas carentes de todo tipo de servicios básicos y por consiguiente con muertes de niños con IRAS y EDAS, cada vez con estadísticas del Ministerio de Salud que van en aumento, o la migración a los centros mineros donde el trabajo *es inhumano* y la explotación del hombre por el hombre aun es cotidiano y de igual forma carente de seguro médico y servicios básicos, a pesar de generar riqueza se ve reflejado en su bienestar; para cumplir con los objetivos del presente trabajo se ha planteado, las siguientes interrogantes:

#### **1.1.1 Interrogante general:**

¿Cuál es el impacto del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú?

#### **1.1.2 Interrogantes específicas:**

¿Cuál es el impacto del cambio climático en el comportamiento de las temperaturas en la cuenca Ramis?

¿Cuál es el impacto del cambio climático en la conducta de las precipitaciones pluviales en la cuenca Ramis?

¿Cuál es la relación entre las variables climáticas y el rendimiento de los cultivos seleccionados en el periodo de veinte años en la cuenca Ramis?

### **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Puno, es considerado como el tercer departamento que depende principalmente de la actividad agropecuaria, asimismo es uno de los tres principales productores del cultivo de papa y de alpacas a nivel nacional (Blenkinsop, Fowler, Dubus, Nolan, & Hollis, 2008), pero es de alta vulnerabilidad a la variabilidad climática. Por eso surge la motivación y necesidad de tener trabajos que puedan ser realizados, divulgados y utilizados por los gobiernos de turno para tomar decisiones preventivas y de adaptación.

Sin embargo, en los años húmedos, en algunas zonas, se perciben mejores rendimientos por el efecto de temperaturas elevadas, acelerando el ciclo fenológico y suficiente disponibilidad de agua.

Si bien es cierto, estos resultados sólo consideran el impacto climático directo de la temperatura y la precipitación pluvial, pudiendo enmascarar

impactos como la proliferación de plagas, poca preparación del cultivo a periodos intensos de calor sin precipitación o por el contrario anegamiento de suelos. Dado que uno de los problemas que aparentemente serán de mayor consideración con cambio climático en el altiplano, donde se determinó que la situación bajo éste escenario es crítica en todas las zonas y bajo cualquier escenario de precipitación, pues la falta de agua en la siembra provocará hasta un 90% de pérdida de los rendimientos (Anwar, O'Leary, McNeil, Hossain, & Nelson, 2007).

Igualmente, los impactos de los cambios en el clima sobre la producción de cultivos varía ampliamente de una región a otra, se espera que los cambios anticipados tengan grandes impactos y de gran envergadura principalmente en zonas tropicales de países en desarrollo con regímenes de precipitación que se encuentran entre semiárido y húmedo (Cline, 2007).

Es decir, las implicancias pueden ser muy profundas para los agricultores de subsistencia ubicados en ambientes frágiles, donde se esperan grandes cambios en productividad, pues estos agricultores dependen de cultivos que potencialmente serán muy afectados (p.ej. maíz, frijoles, papas, arroz, etc.). Muchos investigadores expresan mayor preocupación por áreas donde la agricultura de subsistencia es la norma, porque la disminución de tan sólo una tonelada de productividad podría llevar a grandes desequilibrios en la vida rural (P. G. Jones & Thornton, 2003).

Ya que, las proyecciones de cambio climático refieren que los cambios mayores que el promedio global ocurrirán en altitudes elevadas. El altiplano es una zona por encima de 3800 msnm, por lo que se podría esperar que los cambios de temperatura sean mayores, afectando fuertemente a los glaciares y a los sistemas productivos (Bradley, *et al.* 2006).

Aunque, podría disminuir el almacenamiento natural de agua dulce que es fundamental para la agricultura de altura (Thomson *et al.*, 2006), constituyéndose una amenaza para la población de la cuenca que lleva adelante sus actividades agrícolas, en dependencia de las lluvias de verano (García & Montserrat, 2009).

De manera que, la precipitación varía desde unos 1000 mm/año en la parte norte de la cuenca, y en el centro del lago hasta 3000 mm/año, con tendencias a disminuir hacia el sur. Las inundaciones afectan las áreas circunlacustres del

lago Titicaca, por ende requiere de un conjunto de medidas de regulación y de protección local. Además, la campaña agrícola es dependiente de las precipitaciones pluviales (enero-marzo), pero estos últimos años vienen presentándose veranillos irregulares ocasionando graves sequías y con heladas frecuentes.

Así mismo, desde la antigüedad, el campesino del altiplano ha adoptado una estrategia de minimización de los riesgos que dificulta las inversiones productivas. Se ha verificado una incidencia mayor de las sequías con pérdidas totales de 210 millones US\$ en 1983 y 1989, comparadas con las inundaciones de 1985/86 de 112 millones US\$. La influencia microclimática del lago induce a una mayor concentración humana en las regiones circunlacustres, lo que causa una excesiva parcelación de la tierra del medio rural que corresponde a 70% del total.

Además, la mayor parte de la actividad agropecuaria está constituida por la ganadería (bovino, ovino y camélido), cuyo mal manejo se manifiesta en el sobrepastoreo. Sin embargo, existe un potencial nada despreciable, con ventajas comparativas, en la producción ganadera (camélidos) en la zona alta de la cuenca, y cultivos andinos en media y baja de la cuenca (quinua, tubérculos, haba), así como en la pesca lacustre, en el marco de una gran diversificación de actividades.

Por eso, las acciones a ser promovidas deben ser adaptadas a las condiciones imperantes, es decir puntuales, modulares, y apoyadas por un trabajo de capacitación y organización campesina frente a riesgos climáticos. Los ejes del programa de desarrollo se pueden simplificar en: considerar la integralidad del proceso productivo (desde la producción hasta comercialización), reducir los riesgos climáticos (riego, invernaderos), y contrarrestar los efectos de la degradación ambiental mediante el uso del drenaje, el cultivo de pastos mejorados (piso forrajero), la utilización de técnicas conservacionistas (camellones, terrazas, agroforestería).

De manera que, el presente trabajo pretende conocer el comportamiento de los elementos del clima y su influencia en la actividad agrícola, ya que el rendimiento de los cultivos en estos últimos años viene variando con el pasar de los años, así plantear otras especies alternativas para mejorar la producción agrícola.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo General

Evaluar el impacto del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de las series históricas de temperaturas extremas de la cuenca Ramis.
- Analizar el comportamiento de las series históricas de precipitaciones pluviales de la cuenca Ramis.
- Determinar la relación que existe entre las variables climáticas y el rendimiento de los cultivos seleccionados en el periodo de veinte años en la cuenca Ramis.

### 1.4 HIPOTESIS

#### 1.4.1 Hipótesis general

El cambio climático genera un impacto en la agricultura, repercutiendo así en el rendimiento de los cultivos del pan llevar, de la cuenca Ramis, Puno-Perú.

#### 1.4.2 Hipótesis específicas

- El cambio climático genera repercusiones positivas en el comportamiento de las series históricas de la temperatura en la cuenca Ramis en el periodo analizado, con tendencias al incremento.
- El cambio climático genera variabilidades en la actuación de las series históricas de las precipitaciones pluviales en la cuenca Ramis en el periodo de estudio.
- Las variables climáticas tienen relación inversa con el rendimiento de los cultivos seleccionados en el periodo de veinte años en la cuenca Ramis.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 MARCO LEGAL**

##### **2.1.1 Políticas internacionales**

La agencia especializada de la Organización de las Naciones Unidas, creada para profundizar en el conocimiento sobre el fenómeno del calentamiento global en 1988. Este organismo científico emite un informe periódico a partir de la información disponible y los avances de la investigación producidos en todo el mundo, en donde se formó la base científica para la negociación del Convenio Marco de la ONU sobre Cambio Climático, que fue concluido en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992 (IPCC, 1992).

Así mismo, el segundo informe de evaluación fue publicado en 1995, y su conclusión clave fue: "El conjunto de las evidencias sugiere una influencia humana discernible sobre el clima global". Éste fue decisivo en la negociación del Protocolo de Kyoto en diciembre de 1997, el mayor instrumento internacional para enfrentar el calentamiento global (IPCC, 2001b).

Para ilustrar mejor, se enumera las siete políticas internacionales que nuestro país ha ratificado en las tres convenciones de las Naciones Unidas sobre cambio climático:

El Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono; que tiene como objetivo convertirse en el primer instrumento destinado a generar

acciones para la preservación del ozono. El Perú lo firmó el 22 marzo de 1985 y ratificó el 7 de abril de 1989 (ONU, 1990).

El Protocolo de Montreal; relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, se concertó el 16 de setiembre de 1987 y entró en vigor el 1 de enero de 1989 (ONU, 1989).

Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático; el texto de la convención fue aprobado en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York. Los firmantes tienen la meta de “estabilizar la concentración de gases invernadero en la atmósfera a niveles que eviten interferencias antrópicas con el sistema climático” (ONU, 1995).

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB); primer acuerdo mundial enfocado a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Adoptado en Nairobi en 1992, uno de los dos instrumentos ambientales internacionales legalmente vinculantes. Sus temas principales son: Conservación de la biodiversidad, uso sostenible de componentes de la diversidad biológica, participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos (ONU, 1994).

Convención Marco de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (CMNULCD). La convención considera que la degradación ambiental y de suelos ocasiona la pérdida de enormes superficies de cultivos, que repercute en el clima global, la biodiversidad y el equilibrio hídrico global. Su artículo octavo establece su relación con las convenciones de cambio climático y diversidad biológica (ONU, 2003).

Acuerdo internacional: Protocolo de Kyoto; donde uno de sus objetivos es contener las emisiones de los gases que aceleran el calentamiento global (GEI) en un porcentaje aproximado de 5% dentro del periodo que va desde 2008 al 2012, en comparación a las emisiones de 1990. En donde propone tres mecanismos de mitigación: Comercio internacional de emisiones (CIE o CE), implementación conjunta (IC) y mecanismos de desarrollo limpio (MDL) (Bhaktikul, 2012)

Los MDL están destinados a ayudar a los países desarrollados a cumplir sus metas de reducción de emisiones de GEI y apoyar a los países en desarrollo en la transferencia tecnológica y fomentar el desarrollo sostenible. En el Perú el MINAM fue designado autoridad nacional del MDL y al ser un país no parte del Anexo 1, no tiene compromisos de reducción de emisiones.

El Grupo de los Ocho integran los países más ricos del mundo como Alemania, Italia, Francia, Reino Unido, Canadá, Estados Unidos, Japón y Rusia; con cinco países invitados como Brasil, China, India, Sudáfrica y México, quienes trataron justamente el calentamiento global, y durante esta reunión se busca diseñar estrategias para combatir el problema, mediante políticas de fomento al uso de tecnologías limpias para la generación de energía (ONU, 2005).

Además, en el Cumbre de Johannesburgo del 2002 acordaron la implementación nacional de LA AGENDA 21, instrumento de planificación estratégica, donde se propuso una estrategia global que prevenga y mitigue los daños y efectos, causados por el modelo actual de desarrollo, generador de los problemas ambientales y del calentamiento global de la tierra, pretendiendo establecer de forma detallada las acciones a emprender por parte de los gobiernos, organizaciones internacionales y a otros niveles, con el fin de integrar el medio ambiente y desarrollo en el horizonte del S. XXI. En él se abordan las cuestiones horizontales de más envergadura. El plazo concedido a todos los países del mundo para implementar el plan "Agenda 21" y el "Protocolo de Kioto" es hasta el año 2012 (ONU, 2002).

Así mismo, la Convención del Pacto de San José, es parte de la preocupación mundial por reducir los niveles de gases de efecto invernadero ante el fenómeno climático denominado "calentamiento global", ha sido enfocada por Costa Rica como una importante oportunidad de cooperación internacional entre los países industrializados que requieren el servicio de eliminación del carbono atmosférico y los países con capacidad de producir oxígeno a través de los bosques.

## **2.1.2 Políticas nacionales**

La Constitución Política del Estado Peruano del año 1993 en su capítulo II, del ambiente y los recursos naturales en sus Artículos 66, 67, 68 y 69 indican: Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal. Según el Artículo 68, el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales. El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas, (CPEP, 1993).

Así mismo, en el código del medio ambiente y recursos naturales (1991); introduce una modificación significativa en el proceso de toma de decisiones públicas y privadas y propone políticas preventivas para la protección ambiental. Establece como ejes cuatro temas: Participación ciudadana; obligación de información sobre el estado del medio ambiente; estudios de impacto ambiental; derecho a la acción judicial sin demostrar interés directo, (CRP, 1991).

Más aún, la Ley orgánica de gobiernos regionales N° 27867, establece de manera explícita en su artículo 53, literal c), como función de los gobiernos regionales "formular, coordinar, conducir y supervisar la aplicación de las estrategias regionales respecto a la diversidad biológica y sobre cambio climático, dentro del marco de las estrategias nacionales respectivas" (CRP, 2002).

Por otra parte, la Ley del sistema de gestión ambiental N° 28245, establece que el CONAM (MINAM) es la institución encargada del diseño y dirección participativa de estrategias nacionales para la implementación progresiva de las obligaciones derivadas del CMNUCC, coordinar la elaboración periódica de los informes nacionales sobre la materia y presidir la comunicación nacional de cambio climático, (CRP, 2004).

No sólo, la Ley general del ambiente N° 28611, establece la implementación de un sistema nacional de gestión ambiental en forma

conjunta con las comisiones ambientales regionales y la autoridad ambiental nacional (MINAM), promueve “bonos de descontaminación u otros mecanismos alternativos a fin de que las industrias y proyectos puedan acceder a fondos creados al amparo del Protocolo de Kyoto”, sino también obliga al Estado a inspeccionar de forma regular a las personas o empresas “que generen impactos ambientales significativos”. Es pues, tarea del Estado vigilar el cumplimiento de las normas ambientales y sancionar a los infractores, (CRP, 2005).

A su vez, la Comisión nacional de cambio climático CONAM(MINAM), establecida por resolución suprema 359-RE, grupo técnico nacional creado en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA), presidido por el CONAM (hoy en día por el MINAM). Tiene como objetivo el seguimiento de la CMNUCC. Está conformada por las siguientes instituciones: FONAM, IMARPE, PCM, CONCYTEC, Ministerio de Relaciones Exteriores, CONFIEP, INRENA, MEF, MTC, MEM, SENAMHI, Produce y representantes de ONG, (CRP, 1993).

Al mismo tiempo, MINAM (CONAM) como Estrategia nacional de cambio climático, aprobada mediante decreto supremo N°086-2003-PCM, con los objetivos de reducir los impactos del cambio climático mediante evaluaciones integradas de vulnerabilidad y adaptación en zonas vulnerables o sectores donde se aplicarán los programas de adaptación, controlar las emisiones de contaminantes locales y GEI mediante programas de energías renovables y eficiencia energética de sectores productivos. Este decreto es de cumplimiento obligatorio y debe ser incluida en las políticas, planes y programas sectoriales y regionales (PCM, 2003).

Así mismo, el reglamento de la ley aprobado por decreto supremo N° 068-2001-PCM, considera la diversidad biológica como una estrategia de adaptación al cambio climático (PCM, 2001).

De igual modo, la Ley de eficiencia energética; aprobada por decreto supremo N° 053-2007-MEM, declara de interés nacional la promoción del uso eficiente de energía (UEE) para asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional

y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de energía. Se encuentra relacionado al uso de energías alternativas como estrategia de mitigación del cambio climático (MEM, 2007).

Es decir, el grupo de trabajo técnico de seguridad alimentaria y cambio climático (GTTSACC); constituido mediante resolución ministerial N° 0647-2008-AG, tiene como objetivos proponer la visión sectorial del cambio climático en los sistemas productivos agrarios del país y recomendar medidas que orienten procesos y acciones institucionales y la articulación intersectorial para la adaptación al cambio climático mediante la reducción de la vulnerabilidad del agro, con la finalidad de contribuir con la seguridad agroalimentaria del Perú (MINAG, 2008).

### **2.1.3 Políticas regionales**

El grupo técnico regional de cambio climático y diversidad biológica (GTRCCDB). Creado mediante decreto regional N° 001-2008-GRC, su labor principal es formular propuestas y estrategias regionales a favor de la preservación de la biodiversidad regional y la lucha contra el cambio climático. El trabajo se realiza con la colaboración de quince instituciones. (GRC, 2008).

Además, el Decreto regional N° 014-2005/GRP-PR, que aprueba, oficializa y promueve el uso público y privado de los estudios realizados de vulnerabilidad y adaptación de la cuenca del río Piura (CONAM-PROCLIM, 2005) y encarga la elaboración de propuestas específicas de adaptación e implementación de las mismas como parte de los proceso de planificación concertada del desarrollo regional, (GRP, 2005).

También, el grupo técnico regional de cambio climático de Cajamarca aprobado por ordenanza regional N° 001-2003-CR/RC. Quien tiene como objetivo elaborar una propuesta de estrategia regional de cambio climático a través de un proceso participativo regional, (GRC, 2003).

Así mismos, el Grupo técnico regional de cambio climático, vulnerabilidad y adaptación de Junín; creado mediante resolución ejecutiva regional N° 244-2005-GRJ/PR, cuya misión es elaborar, de modo

participativo y concertado, propuestas de política y estrategia regional de cambio climático, así como el desarrollo de medidas específicas de prevención y adaptación al cambio climático en la región (GRJ, 2005).

Además los Gobiernos Regionales de Loreto, Tacna, Piura y Moquegua; tienen planes regionales agrarios; que contemplan como amenaza a los cambios climáticos perjudiciales, la deforestación y el calentamiento de la Tierra que generan cambios en el régimen climático de la Amazonía lo que ocasiona inundaciones, trayendo consecuencias negativas a los agricultores.

## 2.2 ANTECEDENTES

El cambio climático es evidentemente uno de los temas actuales más relevantes de la agenda mundial, que atraviesa la economía, el comercio y las decisiones políticas, pues puede afectar el desarrollo de los países y tener grandes impactos en los países tropicales de América Latina y la región andina está entre los más afectados por las consecuencias del cambio climático.

Así mismo, Vargas (2009), "evidencia que el calentamiento del sistema climático es una realidad y de no adoptar una política ambiental internacional rígida frente a este tema, se habría más inminente avanzar hacia escenarios extremos de más de 5°C de aumentos de temperatura para fin de siglo; lo que significaría pérdidas de hasta 20% de PBI mundial. Los impactos del cambio climático se distribuyen de manera heterogénea entre los países, siendo los menos afectados aquellos países con mayor participación en la acumulación de GEI, como China y USA. Entre las regiones más afectadas se encuentran las que tienen sistemas productivos más sensibles al clima como África, el Sur y el Sur-Este de Asia y América Latina.

Por otra parte, para el caso peruano se estima, basándose en el marco teórico propuesto por Dell, *et al* (2008), que un aumento de 2°C en la temperatura máxima y 20% de la variabilidad de las precipitaciones al 2050, generaría una pérdida del 6% respecto al PBI potencial en el año 2030, mientras que en el año 2050 estas pérdidas serían superiores al 20%;

reduciéndose estas pérdidas a menos de la tercera parte en caso se adopten políticas globales que establecen las variables climáticas al 2030.

Según Senamhi (2008), las tendencias climáticas observadas de largo plazo en los andes peruanos la precipitación total anual y estacional presentan características regionales, y los factores locales condicionan comportamientos diferenciados con o sin dependencia de las variaciones interanuales asociadas a El Niño o La Niña. Así las tendencias observadas muestran aumentos sistemáticos en la lluvia de la vertiente occidental de la sierra, así como reducciones en parte de la vertiente oriental de la sierra sur y central (Arana, García, & Aparicio, 2007; Ascough *et al.*, 2008; Ashmore, 2003).

Más aún, las evaluaciones de los extremos climáticos de precipitación establecen que la región de la sierra central como un área homogénea con una clara tendencia a una disminución de eventos extremos de lluvia, mientras que la sierra norte se detecta un incremento de días extremadamente lluviosos. Además, se observa una disminución de los días fríos principalmente en la sierra sur y aumento de los días cálidos en toda la sierra. Se detecta un patrón de calentamiento en las partes altas, más intenso en relación a la parte baja y media de la vertiente occidental central (cuenca del río Santa), con tendencias de hasta +0.07 °C por año (Ascough *et al.*, 2008; Blenkinsop & Fowler, 2007).

También, la evaluación de escenarios de cambio climático para Sudamérica se hicieron con los modelos globales acoplados, usados en el Cuarto Informe Científico del Panel Internacional de Cambio Climático-IPCC-AR4 (Anwar *et al.*, 2007; Roldán, Salazar & González, 2002, Boulanger *et al.* 2006a,b, Marengo *et al.* 2008, Li *et al.* 2006, Salazar *et al.*, 2007, Vera *et al.*, 2006, entre otros), muestran que son capaces de reproducir las características básicas del ciclo estacional de la precipitación del presente, sin embargo hay algunas discrepancias en los modelos en reproducir cuantitativamente la exactitud estacional de la precipitación sobre las principales cuencas del continente.

Así mismo, sobre los Andes la baja resolución de la orografía parece afectar la intensidad y la ubicación de la precipitación. Las diferencias de los resultados de los modelos globales exigieron análisis más rigurosos de estos. Después de analizar y comparar 5 modelos globales del IPCC AR4 (CCCMA, GFDL, MIROC, GISS y HadCM3), encuentra que el modelo HadCM3 simula mejor el patrón de circulación de verano y primavera, próximo a lo observado, en relación a los otros modelos analizados (Sanabria, Marengo, & Velarde, 2010).

Puesto que, para Sanabria *et. al.* (2007), el altiplano peruano es considerado una de las zonas más sensibles y perturbadas por la variabilidad climática con implicancias en las actividades del sector agropecuario, hidroeléctrico, minero, etc. En el futuro por el posible cambio climático, la vulnerabilidad y las condiciones de vida en general serán afectadas, especialmente la actividad agropecuaria que es el principal sustento de la población. En el futuro 2071-2100, la precipitación proyectada en el escenario A2 mostró incrementos de precipitación de hasta 2mm/día principalmente en la época lluvioso (SON y DEF), y en el escenario B2 similares al patrón actual. Por otro lado, la temperatura proyectada, para los escenarios A2 y B2 muestran incrementos entre 2°C a 4°C, más aun al norte del lago hasta de 6°C.

Además, para Ayala (2000) desde el punto de vista hidrológico “una disminución de la precipitación suele tener una amplificación en términos de aportación y de otro lado, el aumento de temperatura, significa una mayor transpiración biológica de las plantas para mantener su equilibrio interno, y una mayor evaporación directa del suelo, produciendo en aumento del consumo en los regadíos actuales y futuros del agua. Hay otro efecto importante, la variación de las pautas temporales de aportación al disminuir la precipitación y aumentar la temperatura, y el aumento de este coeficiente de variación sugiere una intensificación de los extremos, tanto la sequía como las inundaciones. ... y creciente por el aumento de la temperatura asociado al cambio climático, será progresivamente más problemático tanto por los menores recursos y mayores sequias como por los mayores conflictos con los regantes en esa época del año”.

De ahí que, el cambio climático afectaría los rendimientos y manejo de los cultivos agrícolas. Se estima que al año 2050 la temperatura media aumentaría 1.5°C y al 2100 entre 1.0 y 3.5°C. Además el método Ricardiano explicó el 37.6% de la variación del valor del suelo. Los mayores valores estaban en localidades con temperaturas y precipitaciones moderadas. La temperatura presentó menor relación con el valor del suelo que la precipitación (González & Velasco, 2008).

Dicho lo de anterior, las declaraciones citadas del O'Gorman (2009) a público, en el que explica que los mayores aumentos absolutos de precipitaciones extremas se darán en regiones que ya reciben gran cantidad de lluvia, pero los aumentos relativos de episodios extremos serán similares en todo el mundo, incluso en Europa. Las simulaciones predicen que las precipitaciones torrenciales crecerán un 6% por cada grado que se incremente la temperatura. Hay una probabilidad muy alta de que la temperatura de la superficie terrestre aumente 5,2°C en 2100, aunque el escenario que los expertos creen que se producirá con un 90% de posibilidades es que la temperatura se incremente de 3,5 a 7,4°C.

Igualmente, para Valladares (2003), "las lluvias son un fenómeno complicado porque el comportamiento de la atmósfera varía según las condiciones de presión, viento, humedad, etc. Si se produce un incremento de la temperatura, habrá una mayor frecuencia de eventos extremos, como lluvias torrenciales, precipitaciones fuera de temporada, de generación abrupta. Estos eventos son azarosos".

Dado que, la variabilidad climática puede agravar las enfermedades que resultan de la contaminación del agua. Mientras que las actividades secundarias involucraban procesos menos afectados por las perturbaciones medioambientales. Este análisis sugiere que las diferentes combinaciones de actividades de cultivos y ganadería, en tierras agrícolas, pueden necesitar una reglamentación con objeto de prevenir efectos no deseados en regiones que presentan una vulnerabilidad diferente ante el cambio climático, como por ejemplo las pampas argentinas (IPCC, 2001b).

Así mismo, UNFCCC (2003) en el estudio titulado cuidar el clima concluye que “la temperatura media global en la superficie terrestre se ha incrementado en 0,6°C y en el Ártico 5°C a lo largo del siglo XX. La década de los 90 probablemente haya sido la más cálida del milenio, y 1998 fue el año más cálido desde 1861, año en el que las temperaturas comenzaron a medirse y registrarse de forma sistemática. La superficie cubierta por la nieve ha disminuido un 10% desde finales de los años 60 en latitudes medias y altas del hemisferio norte, de acuerdo con los datos suministrados por los satélites. Además se presentó un retroceso generalizado de los glaciares de montaña en regiones no polares.

Aunque, el Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático, indica que “América Latina presentará cambios en las dinámicas meteorológicas y ecosistémicas, que disminuirán la disponibilidad de agua en las cuencas, en los cuerpos de agua naturales (lagos, lagunas, estuarios, etc.), en aguas subterráneas, embalses, etc., pudiendo desencadenar significativas problemáticas sociales, económicas y culturales” (IPCC, 2001b).

Además, la mayor parte de los escenarios proyectan para el próximo siglo incrementos en la concentración de CO<sub>2</sub>, elevación de las temperaturas y cambios en los registros de precipitación (incrementos en algunos sitios y reducciones en otros), variables que afectarían al sector agropecuario mediante cambios en la producción de cultivos anuales y forrajeras, y modificaciones de las características físico-químicas de los suelos (Traverso, Rodriguez, & Boullón, 2011).

Definitivamente, la agricultura es otro de los sectores productivos que se verá afectado por el cambio climático. Este sector, consume alrededor del 70%, de la extracción mundial de agua dulce en promedio, aunque en algunos países en desarrollo, este volumen puede aumentar hasta el 95%. En cuanto a los efectos del cambio climático, se prevé que aumentará el volumen de agua por hectárea en los cultivos, debido a: disminución de las precipitaciones, el aumento de la evapotranspiración por el incremento en la temperatura y posiblemente de la biomasa vegetal (FAO, 2002).

Más aun, la gran demanda de agua para riego que se avecina y la escasez de agua disponible en cuencas, canales, arroyos, embalses, provocará una caída en la producción mundial de alimentos que podría afectar la seguridad alimentaria de la población y el gran número de personas que dependen de la agricultura y actividades afines, para su subsistencia. Debido a la disminución de los regímenes de precipitaciones, la agricultura de secano será la más afectada, impactando el 87% de la superficie cultivada en ALC. Los efectos serán más significativos en superficies agrícolas de regiones tropicales áridas, semiáridas y secanos (SEMARNAT – PNUMA, 2006).

Así mismo, la Comisión Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre el cambio climático en su informe pone de manifiesto que la temperatura media de la Tierra había aumentado 0,6 grados en el siglo XX. Asimismo este informe prevé que la temperatura media del planeta subirá entre 1,4 y 5,8°C entre 1990 y 2100. Este aumento provocará cambios en el nivel del mar (desde finales de la década de 1960 ha crecido entre 0,1 y 0,2 m y aumentará entre 0,09 y 0,88 m entre 1990 y 2100), disminución de la cubierta de hielo y nieve (desde finales de la década de 1960 ha disminuido un 10%) y aumento de la temperatura media de los océanos (UNO, 2001).

Más aún, la producción agrícola mundial declinaría si el cambio climático es suficientemente severo y si se obstaculiza la expansión de la tierra de cultivo, y que las pérdidas no serían homogéneas entre regiones, mientras que en las zonas de montañas y del ártico se incrementaría la cantidad de tierra cultivable, en las tropicales decrecería la productividad agrícola ante una reducción en la humedad del suelo (Darwin, Tsigas, Lewandrowski, & Raneses, 1999).

Por otro lado, muestran que los mayores efectos recaerán en países en vías de desarrollo, con pérdidas de alrededor del 25%, mientras que para países industrializados la merma estimada es de sólo el 6%. Los daños son también mayores para países cercanos al ecuador y en latitudes bajas en donde las temperaturas tienden a ser más elevadas (Cline, 2007).

Es decir, el incremento de temperatura pronosticado varió entre 1.4 y 5.1°C para el ciclo de crecimiento de los cultivos de invierno, y entre 2.1 y 5.6°C para los cultivos de verano. En ambos casos las técnicas de downscaling (DS) fue el que pronosticó los menores incrementos y modelo de circulación general de la atmósfera (UKMO), más beneficiosas para los cultivos ya que prevén incrementos durante la mayor parte del año. Las precipitaciones mostraron importante variabilidad intraanual y entre modelos. Por el contrario, con GFDL se predicen reducciones de las lluvias a excepción de los meses de septiembre y octubre donde los incrementos beneficiarían a los cultivos de invierno. Por último el DS prevé pequeñas reducciones de las precipitaciones a lo largo del año, especialmente en los meses de verano y otoño (Nuñez & Solman, 1995).

## **2.3 BASE TEÓRICA**

### **2.3.1 Calentamiento global**

El calentamiento global ocurrió desde el año 700 DC hasta el año 1450 DC y precedió a la Pequeña Glaciación de la Edad Media (PGEM), la cual se extendió desde el año 1645 DC hasta el año 1715 DC.

Según IPCC (1992, 2001a) “es el aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas causado por la acumulación de contaminantes en la atmósfera. Estos forman una capa gruesa que atrapa el calor del sol y causa el calentamiento del planeta. Los principales agentes contaminantes son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido por la quema de combustibles fósiles”.

Sin embargo, el incremento de los niveles de dióxido de carbono puede provocar un aumento de la temperatura global, lo que podría originar importantes cambios climáticos con graves implicaciones para la productividad agrícola. Asociados a estos potenciales cambios, habrá grandes alteraciones en los ecosistemas globales. Trabajos científicos sugieren que los rangos de especies arbóreas, podrán variar significativamente como resultado del cambio climático global.

Además, el Consejo de Investigaciones Científicas define el cambio global como el conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra. Se incluyen en este término aquellas actividades que, aunque ejercidas localmente, tienen efectos que trascienden el ámbito local o regional (CIC, 2006).

### **2.3.1.1 Cambio climático**

Para el IPCC (2007) es “un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante el análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana”.

Así mismo, el significado utilizado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (Bhaktikul, 2012), como “un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que viene a sumarse a la variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables”.

A su vez, ANA (2010) indica que el cambio climático resulta expresarse a través de la reducción acelerada de nuestros glaciares tropicales, así como de caudales y niveles de disponibilidad hídrica de ríos, lagos y lagunas; la elevación del nivel del mar y su temperatura, sin dejar de mencionar la mayor frecuencia de eventos extremos, cada vez más destructivos en la sierra y sur del país: inundaciones, huaycos, sequias, y heladas, cuyo impacto social se manifiesta en la ocupación de extensas áreas eriazas que requieren igualmente agua y servicios...; e ir tomando conciencia de lo significativo que resulta valorarla no sólo económica, sino social y ambientalmente el agua, siendo este un recurso natural esencial para la vida humana, lo es para los pobres, caracterizados en el mundo por problemas de acceso.

Además, desde el punto de vista de la climatología, el cambio climático implicaría el paso de un estado climático a otro, y podría definirse, por la existencia de una modificación relevante en alguno de sus valores, como podría ser, por ejemplo, la media de un parámetro, su variabilidad o ambas simultáneamente, y que tendrían gran permanencia en el tiempo.

Igualmente para Cigarán (2004), es cuando la variación en alguno de los componentes del sistema es lo suficientemente importante como para alterar su equilibrio, dando lugar a un equilibrio nuevo tras un período de transición entre ambos. Ello supone que la “anomalía” en un componente ha sido lo suficientemente importante como para rebasar el umbral de estabilidad del sistema; esta anomalía influye a su vez en otro componente del sistema, que su vez repercute en otro, y así sucesivamente, en consecuencia el sistema no tiene ya una dinámica propia de un sistema estacionario, sino de un sistema que cambia, que experimenta una tendencia clara hacia otra situación, pudiendo llegar a alcanzar un nuevo equilibrio en un momento dado.

Conviene subrayar que, en las últimas décadas, el tema del cambio climático ha adquirido gran relevancia a nivel mundial llegando a posicionarse como una de las prioridades de la agenda internacional, nacional, regional y local (Crane *et al.*, 2011), debido a las predicciones catastróficas para el planeta previsto por la comunidad de científicos (Vargas, 2009). Los cambios en los patrones actuales de la temperatura podrían ocasionar grandes efectos en el incremento de la temperatura ambiental, efecto del cambio climático, además en latitudes subtropicales se prevé una disminución de las precipitaciones pluviales (IPCC, 2001b, 2007; Thomson *et al.*, 2006; Wei *et al.*, 2009).

De ahí que, la CMNUCC definió oficialmente al cambio climático como *“un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”* (CMNUCC, 1999). Dicha definición implica no sólo la

causa humana del problema, sino también que sus efectos se sienten en periodos relativamente cortos de tiempo. En términos coloquiales, la definición señala que el clima es cada vez más variable, con todas las implicaciones que eso tiene para las actividades socioeconómicas y los ecosistemas: agricultura, manejo de recursos hídricos, evolución de ecosistemas, entre otros.

### **2.3.1.2 Variabilidad climática**

El IPCC (2007) considera variabilidad climática o variabilidad del clima “a aquellas variaciones en las condiciones climáticas medias y otras estadísticas del clima como desviaciones típicas, fenómenos extremos, etc. en todas las escalas temporales y espaciales que se extienden más allá de la escala de un fenómeno meteorológico en particular. La variabilidad puede deberse a procesos naturales internos que ocurren dentro del sistema climático (variabilidad interna) o variaciones en el forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa)”.

Así mismos, la variabilidad climática (natural y cambio climático) se manifiesta en dos formas: como cambios en los valores promedio (tendencia) y como cambios en las varianzas y en los eventos extremos. En el largo plazo, los cambios de tendencia llevan a cambios globales con profundos impactos en la distribución de los “climas” en la Tierra, y en consecuencia en los ecosistemas y en todas las actividades socio-económicas, pero en el corto plazo, los mayores impactos se hacen sentir a través de los eventos extremos: inundaciones, sequías, olas de calor o frío (WMO, 2003).

En consecuencia, queda establecido a aquellos cambios de gran magnitud (de 6 a 10°C más elevados o inferiores a los actuales) a gran escala temporal y espacial (con una duración de al menos miles de años y a nivel planetario o hemisférico), donde el cambio es la norma y no la excepción (Bruniard, 1999), mientras que entendemos por: Oscilación climática, aquellas variaciones que abarcan una escala temporal de varias décadas a siglos y milenios; variación climática, cuando las fluctuaciones son lo suficientemente largas como para influir en una media de 30 años;

y fluctuación climática, las diferencias de corto período de duración (por ejemplo estacional, interanual, decenal).

La variabilidad climática puede presentar variaciones o fluctuaciones periódicas que son similares en su naturaleza, al ciclo diario o anual, pero en este caso es un ciclo que tiende a durar de 10 a 100 años de longitud.

### **2.3.2 Clima**

Para Miller (1982) “los dos factores más importantes que determinan el clima de un área son su temperatura con sus variaciones estacionales, y cantidad y distribución de la precipitación durante cada año. A su vez, las variaciones de estos factores causadas en la forma inconstante en que la luz del sol calienta el planeta, el comportamiento del aire a diferentes temperaturas, la rotación de la tierra sobre su eje inclinado, las corrientes oceánicas, la composición química de la atmosfera y la troposfera”.

Así mismo, para Cuadrat *et. al.* (2008), es “la generalización estadística de su comportamiento atmosférico, considerado éste como estable o estacionario, aunque enormemente variable en el tiempo”. Este sistema con su funcionamiento, genera como resultado el mosaico climático mundial, que es estable, lo que a su vez se traduce en el hecho de que el sistema es un sistema en equilibrio, pero a su vez es variable “dado que el equilibrio del sistema no es un equilibrio estático sino dinámico”. El clima de un lugar determinado se puede definir como el valor medio de las variables meteorológicas durante un periodo determinado (30 años es el tiempo fijado por la Organización Meteorológica Mundial).

El clima “es la respuesta del sistema tierra-atmosfera al estímulo exterior de la radiación solar incidente, es decir, el resultado del balance energético entre la radiación solar absorbida por el sistema y la manera como esta energía se distribuye entre continentes, océanos y atmosfera” (Puigcerver, 1991).

Además, (Smith, 1997) es definido como el “patrón medio del tiempo a largo plazo” o como “el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un periodo largo de tiempo (Ashmore, 2003), en el caso del Perú está modelado por cinco factores principales: la cordillera de los Andes, la célula anticiclónica del Pacífico sur, la corriente oceánica ecuatorial o de El Niño, la corriente oceánica peruana y el anticiclón del Atlántico sur (Mendiola, 2003). De todos ellos la primera es especialmente determinante. La presencia de tantos microclimas hace difícil hablar de un clima para todo el Perú. Se trata de muchos microclimas que se expresan en las zonas de vida de las 114 reconocidas a nivel mundial y 28 de los 34 climas reconocidos para el planeta Tierra (CAN, 2008).

Así mismo, en este escenario es de esperar que el cambio climático en el Perú se exprese de forma diferenciada. Hay zonas en las que las temperaturas y precipitaciones aumentan, otras en las que disminuyen, zonas beneficiadas y zonas perjudicadas en las que vemos la imposibilidad de hablar de un efecto central del cambio climático (Senamhi, 1999).

### **2.3.2.1 Elementos climáticos**

Para Miller (1982) el clima de un lugar determinado se define por cierto número de elementos o partes componentes, tales como temperatura, humedad del aire, lluvia, velocidad y dirección de viento, nubosidad y, duración de la exposición al sol y otros de menor importancia. Estos *elementos* son resultantes de la acción recíproca de diversos factores o causas determinantes, como por ejemplo, la latitud, altitud, velocidad del viento, distancia al mar, relieve, naturaleza del suelo, vegetación, etc. Y la duración del día contribuye a determinar la temperatura, pero el tiempo de exposición a la luz solar es un elemento de gran importancia en la vida animal y vegetal.

#### **2.3.2.1.1 Temperatura**

Para Guevara (2004), la temperatura ocurre como unas consecuencias directas de la insolación y de la radiación, su

determinación es fundamental para el cálculo de la evaporación. La temperatura media diaria, normalmente se toma como el promedio de dos observaciones instantáneas: máxima y mínima. Esta información se usa para estudios de acondicionamiento térmico de ambientes, tomando como temperatura de referencia un valor de 18°C.

Así mismo, según Sans–De Pablo (1999) “la temperatura del aire disminuye con la distancia, de tal manera que en una atmósfera normal hay una disminución de 0.64°C cada 100 metros en la zona más próxima a la superficie de la tierra, llamada trонера; por encima de ella la temperatura disminuye más rápidamente. Este sería el **gradiente térmico normal**, pero bajo determinadas condiciones orográficas y climatológicas este gradiente puede alterarse de tal manera que a una determinada altura la temperatura del aire es superior a la de una altura inferior”, este es el elemento más importante que limita el tipo del clima de una región determinada.

#### **2.3.2.1.2 Precipitación**

Según Mejía (2001) “es una variable hidrológica que manifiesta más claramente su carácter aleatorio, variando más drásticamente en el tiempo (variación temporal) y en el espacio (variación espacial). Es común que, en un determinado periodo de tiempo, mientras que en una zona ocurre una lluvia, en otra zona próxima no hay precipitación ninguna. La forma más común y la que mayor interés tienen en la ingeniería, es la lluvia que viene a ser la causa de los más importantes fenómenos hidrológicos, su cuantificación correcta es uno de los desafíos que el hidrólogo o el ingeniero enfrentan”.

Así mismo, “es toda forma de agua cuyo origen está en las nubes, y cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo, garúa o nieve. En hidrología el tipo de precipitación de mayor importancia es la lluvia, por lo cual es la variable de entrada más significativa en el sistema hidrológico” (Vásquez & Chang, 1992).

Además, para Molina (1982) es toda forma de humedad que originándose en las nubes llega hasta la superficie del suelo. De

acuerdo a esta definición, la lluvia, las granizadas, las garúas, las nevadas constituyen, variantes de un mismo fenómeno, a saber la precipitación.

Por otra parte, Villón (2002) se clasifica en: convección, orográfica y ciclónica. **Convección**, se produce una abundante evaporación a partir de la superficie de agua en tiempo caluroso, formando grandes masas de vapor de agua, que por estar más calientes, se elevan sufriendo un enfriamiento de acuerdo a la adiabática seca o húmeda. En el curso de su ascenso, se enfrían según el gradiente adiabático seco ( $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ), o saturado ( $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ). Generalmente viene acompañado de rayos y truenos.

Además, las **orográficas** se produce cuando el vapor de agua se forma sobre la superficie de agua es empujada por el viento hacia las montañas, aquí las nubes siguen por las laderas de las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la consiguiente precipitación; las **ciclónicas** se producen cuando hay encuentro de masas de aire, con diferentes temperaturas y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a las partes más altas, donde pueden producirse la condensación y precipitación (Villón, 2002).

Puesto que, la interacción de los factores climáticos, topográficos, de suelo y vegetación hace que la precipitación y sus componentes experimenten una variación en el tiempo y en el espacio. Por regla general, la precipitación aumenta con la altura hasta un cierto límite denominado óptimo pluvial, a partir del cual, decrece. Este fenómeno se aprecia en la zona de los Andes (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

#### **2.3.2.1.3 Humedad relativa**

Según Echarri (2003) “es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenido realmente en el aire estudiado (humedad absoluta) y el que podría llegar a contener si estuviera saturado (humedad de saturación)”. O sea es el vapor de agua que contiene el aire.

También, para Chow, Maidment, & Mays (1994), es la relación entre la presión de vapor real y su valor de saturación a una temperatura de aire dada. La temperatura a la cual el aire se satura para una humedad específica dada es la temperatura del punto de rocío. En todo caso el aire siempre contiene algo de humedad, de ello resulta que el concepto de aire seco es una abstracción, siempre aparece mezclado con una proporción variable de vapor de agua. La cantidad de vapor de agua presente en el aire húmedo puede expresarse según una serie de índices higrométricos.

#### **2.3.2.1.4 Radiación solar**

Para Mejía (2001) es "la cantidad de energía solar que alcanza la tierra, por unidad de superficie, en el límite de la atmosfera es de aproximadamente a  $2 \text{ cal/min./cm}^2$  ( $1.39 \text{ kW/m}^2$ ) es denominada constante solar. De eso solo entre  $0.1$  y  $0.2 \text{ kW/m}^2$  alcanzan la superficie del suelo; sin embargo, es suficiente para evaporar una lámina de agua entre  $1.30$  y  $2.60 \text{ mm}$  de altura".

#### **2.3.2.1.5 Viento**

Según Aparicio (2006) el viento es aire en movimiento. Además es un factor importante del ciclo hidrológico porque influye en el transporte del calor, de la humedad y en el proceso de la evaporación (Chereque, 1998).

Además, para Guevara (2004), el viento se origina por las diferencias de presión y temperatura y se manifiesta como el movimiento de las masas de aire. Es un factor muy importante que se relaciona con otros parámetros hidrometeorológicos, tal como la evaporación, la precipitación y los fenómenos de difusión del vapor de agua, del calor y elementos contaminantes. Y las características fundamentales del viento son: dirección, velocidad o intensidad y perfil de distribución de velocidades.

Así mismo, según Salas (1978), cuando hay evaporación, se incrementa la humedad, hasta que la masa de aire circundante se

sature. El viento ayuda a remover el aire saturado, permitiendo que continúe el proceso de evaporación. La velocidad del viento incrementa la evaporación hasta un valor crítico, más allá del cual el viento deja de influir. Esta velocidad límite del viento es función del tamaño de la superficie del agua. Para grandes cuerpos de agua, se necesitan velocidades del viento muy altas para crear tasas máximas de evaporación.

#### **2.3.2.1.6 Evaporación**

Para Villón (2002), es el paso del agua del estado líquido al estado gaseoso; sin embargo hay otra evaporación provocada por la actividad de las plantas, el cual recibe el nombre de transpiración. Dentro de los factores meteorológicos que afectan a la evaporación, se tiene a: radiación solar, temperatura del aire, presión del vapor, viento y presión atmosférica, y varía con la latitud, época del año, hora del día y condición de nubosidad.

#### **2.3.2.2 Factores climáticos**

Para la ANA (2012) los principales factores modificadores del clima peruano son: La Cordillera de los Andes, Anticiclón del Pacífico Sur, Corriente Oceánica Peruana, Contracorriente Ecuatorial Oceánica o del Niño, así como el Ciclón Ecuatorial y el Anticiclón Polar Marítimo o del Atlántico Sur. Debido a las múltiples variaciones de la dinámica climática en el espacio geográfico, hasta el presente no existe una clasificación del clima que considere a todas sus condicionantes y que permita integrarlos cartográficamente.

##### **2.3.2.2.1 Altitud**

Se relaciona con la altura de un lugar de la Tierra en relación con el nivel del mar. La temperatura del aire disminuye con la altitud, esto se explica al estudiar las propiedades físicas del aire: las moléculas de aire que se encuentran bajo presión, chocan unas contra otras, aumentando así la temperatura. Cuando el aire cálido asciende, la presión sobre él disminuye. El aire se expande, entonces se reduce el número de colisiones y el aire se enfría. Este proceso se denomina

enfriamiento adiabático. El aire húmedo se enfría más lentamente. La tasa de cambio de la temperatura con la altitud se denomina gradiente adiabático (Akpalu *et al.*, 2008).

#### **2.3.2.2.2 Latitud**

En las cercanías del Ecuador, los rayos del Sol son casi perpendiculares a la superficie terrestre y este sector recibe más energía por unidad de área que las regiones al norte y al sur, mientras que las regiones polares reciben el mínimo. Además, dado que la Tierra, que está inclinada sobre su eje, rota una vez cada 24 horas y completa una órbita alrededor del Sol más o menos cada 365 días, el ángulo de incidencia de la radiación y, por tanto, la cantidad de energía que alcanza en diferentes partes de la superficie cambia hora tras hora y estación tras estación.

#### **2.3.2.2.3 Relieve**

Es un factor superficial que actúa, preferentemente, sobre las temperaturas y las precipitaciones. Un claro ejemplo es la acción de las cordilleras en las condiciones climáticas de un determinado sector. Cuando una masa de aire encuentra una montaña, asciende y se enfría, se satura y libera gran parte de su humedad sobre la ladera de barlovento. Cuando el aire frío y seco desciende de nuevo por la parte de sotavento, se calienta y absorbe humedad. Como resultado, la ladera de barlovento de una montaña suele presentar una vegetación densa y vigorosa, así como un mayor número de otras especies, que la ladera de sotavento, en la que aparecen algunas zonas áridas o secas, con condiciones incluso similares a los desiertos. Este fenómeno se denomina sombra de lluvia (Akpalu *et al.*, 2008).

#### **2.3.2.2.4 Distancia de la tierra con el mar**

La acción modificadora del océano sobre las zonas climáticas también es un factor determinante para entender las condiciones de temperatura y precipitaciones de un sector. El océano mantiene por un tiempo la temperatura que recibe de los rayos solares, lo que permite que las zonas que están cerca de él tengan temperaturas menos

variables. Por ejemplo, en la playa las temperaturas del día y la noche, en invierno y verano, no tienen grandes variaciones, como sí las tiene una ciudad en la misma latitud, pero alejada del mar (Akpalu *et al.*, 2008).

#### **2.3.2.2.5 Corrientes marinas**

Corresponden a una de las tres formas de movimiento permanente que poseen las aguas de los océanos (las otras dos son las olas y las mareas) y que influye directamente en las condiciones climáticas. Por la acción del viento, grandes masas de aguas superficiales viajan desde el Ecuador, transmitiendo su calor hacia las latitudes más altas y modificando, principalmente, las condiciones climáticas de las regiones costeras (Akpalu *et al.*, 2008).

#### **2.3.3 Tendencias mundiales y proyecciones del impacto de cambio climático en agricultura**

El clima ha estado cambiando en las tres últimas décadas, y seguirá cambiando, independientemente de cualquier estrategia de mitigación. La agricultura es una actividad dependiente del clima y por lo tanto, es muy sensible a los cambios climáticos y a la variabilidad del clima (Ramirez-Villegas *et al.*, 2010), principalmente de secano, es un sector económico importante y la más vulnerable al cambio climático (Roudier *et al.*, 2011). El cambio climático puede afectar a la agricultura en diversas formas, por ejemplo tiende a reducir el rendimiento, debido a que se acelera el proceso de las cosechas, con lo cual se reduce la producción de granos (Cline, 2007).

Adger (2006) que resume el proceso de investigación en la vulnerabilidad, y para Al-Bakri *et al.* (2011), la agricultura de secano es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático cada vez más, disminuyendo en algunas regiones la producción de cultivos (Alcamo *et al.*, 2007), donde los ingresos de los productores está en mayor reducción y los impactos del cambio climático varía a lo largo del periodo de proyección de 100 años (Alig *et al.*, 2002). Hahn *et al.* (2009), utiliza el índice de vulnerabilidad de los medios de vida para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático de cultivos en algunas regiones de Mozambique.

La mayoría de los estudios que abordan la vulnerabilidad de la agricultura al cambio climático sólo se han centrado en los impactos potenciales (Reidsma, Ewert, Lansink, & Leemans, 2010), y estos estudios en el Perú comenzó reciente, centrándose en áreas tales como los ecosistemas naturales, la producción agrícola (cultivos), y los recursos hídricos (K. Li, Cao, & Yu, 2005; Pan, 2008; Tang, Ma, & Wu, 2010; Yin & Wang, 2004). En los últimos años, muchos académicos han hecho varios trabajos en la clasificación de conocimiento de la vulnerabilidad y efectos. Por ejemplo, Fang *et al.* (2009) hizo una revisión exhaustiva de los avances de investigación de la vulnerabilidad al cambio climático en el extranjero, y en caso del altiplano peruano no se ha realizado.

El clima mundial ha cambiado desde la época preindustrial, donde la temperatura se ha incrementado en un 0.3 a 0.6°C (Chakraborty *et al.*, 2000), mientras que el panel intergubernamental sobre el cambio climático predice con el actual escenario de emisiones, la temperatura media mundial podría aumentar entre 0.9 y 3.5°C para el año 2100, hay sin embargo, muchas incertidumbres que influyen en estas predicciones (Chakraborty *et al.*, 2000; González & Velasco, 2008; IPCC, 2007) del cambio climático en la frecuencia y severidad de los fenómenos meteorológicos extremos como tormentas de granizo y las subsiguientes pérdidas económicas (Botzen *et al.*, 2010; Olesen & Bindi, 2002), por lo que Chang (2002) determinó impacto potencial del cambio climático en el rendimiento del sector agrícola mediante el modelo de precios endógenos bajo diferentes escenarios de cambio climático.

El aumento de temperatura ha provocado un cambio temporal en los patrones de crecimiento de las plantas y la evaporación del agua de riego (X. Li, Takahashi, Suzuki, & Kaiser, 2011), ya que las futuras necesidades de riego regional y mundial de agua se calcula como una función tanto de las tierras de regadío proyectada y el cambio climático (Fischer, Tubiello, van Velthuisen, & Wiberg, 2007; Fleischer, Lichtman, & Mendelsohn, 2008), porque las temperaturas se elevaran aún más en las latitudes tropicales y semi-tropicales y regiones con escasez de agua se enfrentan a condiciones más secas aun (Huang, von Lampe, & van Tongeren, 2011). Las variables que explican una proporción significativa de la varianza de rendimiento son el agua del cultivo (suma de la precipitación y riego) y la temperatura durante el periodo de

crecimiento (Iglesias, Rosenzweig, & Pereira, 2000), donde en los periodos de disponibilidad de reducida cantidad de agua mitiga los impactos del cambio climático (Jiang & Grafton, 2012; D. A. Jones & Hassan, 1991), entonces el componente de temperatura de calentamiento global es mucho más importante que la precipitación (Kabubo-Mariara & Karanja, 2007) ya que ésta genera evaporación del suelo y transpiración de las plantas, por lo tanto, el periodo de crecimiento del cultivo puede acortarse en el futuro en la productividad (Kang, Khan, & Ma, 2009), y el clima tiene evidentes efectos directos sobre la producción agrícola, más pronunciada en los países en desarrollo, donde la productividad agrícola sigue siendo baja, la pobreza, la vulnerabilidad y escasez de alimentos es alto (Lybbert & Sumner, 2012; Mestre-Sanchís & Feijóo-Bello, 2009).

#### **2.3.4 Tratamiento de datos hidrometeorológicos**

##### **2.3.4.1 Análisis de consistencia**

Según Aliaga (1983) el análisis de consistencia es una técnica que permite detectar, corregir y eliminar errores sistemáticos y aleatorios que se presentan en series hidrometeorológicas, la serie analizada debe ser homogénea, consistente y confiable, la no homogeneidad e inconsistencia en series hidrológicas, son causadas por errores aleatorios y sistemáticos. Estas pueden producir errores significativos en todos los análisis futuros y se obtendría resultados altamente sesgados, para el cual es muy importante realizar este análisis. Presentando en la serie histórica saltos y/o tendencias.

Antes de realizar el modelamiento matemático de cualquier serie hidrológica es necesario efectuar el análisis de consistencia, con el fin de obtener una serie homogénea, consistente y confiable.

Los saltos "Jump" llamados también resbalamientos, son componentes determinísticas transitorias que se manifiestan en forma de cambios bruscos haciendo posibles que en la serie se presentan periodos de distinto comportamiento. El análisis de los saltos generalmente se realiza en la media, desviación estándar (Aliaga, 1983).

Las tendencias son componentes determinísticas y se define como un cambio sistemático y continuo sobre una serie de información hidrometeorológica. Para el análisis de consistencia, generalmente se realiza en la media y desviación estándar. Las tendencias pueden ser lineales y no lineales, ascendentes y descendentes en una serie hidrometeorológica (Aliaga, 1983).

Chávez (1998) indica que la disponibilidad de información suficiente y apropiada, o la falta de ella, determinan el método más adecuado que se debe utilizar para el análisis de régimen y magnitudes de los caudales. Conviene tomar en cuenta las siguientes: Series estadísticas de aforos sistemáticamente hechas, que es la mejor fuente de información, cuanto más extensa y mayor corrección de las observaciones, mayor será la probabilidad de una ajustada aproximación. En el modelamiento, es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente...(Villon, 2002)

El análisis de consistencia de la información meteorológica, se realiza mediante los siguientes procesos: Análisis visual gráfico, análisis de doble masa y análisis estadístico tradicionalmente, pero hay software que realiza dicho trabajo (hydraccess).

#### **2.3.4.1.1 Análisis visual gráfico**

A fin de detectar posibles datos inconsistentes en la serie histórica, se procede al análisis visual de histogramas de la información, que consiste en lo siguiente: En coordenadas cartesianas se plotea la información hidrológica histórica, ubicándose en las coordenadas, los valores de la serie y en las abscisas el tiempo (años, meses, días, etc.). De la apreciación visual de estos gráficos se deduce si la información es aceptable o dudosa, considerándose como información dudosa o de poco valor para el estudio, aquella que muestra en forma evidente valores constantes en períodos en los cuales físicamente no es posible, debido a la característica aleatoria de los datos (Villon, 2002).

### 2.3.4.1.2 Análisis de doble masa

El análisis de doble masa o doble acumulaciones, es una herramienta muy conocida y utilizada en la detección de inconsistencias en los datos hidrológicos múltiples, cuando se disponen de dos o más series de datos. Un quiebre de la recta de doble masa o un cambio de pendiente, puede o no ser significativo, ya que si dicho cambio está dentro de los límites de confianza de la variación de la recta para un nivel de probabilidades dado, entonces el salto no es significativo, el mismo que se comprobará mediante un análisis estadístico (Aliaga, 1983).

### 2.3.4.1.3 Análisis estadístico

Después de obtener de los gráficos contruidos para el análisis visual y de los de doble masa, los periodos de posible corrección, y los periodos de datos que se mantendrán con sus valores originales se procede al análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar (Aliaga, 1983).

Es decir, el análisis estadístico de consistencia de medias consiste en probar, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los valores medios ( $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ ) de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con un 5% del nivel de significancia (Villon, 2002). El valor crítico de t se obtiene de la tabla t de Student, con una probabilidad al 95%, o con un nivel de significación del 5%, es decir con  $\frac{\alpha}{2} = 0.025$  y con grados de libertad  $v = n_1 + n_2 - 2$ . Posteriormente se comparan el  $t_c$  con el  $t_t$ :

- Si  $|t_c| \leq t_t$  (95%)  $\rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$  (Son iguales estadísticamente)

En este caso, siendo las medias  $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$  estadísticamente, no se debe realizar procesos de corrección.

- Si  $|t_c| > t_t$  (95%)  $\rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$  (Son diferentes estadísticamente)

En este caso, siendo las medias  $\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$  estadísticamente, se debe corregir la información.

El análisis estadístico de consistencia de la desviación estándar consiste en probar, mediante la prueba F, si los valores de las

desviaciones estándar de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes, con un 95% de probabilidad o con un 5% de nivel de significación (Villon, 2002), en donde se comparan que:

- Si  $F_C \leq F_t(95\%) \rightarrow S_1(x) = S_2(x)$ , esto indica que estadísticamente la información de la serie histórica son iguales, y no requiere corrección.
- Si  $F_C > F_t(95\%) \rightarrow S_1(x) \neq S_2(x)$ , en este caso estadísticamente son diferentes, requiere corrección de datos históricos.

#### **2.3.4.2 Corrección de los datos**

En los casos en que los parámetros media y desviación estándar de las submuestras de las series de tiempo, resultasen estadísticamente iguales, la información original no se corrige, por ser consistente con 95% de probabilidad, aun cuando en el doble masa se observe pequeños quiebres. En caso contrario, se corrigen los valores (Aliaga, 1998).

La tendencia en la media  $T_m$ , puede ser expresada en forma general por la ecuación polinomial  $T_m = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots$ , donde  $t$  es el tiempo en años,  $T_m$  es la tendencia en la media y  $A_m, B_m, C_m, D_m, \dots$  son los coeficientes polinomiales de regresión, estas pueden ser estimados por el método de mínimos cuadrados, o por el método de regresión lineal múltiple. Para averiguar si la tendencia es significativa, se analiza el coeficiente de regresión  $B_m$  o también el coeficiente de correlación  $R$  según el estadístico  $T$ , este valor crítico de  $t$ , se obtiene de la tabla de  $t$  de Student, con 95% de probabilidad o con un nivel de significación del 5%. Si  $|t_c| \leq t_t(95\%) \rightarrow R$  y la tendencia no son significativos y no hay que corregir, y si  $|t_c| > t_t(95\%) \rightarrow R$  y la tendencia son significativos, en este caso hay que corregir la información de tendencia en la media, eliminando mediante  $Y_t = X'_{(t)} - T_m$ , donde  $X'_{(t)}$  es la serie corregida de saltos y  $Y_t$  es la serie sin tendencia en la media

Según Salas (1975) "la tendencia en la desviación estándar, generalmente se presenta en los datos semanales o mensuales, no así en datos anuales". Esto puede ser expresado por la ecuación polinomial  $T_S = A_S + B_S t + C_S t^2 + D_S t^3 + \dots$ ,  $t$  es el tiempo en años,  $T_S$  es la tendencia en la desviación estándar, y  $A_S, B_S, C_S, D_S, \dots$  son coeficientes polinomiales

de regresión, que deben ser estimados con los datos. Luego se realiza la evaluación de  $T_S$  siguiendo el mismo proceso descrito para  $T_m$ , si en la prueba R resulta significativo, la tendencia en la desviación estándar es significativa, por lo que se debe eliminar de la serie, aplicando la siguiente relación  $Z_t$  es la serie sin tendencia en la media ni en la desviación estándar, entonces la serie es homogénea y consistente al 95% de probabilidad.

#### **2.3.4.3 Completación de datos meteorológicos**

La extensión de información según Villón (2002), es el proceso de transferencia de información desde una estación con "largo" registro histórico a otra con "corto" registro. Mientras que la completación, es el proceso por el cual se llenan "huecos" que existen en un registro de datos, es un caso particular de la extensión, por cuanto modifican sustancialmente a los estimadores de los parámetros poblacionales.

A menudo es necesario estimar alguno de estos valores faltantes para lo cual existen muchas formas de suplir estas deficiencias y el grado de aceptación de uno de estos métodos va a depender de la cantidad de observaciones faltantes en el registro de datos. La completación y extensión de la información meteorológica faltante, se efectúa para tener en lo posible series completas, más confiable y de un periodo uniforme (Aliaga, 1983).

Posiblemente el modelo más común usado en hidrología está basado en la asunción lineal entre dos variables. El objetivo de este análisis es establecer una relación lineal entre la variable independiente "X" y la variable dependiente "Y":  $Y = \alpha + \beta X$ . En este modelo  $\alpha$  y  $\beta$  representan valores reales; sin embargo, será necesario preguntarnos, que valores de  $\alpha$  y  $\beta$  son los más representativos para el modelo. Un criterio intuitivo nos conduce a que  $\alpha$  y  $\beta$  deben tener valores que minimice la desviación entre los valores observados Y y los valores predcidos  $\hat{Y}$ , siendo los estimadores de  $\alpha$  y  $\beta$ , a y b respectivamente (Villon, 2002), en lo posible error tienda a cero ( $\sum e \cong 0$ ).

#### 2.3.4.4 Definición de parámetros estadísticos.

Según Chow (1994), el objetivo de la estadística es extraer la información esencial de un conjunto de datos, reduciendo un conjunto grande de números a un conjunto pequeño de números. Las estadísticas son números calculados de una muestra los cuales resumen sus características más importantes. Los parámetros estadísticos son características de una población, tales como: la media y la desviación estándar.

Un parámetro estadístico es el valor esperado  $E$  de alguna función de una variable aleatoria. Un parámetro simple es la media, el valor esperado de la variable aleatoria.

Para una variable aleatoria  $X$ , la media es  $E(X)$ , y se calcula como el producto de  $x$  y la correspondiente densidad de probabilidad  $f(x)$ , integrado sobre el rango factible de la variable aleatoria.

$$E(X) = \mu = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx \quad (2.1)$$

$E(X)$  es el primer momento alrededor del origen de la variable aleatoria, una medida del punto medio o tendencia central de la distribución.

La estimación por la muestra de la media es el promedio  $\bar{x}$  de la información de la muestra:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.2)$$

La variabilidad de la información se mide por medio de la varianza  $\sigma^2$ , la cual es el segundo momento alrededor de la media.

$$E[(x - \mu)^2] = \sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x)dx \quad (2.3)$$

El valor estimado de la muestra de la varianza está dado por.

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.4)$$

En el cual el divisor es (n-1) en lugar de n para asegurar que la estadística de la muestra no sea sesgada, es decir, que no tenga una tendencia, en promedio, a ser el valor mayor o menor que el valor verdadero.

Según Villón (2002) los parámetros de una distribución teórica, son variables que para cada conjunto de datos tienen un valor definido. Una vez que los parámetros quedan definidos, también queda definida la distribución teórica. Por lo general, una función densidad o una función de distribución acumulada, pueden escribirse como una función de la variable aleatoria y en general como una función de sus parámetros. Dada una función de distribución con parámetros  $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ , se llaman estimadores a los valores  $a, b, c, \dots$ , obtenidos a partir de los estadísticos de la muestra, que se supone pertenece a la población que se pretende caracterizar.

#### **2.3.4.5 Métodos de estimación de parámetros**

Para estimar los parámetros estadísticos tenemos los siguientes: Método gráfico, método de mínimos cuadrados, método de momentos y método de máxima verosimilitud.

Se describen solo de máxima verosimilitud, que tiene más aplicación en función de distribución de probabilidades.

Según Chow (1994), el método de máxima verosimilitud fue desarrollado por R. A. Fisher (1922). El razonó que el mejor valor de un parámetro de una distribución de probabilidad debería ser el valor que maximiza la verosimilitud o probabilidad conjunta de ocurrencia de la muestra observada.

Dada una función de distribución:

$$f = (x; \alpha, \beta, \gamma, \dots) \quad (2.5)$$

Donde:

$\alpha, \beta, \gamma$  Son los parámetros que deben ser estimados.

Se define la función verosimilitud de la muestra, como la productoria:

$$L = \prod_{i=1}^N f(x; \alpha, \beta, \gamma, \dots) \quad (2.6)$$
$$L = f_1(x; \alpha, \beta, \gamma, \dots) * f_2(x; \alpha, \beta, \gamma, \dots) * \dots * f_N(x; \alpha, \beta, \gamma, \dots)$$

Siendo N tamaño de la muestra.

#### **2.3.4.6 Pruebas de bondad de ajuste.**

Para Chow (1994), una distribución de probabilidad es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria. Mediante el ajuste de una distribución de un conjunto de datos hidrológicos, una cantidad de información probabilística en la muestra puede resumirse en forma compacta es la función y en sus parámetros asociados. El ajuste de distribuciones puede llevarse a cabo por varios métodos:

Según Villón (2002) las pruebas de bondad de ajuste, consisten en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base a los valores muestrales. Las pruebas estadísticas, tienen por objeto medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre una población, es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria, se distribuya según una cierta función de probabilidades.

Las pruebas de bondad de ajuste más utilizadas son: Ajuste gráfico y ajuste estadístico (Chi-cuadrado y Smirnov-Kolmogorov).

##### **2.3.4.6.1 Ajuste gráfico**

El ajuste gráfico se puede realizar de las siguientes formas:

- Comparar gráficamente el histograma o función densidad empírica de la serie de datos, con la función densidad teórica y decidir visualmente, si hay o no ajuste de acuerdo a la similitud o diferencia de ambos.

- Comparar gráficamente la función acumulada de la serie de datos, con la función acumulada teórica seleccionada, dibujada en papel milimétrico y decidir visualmente si hay o no ajuste.
- Se puede también gráficamente evaluar la función acumulada de la serie de datos, con la función acumulada teórica, ploteada en un papel probabilístico adecuado, donde la distribución teórica seleccionada, se pueda representar como una línea recta (por lo general, sólo se pueden representar por una línea recta las distribuciones de 2 parámetros). Así se tienen disponibles los papeles probabilísticos normal, log-normal, Gumbel, etc. El procedimiento consiste en plotear los valores de la variable hidrológica (caudal, precipitación, temperatura, etc.), versus la probabilidad empírica en el papel de probabilidad correspondiente. Si los puntos plateados se agrupan alrededor de una línea recta, que es la representación de la distribución teórica, se puede afirmar con cierta certeza que estos datos se ajustan a la distribución deseada.

#### 2.3.4.6.2 Pruebas de Smirnov-Kolmogorov

La prueba de ajuste de Smirnov-Kolmogorov, consiste en comparar las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo, es decir:

$$\Delta = \max |F(x) - P(x)| \quad (2.7)$$

Donde:

$\Delta$ : Estadístico de Smirnov-Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x)$ : Probabilidad de la distribución empírica.

$P(x)$ : Probabilidad experimental o empírica de los datos, denominada también frecuencia acumulada.

El estadístico  $\Delta$  tiene su función de distribución de probabilidades.

Si  $\Delta_0$  es un valor crítico para un nivel de significancia  $\alpha$ , es:

$$P[\max|F(x) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha \quad \text{o} \quad P(\Delta \geq \Delta_0) = \alpha \quad (2.8)$$

$$\text{También } P(\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha \quad (2.9)$$

El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico de Smirnov-Kolmogorov, es el siguiente:

1º Calcular la probabilidad empírica o experimental  $P(x)$  de los datos, para esto se usa la fórmula de Weibull.

$$P(x) = \frac{M}{N+1} \quad (2.10)$$

Donde:

$P(x)$ : Probabilidad empírica o experimental.

$M$ : Numero de orden.

$N$ : Numero de datos.

2º Calcular la probabilidad teórica  $F(x)$ :

- Para el caso de utilizar el procedimiento de los modelos teóricos, usar la ecuación de la función acumulada  $F(x)$ , o tablas elaboradas para tal fin.
- Si se quiere aplicar el procedimiento gráfico, se utiliza un papel probabilístico especial donde  $F(x)$ , puede representarse como una línea recta, por lo cual, se puede trazar con solo 2 puntos, pero si se quiere chequear que es una recta, se pueden plotear 3 puntos, por ejemplo para el caso de una distribución normal, los puntos:

Valor	Probabilidad %
$X$	50
$X + S$	80.13
$X - S$	15.87

Representados en un papel de probabilidad normal, formando una recta.

3º Calcular las diferencias  $P(x) - F(x)$ , para todos los valores de  $x$ .

4º Seleccionar la máxima diferencia:  $\Delta = \max|F(x) - P(x)|$

5º Calcular el valor crítico del estadístico  $\Delta$ , es decir  $\Delta_0$ , para un  $\alpha = 0.05$  y  $N$  igual al número de datos. Los valores de  $\Delta_0$ , se muestran en el Cuadro 2.1

6º Comparar el valor del estadístico  $\Delta$ , con el valor crítico  $\Delta_0$  del cuadro 2.1, con los siguientes criterios de decisión deducidos de la ecuación;

$$P[\max|F(x) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha \quad \text{o} \quad P(\Delta \geq \Delta_0) = \alpha$$

Si  $\Delta < \Delta_0 \Rightarrow$  El ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado.

$\Delta \geq \Delta_0 \Rightarrow$  El ajuste no es bueno, al nivel de significación seleccionado, siendo necesario probar con otra distribución.

### **Ventajas y limitaciones**

- 1) No requiere un conocimiento a priori de la función de distribución teórica.
- 2) Es aplicable a distribuciones de datos no agrupados, es decir, no se requiere hacer intervalos de clase.
- 3) Es aplicable a cualquier distribución teórica.
- 4) Se aplica en la función de distribución acumulada y no en la función de densidad.
- 5) Comparándola con la Chi-cuadrado, no se requiere que la frecuencia absoluta de cada clase, sea igual o mayor que 5.
- 6) No es una prueba exacta, sino una prueba aproximada.

CUADRO 2.1

VALORES CRITICO DE  $\Delta_0$  DEL ESTADÍSTICO SMIRNOV-KOLMOGOROV  
 $\Delta$ , PARA VALORES DE N Y NIVELES DE SIGNIFICACIÓN  $\alpha$

Tamaño muestral N	Nivel de significancia $\alpha$				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.996
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
N>35	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Fuente: Hidrología Estadística (Villón, 2002)

**2.3.4.7 Distribución de probabilidad para las variables hidrológicas**

Un hidrólogo generalmente tendrá disponible un registro de datos hidrometeorológicos (precipitación, temperatura, caudales, etc.), a través del conocimiento escoge un modelo probabilístico a usar, que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable.

Las distribuciones teóricas comunes utilizados en hidrológica son: Distribución normal; distribución Log-normal de 2 y 3 parámetros; distribución Gamma de 2 y 3 parámetros; distribución Log-pearson tipo III; distribución Gumbel y distribución Log Gumbel.

### 2.3.5 Análisis de 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.

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 autocorrelación, 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.*

Las gráficas de series en el tiempo son una herramienta visual de gran utilidad para análisis de tendencia o cambio. Un punto de partida de una prueba estadística es definir una hipótesis nula ( $H_0$ ) y una hipótesis alternativa ( $H_1$ ) y compararlos mediante un valor numérico a partir de la serie de datos que está probando. 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 H1 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 Ho. 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 (Ho), 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 estadística es mayor que el valor crítico de la prueba estadística, se rechaza Ho. El nivel de significancia es por tanto la probabilidad de que una prueba detecta una tendencia o cambio (rechazar Ho), 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 Ho
$0.05 < \alpha < 0.10$	Posible evidencia en contra de Ho
$0.01 < \alpha < 0.05$	Fuerte evidencia en contra de Ho
$\alpha < 0.01$	Evidencia muy fuerte en contra de Ho

Para detectar tendencias y cambios, se utiliza el valor crítico de la prueba estadística  $\frac{\alpha}{2}$  se utiliza (dos periodos), para detectar un aumento (o disminución), se utiliza el valor crítico de la prueba estadística " $\alpha$ " (un periodo).

Hay dos tipos posibles de errores. Error tipo I cuando Ho se rechaza incorrectamente. Error tipo II cuando Ho no se acepta, cuando H1 es verdadero. Una prueba con escaso margen de error de tipo II se dice que es de gran alcance.

### **2.3.6 Síntesis de la revisión de literatura**

El comportamiento del clima en estos últimos años se ha venido cambiando, la temperatura del aire viene variando notoriamente con tendencias al incremento cada vez más, tanto las máximas y medias; este incremento

viene repercutiendo en la evaporación de agua de las lluvias (tasa de evaporación) y por ende pérdida de humedad del suelo, esta viene influyendo en el rendimiento de los cultivos en seco en el caso de la cuenca del río Ramis, generando así pérdidas económicas del poblador rural del ámbito de estudio, generando una amenaza irreversible.

Así mismo, en las últimas décadas, el tema del cambio climático ha adquirido gran relevancia a nivel mundial llegando a posicionarse como una de las prioridades de la agenda internacional, nacional, regional y local, debido a los pronósticos catastróficos para el planeta previsto por la sociedad de científicos. Los cambios en los patrones actuales de la temperatura podrían ocasionar grandes efectos en el incremento de la temperatura ambiental, resultado del cambio climático, además en latitudes subtropicales se prevé una disminución y en trópicos un incremento de las precipitaciones pluviales.

Además, un leve aumento de la temperatura (indica mayor evaporación), serían condiciones que pueden crear una tendencia regresiva en los volúmenes de agua en el suelo. En la frecuencia y severidad de los fenómenos meteorológicos extremos como tormentas de granizo, heladas, veranillos y las subsiguientes pérdidas económicas determinará el impacto potencial del cambio climático en el rendimiento del sector agrícola en seco, ya que el rendimiento del cultivo es más sensible a la precipitación que de temperatura, si la disponibilidad de agua se reduce en el futuro, los suelos de alta capacidad de retención del agua es mejor para reducir el impacto de la sequía, pero la urbanización da lugar al aumento de la temperatura del aire por efecto invernadero.

Por otra parte, los datos globales de longitudes cortas no son suficientes para entender a cabalidad variaciones más lentas en el clima de la Tierra, sin que esto signifique, que como humanidad no conozcamos lo suficiente para establecer ciertas conclusiones, del análisis de los cambios medios de anomalías de temperatura y precipitación asociadas a desviaciones extremas, que producen un aumento de temperatura y de precipitación muy bajas en periodos cortos. Ahora es posible afirmar, con un nivel de confianza muy alto, que el calentamiento del sistema climático es inequívoco como resulta evidente

de las observaciones de incremento en la temperatura media global del aire, el derretimiento generalizado del hielo y nieve, y el incremento global del nivel medio del mar.

Sin embargo, no sólo son las elevadas temperaturas las que indican el cambio climático, sino las precipitaciones pluviales, sequías prolongadas y bajas temperaturas tienen mayor incidencia que antes o en décadas 20, 30 y 40, esto es lo que se denomina anomalías, es decir están fuera del promedio. Las precipitaciones pluviales son más intensas en zonas tropicales, principalmente porque el ciclo del agua ha variado, el nivel del mar ha aumentado a consecuencia del derretimiento de los glaciares, así como su salinidad ha disminuido y el aumento del vapor de agua se ha incrementado, y ésta es el gas invernadero más importante en la actualidad.

En particular, la agricultura es una actividad dependiente del clima y por lo tanto es muy sensible a los cambios climáticos y a la variabilidad del clima, principalmente de secano, es un sector económico importante de subsistencia y la más vulnerable al cambio climático, este puede afectar a la agricultura en diversas formas, por ejemplo tiende a reducir el rendimiento, debido a que se acelera el proceso de las cosechas, con lo cual se reduce la producción de granos. Ya que la agricultura de secano cada vez más es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático, en algunas regiones la producción de cultivos ha disminuido, por ende los ingresos de los productores están en mayor reducción y los impactos del cambio climático varía a lo largo del periodo de proyección de 100 años.

No obstante, en estos últimos años el tema se ha politizado por la incidencia que tiene en el resto de las esferas de la vida cotidiana. Principalmente, se refiere a la estrecha relación entre cambio climático y los modos de producción agrícola. Por otro lado, los cambios en los patrones actuales de la temperatura podrían ocasionar grandes efectos en el incremento de la temperatura ambiental y consecuentemente variar la precipitación pluvial por efecto del cambio climático. Las condiciones climáticas como la precipitación es la responsable de la variación en los rendimientos de los cultivos, debido a su variabilidad interanual.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA**

##### **3.1.1 Ámbito de estudio**

El presente trabajo se llevó a cabo en la cuenca Ramis durante el año 2012 a 2014, con los datos meteorológicos provenientes de las estaciones climatológicas principales del ámbito de estudio desde 1966 a 2012, y los datos de rendimiento del cultivo de quinua, papa, haba provienen del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) de la Dirección Regional de Agricultura Puno del Ministerio de Agricultura desde 1992 a 2012.

Climatológicamente se encuentra ubicado dentro de la influencia de la cuenca del río Ramis que comprende la vertiente del lago Titicaca lado peruano, el subtipo climático A, clasificado según ONERN 1965. En esta zona se desarrollan cultivos como la papa, quinua, cebada, haba, forrajes, alfalfa, hortalizas entre otros de importancia económica para los pobladores del ámbito de estudio.

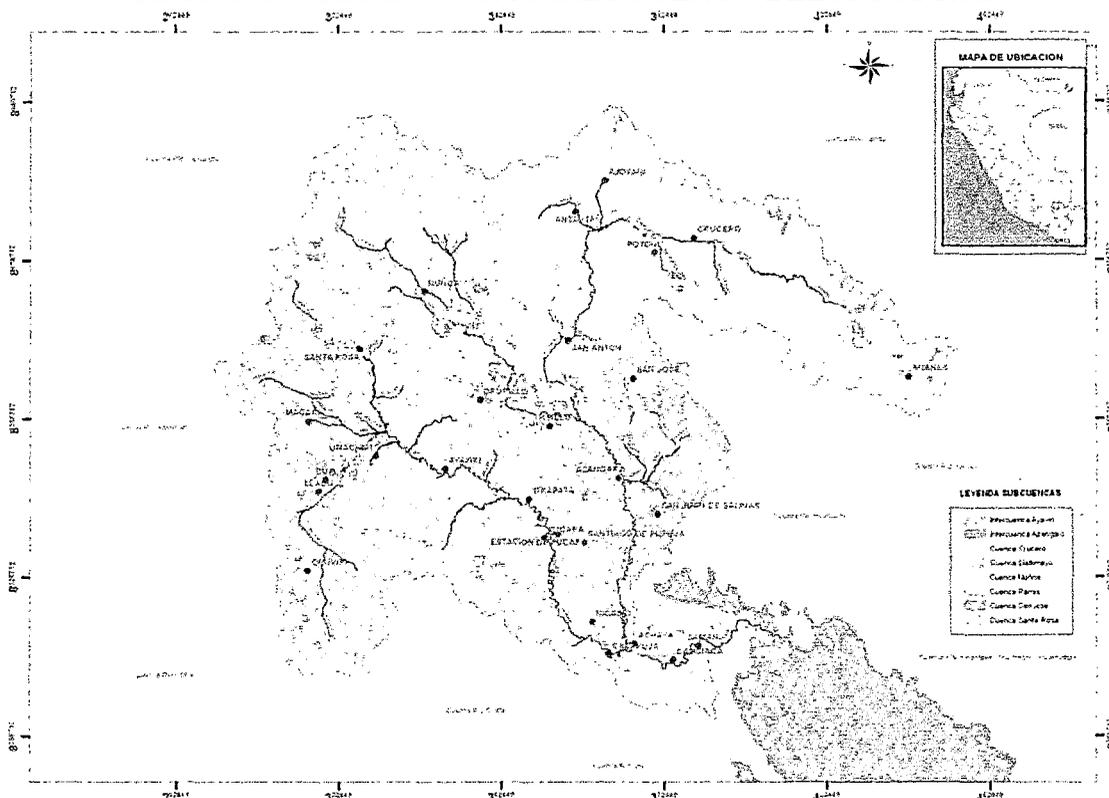
Geográficamente se ubica en las coordenadas geográficas: entre 14°03'26.6" y 15°27'33.7" latitud sur, y 69°25'26.4" a 71°07'4.7" longitud Oeste; hidrográficamente se encuentra en la vertiente del Titicaca y en el sistema hídrico del TDPS, y políticamente se encuentra inmerso en la región Puno, que abarca las provincias de Melgar, Azángaro y parte de las provincias de Sandía, Lampa y Carabaya. La principal arteria en la cuenca es la vía que une las capitales de las regiones de Puno y Cusco con una longitud pavimentada de 762 kms dentro del área influencia. Esta se constituye en un eje de desarrollo dado que atraviesa los poblados de Calapuja, Pucara, Ayaviri, Chuquibambilla

y Santa Rosa. Esta vía es clasificada como una vía de 2do orden y tiene una dirección de sur a norte.

### 3.1.2 Límites hidrográficos

La cuenca limita por el Este con las cuencas de Huancané y Suches, por Oeste con la cuenca del río Vilcanota, por Norte con la cuenca del río Inambari y por el Sur con la cuenca del río Coata

FIGURA 3.1  
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS



### 3.1.3 Fisiografía de la zona

En la cuenca del río Ramis se ubica a alturas mayores a los 3810 m.s.n.m. y cuya área se extiende sobre la región de Puno. Las capas más bajas del Altiplano (de 3810 a 5400 m.s.n.m.) se encuentran alrededor del lago Titicaca (elevación 3825 m.s.n.m.) especialmente al oeste y nor-oeste del lago; cordillera con elevaciones mayores a 5400 m.s.n.m. (Bazoberry, 1969).

La evolución del Altiplano y la cadena montañosa de los Andes es el resultado de movimientos tectónicos y de la intrusión de roca volcánica que causó el levantamiento y los pliegues de las rocas sedimentarias que

caracteriza al Altiplano y a la vertiente oriental de los Andes. Se encuentran abundantes sedimentos de lagos extintos o en su defecto en vías de extinción. El resultado son suelos mayormente derivados de material sedimentario primario y de depósitos lacustres. Los procesos de formación de suelos están caracterizados por una erosión intensa y una sedimentación. Los suelos están generalmente poco desarrollados.

#### **3.1.4 Características geológicas**

Teniendo en cuenta los diversos materiales parentales de los suelos de la zona estudiada, cuyo patrón distribuido es: suelos derivados de materiales fluviónicos, de materiales lacustrinos, de materiales coluvio-aluviales, de materiales residuales y suelos de origen antrópico (Ambroggy, 1965).

#### **3.1.5 Características agroecológicas**

La localidad de Arapa y Progreso están dentro del tipo climático mesotermico B`1, Sub-húmedo C2; La estación de Azángaro y Chuquibambilla se encuentran dentro del clima mesotermico C`2, húmedo B2. Como una clasificación climática únicamente caracteriza cierto tipo de clima y ordenadas manifestaciones medias de la atmosfera, además el valor no depende del hecho si concuerda o no con ciertas distribuciones de la naturaleza, si no del grado de certeza con lo que se logra clasificar el clima (Baudoin, 1991)

ONERN (1965) tipifica el clima de la vertiente del Titicaca como semi-seco y frio determinando cuatro sub tipos climáticos. La temperatura y la precipitación; considera además la evaporación media y la precipitación media, teniendo estas consideraciones la hoya hidrográfica es del tipo climático Sub-húmedo y húmedo.

La temperatura es variable, siendo los meses más fríos junio-agosto y los más cálidos noviembre–diciembre. La precipitación tiene un carácter estacionario, el inicio del periodo de lluvias es en el mes de diciembre generalmente y se extiende hasta el mes de marzo inclusive, presentándose retrasos y adelantos en la lluvia y se presentan en octubre y noviembre y en otras se retrasan apareciendo en enero o principios de febrero, el régimen

pluvial es variable e irregular, se tiene años húmedos seguidos (Baudoin, 1991).

### **3.2 MUESTRA Y POBLACIÓN**

La muestra de estudio se ha seleccionado 10 estaciones meteorológicas (Arapa, Ayaviri, Azángaro, Crucero, Lampa, Pucará, Taraco, Asillo, Muñani y Umachiri) y se ha superpuesto con las Agencias Agrarias de la Dirección Regional Agraria del Ministerio de Agricultura, quien proporcionó las informaciones de producción agrícola seleccionadas (papa, quinua y haba).

La población de la investigación constituida por todas las estaciones meteorológicas comprendidas en la figura 2 y las agencias agrarias que se encuentran dentro de jurisdicción de estudio.

### **3.3 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

En la evaluación de impacto del cambio climático sobre el rendimiento de la agricultura en la cuenca del río Ramis, se siguen los siguientes procedimientos:

#### **3.3.1 Información básica**

Se han recopilado las informaciones básicas de las investigaciones a nivel de informes, revistas y artículos científicos, a fin de sistematizar dichas informaciones para sus respectivas codificaciones posteriores.

#### **3.3.2 Información cartográfica**

Las informaciones cartográficas que se han tomado como base en el presente trabajo, para determinar las características de la cuenca hidrográfica del lago Titicaca y sus afluentes son: Cartas nacionales a escala 1/100000, planos catastrales a escala 1/25000, del sistema hídrico de la hoya del Titicaca y de macrozonificación ecológica y económica del sistema TDPS.

#### **3.3.3 Información de producción agrícola**

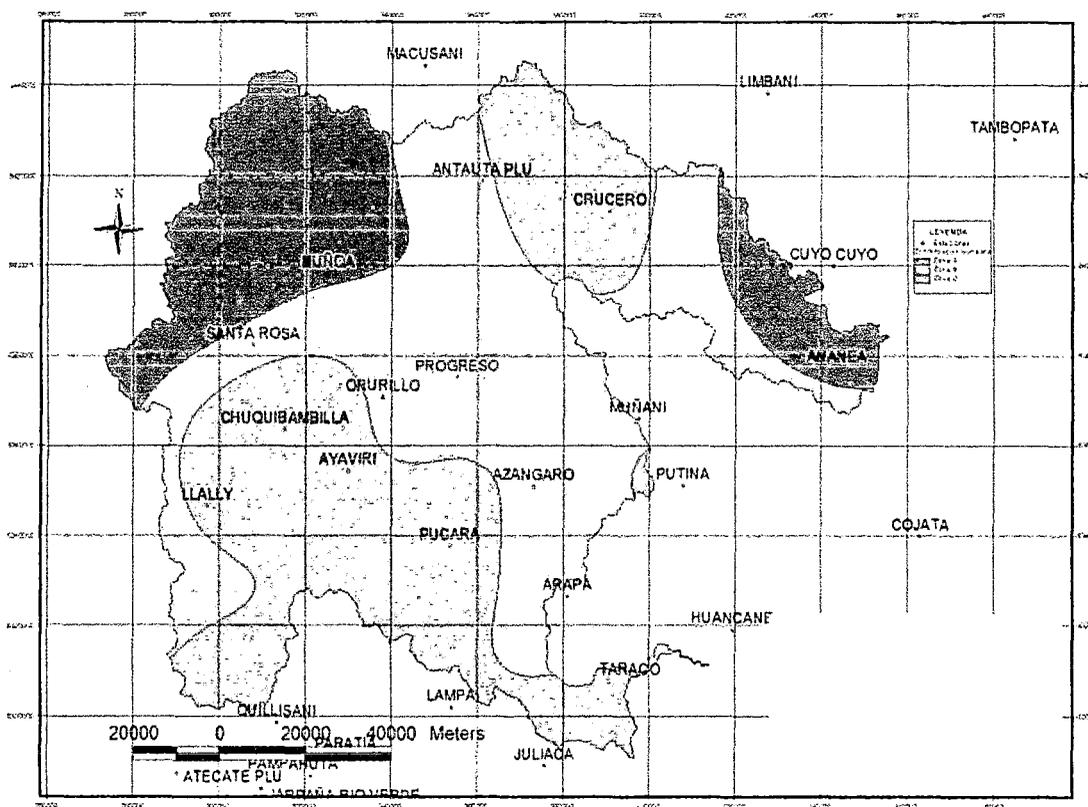
Se obtuvo de las Agencias Agrarias de la Dirección Regional de Agricultura Puno, en los diferentes puntos estratégicos dentro del área de los estudios más importantes, presentando registros desde el año 1992-2012, sobre los rendimientos de los cultivos de haba, papa y quinua. Posteriormente se

sistematizan y procesan las informaciones recopiladas en la fase inicial de acuerdo a nuestro interés para el presente trabajo.

### 3.3.4 Información meteorológica

Las informaciones meteorológicas se obtuvieron de SENAMHI Puno desde 1965 hasta 2012 en promedio, referentes a temperaturas medias mensuales, máximas, mínimas, y precipitaciones pluviales medias mensuales.

FIGURA 3.2  
UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN LA CUENCA RAMIS, 2014



Fuente: Elaboración propio

### 3.3.5 Análisis de la información por objetivos planteados

#### 3.3.5.1 Selección las series históricas de precipitación y temperaturas

Se analizó los datos de las estaciones desde tres puntos de vista, por la longitud de la serie de datos, estaciones con datos faltantes menores o iguales al 15% y por la consistencia o homogeneidad de los mismos.

### 3.3.5.2 *Análisis de consistencia de la información meteorológica*

Se analizó la consistencia de los datos meteorológicos mediante pruebas de consistencia y homogeneidad de precipitación y temperaturas, que permitió detectar, corregir y eliminar los errores sistemáticos y aleatorios que se presentaron en series históricas de datos meteorológicas mediante el análisis estadístico y con el índice del vector regional.

Se analizó la consistencia de las series históricas mediante pruebas estadísticas a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente, y mediante el software hydraccess y estadísticamente, a fin de realizar:

- La consistencia, homogenización y regionalización de la precipitación y temperaturas,
- Relleno de series mensuales mediante correlación múltiple cruzada,
- Estimación de la precipitación espacial aplicando técnicas geo-estáticas.

Después de obtener de los gráficos construidos para el análisis visual, los periodos de posible corrección y los periodos de los datos que se mantuvieron con sus valores originales, se procedió al análisis estadístico.

Se utilizó la prueba "T" para la verificación de la hipótesis de igualdad de medias y la prueba de "F" para verificar la hipótesis de igualdad de la desviación estándar; ambos con un nivel de significancia del 5% y 95% de probabilidad.

#### ➤ **Consistencia en la media**

La prueba permitió detectar la inconsistencia en la media, dado que, si los valores medias son estadísticamente iguales o diferentes de la siguiente manera: Se calculó la media y desviación estándar para cada periodo, luego la  $T_c$ , posteriormente la  $T_T$  mediante la tabla T de Student y finalmente se comparó  $T_c$  con  $T_T$ .

- Si  $|t_c| \leq t_t (95\%) \rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$  (Son iguales estadísticamente), no se realizan procesos de corrección.
- Si  $|t_c| > t_t (95\%) \rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$  (Son diferentes estadísticamente), se corrigen.

➤ **Consistencia en la desviación estándar**

Mediante la prueba se analizó, si los valores de la desviación estándar de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes de la siguiente manera, calculando la varianza de ambos periodos, luego se calculó la  $F_C$ , posteriormente la  $F_T$  mediante la tabla F de Fisher y finalmente se comparó la  $F_C$  con  $F_T$ ; se asume similares criterios de la prueba T.

Con estos análisis se conoció que efectivamente los saltos no son significativos tanto en la media como en la desviación estándar.

Ahora vemos, que la calidad, su confiabilidad y su consistencia de los datos fue definido por la regionalización, y la validación de estos para su uso y aplicación para analizar las tendencias, agrupando en grupos regionales de estaciones meteorológicas cuyos registros presentan un comportamiento temporal homogéneo a nivel mensual y anual. La principal herramienta utilizada para esta etapa, es el vector regional con el software hydraccess, desde 1966 a 2012.

Es decir, para las precipitaciones como para temperaturas se realizaron el análisis de regionalización a nivel mensual y de año hidrológico sobre las estaciones, conformando así en tres grupos regionales, con el fin de evaluar la consistencia para el periodo más extenso posible según los criterios indicados en la selección de estaciones. En donde se observó que existe correspondencia entre las temperaturas y precipitaciones registradas en las diferentes estaciones regionales durante el periodo 1966 a 2010. El análisis de consistencia de la información y el relleno de datos faltantes de la estaciones se realizó a través de un modelo de regresión lineal múltiple cruzada con el software hydraccess, con base de datos creados.

Además, este es un paquete completo que permite importar y guardar varios tipos de datos hidrometeorológicos en una base de datos en formato Access y realizar los procesamientos básicos que un meteorólogo puede requerir, con datos instantáneos, horarios, diarios y mensuales, anuales de cotas, caudales, calidad de aguas, meteorológicos. Estos se organizaron por campos, y fueron vinculados al código de la estación (punto de medición) y a

un captor (código de la serie observada), la misma que posee propiedades que definen su tipo, unidad, número de dígitos significativos y de decimales, etc. Existen tres tipos de captores: Captores instantáneos(I) donde los datos son ingresados con fecha y hora libres sin imponer un intervalo de tiempo fijo, captores diarios(D) donde se ingresa un solo valor por día y captores mensuales(M) es donde se ingresa un solo valor por mes.

Así mismo, entre los procesamientos se generaron gráficas simples o comparativos a partir de los datos importados; visualización gráfica; desde diario a mensual; elaborando así cuadros de anuario a nivel diario o mensual y un intervalo de los datos presentes en la base.

De ahí que, se organizó el vector regional de índices anuales o mensuales (individualmente) de precipitación y de temperaturas en base a una serie cronológica de datos temporales ficticios, correspondientes a una estación igualmente ficticia. El VR de índices toma en cuenta los efectos de la tendencia de las series, y los pseudo-ciclos de la zona o región climática que afectan a cada una de las estaciones, verificando de esta manera la homogeneidad temporal y espacial de las series observadas en las estaciones pertenecientes a la misma zona climática.

Es necesario recalcar que, el cálculo de los índices del VR se basa en una matriz de observaciones compuesta de los registros anuales o mensuales de la variable meteorológica de  $n$  estaciones con  $t$  años de registros, con observaciones faltantes a ciertas estaciones en ciertos años. Para cada estación se calcula una media que cubre el grupo de datos del periodo de estudio, y para todos los años, se calcula un índice superior a 1 cuando el año presenta valores altos (año húmedo o con altas temperaturas) e inferior a 1 cuando el año tenga valores bajos (año con déficit de lluvias o con bajas temperaturas). El VR toma en cuenta la información de una región que supuestamente es homogénea (comportamiento temporal similar). El valor del VR del grupo regional de estaciones, permitió la crítica de los datos que facilita grandemente:

- Evaluar la calidad de los datos de una estación y su pertenencia al grupo regional, mediante diversos parámetros estadísticos proporcionados por el VR.

- Comparar y evaluar gráficamente el comportamiento de las estaciones dentro de un grupo y entre grupos, trazando el vector regional del grupo de las estaciones que lo componen, así como las curvas doble acumuladas. Esto permitió identificar rápidamente quiebres y datos anómalos, esto depende de los datos de entrada, aunque los algoritmos usados intentan minimizar la influencia de los datos erróneos.
- Eliminan o corrigen gradualmente los datos incoherentes más evidentes en los datos de entrada, llegando así a un VR de buena calidad y esto se usó para reconstruir datos faltantes, multiplicando el índice regional de un año por el valor medio de la precipitación en esa estación durante el periodo de estudio.

Dado que, la salida del programa proporciona varios parámetros que evalúan la calidad de los resultados. Se consideró principalmente los siguientes parámetros: El coeficiente de correlación "r" del índice con las estaciones (>0.70), el valor de las desviaciones (que se deben mantener dentro de un margen de tolerancia) y los límites de confianza (inferior y superior) dentro de los que se deben mantener las series interanuales del índice del vector.

Igualmente, estos parámetros fueron admitidos, dentro del grupo regional conformado por estaciones, y sobre contexto físico geográfico diferente (altiplano peruano). El análisis de resultados llevó a disminuir el tamaño del grupo regional, e identificó estaciones cuyos datos son inconsistentes y en caso extremo eliminar aquellas estaciones con bajo coeficiente de correlación y alta desviación, quedando en forma de índices obtenidos sobre los valores anuales de periodos históricos comunes de al menos 9 estaciones del año hidrológico adoptado (setiembre-agosto), las estaciones regionales más consistentes que se han filtrado se encontraron dentro del intervalo de confianza las estaciones seleccionadas.

### **3.3.5.3 *Análisis de tendencia de la información meteorológica***

Antes de realizar el análisis de tendencias, se realizó el análisis de saltos y con la serie libre de saltos, se procedió a analizar las tendencias en la media y en la desviación estándar.

Para ver si la serie presenta tendencia en la media se procedió al cálculo de la tendencia en la media, luego los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple, y finalmente compararon si la  $T_C \leq T_T$  (95%), entonces no se presenta tendencia en la media y de lo contrario se los presentan.

Se utilizó la tendencia en la desviación estándar puesto que se trabajó con datos mensuales para el primer y segundo objetivo, con el procedimiento siguiente:

- Regionalización, y análisis de consistencia de la precipitación y temperaturas a nivel mensual. Se aplicó el método del vector regional (MVR) para identificar anomalías, valores extremos o comportamientos no homogéneos en la región, que se evaluaron para establecer su confiabilidad con el fin de ratificarlos o corregirlos.
- Preparación y armado de series continuas mensuales y anuales de los datos de precipitación y temperaturas para el análisis de tendencias. Los datos originales presentan vacíos en algunos meses o periodos, que fueron reconstituidos para poder aplicar test estadísticos usados para el análisis de tendencias.
- Análisis de tendencias de precipitaciones y temperaturas mensuales y anuales, aplicando test estadísticos paramétricos y no paramétricos usando el software TREND (test Mann-Kendall y Sperman's Rho, t-student (Yue *et al.*, 2002)), los resultados se interpretaron considerando los comportamientos de eventos extremos de los elementos frente al fenómeno del cambio climático.

#### **3.3.5.4 *Análisis del rendimiento de los cultivos frente al cambio climático en la cuenca del río Ramis***

Para relacionar entre la producción de cultivos de pan llevar con los elementos climáticos de la cuenca Ramis, se obtuvieron los rendimientos de los cultivos para cada zona sub-tipo climático de las Oficinas del Ministerio de Agricultura-Puno y posteriormente se analizó la consistencia de las informaciones del periodo considerado en el presente trabajo, luego se realizó cálculos de los estimadores para cada cultivo utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios y regresión, el rendimiento en función de las variables climáticas; primero por separado la temperatura mínima y luego por la

temperatura máxima, de precipitación pluvial, para comparar el efecto individual de cada variable. Seguidamente se realizó la estimación conjunta de las variables climáticas (temperaturas máximas y mínimas extremas) y las precipitaciones pluviales y al final se incluyeron los eventos extremos.

Seguir esta secuencia de estimaciones permitió ver el impacto de cada variable en el modelo y al final se comparó cada uno y se eligió el mejor modelo según los criterios estadísticos, posteriormente se realizó las interpretaciones de los valores obtenidos de la interrelación de las variables climáticas y el rendimiento de los cultivos seleccionados, mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

Para interpretar el coeficiente de correlación ( $r$ ) que se obtiene, se tiene como criterio de decisión, la siguiente calificación:

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

Para la prueba de hipótesis estadística se toma en cuenta lo siguiente:

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

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

Se considera un nivel de significancia de  $p < 5\%$ .

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 COMPORTAMIENTO DE LAS TEMPERATURAS**

Usando las cartas nacionales del Perú se ha delimitado la cuenca del río Ramis, obteniéndose una superficie de 14,685 Km<sup>2</sup>, así mismo se ha ubicado las estaciones meteorológicas mediante sus coordenadas UTM, proporcionados por el SENAMHI - Puno.

El análisis de consistencia 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 y validadas estadísticamente.

En la figura 4.1 de índices anuales para temperaturas máximas, muestran un comportamiento regional homogéneo, puesto que los índices regionales de las estaciones del grupo N°1 están dentro de los límites de confianza, es decir que los datos son consistentes, homogéneas y de buena calidad y además tienen un comportamiento similar. A excepción de la estación Ayaviri en 1981 se encuentra fuera del límite de confianza, a pesar de esta condición se tomó en cuenta por tener una serie larga y continua para ser comparada con las otras estaciones adoptadas para el análisis de tendencias.

En la figura 4.2 los índices anuales de temperaturas medias del grupo 1, muestran un comportamiento regional homogéneo, donde los índices regionales de las estaciones se encuentran dentro de los límites de

confianza, es decir, los datos son de buena calidad y se admite que existe un comportamiento homogéneo o similar.

Las temperaturas anuales de las cinco estaciones analizadas, que se muestra en el cuadro 4.1 del grupo N° 1, cumplen con la hipótesis de pseudo-proporcionalidad, tanto los datos originales como los datos completados y corregidos son consistentes, ya que en la columna correspondiente a "Correl /Vector" los valores tiende a la unidad (0.896).

**CUADRO 4.1  
CORRELACIÓN DE TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES-GRUPO N° 1**

	N°	ESTACION	No Años	D.E. Obs.	Coef: Variación	Temperatura Media Anual		Media Desvíos	D.E. Desvíos	Homogenei dad B.M.	Correl. /Vector
						Media Obs.	Media Calculada				
GRUPO 1 (DATOS ORIGINALES)	1	Ayaviri	41	0.700	0.089	7.900	7.900	-0.002	0.052	0.007	0.846
	2	Lampa	45	0.400	0.053	8.000	8.000	0.001	0.030	0.034	0.831
	3	Azangaro	34	0.500	0.052	8.800	8.800	0.002	0.023	0.023	0.896
	4	Arapa	45	0.400	0.046	9.100	9.100	0.001	0.041	0.000	0.622
	5	Huancane	45	0.600	0.078	7.700	7.700	-0.001	0.050	0.249	0.771
GRUPO 1 (DATOS COMPLETADOS)	1	Ayaviri	45	0.700	0.088	7.800	7.800	-0.002	0.056	0.020	0.802
	2	Lampa	45	0.400	0.052	8.000	8.000	0.001	0.031	0.102	0.812
	3	Azangaro	45	0.500	0.059	8.700	8.700	0.001	0.033	0.006	0.821
	4	Arapa	45	0.400	0.044	9.100	9.100	0.001	0.044	0.000	0.544
	5	Huancane	45	0.600	0.077	7.700	7.700	-0.001	0.051	0.123	0.749

*Fuente: Elaboración propio*

La visualización de curvas de dobles acumulaciones entre estaciones y vector regional de las zonas en estudio determinan que existe una buena relación entre el vector y las estaciones. Esto se ha trabajado con datos completados y corregidas, tal como se muestra en la figura 4.3, que no presentan quiebres significativos.

En la figura 4.4, las series históricas anuales de las temperaturas mínimas, muestran un comportamiento regional homogéneo, esto indica que los datos son de buena calidad y se admite que tienen un comportamiento similar entre las estaciones del grupo 1.

En las figuras 4.5 y 4.6, de índices anuales de los vectores de datos de temperaturas máximas, muestran un comportamiento regional homogéneo, ya que los índices regionales de las estaciones del Grupo N° 2 se encuentran dentro de los límites de confianza, esto indica que los datos son de buena calidad o sea consistentes y de comportamiento homogéneo o similar.

En la figura 4.7 los índices anuales de los vectores regionales de los datos originales de temperaturas medias, muestran un comportamiento regional homogéneo, ya que los índices regionales de las estaciones del grupo N° 2, están dentro de los límites de confianza. A excepción de la estación Llalli del 2007 está fuera del límite de confianza superior, por lo que se corrigió mediante el vector regional (VR) del grupo. Por consiguiente en la figura 4.8, los índices anuales de los vectores regionales datos completados y corregidos de las temperaturas medias son de buena calidad, con un comportamiento homogéneo o similar.

En la figura 4.9 las series históricas anuales para temperaturas mínimas de las estaciones del grupo N° 2, muestran un comportamiento regional homogéneo, es decir, que los datos son de buena calidad y existe un comportamiento similar.

La correlación de las temperaturas medias anuales de las estaciones del grupo N° 2 que se presentan en el cuadro 4.2 con valor máximo de 0.65, las cuales cumplen con la hipótesis de pseudo-proporcionalidad de los datos originales y los completados y corregidos, tal como se muestra en la columna correspondiente a “Correl/Vector”, pero hay fuerte dispersión como en el caso Muñani.

**CUADRO 4.2**  
**CORRELACIÓN DE TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES-GRUPO N° 2,**  
**2014**

	N°	ESTACION	No Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Temperatura Media Anual		Media Desvíos	D.E. Desvíos	Homogeneidad B.M.	Correl. /Vector
						Media Obs.	Media Calculada				
GRUPO 2 (DATOS ORIGINALES)	1	Llalli	31	1.60	0.21	7.50	7.40	0.03	0.19	0.01	0.65
	2	Macusani	31	0.50	0.09	5.20	5.20	0.00	0.09	0.00	0.27
	3	Progreso	45	0.70	0.08	8.60	8.60	0.00	0.06	0.07	0.59
	4	Muñani	45	0.40	0.05	8.60	8.70	-0.01	0.05	0.04	0.37
	5	Chuquibambilla	45	0.50	0.08	6.90	6.90	0.00	0.06	0.00	0.59
GRUPO 2 (DATOS COMPLETADOS)	1	Llalli	45	0.600	0.078	7.200	7.200	0.000	0.068	0.000	0.476
	2	Macusani	45	0.500	0.100	5.300	5.300	0.000	0.090	0.014	0.423
	3	Progreso	45	0.700	0.079	8.600	8.600	-0.001	0.064	0.099	0.571
	4	Muñani	45	0.400	0.049	8.600	8.600	0.001	0.050	0.028	0.363
	5	Chuquibambilla	45	0.500	0.080	6.900	6.900	0.000	0.064	0.000	0.595

*Fuente: Elaboración propia.*

La visualización de las curvas de dobles acumulados entre estación y vector de las zonas de estudio del grupo, permitió determinar si existe una buena relación entre el vector y las estaciones, puesto que no presenta

quiebres en sus curvas de dobles acumulaciones. Esto se ha trabajado con datos completados y corregidos.

Los cuadros de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos de análisis de tendencia para las series temporales de temperaturas máximas, medias y mínimas anuales, resultados anuales y las gráficas de tendencia lineal anual se presentan en los anexos.

Se han seleccionado 03 estaciones meteorológicas más confiables de la cuenca que son Lampa, Ayaviri y Muñani, para analizar mejor las tendencias de las temperaturas máximas y mínimas, con la finalidad de efectuar un análisis del comportamiento de la temperatura mensual y anual en la parte alta, media y baja; estos resultados del análisis respectivo de los test estadísticos se muestran en el anexo.

El análisis de tendencias de las temperaturas máximas mediante los test paramétricos y no paramétricos según las informaciones meteorológicas de las estaciones; en el primer grupo en caso de Ayaviri, Azángaro y Huancané presentan tendencias significativas al incremento con el 0.01 del nivel de significancia, Arapa presenta tendencias al incremento significativo con el 0.01 y 0.05 del nivel de significancia, y Lampa sólo con los test Mann Kendall y Ran Ksum tendencias positivas significativas con un 0.10 del nivel de significancia y con otros test no presentan tendencias significativas.

Además, las informaciones de temperaturas máximas de las estaciones del segundo grupo presentan, tendencias positivas Macusani y Progreso a un nivel de significancia de 0.01, Muñani presenta tendencias significativas sólo con los test regresión lineal al 0.05 y T-student a 0.10, mientras que Llalli y Chuquibambilla no presentan tendencias significativas.

Así mismo, las temperaturas medias de Ayaviri, Lampa, Azángaro, Huancané, Llalli, Muñani presentan tendencias significativas de incremento con un nivel de significancia de 0.01, Macusani presentan tendencias con incremento significativo al 0.05 del nivel de significancia, pero las estaciones de Progreso, Chuquibambilla y Arapa no presentan cambios significativas en el periodo de 1966 a 2010.

CUADRO 4.3

RESUMEN DEL ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS, MEDIAS Y MÍNIMAS, MEDIANTE LOS TEST PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS, ESTACIONES DEL GRUPO N°1, (1966-2012)

TEMPERATURA MAXIMA		ESTACIONES					
		AYAVIRI	LAMPA	AZANGARO	ARAPA	HUANCANE	
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		II	(+)		(+)	(+)	(+)
		III	(+)		(+)	(+)	(+)
		IV	(+) <sup>66-88</sup> > <sup>89-2010</sup>				
		V	(+) <sup>89-2010</sup> > <sup>66-88</sup>		(+) <sup>89-2010</sup> > <sup>66-88</sup>	(+) <sup>89-2010</sup> > <sup>66-88</sup>	(+) <sup>89-2010</sup> > <sup>66-88</sup>

TEMPERATURA MEDIA		ESTACIONES					
		AYAVIRI	LAMPA	AZANGARO	ARAPA	HUANCANE	
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)		(+)
		II	(+)	(+)	(+)		(+)
		III	(+)	(+)	(+)		(+)
		IV	(+) <sup>66-88</sup> > <sup>89-2010</sup>	(+) <sup>66-88</sup> > <sup>89-2010</sup>	(+) <sup>66-88</sup> > <sup>89-2010</sup>		(+) <sup>66-88</sup> > <sup>89-2010</sup>
		V	(+) <sup>89-2010</sup> > <sup>66-88</sup>	(+) <sup>89-2010</sup> > <sup>66-88</sup>	(+) <sup>89-2010</sup> > <sup>66-88</sup>		(+) <sup>89-2010</sup> > <sup>66-88</sup>

TEMPERATURA MINIMA		ESTACIONES					
		AYAVIRI	LAMPA	AZANGARO	ARAPA	HUANCANE	
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	(+)	(+)		(-)	
		II	(+)	(+)		(-)	
		III	(+)	(+)		(-)	
		IV		(+) <sup>66-88</sup> > <sup>89-2010</sup>		(-) <sup>66-88</sup> > <sup>89-2010</sup>	
		V		(+) <sup>89-2010</sup> > <sup>66-88</sup>		(-) <sup>89-2010</sup> > <sup>66-88</sup>	

REFERENCIAS

I	Test Mann Kendall	0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
II	Test Spearman Rho	0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
III	Test Regresion Lineal	0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
IV	Test Ran Ksum	(-)	Tendencia negativa (decreciente)
V	Test T-student	(+)	tendencia positiva (ascendente)

N.S.: Nivel de significancia

En el cuadro 4.3, muestran cambios significativos positivos las temperaturas máximas en todas las estaciones al 0.01 del nivel de significancia durante el periodo (1966-2010); las temperaturas mínimas de Ayaviri y Lampa presentan cambios significativos positivos al 0.01 del nivel de significancia, mientras que Arapa presentan tendencias negativas, pero las estaciones de Azángaro y Huancané no presentan cambios significativos; y las temperaturas medias de las estaciones presentan tendencias positivas, a excepción de la estación de Arapa no presentan cambios significativos.

**CUADRO 4.4**  
**RESUMEN DEL ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE LAS TEMPERATURAS**  
**MÁXIMAS MEDIAS Y MÍNIMAS, MEDIANTE LOS TEST PARAMÉTRICOS Y NO**  
**PARAMÉTRICOS, ESTACIONES DEL GRUPO N°2, (1966-2012)**

TEMPERATURA MAXIMA		ESTACIONES					
		LLALLI	MACUSANI	PROGRESO	MUÑANI	CHUQUIBAMBILLA	
AÑO HIDROLÓGICO	1966-2010	I		(-)	(+)		
		II		(-)	(+)		
		III		(-)	(+)	(-)	
		IV		(-)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010		
		V		(-)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(-)89-2010>66-88	

TEMPERATURA MEDIA		ESTACIONES					
		LLALLI	MACUSANI	PROGRESO	MUÑANI	CHUQUIBAMBILLA	
AÑO HIDROLÓGICO	1966-2010	I	(+)	(-)		(+)	
		II	(+)	(-)		(+)	
		III	(+)	(-)		(+)	
		IV	(+)66-88>89-2010	(-)66-88>89-2010		(+)66-88>89-2010	
		V	(+)89-2010>66-88			(+)89-2010>66-88	

TEMPERATURA MINIMA		ESTACIONES					
		LLALLI	MACUSANI	PROGRESO	MUÑANI	CHUQUIBAMBILLA	
AÑO HIDROLÓGICO	1966-2010	I	(+)	(+)	(-)	(+)	
		II	(+)	(+)	(-)	(+)	
		III	(+)	(+)	(-)	(+)	
		IV	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	(-)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	
		V	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(-)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	

**REFERENCIAS**

I	Test Mann Kendall	0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
II	Test Spearman Rho	0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
III	Test Regresion Lineal	0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
IV	Test Ran Ksum	(-)	Tendencia negativa (decreciente)
V	Test T-stdent	(+)	tendencia positiva (ascendente)

N.S.: Nivel de significancia

Además, en el cuadro 4.4, muestran que las temperaturas máximas de la estación de Progreso presenta cambios significativos positivos con 0.01 de nivel significancia, Macusani y Muñani presenta tendencias negativas, y Llalli y Chuquibambilla no presentan cambios significativos durante el periodo (1966-2010); las temperaturas mínimas de Llalli, Macusani y Muñani presentan cambios significativos positivos al 0.01 del nivel de significancia, y Progreso presentan tendencias negativas, mientras la estación Chuquibambilla no presentan cambios significativos; y las temperaturas medias de las estaciones de Llalli y Muñani presentan tendencias positivas,

pero las estaciones de Chuquibambilla y Progreso no presentan cambios significativos.

Así mismo, en los cuadros 4.47, 4.48 y 4.49 muestran un resumen de análisis de tendencias de los tres estaciones seleccionados para análisis de tendencias del periodo (1966-2012) en la parte baja, media y alta de la cuenca Ramis, donde se identifica mensualmente y anualmente si la serie temporal de temperaturas máximas, medias y mínimas presentan cambios significativos mediante test paramétricos y no paramétricos. En la estación Ayaviri, las temperaturas máximas en meses de agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre, febrero, abril, mayo, junio y julio tienden a incrementar. Mientras que en la estación Lampa sólo en los meses de setiembre y diciembre tienden a incrementar.

Igualmente, en los meses enero, abril, mayo, junio, julio y a nivel anual de la estación Muñani tienden a disminuir. Esto también se puede identificar en las gráficas de la línea de tendencias anuales que se presentan en los anexos. Pero, en las tres estaciones las temperaturas medias y mínimas a nivel anual tienen tendencias positivas.

#### ***4.1.1 Variación de las temperaturas medias en la cuenca***

Según el cuadro 4.56, las series de históricas las temperaturas del periodo de veinte años entre 1992 – 2012 no presentan variaciones considerables tal como muestran los valores de la desviación típica y la varianza de 0.723 y 0.523 respectivamente, pero dichos valores presentan variaciones mayores cuando se trabaja con series más largas desde 1966 hasta 2012. Puesto que en la cuenca el clima es bien definido, y este puede tener impacto socioeconómico considerable.

Por lo tanto, un aspecto práctico de importancia es la probabilidad de la ocurrencia de diversos categorías climáticos dados. El uso de conjuntos de datos de observación y re-análisis de la precipitación y temperatura cercano a la superficie de lago por efecto termoregulador, se analiza sistemáticamente en términos de tres categorías equiprobables (debajo de lo normal, casi normales, por encima de lo normal) para cuantificar la probabilidad de ocurrencia con referencia son anormales, y esto corrobora

Davey, Brookshaw, Ineson (2013), entonces las temperaturas presentan cambios en los patrones en el sistema climático.

#### **4.1.2 Variación de las temperaturas medias por estación.**

En el cuadro 4.57 de estadísticos descriptivos de temperaturas máximas muestran valores más altos de desviación típica (0.89) en la estación climatológico de Ayaviri, seguido de Azángaro durante el periodo de 20 años desde 1992-2012, pero si se presentan valores mayores cuando de analizan desde 1966 hasta 2012.

Además, se observó un aumento de la temperatura media anual de  $0.04^{\circ}\text{C}$  a lo largo del área de estudio, con tendencia de aumento en temperatura mensual en junio y en la primavera a lo largo de toda el área. Las tendencias más significativas observadas en la temperatura parecen ser consistentes entre las diferentes fuentes de datos, tal como corrobora Chaouche, *et al.* (2010).

En el cuadro 4.58 de estadísticos descriptivos de temperaturas mínimas muestran valores más altos en la desviación típica de 1.17 en la estación climatológico de Ayaviri, seguido de estación climatológico de Pucará con 1.08 durante el periodo de 20 años desde 1992-2012, pero si se presentan valores mayores cuando de analizan desde 1966 hasta 2012.

En el cuadro 4.59 de estadísticos descriptivos de temperaturas medias muestran valores más altos de la desviación típica de 0.79 en la estación climatológico de Pucara, seguido de la estación climatológica de Umachiri durante el periodo de 20 años desde 1992-2012 sin muchas variaciones considerables, pero si se presentan mayores variaciones cuando de analizan desde 1966 hasta 2012.

### 4.1.3 Influencia del cambio climático sobre la variación de las temperaturas

CUADRO 4.5

#### RESUMEN DEL MODELO DE VARIABLES PREDICTORAS DE TEMPERATURAS, CUENCA RAMIS, 1992-2012

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0.650 <sup>a</sup>	0.422	0.314	4.90061

a. Variables predictoras: (Constante), temperaturas medias, mínimas y máximas

Fuente: *Elaboración propia.*

Según el modelo de regresión lineal, los cambios en la temperatura se relacionan en un 42.2% con el cambio climático en los últimos 20 años hidrológicos para la cuenca del río Ramis, presentando una correlación alta de 65%, ya que las temperaturas máximas, medias y mínimas presentan variaciones cuando hay mayores cambios en el clima en el ámbito de la cuenca Ramis.

CUADRO 4.6

#### PRUEBA DE HIPÓTESIS MEDIANTE ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA<sup>a</sup>) DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS VARIABLES DEL CLIMA

Modelo	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	280.745	3	93.582	3.897	0.029 <sup>b</sup>
	Residual	384.255	16	24.016		
	Total	665.000	19			

a. Variable dependiente: Cambio climático  
b. Variables predictoras: (Constante), temperaturas medias, mínimas y máxima

Fuente: *Elaboración propia.*

Según la prueba de hipótesis de la distribución F en el análisis ANOVA, podemos determinar que existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las temperaturas de la cuenca del río Ramis, para los últimos 20 años, ya que el valor de significancia es 0.029, dicho valor es menor de 0.05 del nivel de significancia, según las pruebas estadísticas del cuadro 4.6.

Con los resultados del cuadro 4.7 de los coeficientes independientes podemos establecer que existe mayor influencia del cambio climático en las temperaturas máximas de 0.048 que es menor al 0.05 en la cuenca del río Ramis, seguido en las temperaturas medias, las influencias no es

significativa o representativas en las temperaturas mínimas en el periodo de 20 años de 1992 a 2012.

CUADRO 4.7

ANÁLISIS DE COEFICIENTES<sup>a</sup> INDEPENDIENTES DE TEMPERATURAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO, CUENCA RAMIS, 1992-2012

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.	
	B	Error tip.	Beta			
1	(Constante)	-89.842	39.040		-2.301	0.035
	Temperatura Máxima	34.574	16.398	3.037	2.108	0.048
	Temperatura Mínima	22.051	16.401	1.608	1.344	0.198
	Temperatura Media	-55.332	33.082	-3.791	-1.673	0.050

a. Variable dependiente: Cambio climático

Fuente: Elaboración propia.

Existe una relación positiva alta entre el cambio climático y las temperaturas máximas igual a 0.475\*, es decir a mayores temperaturas máximas en los años mayor será el cambio climático, mientras que existe una correlación negativa muy baja de -0.026 entre las temperaturas mínimas y el cambio climático, es decir a mayores temperaturas mínimas en los años menor serán el cambio climático la cuenca del río Ramis, mientras que la relación entre las temperaturas medias y el cambio climático es positiva baja de 0.258 según el cuadro 4.8.

CUADRO 4.8

CORRELACIONES BIVARIADAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO CON LAS VARIACIONES DE LAS TEMPERATURAS, CUENCA RAMIS, 1992-2012

		Correlaciones			
		Cambio climático	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Temperatura Media
Cambio climático	Correlación de Pearson	1	0.475*	-0.026	0.258
	Sig. (bilateral)		0.034	0.913	0.272
Temperatura Máxima	Correlación de Pearson	0.475*	1	0.506*	0.890**
	Sig. (bilateral)	0.034		0.023	0.000
Temperatura Mínima	Correlación de Pearson	-0.026	0.506*	1	0.836**
	Sig. (bilateral)	0.913	0.023		0.000
Temperatura Media	Correlación de Pearson	0.258	0.890**	0.836**	1
	Sig. (bilateral)	0.272	0.000	0.000	

\*. La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral).  
 \*\*. La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

**4.1.4 Modelos matemáticos para pronosticar las temperaturas máximas y mínimas para los próximos dieciséis años**

**CUADRO 4.9**

**COEFICIENTES DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS MEDIAS SEGÚN EL MODELO LINEAL, EN LA CUENCA RAMIS, 1992-2012**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Cambio climático	0.042	0.018	0.475	2.291	0.034
(Constante)	16.153	0.218		74.007	0.000

Fuente: Elaboración propia.

**Modelo lineal:**

$$\bar{Y} = \alpha - \beta(t)$$

$$\bar{Y} = 16.453 + 0.042(\text{año})$$

**CUADRO 4.10**

**COEFICIENTES DEL PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS SEGÚN EL MODELO LOGARÍTMICO**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Cambio climático)	0.305	0.132	0.477	2.301	0.034
(Constante)	15.946	0.299		53.249	0.000

Fuente: Elaboración propia.

**Modelo logarítmico:**

$$\log \bar{Y} = \log_a + \log_b(t)$$

$$\bar{Y} = 15.946 + \ln(0.305(\text{año}))$$

**CUADRO 4.11**

**COEFICIENTE DEL PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS SEGÚN EL MODELO EXPONENCIAL**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Cambio climático	0.003	0.001	0.480	2.319	0.032
(Constante)	16.149	0.211		76.524	0.000

La variable dependiente es ln(Temperatura máxima).

Fuente: Elaboración propia.

### Modelo exponencial:

$$\bar{Y} = a + e^{\beta x}$$

$$\bar{Y} = 16.149 + (e)^{0.003(\text{año})}$$

Las proyecciones del comportamiento del promedio de las temperaturas máximas presenta incrementos con los diferentes modelos de 0.069°C por año al 2030, estas pueden influir en los cambios de precipitación mediante la alteración de las propiedades termodinámicas de la masa de aire y por lo tanto el transporte de humedad a consecuencia del incremento de la temperatura, tal como confirman Zhang, Jianfeng, Singh P., Xiao, (2013) y el cambio climático indica un incremento de la temperatura ambiental, con variabilidad en el espacio y en el tiempo, el mayor impacto por incremento de la temperatura será en la agricultura.

CUADRO 4.12  
COEFICIENTE DEL PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÍNIMAS SEGÚN  
EL MODELO LINEAL

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Cambio climático	-0.002	0.017	-0.026	-0.111	0.913
(Constante)	2.465	0.206		11.980	0.000

Fuente: Elaboración propia.

### Modelo lineal:

$$\bar{Y} = \alpha - \beta(t)$$

$$\bar{Y} = 2.465 - 0.002(\text{año})$$

CUADRO 4.13  
COEFICIENTES DEL PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÍNIMAS SEGÚN  
EL MODELO LOGARÍTMICO

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Cambio climático)	-0.030	0.125	-0.056	-0.236	0.816
(Constante)	2.508	0.282		8.884	0.000

Fuente: Elaboración propia.

**Modelo logarítmico:**

$$\log \bar{Y} = \log_a + \log_b(t)$$

$$\bar{Y} = 2.508 - \ln(0.030(\text{año}))$$

CUADRO 4.14

COEFICIENTES DEL PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÍNIMAS SEGÚN EL MODELO EXPONENCIAL

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Cambio climático	0.001	0.007	-0.010	-0.042	0.967
(Constante)	2.416	0.210		11.489	0.000

*La variable dependiente es Temperatura Mínima.*

Fuente: Elaboración propia.

**Modelo exponencial:**

$$\bar{Y} = a + e^{\beta x}$$

$$\bar{Y} = 2.416 + (e)^{0.001(\text{año})}$$

El promedio de las temperaturas mínimas proyectadas con diferentes modelos presentan variaciones en el tiempo un incremento de 0.015°C anual al 2030 en la cuenca, pero las temperaturas mínimas extremas presentan disminuciones de -2.83°C al 2030 en el tiempo y espacio, son estas las que vienen alterando el comportamiento del sistema climático, tal como manifiestan Zhang, Jianfeng, Singh P., Xiao, (2013).

Los métodos estadísticos basados en regresiones predicen un mayor aumento en otoño e invierno de las temperaturas mínimas, tal como indican Chen, Brissette, Leconte, (2011). La magnitud del aumento en la temperatura mínima es mayor que en la temperatura máxima en algunas latitudes, pero en la cuenca Ramis no es significativa, más bien son extremadamente irregulares en el espacio y el tiempo.

De acuerdo con los resultados de los modelos de temperatura media anual, el aire de la superficie crecerá a partir del valor actual de 10,4°C a 11,5°C en 2030-2050, y 13,2°C en 2070-2090. Esto tendrá un significativo

impacto en las tasas de evaporación, sobre todo en primavera y verano, cuando el aumento de las temperaturas será más significativo según indican Helfer, Lemckert y Zhang (2012), y subirá la tasa de evaporación.

Con el cambio climático, se espera que en la cuenca cause aumento de las temperaturas y altere patrones de precipitación y eventos climáticos más frecuentes y extremos, tal como ratifican otros investigadores como Ritson, Graham, Templeton, Clark, Gough y Freeman (2014).

El incremento de la temperatura según los cuadros 4.6, 4.7 y 4.8 previsto en las temporadas de invierno y primavera afectará a los cambios de evaporación y precipitación, y en consecuencia la proporción nieve/precipitación y el volumen de agua almacenada en la capa arable de suelo, y una gran parte del ciclo hidrológico y esto ratifican Boyer, Chaumont, Chartier y Roy (2010).

#### 4.2 COMPORTAMIENTO DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES

Antes de proceder a efectuar el modelamiento de las series de precipitaciones pluviales fue necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie consistente, homogénea y confiable; porque la inconsistencia puede generar error significativo e introduciendo errores en todos los análisis futuros que se realicen. El análisis de consistencia de la información meteorológica se realiza con tres métodos (gráfico, curva doble masa y estadístico) y software hydraccess agrupando las estaciones pluviométricas en tres grupos.

En la figura 4.18 muestra el análisis de doble masa, donde la estación Pucara es una estación base seleccionada por presentar mayor regularidad, menor número de puntos de quiebre y el coeficiente de correlación ( $r$ ) más próximo a la unidad (ver cuadro 4.15). La comparación de la serie de precipitaciones anuales muestra pequeños quiebres y dichos quiebres fueron evaluadas con el análisis estadístico.

CUADRO 4.15

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (r) PARA CADA ESTACIÓN - GRUPO N° 1, 2014

<b>Coeficiente de correlación de la precipitación total anual</b>			
Estaciones	Pucara	Arapa	Taraco
Coeficiente (r)	0.989	0.784	0.781

*Fuente: Elaboración propia*

Así mismo, el análisis de doble masa de la figura, con estación base seleccionado de Progreso por presentar mayor regularidad, menor número de puntos de quiebre y el coeficiente de correlación (r) más próximo a la unidad (ver cuadro 4.16). La comparación de la serie de precipitaciones anuales de las estaciones muestran pequeños quiebres, y estas fueron evaluadas con el análisis estadístico (ver figura 4.19).

CUADRO 4.16

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (r) PARA CADA ESTACIÓN-GRUPO N° 2, 2014

<b>Coeficiente de correlación de la precipitación total anual</b>			
Estaciones	Ayaviri	Azángaro	Progreso
Coeficiente (r)	0.841	0.731	0.876

*Fuente: Elaboración propia*

Además, en el análisis de doble masa, la estación Ananea es seleccionada como estación base por presentar mayor regularidad, menor número de puntos de quiebre y coeficiente de correlación (r) más próximo a la unidad (ver cuadro 4.17). La comparación de la serie de precipitaciones anuales de las estaciones muestra pequeños quiebres y fueron evaluadas con el análisis estadístico (ver figura 4.20).

CUADRO 4.17

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (r) PARA CADA ESTACIÓN-GRUPO N° 3, 2014

<b>Coeficiente de correlación de la precipitación total anual</b>			
Estaciones	Crucero	Ananea	Chuquibambilla
Coeficiente (r)	0.665	0.756	0.701

*Fuente: Elaboración propia*

El análisis estadístico se realiza en forma mensual de cada una de las estaciones, mediante la prueba T para las medias y F para la desviación estándar dividiendo en dos sub series las precipitaciones mensuales de las

estaciones seleccionadas. Las pruebas de hipótesis se hacen al nivel de significancia de 5% y una probabilidad de 95%.

CUADRO 4.18

ANÁLISIS DE SALTOS DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES-GRUPO N° 1, 2014.

Estacion	Periodo	Periodo de Analisis	N° de datos	Promedio	Desviación estandar	Consistencia en la Media			Consistencia en la Desviación Estandar		
						Tc	Tt	Diferencia Medias	Fc	Ft	Diferencia Varianzas
Pucara	N <sub>1</sub>	1966-1994	348	64.16	65.41	0.801	1.976	No	1.065	1.246	No
	N <sub>2</sub>	1995-2010	192	59.58	63.31						
Arapa	N <sub>1</sub>	1966-1987	264	62.56	64.90	1.767	1.986	No	1.301	1.235	Si
	N <sub>2</sub>	1988-2010	276	53.74	52.67						
Taraco	N <sub>1</sub>	1966-1987	264	51.04	59.34	0.631	1.986	No	1.370	1.235	Si
	N <sub>2</sub>	1988-2010	276	48.10	50.69						

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.19

ANÁLISIS DE SALTOS DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES-GRUPO N° 2, 2014.

Estacion	Periodo	Periodo de Analisis	N° de datos	Promedio	Desviación estandar	Consistencia en la Media			Consistencia en la Desviación Estandar		
						Tc	Tt	Diferencia Medias	Fc	Ft	Diferencia Varianzas
Ayaviri	N <sub>1</sub>	1964-1978	156	50.69	57.40	-0.774	1.986	No	1.081	1.181	No
	N <sub>2</sub>	1991-2010	348	55.02	59.78						
Azangaro	N <sub>1</sub>	1966-1983	204	40.80	45.20	-1.546	1.967	No	1.328	1.256	Si
	N <sub>2</sub>	1991-2010	228	47.93	51.87						
Progreso	N <sub>1</sub>	1966-1984	228	47.18	47.90	-0.779	1.989	No	1.206	1.233	No
	N <sub>2</sub>	1985-2010	312	50.55	52.63						

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.20

ANÁLISIS DE SALTOS DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES-GRUPO N° 3, 2014

Estacion	Periodo	Periodo de Analisis	N° de datos	Promedio	Desviación estandar	Consistencia en la Media			Consistencia en la Desviación Estandar		
						Tc	Tt	Diferencia Medias	Fc	Ft	Diferencia Varianzas
Crucero	N <sub>1</sub>	1966-1989	276	75.02	72.82	1.687	1.978	No	1.145	1.239	No
	N <sub>2</sub>	1990-2010	252	64.79	68.04						
Ananea	N <sub>1</sub>	1966-1987	264	54.12	48.85	0.898	1.978	No	1.158	1.235	No
	N <sub>2</sub>	1988-2010	276	50.56	45.39						
Chuquibambilla	N <sub>1</sub>	1966-1992	312	58.30	59.12	-0.639	1.976	No	0.852	1.239	No
	N <sub>2</sub>	1993-2010	276	61.66	64.00						

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas estadísticas muestran en los cuadros 4.18, 4.19 y 4.20 que no existe diferencia significativa entre las medias de los periodos de análisis de las series históricas de precipitaciones pluviales en los tres grupos analizados de estaciones seleccionadas de la cuenca Ramis, puesto que  $T_C \leq T_T$ .

En cuanto a varianzas existe una diferencia significativa en las estaciones Arapa, Taraco, Azángaro, lo que significa que hay variabilidad

en las sub series de precipitación total mensual, porque  $F_C > F_T$ . Este cambio de la varianza se atribuye a cambios climáticos regionales, porque el análisis de doble masa no evidencia mayores quiebres, por lo tanto se consideran consistentes y homogéneos los datos de las series históricas de las precipitaciones pluviales.

El proceso de completación de información pluviométrica se realiza mediante correlación múltiple cruzada entre los datos de precipitación mensual de las estaciones consistentes y para cada periodo, buscando el coeficiente de correlación más adecuado mediante el software hydraccess. Dichos hidrogramas resultantes de la completación y extensión de las series anuales se muestran en los anexos.

Por otro lado, en el cuadro 4.72 para la serie histórico de 1966-2012, no se ve tendencia marcada o evidente. En la estación Taraco en el mes de mayo, junio y julio las precipitaciones pluviales tienden a aumentar y a nivel anual para las tres estaciones su comportamiento es estable, es decir no presenta cambios significativos en la precipitación.

Además, en el cuadro 4.76 para la serie histórico 1966-2012, no se ve tendencia evidente. En las estaciones de Azángaro y Progreso en el mes de setiembre las precipitaciones tienden a disminuir, para Ayaviri en mes de octubre tiende a incrementar y para enero, marzo y abril tienden a incrementar en Ayaviri y Azángaro. A nivel anual el comportamiento de las precipitaciones es estable, es decir no presenta cambios significativos.

En el cuadro 4.80 las tendencias son menos evidentes. En las estaciones de Crucero, Ananea y Chuquibambilla en el mes de setiembre presentan tendencias decrecientes significativas, es decir, disminución de las precipitaciones; para Ananea y Chuquibambilla en el mes de febrero tiende a incrementar. A nivel anual las precipitaciones en la estación Crucero tiende a disminuir según las pruebas de t-student's presentando un gradiente negativo.

Los resultados de los test estadísticos paramétricos y no paramétricos en los cuadros y los gráficos de los gradientes para cada estación del anexo.

En el verano ha cambiado la precipitación (en cantidad y frecuencia), este cambio no sólo depende de un cambio en la circulación atmosférica, sino también del aumento de la temperatura, y las investigaciones sobre el impacto del cambio climático. Precipitaciones mensuales muestran disminución pero estas tendencias no son significativas en las precipitaciones observadas, tal con afirman Chaouche, *et al.* (2010).

**CUADRO 4.21**  
**RESUMEN DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL DE PRECIPITACIÓN,**  
**CUENCA RAMIS, 1992-2012**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0.730 <sup>a</sup>	0.533	-0.229	6.002

a. Variables predictoras: (Constante), precipitación máximas de 24 horas, días de precipitación, precipitación Total

*Fuente: Elaboración propia*

Según el modelo de regresión lineal, la relación no es significativa, pero podemos determinar que los cambios en las precipitaciones pluviales se relacionan en solo un 5.3% con el cambio climático en los últimos 20 para la cuenca del río Ramis.

**CUADRO 4.22**  
**ANOVA<sup>a</sup> DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES, CUENCA RAMIS, 1992-**  
**2012.**

Modelo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	88.703	3	29.568	0.821	0.0401 <sup>b</sup>
	Residual	576.297	16	36.019		
	Total	665.000	19			

a. Variable dependiente: Cambio Climático

b. Variables predictoras: (Constante), precipitación máxima en 24 horas, días de precipitación, precipitación total

*Fuente: Elaboración propia*

Según la prueba de hipótesis de la distribución F del análisis ANOVA, podemos determinar que no existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las precipitaciones pluviales de la cuenca Ramis, porque  $F_c \leq F_T(2.24)$ , para los años de 1992 al 2012, pero contrariamente se afirma en base al valor del significancia igual a  $0.0401 = 4.01\%$  es menor a un error del  $0.05 = 5\%$ .

CUADRO 4.23  
ANÁLISIS DE COEFICIENTES INDEPENDIENTES, SEGÚN PRUEBA T

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	3.852	26.889		0.143	0.888
1 Precipitación Total	-0.192	0.282	-0.378	-0.682	0.051
1 Días de precipitación	2.436	2.495	0.426	0.976	0.034
1 Precipitación máxima de 24 h	-0.570	1.077	-0.185	-0.529	0.064

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de los coeficientes independientes del cuadro 4.23, podemos establecer que no existe influencia significativa del cambio climático en las precipitaciones pluviales en la cuenca porque la  $T_c \leq T_T(2.093)$ , además la precipitación total y precipitación máxima de 24 horas tienen relación inversas. Es decir, a mayor variación del clima menor serán las precipitaciones pluviales y las máximas de 24 horas.

Cambios en las precipitaciones pueden tener un impacto ya sea positivo o negativo estos pueden ser muy dependientes de los tipos de circulación atmosférica, tal como afirman Goldberg, Radley M. Horton y Rosenzweig, (2013). Los resultados están influenciados por el aumento de la temperatura que podría cambiar la tasa de evapotranspiración y la forma de precipitación, y posteriormente patrones de caudales mensuales.

**CUADRO 4.24**  
**CORRELACIONES BIVARIADAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO CON LAS**  
**VARIACIONES DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA CUENCA**  
**DEL RÍO RAMIS, 1992-2012**

		Cambio Climático	Precipitación Total	Días de precipitación	Precipitación máxima de 24 horas
Cambio climático	Correlación de Pearson	1	-0.160	0.049	-0.282
	Sig. (bilateral)		0.501	0.839	0.228
	N	20	20	20	20
Precipitación total	Correlación de Pearson	-0.160	1	0.811**	0.686**
	Sig. (bilateral)	0.501		0.000	0.001
	N	20	20	20	20
Días de precipitación	Correlación de Pearson	0.049	0.811**	1	0.382
	Sig. (bilateral)	0.839	0.000		0.097
	N	20	20	20	20
Precipitación máxima de 24 horas	Correlación de Pearson	-0.282	0.686**	0.382	1
	Sig. (bilateral)	0.228	0.001	0.097	
	N	20	20	20	20

\*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

*Fuente: Elaboración propia*

Según los resultados obtenidos en el cuadro 4.24 no existen relaciones significativas bivariadas entre el cambio climático y los factores de precipitación, pero podemos decir que existe una relación negativa muy baja entre el cambio climático y la precipitación total de -0.160, lo que indica que a mayor tiempo y cambios en el clima, menor es la precipitación total que se presentan en la cuenca Rámis, dicho comportamiento también ocurre con las precipitaciones máximas de 24 horas.

**CUADRO 4.25**  
**COEFICIENTES<sup>a</sup> DE PRECIPITACIÓN TOTAL SEGÚN EL MODELO LINEAL**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.	
	B	Error típ.	Beta			
1	(Constante)	89.154	5.481		16.266	0.000
	Cambio Climático	-0.314	0.458	-0.160	-0.686	0.501

a. Variable dependiente: Precipitación total

*Fuente: Elaboración propia*

**Modelo lineal:**

$$\bar{Y} = 89.154 - 0.314(\text{año})$$

**CUADRO 4.26**  
**COEFICIENTES DE PRECIPITACIÓN TOTAL SEGÚN EL MODELO LOGARÍTMICO**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Cambio Climático)	-1.881	3.345	-0.131	-0.562	0.581
(Constante)	89.840	7.560		11.884	0.000

*Fuente: Elaboración propia*

**Modelo logarítmico:**

$$\log \bar{Y} = \log_a + \log_b(t)$$

$$\bar{Y} = 89.840 - \ln(1.881(\text{año}))$$

**CUADRO 4.27**  
**COEFICIENTES DE PRECIPITACIÓN TOTAL SEGÚN EL MODELO EXPONENCIAL**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Cambio climático	-0.004	0.005	-0.163	-0.699	0.493
(Constante)	88.428	5.454		16.212	0.000

La variable dependiente es ln(Precipitación total).

*Fuente: Elaboración propia*

**Modelo exponencial:**

$$\bar{Y} = a + e^{Bx}$$

$$\bar{Y} = 88.428 - (e)^{0.004(\text{año})}$$

La precipitación no sigue una tendencia significativa clara y que todos los escenarios sugieren un moderado descenso de las precipitaciones para mediados de siglo (2 a 4%) y para el final del siglo (4.5 a 5.5%), esto corrobora Ribalaygua, *et al.* (2013). Las proyecciones presentadas en el presente trabajo exhiben una mayor incertidumbre, pero cuando se trabaja en función a los datos completos de la serie histórica presenta tendencias claras.

Así mismo, el potencial de desplazamiento temporal de los eventos extremos de precipitación, junto con el aumento de la intensidad global puede exacerbar la magnitud de las crecidas y dar lugar a un aumento de las cargas de sedimentos y sustentos al río, esto corroboran Dingbao Wang, Scott C. Hagen y Alizad (2013)

También, los cambios en las precipitaciones extremas son relativamente pequeños, y sólo las tendencias regionales en días húmedos consecutivos fueron significativas. Estas tendencias son difíciles de detectar y en contra de la variabilidad a escala más grande de la precipitación. La distribución espacial de los cambios de todos los índices extremos climáticos refleja la complejidad general climática y la influencia de la topografía tal como reconocen Li Zongxing, *et. al.* (2012). Además, si se continúa, estas tendencias pueden conducir a un aumento en la frecuencia de otro tipo potencialmente peligroso de los fenómenos extremos: períodos prolongados sin precipitaciones que causan daños a la infraestructura real y daño a la vida humana.

#### 4.3 RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS FRENTE A LOS COMPORTAMIENTOS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

##### 4.3.1 Medidas de tendencia central y variabilidad de rendimiento de los cultivos

CUADRO 4.28

*MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS SELECCIONADOS EN LA CUENCA RAMIS, 1992–2012*

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Haba	838.39	1215.83	1029.0780	112.07095	12559.898
Papa	5799.46	10287.98	8430.2745	1531.66743	2346005.119
Quinoa	766.74	1970.78	1000.7055	259.08518	67125.129

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y SENAMHI, 2013.

Las variables climáticas para cultivos seleccionados influyen de distinta intensidad, para cultivo de haba según cuadro 4.92 las temperaturas óptimas oscila entre 11.5 a 16°C durante su fase fenológico, temperaturas constantes superiores a 23°C, así como una fluctuación térmica diaria con temperaturas diurnas superiores a 20°C y temperaturas nocturnas debajo de 10°C, pueden inhibir la floración (Evans, citado por Summerfield y Roberts, 1985). El cultivo de papa es más sensible a heladas, crece y produce bien con temperaturas fresca principalmente de noche favorece a la formación de tubérculos, para el crecimiento vegetativo es bueno entre 20-25°C, y la temperatura óptimo para la producción de tubérculos está entre 18-20°C, mientras que las temperaturas altas de 28-30°C impiden el crecimiento de los tubérculos al gastar la planta en respiración toda la producción de la fotosíntesis, de referencia cuadro 4.93.

Finalmente, según el cuadro 4.91 la temperatura media para el cultivo de la quinua es de alrededor de 15-20°C, sin embargo se ha observado que con temperaturas medias de 10°C se desarrolla perfectamente el cultivo, así como con temperaturas altas de hasta 25°C, dicho cultivo posee un mecanismo de escape y tolerancia a bajas temperaturas, puede soportar hasta menos de 8°C en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano. Respecto a temperaturas extremas altas por encima de 38°C, se ha observado que produce aborto de flores y muerte de estimas y estambres, imposibilitando así la formación de polen y por lo tanto la formación de grano, (FAO, 1994).

#### 4.3.2 Rendimiento promedio del cultivo de haba frente a las variables climáticas

CUADRO 4.29

RESUMEN DEL MODELO DE RELACIÓN ENTRE CULTIVO Y CLIMA

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0.694 <sup>a</sup>	0.482	0.215	105.40396
a. Variables predictoras: (Constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación total				

*Fuente: Elaboración propia*

Según el modelo la relación es significativamente alta, donde se tiene un R cuadrado de 0.482, lo que significa que un aproximado del 48.2% de los cambios en el rendimiento del cultivo de haba grano seco son a consecuencia de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en los últimos 20 años para la cuenca del río Ramis, puesto que el altiplano peruano es considerado una de las zonas más sensibles y perturbadas por la variabilidad climática con implicancias en las actividades del sector agropecuario, tal como indica Sanabria *et. al.* (2007).

CUADRO 4.30

ANOVA<sup>a</sup> DE LA REGRESIÓN RESIDUAL TOTAL PARA EL CULTIVO DE HABA

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	R	F	Sig.
1	Regresión	71988.123	4	17997.031	0.694 <sup>b</sup>	1.620	0.042 <sup>b</sup>
	Residual	166649.935	15	11109.996			
	Total	238638.058	19				
a. Variable dependiente: Haba							
b. Variables predictoras: (Constante), temperatura mínima, días de precipitación, Temperatura máxima, Precipitación Total							

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de hipótesis de la distribución F con el análisis ANOVA del cuadro 4.30, determina que no existe una influencia significativa de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en el rendimiento del cultivo de la haba grano seco de la cuenca para los años de 1992 al 2012, puesto el valor de  $F_C \leq F_T(2.24)$  esto indica que no hay variación estadísticamente, pero el valor de significancia es igual a  $0.042 = 4.2\%$  que es menor a un error del  $0.05 = 5\%$ , puesto que se requiere una precipitación pluvial promedio 800mm y las temperaturas óptimas durante su ciclo vegetativo esta entre  $11.5-16^\circ\text{C}$  y superiores a  $20^\circ\text{C}$  pueden inhibir la floración, por ende la disminución en el rendimiento del cultivo de haba (FAO, 1994).

CUADRO 4.31

COEFICIENTES<sup>a</sup> NO ESTANDARIZADAS Y TIPIFICADAS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-1971.844	1328.334		-1.484	0.158
	Precipitación Total	-0.041	3.902	-0.004	-0.011	0.092
	Días de precipitación	71.701	40.345	0.662	1.777	0.045
	Temperatura máxima	138.412	72.697	0.642	1.904	0.036
	Temperatura mínima	-118.153	80.453	-0.455	-1.469	0.163
a. Variable dependiente: Haba						

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de los coeficientes independientes del cuadro 4.31, establece que existe influencia inversa a un 4% de error del cambio en las

temperaturas máximas y los días de precipitación en el rendimiento del cultivo de la haba grano seco, para los años de 1992 al 2012, porque ninguna de las variables climáticas estadísticamente son significativas  $T_C \leq T_T(2.093)$ , ya que la oscilación de temperaturas extremas viene superando los 20°C durante el día y de noche por debajo de los 10°C, y del mismo modo los días de precipitación es importante para que sean un ambiente fresca (FAO, 2002).

CUADRO 4.32

CORRELACIONES BIVARIADAS DEL CULTIVO DE HABA CON LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS, 1992-2012

		Haba grano seco	Precipitación Total	Días de precipitación	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Haba grano seco	Correlación de Pearson	1	0.146	0.312	0.139	-0.014
	Sig. (bilateral)		0.539	0.180	0.560	0.952
Precipitación Total	Correlación de Pearson	0.146	1	0.811**	-0.438	0.233
	Sig. (bilateral)	0.539		0.000	0.053	0.324
Días de precipitación	Correlación de Pearson	0.312	0.811**	1	-0.415	0.176
	Sig. (bilateral)	0.180	0.000		0.069	0.458
Temperatura máxima	Correlación de Pearson	0.139	-0.438	-0.415	1	0.506*
	Sig. (bilateral)	0.560	0.053	0.069		0.023
Temperatura mínima	Correlación de Pearson	-0.014	0.233	0.176	0.506*	1
	Sig. (bilateral)	0.952	0.324	0.458	0.023	
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).						
* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).						

Fuente: *Elaboración propia*

Según el cuadro 4.32, de los resultados obtenidos existen relaciones significativas bivariadas bajas entre la variación de las temperaturas, precipitaciones pluviales y el rendimiento del cultivo de la haba grano seco de la cuenca, durante los años 1992-2012, pero las temperaturas mínimas afectan negativamente en el rendimiento de los cultivos de haba, tal como corrobora Aragón (1995).

En la figura 4.28 muestra que, a mayor incremento de la precipitación pluvial incrementa el rendimiento del cultivo de haba grano seco, proyectadas mediante tres modelos (lineal, logarítmica y exponencial), pero presentan cierta disminución del periodo de crecimiento debido al aumento de la temperatura, la migración de los humedales, siguiendo los cambios en la precipitación (IPCC, 2002). En el caso de actividades socioeconómicas ejemplos de adaptaciones

reactivas serían cambios en las prácticas agrícolas o en el patrón de uso del agua.

En la agricultura en el ámbito de estudio presentan reducción de daños por heladas, aumento de peligros por calor en algunos cultivos y animales; disminución de la amplitud térmica diaria; aumento en la demanda de riego; mayor frecuencia de ataques de insectos. Modificar los calendarios de labores; cambiar la proporción de animales en pastizales; adoptar y desarrollar nuevas variedades resistentes; y establecer programas para seguridad alimentaria.

El mayor impacto por incremento de la temperatura será en la reducción del ciclo fenológico de los cultivos anuales. Por tanto es necesario implantar acciones de adaptación: en primer lugar el uso de híbridos o variedades de ciclo más largo que las actuales, con resistencia al estrés térmico, y en segundo lugar, la compactación del periodo de siembra hacia los meses más fríos (Ojeda-Bustamante, 2011).

Cuando aumenta la temperatura generalmente reducen la producción en todos los escenarios. Cambios en las precipitaciones pueden tener impacto ya sea positivo o negativo, con un alto grado de incertidumbre a través de los modelos climáticos globales (Ruane, *et al.*, 2013).

#### 4.3.3 Rendimiento promedio del cultivo de la papa frente a las variables climáticas

CUADRO 4.33  
RESUMEN DEL MODELO DEL RENDIMIENTO DE PAPA Y  
VARIABLES CLIMÁTICOS, CUENCA RAMIS, 1992-2012

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0.839 <sup>a</sup>	0.704	0.599	1084.62201

a. Variables predictoras: (Constante), temperaturas mínimas, días de precipitación, temperaturas máximas, precipitación total

Fuente: Elaboración propia.

Según el cuadro 4.33, la relación es altamente significativa, de donde tenemos un R cuadrado de 0.704, lo que significa que un aproximado del 70.4% de los cambios en el rendimiento del cultivo de la papa son a consecuencia de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en los últimos 20 periodos en la cuenca.

**CUADRO 4.34**  
**ANOVA<sup>A</sup> DE LA REGRESIÓN RESIDUAL TOTAL PARA EL**  
**CULTIVO DE PAPA, CUENCA RAMIS, 1992-2012**

Modelo		Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	26928023.736	4	6732005.934	5.723	0.005 <sup>b</sup>
	Residual	17646073.520	15	1176404.901		
	Total	44574097.256	19			

a. Variable dependiente: Papa  
b. Variables predictoras: (Constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación Total  
*Fuente: Elaboración propia.*

Según la prueba de hipótesis de la distribución F con el análisis ANOVA la  $F_C > F_T(2.24)$ , esto determina que existe una influencia significativa de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en el rendimiento del cultivo de la papa en la cuenca del río Ramis, durante los años de 1992 al 2012, porque tenemos un valor de significancia igual a  $0.005 = 0.5\%$  mucho menor a un error del  $0.05 = 5\%$  y tal como se muestran en el cuadro 4.34.

**CUADRO 4.35**  
**COEFICIENTES<sup>a</sup> NO ESTANDARIZADOS Y TIPIFICADOS DE VARIABLES**  
**CLIMÁTICOS**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficiente tipificados	T	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-52067.583	13668.753		-3.809	0.002
	Precipitación Total	-15.025	40.156	-0.114	-0.374	0.714
	Días de precipitación	1313.763	415.161	0.888	3.164	0.006
	Temperatura máxima	2977.397	748.062	1.010	3.980	0.001
	Temperatura mínima	-2403.648	827.873	-0.677	-2.903	0.011

a. Variable dependiente: Papa

*Fuente: Elaboración propia.*

Con los resultados de los coeficientes independientes podemos establecer que existe una influencia altamente significativa de las temperaturas máximas en rendimiento del cultivo de la papa, siendo su valor de significancia igual a 0.001, mientras que los días de precipitación también tienen una influencia altamente significativa (sig. = 0.006) en el rendimiento del cultivo de la papa así como las temperaturas mínimas influye negativamente de manera

significativa (sig. = 0.011) en el rendimiento del cultivo de la papa de la cuenca del río Ramis, para los años de 1992 al 2012, mientras que la precipitación total no tiene influencia significativa, pero influye negativamente según el cuadro 4.35. Además  $T_C > T_T(2.093)$  en todas las variables climáticas, con excepción de la precipitación total ( $T_C \leq T_T(2.093)$ ).

La reducción de rendimiento de los cultivos relativa se estimó a partir de un factor de estrés del agua, que es una función del contenido de humedad del suelo. Contenido medio de humedad del suelo para el ámbito de estudio se determinó por medio de un enfoque de balance del agua simple. Y la reducción media del rendimiento de los cultivos en relación a 20 años para todos los escenarios se redujo por el descenso irregular de las precipitaciones y esto afirma Harmsen, Miller, Schlegel y González (2009).

Los impactos del cambio climático sobre la agricultura podría posiblemente ser más importante para los países en desarrollo en las regiones tropicales: sus poblaciones dependen básicamente de la agricultura de subsistencia y recursos dependientes el clima, la pobreza limita su capacidad de anticipación y adaptación al cambio climático y actualmente en él se plantea un serio desafío a seguridad alimentaria por el crecimiento de la población en esas regiones. Las actuales proyecciones de los impactos del cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos tropicales, a pesar de que el promedio negativo, siguen en gran medida incierto: Hace falta, en gran escala, las evaluaciones cuantitativas más consistentes, esto confirman Berg, Noblet-Ducoudré, Sultan, Lengaigne y Guimberteau (2013).

La disminución del rendimiento se relaciona linealmente con el acortamiento del período de crecimiento causado por el aumento de la temperatura y descenso de las precipitaciones pluviales, y esto reconoce Islam, Ahuja, García, Ma, Saseendran y Trucha (2012).

CUADRO 4.36

CORRELACIONES BIVARIADAS DEL CULTIVO DE PAPA CON LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN LA CUENCA DEL RIO RAMIS, 1992-2012.

		Papa	Precipitación Total	Días de precipitación	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Papa	Correlación de Pearson	1	0.006	0.257	0.349	-0.036
	Sig. (bilateral)		0.979	0.275	0.131	0.880
Precipitación Total	Correlación de Pearson	0.006	1	0.811**	-0.438	0.233
	Sig. (bilateral)	0.979		0.000	0.053	0.324
Días de precipitación	Correlación de Pearson	0.257	0.811**	1	-0.415	0.176
	Sig. (bilateral)	0.275	0.000		0.069	0.458
Temperatura máxima	Correlación de Pearson	0.349	-0.438	-0.415	1	0.506*
	Sig. (bilateral)	0.131	0.053	0.069		0.023
Temperatura mínima	Correlación de Pearson	-0.036	0.233	0.176	0.506*	1
	Sig. (bilateral)	0.880	0.324	0.458	0.023	

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).  
 \* . La correlación es significante al nivel 0.05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Según en cuadro 4.36 de los resultados obtenidos, podemos decir que las temperaturas mínimas influyen negativamente en el cultivo de la papa, es decir, a temperaturas más bajas menor es el rendimiento de la papa, puesto es más sensible a las temperaturas bajas. Mientras que las temperaturas máximas, precipitación total y días de precipitación se relacionan de manera positiva con el rendimiento de la papa en la cuenca Ramis, pero no son significativos.

Los principales impactos del cambio climático estarán en los cultivos de secano, que representan casi el 60% de la superficie de tierras de cultivo, y estas serán altamente vulnerables al cambio climático. La producción de cultivos se puede aumentar mediante el uso de semillas de calidad, de variedades de alto rendimiento y resistentes al estrés, combinado con el uso juicioso de los insumos, en particular el agua y los nutrientes. Los cambios climáticos afectan a las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria, es decir, la disponibilidad, el acceso a los alimentos, la estabilidad de los suministros de alimentos y utilización de los alimentos, tal como confirman Singh, *et al.* (2013).

#### 4.3.4 Rendimiento promedio del cultivo de quinua frente a las variables climáticas.

CUADRO 4.37

RESUMEN DEL MODELO DE LA RELACIÓN DEL RENDIMIENTO DE QUINUA Y VARIABLES CLIMÁTICOS, CUENCA RAMIS 1992-2012

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0.815 <sup>a</sup>	0.664	0.575	168.95366

a. Variables predictoras: (Constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación total

Fuente: Elaboración propia

Según el modelo del cuadro 4.37, la relación es altamente significativa, de donde tenemos un R cuadrado de 0.664, lo que significa que un aproximado del 66.4% de los cambios en el rendimiento del cultivo de la quinua son a consecuencia de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en los últimos 20 años en la cuenca Ramis.

CUADRO 4.38

ANÁLISIS DE ANOVA<sup>a</sup> DE REGRESIÓN RESIDUAL TOTAL PARA EL CULTIVO DE PAPA, CUENCA RAMIS, 1992-2012

Modelo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	847197.365	4	211799.341	7.420	0.002 <sup>b</sup>
	Residual	428180.088	15	28545.339		
	Total	1275377.453	19			

a. Variable dependiente: Quinua  
b. Variables predictoras: (Constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación total

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de hipótesis de la distribución F con el análisis ANOVA el  $F_C > F_T(2.24)$ , podemos establecer que existe una influencia significativa de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en el rendimiento del cultivo de la quinua en el ámbito de estudio, para los años de 1992 al 2012, porque se tiene un valor de significancia igual a  $0.002 = 0.2\%$  que es mucho menor a un error del  $0.05 = 5\%$ .

CUADRO 4.39

COEFICIENTES<sup>a</sup> NO ESTANDARIZADAS Y TIPIFICADAS DE VARIABLES CLIMÁTICAS, CUENCA RAMIS, 1992-2012

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.	
	B	Error típ.	Beta			
1	(Constante)	-7948.622	2129.208		-3.733	0.002
	Precipitación Total	22.193	6.255	0.997	3.548	0.003
	Días de precipitación	-72.179	64.670	-0.288	-1.116	0.282
	Temperatura máxima	571.367	116.527	1.146	4.903	0.000
	Temperatura mínima	-585.722	128.959	-0.975	-4.542	0.000

a. Variable dependiente: Quinua

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de los coeficientes independientes podemos establecer que existe una influencia altamente significativa cuando  $T_c > T_T(2.093)$ , ya que la precipitación total (sig. = 0.003), las temperaturas máximas (sig. = 0.000) y las temperaturas mínimas (sig. = 0.000) tienen una fuerte influencia en el rendimiento del cultivo de la quinua en la cuenca Ramis, para los años de 1992 al 2012, mientras que los días de precipitación no tienen influencia porque la  $T_c \leq T_T(2.093)$ .

El cambio climático indica un incremento de la temperatura ambiental, con variabilidad en el espacio y en el tiempo, el mayor impacto por incremento de la temperatura será en la reducción del ciclo fenológico de los cultivos anuales. Por tanto, es necesario implantar acciones de adaptación: en primer lugar el uso de híbridos o variedades de ciclo más largo que las actuales, con resistencia al estrés térmico, y en segundo lugar, la compactación del periodo de siembra hacia los meses más fríos.

CUADRO 4.40

CORRELACIONES BIVARIADAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO CON LAS VARIACIONES DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS, 1992-2012

		Quinua	Precipitación Total	Días de precipitación	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Quinua	Correlación de Pearson	1	0.034	-0.128	0.336	-0.214
	Sig. (bilateral)		0.888	0.592	0.148	0.364
Precipitación Total	Correlación de Pearson	0.034	1	0.811**	-0.438	0.233
	Sig. (bilateral)	0.888		0.000	0.053	0.324
Días de precipitación	Correlación de Pearson	-0.128	0.811**	1	-0.415	0.176
	Sig. (bilateral)	0.592	0.000		0.069	0.458
Temperatura máxima	Correlación de Pearson	0.336	-0.438	-0.415	1	0.506*
	Sig. (bilateral)	0.148	0.053	0.069		0.023
Temperatura mínima	Correlación de Pearson	-0.214	0.233	0.176	0.506*	1
	Sig. (bilateral)	0.364	0.324	0.458	0.023	

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).  
 \* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: *Elaboración propia*

Según el cuadro 4.40, los días de precipitación y las temperaturas mínimas influyen negativamente en el cultivo de la quinua, es decir a mayores temperaturas mínimas menor es el rendimiento de la quinua. Mientras que las temperaturas máximas y precipitación total se relacionan de manera positiva con el rendimiento de la quinua en la cuenca Ramis.

Encontramos que el clima había cambiado significativamente en estas últimas décadas. Por ejemplo, los cambios en la temperatura, las precipitaciones y la radiación solar en las últimas tres décadas incrementó en conjunto el rendimiento de trigo en el norte de China por 0,9 a 12,9%, sin embargo la reducción de trigo permite en el sur de China en 1.2 a 10.2%, con una gran diferencia espacial según Tao, *et al.* (2014).

La elevada temperatura afecta el rendimiento y las características de calidad del grano más importante que los cambios en las precipitaciones. Los cambios climáticos proyectados muy probablemente afectará las características de calidad del grano de interés para los diferentes mercados y las necesidades de utilización, tal como reconocen Hogy, Poll, Marhan, Kandeler y Fangmeier, (2013).

Así mismo, que el calentamiento global puede potencialmente reducir el período de crecimiento del cultivo, se espera que la producción y la productividad de todos los cultivos de variedades diferentes para disminuir necesidades de agua más altas debido a una menor precipitación y la temperatura alta muy superior, así como reconoce Gohari (2013).

Sistemas de producción agropecuaria de secano están sufriendo de una baja productividad. Los periodos secos prolongados y sequías a menudo conducen a pérdidas de cosechas, situación que se espera que sea exacerbada por el cambio climático. Como las prácticas de gestión agrícola mejoradas en sistemas de secano son cruciales para aumentar la productividad agrícola, el impacto de la fecha de siembra se debería analizar en detalle. Un cambio en las condiciones climáticas debido al calentamiento global reducirá el ciclo de crecimiento y, por lo tanto, los rendimientos de los cultivos, en esto coinciden Laux, Jäckel, Munang Tingem y Kunstmann (2010).

## CONCLUSIONES

La tendencia en temperaturas máximas presentan cambios significativos a nivel anual para los periodos analizados en cada estación de la cuenca Ramis de 45 años con incremento promedio de  $0.04^{\circ}\text{C}/\text{año}$ , en las estaciones: Ayaviri, Azángaro, Arapa, Huancané, Macusani y Progreso, muestran tendencias positivas a nivel anual con un nivel de significancia de 0.05 de evidencia y Lampa con 0.1 de evidencia. En la estación Chuquibambilla, presenta comportamiento temporal estable, y mientras que las tendencias de las temperaturas medias muestran un evidente cambio de incremento en  $0.025^{\circ}\text{C}/\text{año}$  en las estaciones, siendo altamente significativa a nivel anual de 0.01 de evidencia, solo en estación, Macusani disminuye con 0.005 de evidencia leve. En temperaturas mínimas a nivel de cuenca presenta un incremento de  $0.0004^{\circ}\text{C}/\text{año}$ , la estación Arapa y Progreso presentan alta significancia de 0.01, con tendencia negativa.

Las precipitaciones de la estación de Arapa en el mes de mayo y anualmente tienden a disminuir con un nivel de significancia de 0.10, para Pucara en setiembre tienden a disminuir con 0.05 de nivel de significancia. En las estaciones de Crucero, Ananea y Chuquibambilla presenta evidencia poca y leve de tendencia negativa con un nivel de significancia de 0.05 en el mes de setiembre, es decir una disminución de las lluvias, y a nivel anual para las estaciones analizadas presenta un comportamiento estable pero con una reducción de  $0.70\text{mm}/\text{año}$ , o sea no presenta cambios significativos. Pero si presentan una variabilidad climática con periodos secos y húmedos de los años, debido a la ubicación de las estaciones meteorológicas, pero no se identifica una tendencia regional marcada de disminución en la cuenca Ramis.

Los días de precipitación y temperatura máxima a los rendimientos de cultivo de haba grano seco viene afectando significativamente con un incremento de 23.89kg/ha, mientras que las temperaturas mínimas y precipitación total no muestran impactos considerables pero sí negativamente; los días de precipitación presenta incrementos, temperaturas máximas, medias y mínimas generan impactos significativas en el rendimiento de los cultivos de la papa 83.41kg/ha, mientras que la precipitación total no muestra impactos significativos, pero si negativamente, además la precipitación total, temperaturas máximas y mínimas generan impacto negativo en el rendimiento del cultivo de la quinua con pérdidas de 19.11kg/ha, pero los días de precipitación generan impactos significativos en el cultivo de la quinua, con incremento de 31.12kg/ha.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda investigaciones utilizando series de tiempo con mayor cantidad de años, esto para poder plantear políticas de desarrollo sostenible a nivel regional y nacional, para así poder instaurar programas de adaptabilidad.

Los trabajos de investigación relacionados con efectos del cambio climático deben tener un análisis de series de tiempo con pruebas de bondad de ajuste, para así mostrar las variaciones en la producción de sistemas agropecuarios del altiplano.

Se recomienda a los sectores involucrados en el manejo del sistema de cultivos andinos, que se deben implantar banco de datos de los rendimientos de cultivos de la zona y para la evaluación posterior.

Finalmente se recomienda a las instituciones públicas, privadas y sectores involucrados en el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos frente al escenario del cambio climático deben realizar investigaciones con elementos y factores climáticos y la adopción aplicando nuevas metodologías como modelos estocásticos para diferentes escenarios actuales y futuros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abraha, M. G., & Savage, M. J. (2006). Potential impacts of climate change on the grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 115(1), 150-160.
- ACE. (2002). (Atmosphere, Climate and Environment). Climate change fact sheet series for key stage 4 and A-level, Buchdahl. 1 - 171.
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281.
- Aerts, J., & Droogers, P. (2004). Climate Change in Contrasting River Basins: Adaptation Strategies for Water, Food and Environment, The Netherlands: . *CABI Publishing*, 1- 264.
- Aggarwal, P. K., Baethegan, W. E., Cooper, P., Gommers, R., Lee, B., Meinke, H., . . . Sivakumar, M. V. K. (2010). Managing Climatic Risks to Combat Land Degradation and Enhance Food security: Key Information Needs. *Procedia Environmental Sciences*, 1(1), 305-312.
- Akpalu, W., Hassan, R. M., & Ringler, C. (2008). Climate Variability and Maize Yield in South Africa Results from GME and MELE Methods. *INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE*.
- Al-Bakri, J., Suleiman, A., Abdulla, F., & Ayad, J. (2011). Potential impact of climate change on rainfed agriculture of a semi-arid basin in Jordan. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(5), 125-134.
- Alcamo, J., Dronin, N., Endejan, M., Golubev, G., & Kirilenko, A. (2007). A new assessment of climate change impacts on food production shortfalls and water availability in Russia. *Global Environmental Change*, 17(3), 429-444.
- Aliaga, S. (1983). *Hidrología: Tratamiento de datos hidrometeorológicos*. UNMSM: Lima-Perú.

- Alig, R. J., Adams, D. M., & McCarl, B. A. (2002). Projecting impacts of global climate change on the US forest and agriculture sectors and carbon budgets. *Forest Ecology and Management*, 169(1), 3-14.
- Andrade, S. (2008). Mitos y verdades acerca del cambio climático en Bolivia. *Revista Boliviana de Física*, 14(1), 42-49.
- Antle, J. M. (1996). Methodological issues in assessing potential impacts of climate change on agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 80(1), 67-85.
- Anwar, M. R., O'Leary, G., McNeil, D., Hossain, H., & Nelson, R. (2007). Climate change impact on rainfed wheat in south-eastern Australia. *Field Crops Research*, 104(1), 139-147.
- Arana Pardo, I., García Cárdenas, M., & Aparicio Effen, M. (2007). El Cambio Climático en Bolivia
- Paz, Oscar; Arana, Ivar y Cardoso, Gustavo (2012). Análisis, síntesis de impactos y adaptación. La Paz, Bolivia: MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO - BOLIVIA ed., pp. 135.
- Ascough II, J. C., Ahuja, L. R., McMaster, G. S., Ma, L., & Andales, A. A. (2008). Agriculture Models. In J. Editors-in-Chief: Sven Erik & F. Brian (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (pp. 85-95). Oxford: Academic Press.
- Ashmore, M. R. (2003). OZONE. Surface Ozone Effects on Vegetation. In R. H. Editor-in-Chief: James (Ed.), *Encyclopedia of Atmospheric Sciences* (pp. 1663-1671). Oxford: Academic Press.
- Baudoin, M. (1991). *Historia Natural de un Valle en los andes*. La Paz Bolivia.
- Bhaktikul, K. (2012). State of Knowledge on Climate Change and Adaptation Activities in Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 40(1), 701-708.
- Blenkinsop, S., & Fowler, H. J. (2007). Changes in drought frequency, severity and duration for the British Isles projected by the PRUDENCE regional climate models. *Journal of Hydrology*, 342(1), 50-71.
- Blenkinsop, S., Fowler, H. J., Dubus, I. G., Nolan, B. T., & Hollis, J. M. (2008). Developing climatic scenarios for pesticide fate modelling in Europe. *Environmental Pollution*, 154(2), 219-231.
- Botzen, W. J. W., Bouwer, L. M., & van den Bergh, J. C. J. M. (2010). Climate change and hailstorm damage: Empirical evidence and implications for

- agriculture and insurance. *Resource and Energy Economics*, 32(3), 341-362.
- Cline, W. R. (2007). *Global warming and agriculture: impact estimates by country* (2<sup>o</sup> ed.). Washinton DC: Center for Global development.
- Crane, T. A., Roncoli, C., & Hoogenboom, G. (2011). Adaptation to climate change and climate variability: The importance of understanding agriculture as performance. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 57(3), 179-185.
- Chakraborty, S., Tiedemann, A. V., & Teng, P. S. (2000). Climate change: potential impact on plant diseases. *Environmental Pollution*, 108(3), 317-326.
- Chang, C.-C. (2002). The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture. *Agricultural Economics*, 27(1), 51-64.
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada* (J. Saldarriaga, Trans.). Colombia: McGraw Hill.
- Darwin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J., & Raneses, A. (1999). World Agriculture and Climate Change Economic Adaptations. *Agricultural Economic Report, Number 703*.
- ECCNARCC, E. C. o. C. s. N. A. R. o. C. C. (2007). China's National Assessment Report on Climate Change. *Science Press*, 182-200.
- Echarri, P. A. (2003). *Ciencia de la tierra y el medio ambiente* TECNUM (Ed.) (pp. 200).
- Fang, Y., Qin, D., & Ding, Y. (2009). Review of advance and orientation of vulnerability research. *Glaciology and Geocryology (in Chinese)*, 31(3), 540-545.
- FAO. (2002). World agriculture: towards 2015/2030 summary report. *Food and Agriculture Organization, Rome*.
- Ficklin, D. L., Luedeling, E., & Zhang, M. (2010). Sensitivity of groundwater recharge under irrigated agriculture to changes in climate, CO<sub>2</sub> concentrations and canopy structure. *Agricultural Water Management*, 97(7), 1039-1050.
- Fischer, G., Tubiello, F. N., van Velthuisen, H., & Wiberg, D. A. (2007). Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation,

- 1990–2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 1083-1107.
- Fleischer, A., Lichtman, I., & Mendelsohn, R. (2008). Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful? *Ecological Economics*, 65(3), 508-515.
- Galindo, L. M. (2009). La economía del cambio climático en México. Síntesis.
- García, M., & Montserrat, V. (2009). The economic relevance of climate variables in agriculture: The case of Spain. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 9(1), 52-64.
- Gbetibouo, G. A., & Hassan, R. M. (2005). Measuring the economic impact of climate change on major South African field crops: a Ricardian approach. *Global and Planetary Change*, 47(4), 143-152.
- González, J., & Velasco, R. (2008). Evaluation of the impact of climatic change on the economic value of land in agricultural systems in Chile. *Journal of Agricultural Research*, 68(1), 56-68.
- Guevarra, E. (2004). *Hidrología ambiental* (3ra. ed.). Venezuela: Universidad Carabobo.
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The livelihood vulnerability index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—a case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74-88.
- Huang, H., von Lampe, M., & van Tongeren, F. (2011). Climate change and trade in agriculture. *Food Policy*, 36, Supplement 1(1), S9-S13.
- Iglesias, A., Rosenzweig, C., & Pereira, D. (2000). Agricultural impacts of climate change in Spain: Developing tools for a spatial analysis. *Global Environment Change*, 10(1), 69-80.
- IPCC. (1992). Cambio Climático: Evaluación de impactos". Primer Informe de Evaluación del IPCC. *Instituto Nacional de Meteorología de España*, 2.
- IPCC. (2001a). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. McCarthy, J. J. et al. Eds. (Vol. Cambridge University Press).
- IPCC. (2001b). *Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001) Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to*

- the Third Assessment Report of the. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change.: Cambridge University Press.*
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for policy makers. IPCC WGII 4th.* Praga, República Checa.
- Jiang, Q., & Grafton, R. Q. (2012). Economic effects of climate change in the Murray–Darling Basin, Australia. *Agricultural Systems*, 110(1), 10-16.
- Jones, D. A., & Hassan, O. T. (1991). Climate change and agriculture *Trends in Ecology & Evolution* (Vol. 6, pp. 101).
- Jones, P. G., & Thornton, P. K. (2003). The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change*, 13(1).
- Kabubo-Mariara, J., & Karanja, F. K. (2007). The economic impact of climate change on Kenyan crop agriculture: A Ricardian approach. *Global and Planetary Change*, 57(3), 319-330.
- Kang, Y., Khan, S., & Ma, X. (2009). Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security – A review. *Progress in Natural Science*, 19(12), 1665-1674.
- Kumar, K. S. K., & Parikh, J. (2001). Indian agriculture and climate sensitivity. *Global Environmental Change*, 11(2), 147-154.
- Li, K., Cao, M., & Yu, L. (2005). Assessment of vulnerability of natural ecosystems in China under the changing climate. *Geographical Research (in Chinese)*, 24(5), 653-663.
- Li, X., Takahashi, T., Suzuki, N., & Kaiser, H. M. (2011). The impact of climate change on maize yields in the United States and China. *Agricultural Systems*, 104(4), 348-353.
- Linsley, R., Khmer, M., & Paulus, J. (1986). *Hidrología para Ingenieros* (Mc Graw Hill ed.). Mc GRAW HILL Interamericana de México C.V. México.
- Lybbert, T. J., & Sumner, D. A. (2012). Agricultural technologies for climate change in developing countries: Policy options for innovation and technology diffusion. *Food Policy*, 37(1), 114-123.
- Mejía, A. (2001). *Hidrología Aplicada* (2da. ed.). Universidad Nacional La Molina: Lima-Perú.

- Mendelsohn, R. (2007). Chapter 60 Past Climate Change Impacts on Agriculture. In R. Evenson & P. Pingali (Eds.), *Handbook of Agricultural Economics* (Vol. Volume 3, pp. 3009-3031): Elsevier.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W., & Shaw, D. (1996). Climate impacts on aggregate farm value: accounting for adaptation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 80(1), 55-66.
- Mendelsohn S., R., Seo, N., & Munasinghe, M. (2005). Climate change and agriculture in Sri Lanka: A Ricardian Valuation. *Environment and Development Economics*, 10.
- Méndez, P., & Martínez, J. (2010). Análisis de tendencias hidroclimáticas de dos cuencas representativas de isla de Puerto Rico. *Geografía de América Central\$ Espacial*, 2(2), 101-125.
- Mestre-Sanchís, F., & Feijóo-Bello, M. L. (2009). Climate change and its marginalizing effect on agriculture. *Ecological Economics*, 68(3), 896-904.
- Miller, A. (1982). *Climatología* (Quinta Edición ed. Vol. 1). Ediciones S. A.: Barcelona-España.
- Molina, M. (1982). *Climatología*. PUBLIDAT: Lima-Perú.
- Nuñez, M., & Solman, S. (1995). Programa especial sobre medio ambiente de la secretaria de ciencia y técnica de la Universidad de Buenos Aires. In CONICET-UBA (Ed.), (1º ed., Vol. 1, pp. 123). Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16(4), 239-262.
- Pan, H. (2008). An overview of domestic researches on assessment of vulnerability of systems to climate change. *Environmental Science and Management (in Chinese)*, 33(9), 30-35.
- Putnam, W., & Sawyer. (1988). *Estudios en base a La Ley 1977 de Conservación de Recursos (RCA)* Departamento de Agricultura de EE.UU.(USDA).
- Qiu, G.-y., Yin, J., & Geng, S. (2012). Impact of Climate and Land-Use Changes on Water Security for Agriculture in Northern China. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(1), 144-150.

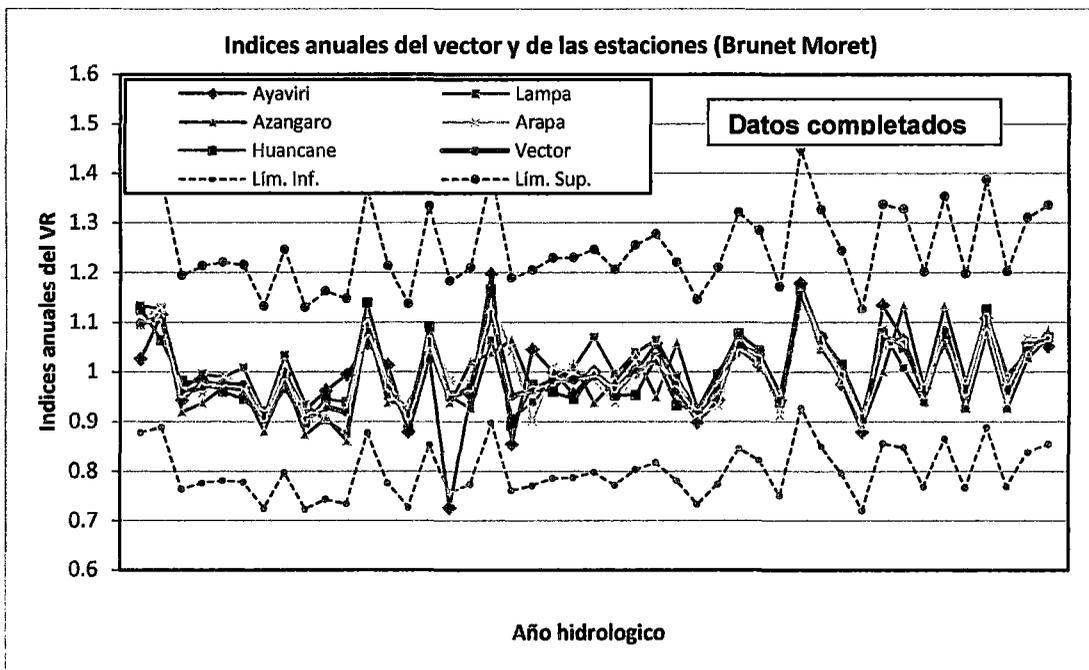
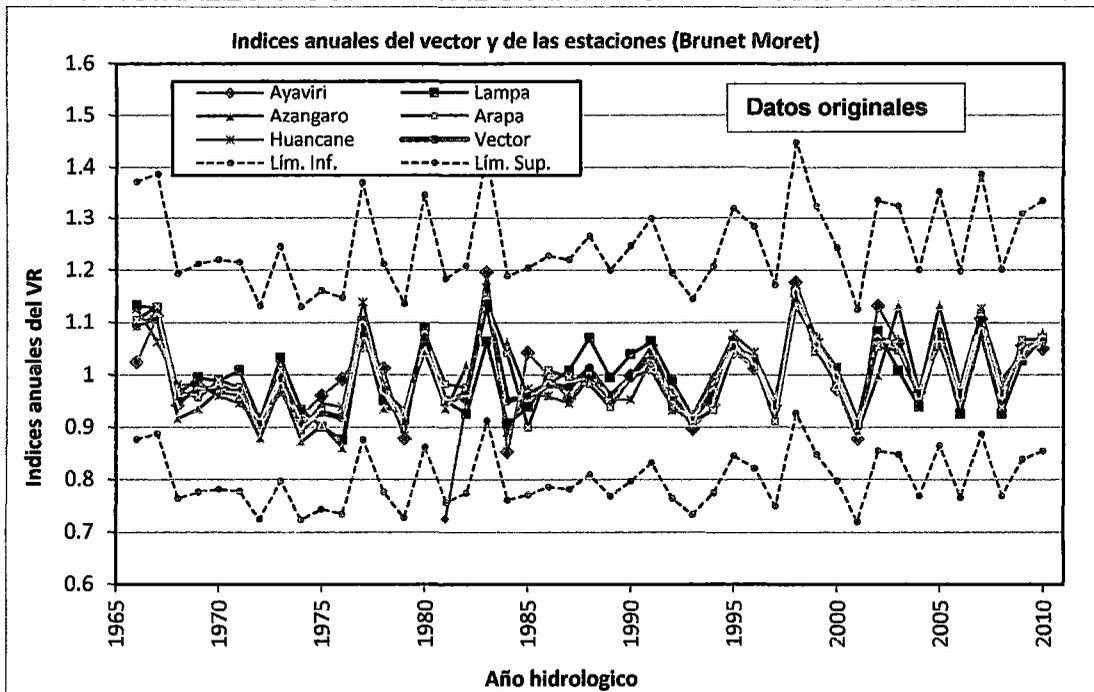
- Ramirez-Villegas, J., Jarvis, A., & Läderach, P. (2010). Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The EcoCrop model and a case study with grain sorghum. *Agricultural and Forest Meteorology*(1).
- Ramírez, D., Ordaz, J. L., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). *Belice: Efectos del cambio climático sobre la agricultura* (1 ed. Vol. I). México: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Reidsma, P., Ewert, F., Lansink, A. O., & Leemans, R. (2010). Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses. *European Journal of Agronomy*, 32(1), 91-102.
- Roldán, D., Salazar, M., & González, F. (2002). La Cadena de Banano en Colombia. Observatorio Agrocadenas Colombia-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia: Documento de Trabajo
- Roudier, P., Sultan, B., Quirion, P., & Berg, A. (2011). The impact of future climate change on West African crop yields: What does the recent literature say? *Global Environmental Change*, 21(3), 1073-1083.
- Sanabria, J., Marengo, J., & Velarde, M. (2010). Escenarios de Cambio Climático con modelos regionales sobre el Altiplano Peruano (Departamento de Puno) *Centro de Ciencias do Sistema Terrestre-INPE. Rodovia Presidente Dutra, Km 40, 12630-000 Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI.*
- Sebastián, R. A., & Rodríguez B., J. E. (1978). *Análisis Económico de las funciones de producción agrícola. Una aplicación al cultivo del trigo.* Universidad politécnica de Madrid.
- Senamhi. (1999). Estudio Hidrológico - Meteorológico en la Vertiente del Pacífico del Perú con Fines de Evaluación y Pronóstico del Fenómeno El Niño para Prevención y Mitigación de Desastres.
- Smith, J. B. (1997). Setting priorities for adapting to climate change. *Global Environmental Change*, 7(3), 251-264.
- Tang, W., Ma, S., & Wu, B. (2010). An overview of assessment methods of agricultural vulnerability under climate change. *Journal of Anhui Agricultural Sciences (in Chinese)*, 38 (25), 13847-13849.

- Tencer, B. (2010). *Variabilidad de los eventos extremos de temperatura observados y modelados en el sudeste de sudamérica, y sus proyecciones ante un escenario de cambio climático*. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Thomson, A. M., Izaurrealde, R. C., Rosenberg, N. J., & He, X. (2006). Climate change impacts on agriculture and soil carbon sequestration potential in the Huang-Hai Plain of China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(2), 195-209.
- Torres R., L. (2010). *Análisis Económico del Cambio Climático en la Agricultura de la Región Piura-Perú, Caso: Principales Productos Agroexportables* (1° ed.). Perú: CIES - Universidad Nacional de Piura.
- Traverso, M. I., Rodriguez, G., & Boullón, D. (2011). Proyecto de estudio sobre el cambio climático en Argentina (2° ed., Vol. II, pp. 173): INTA.
- Vanesa, C. C. (2004). Comunidad internacional y Cambio Climático Global. A propósito de nuevas tendencias y escenarios, from <http://www.caei.com.ar/ebooks/ebook14.pdf>
- Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y sus Efectos en el Perú” BCRP - Serie de Documentos de Trabajo julio 2009.
- Vásquez, V. A., & Chang. (1992). *El Riego Principios Básicos Parte I*. Lima Perú.
- Villon, M. (2002). *Hidrología Estadística* (2ª ed.). Villón Editor: Lima-Perú.
- Villón, M. (2002). *Hidrología* (2ª ed.). Villón Editor: Lima-Perú.
- Wei, X., Declan, C., Erda, L., Yinlong, X., Hui, J., Jinhe, J., Yan, L. (2009). Future cereal production in China: The interaction of climate change, water availability and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 19(1), 34-44.
- Xu, M., & Ma, D. (2009). The Research of Vulnerability and Suitability to Climate Change of Yangtze River. *China Water Power Press*, 242-259.
- Yin, Y., & Wang, G. (2004). Assessment Method of Global Climate Change and Its Application (in Chinese). *Higher Education Press*, 185-200.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.1 Análisis consistencia de las temperaturas de la cuenca Ramis, 1966-2012**

**FIGURA 4.1**  
**ÍNDICES ANUALES DE LOS VECTORES REGIONALES DE DATOS ORIGINALS Y COMPLETADOS DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS**



**FIGURA 4.2**  
**ÍNDICES ANUALES DE LOS VECTORES REGIONALES DE DATOS ORIGINALS Y COMPLETADOS DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS**

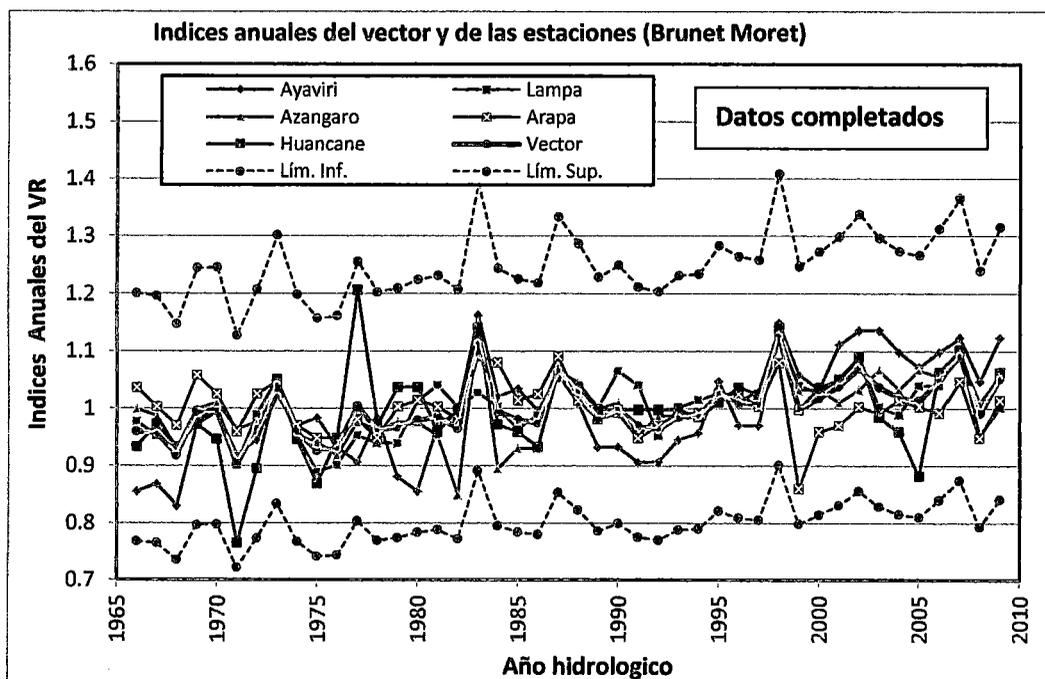
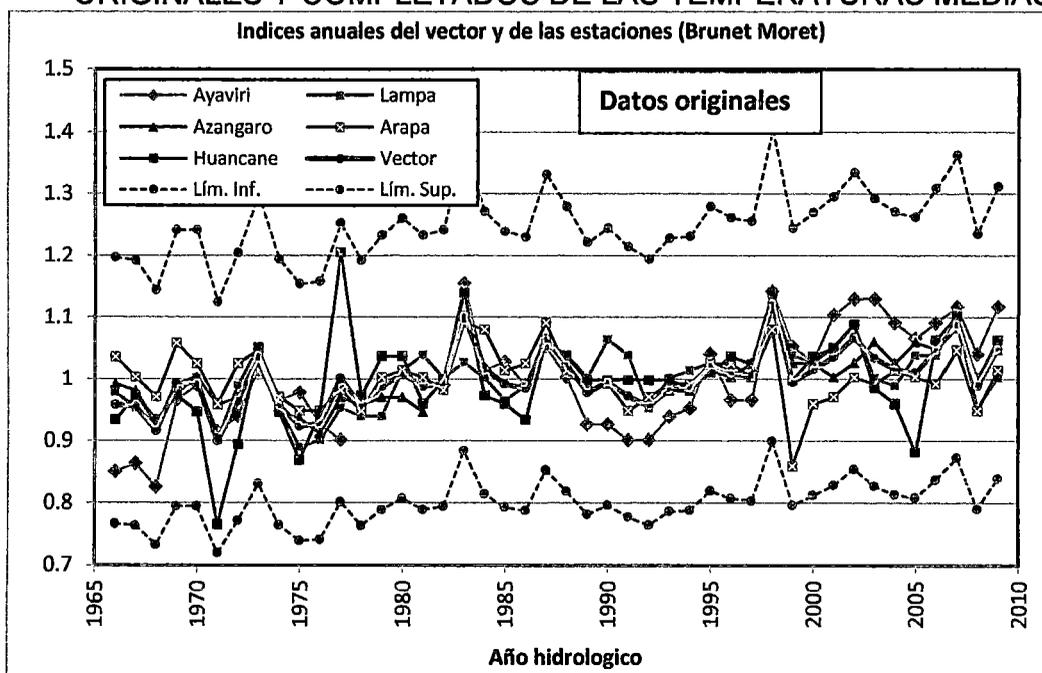


FIGURA 4.3  
 ÍNDICES ANUALES DE LOS VECTORES REGIONALES, ACUMULADOS

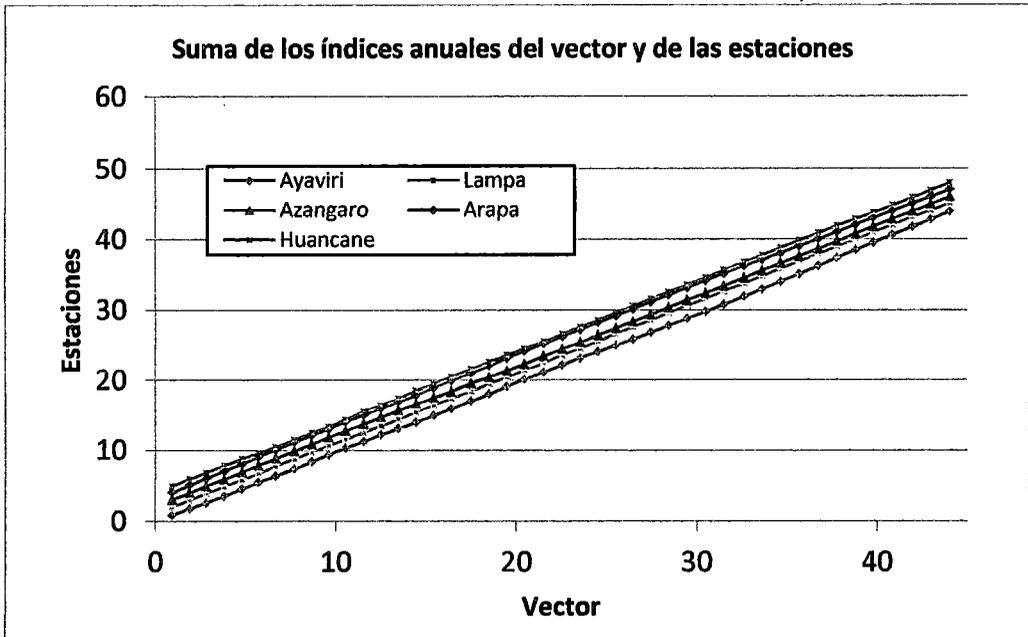


FIGURA 4.4  
 DATOS ORIGINALES Y COMPLETADOS DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS

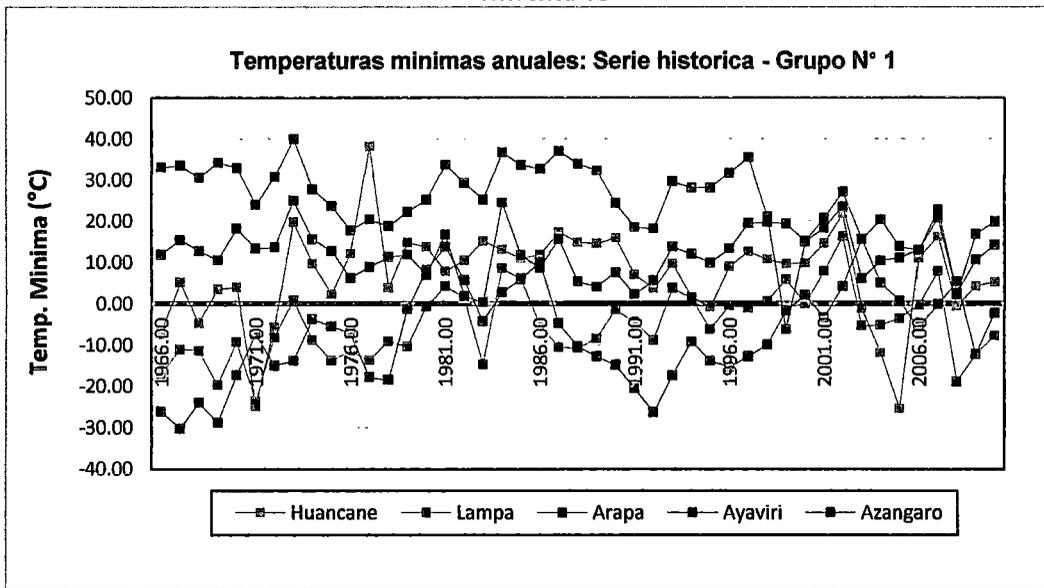


FIGURA 4.5

ÍNDICES ANUALES DE LOS VECTORES REGIONALES DE DATOS DE TEMPERATURAS MÁXIMAS

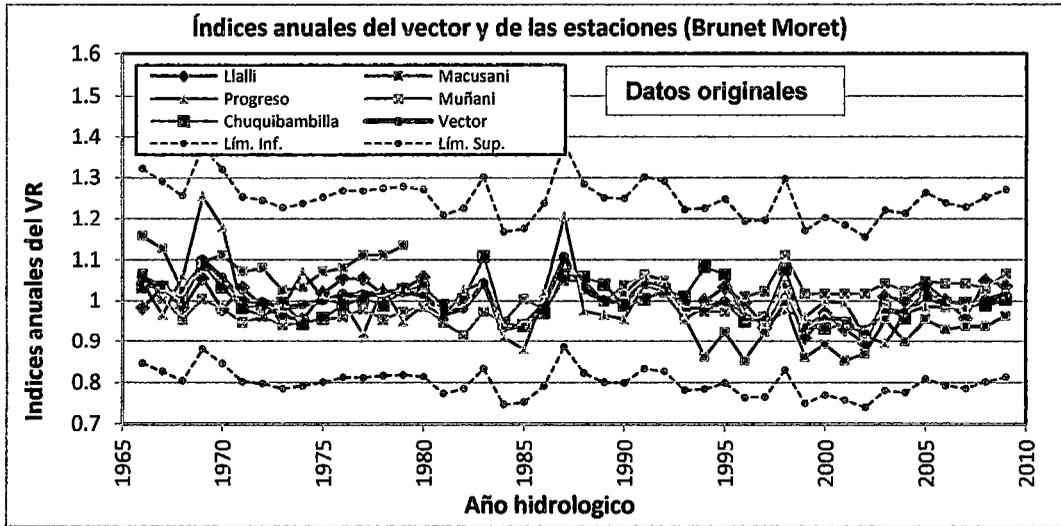
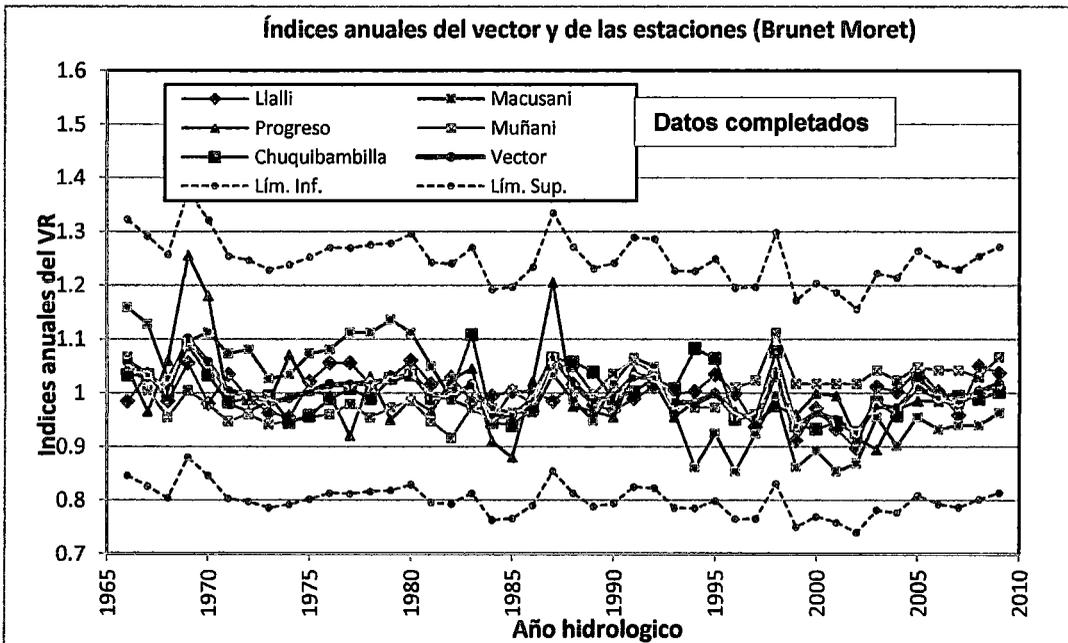
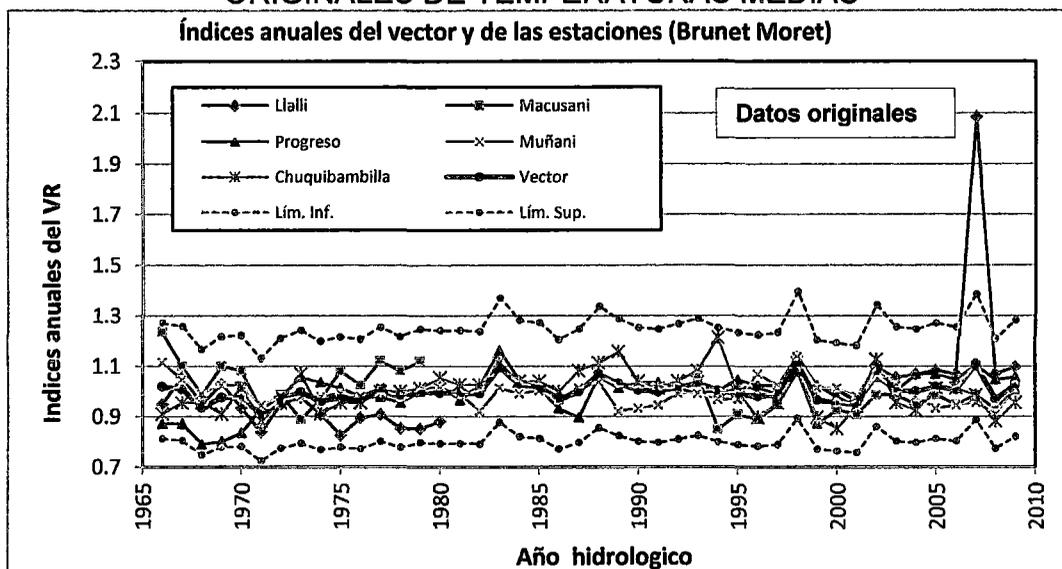


FIGURA 4.6

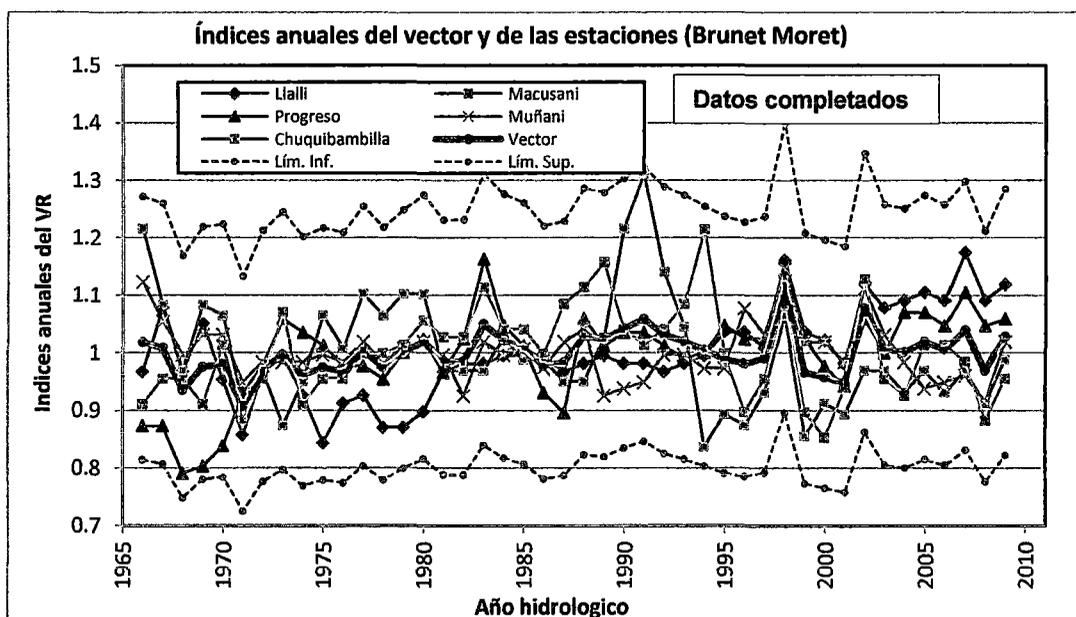
ÍNDICES ANUALES DE LOS VECTORES REGIONALES DE DATOS COMPLETADOS DE TEMPERATURAS MÁXIMAS



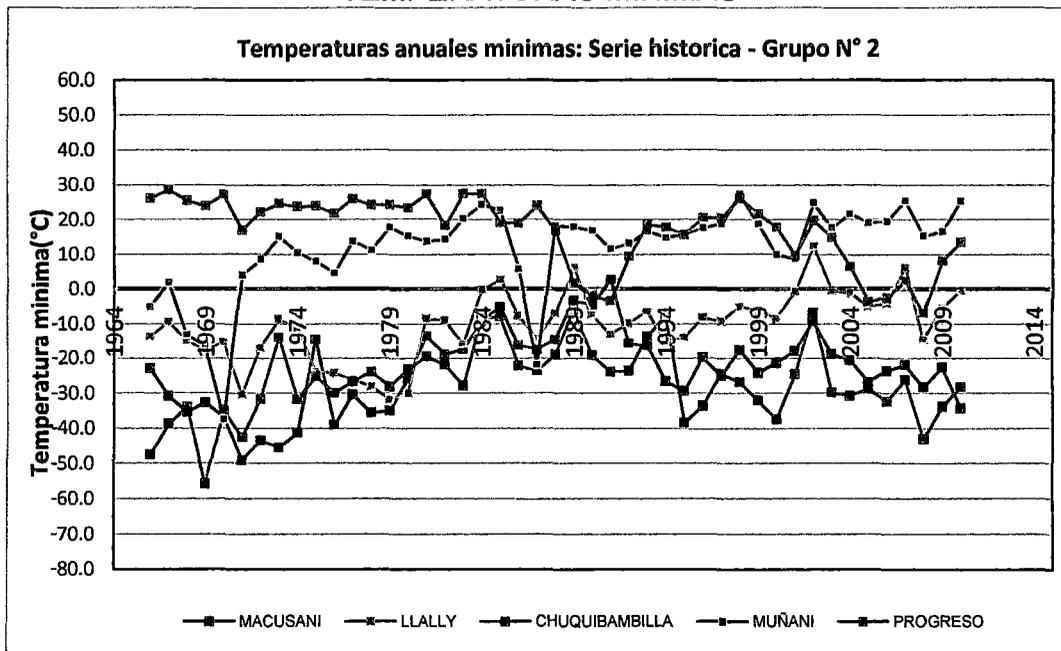
**FIGURA 4.7**  
**ÍNDICES ANUALES DE LOS VECTORES REGIONALES DE DATOS**  
**ORIGINALES DE TEMPERATURAS MEDIAS**



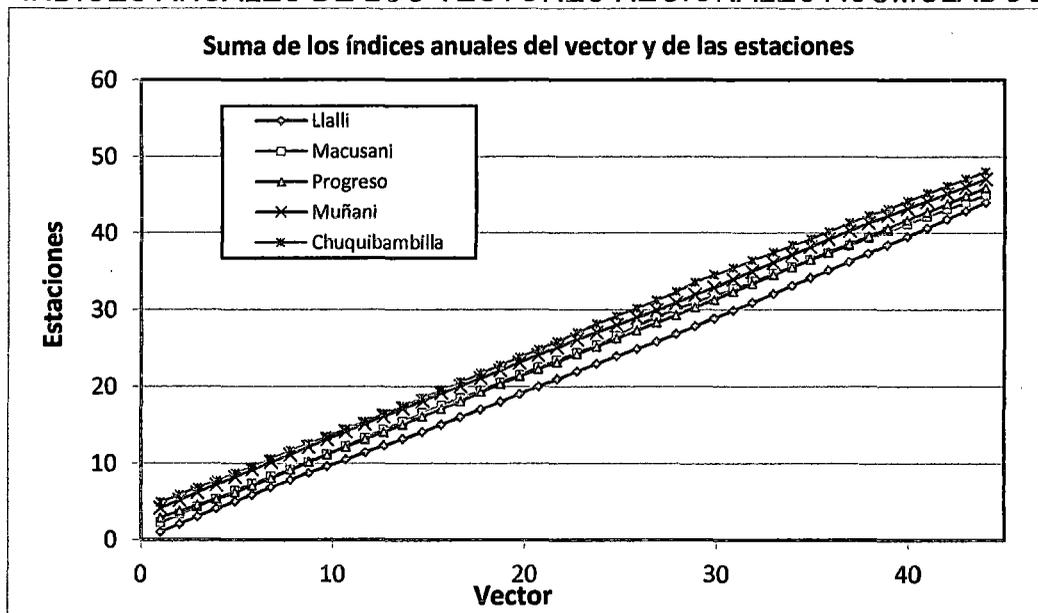
**FIGURA 4.8**  
**ÍNDICES ANUALES DE LOS VECTORES REGIONALES DATOS**  
**COMPLETADOS Y CORREGIDOS DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS**



**FIGURA 4.9**  
**SERIES DE DATOS ORIGINALES Y COMPLETADOS DE LAS**  
**TEMPERATURAS MÍNIMAS**



**FIGURA 4.10**  
**ÍNDICES ANUALES DE LOS VECTORES REGIONALES ACUMULADOS**



## 1.2 Análisis del comportamiento de las temperaturas de la cuenca Ramis, 1966-2012

CUADRO 4.41

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°1

ESTACION		AYAVIRI								LAMPA						
TEMPERATURA MÁXIMA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	4.441	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.731	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
		II	4.257	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.640	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III	-	5.381	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	1.537	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	-3.508	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-1.873	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
		V	-	-	-3.153	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-1.570	1.682	2.017	2.694	NS
ESTACION		AZANGARO								ARAPA						
TEMPERATURA MÁXIMA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	4.588	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.001	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		II	4.347	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.706	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		III	-	5.952	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	4.495	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
		IV	-4.008	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-1.964	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
		V	-	-	-4.186	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-2.035	1.682	2.017	2.694	S (0.05)

ESTACION		HUANCANE							
TEMPERATURA MÁXIMA	PERIODO	TEST	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	4.647	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		II	4.489	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		III	-	5.165	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
		IV	-4.076	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		V	-	-	-3.758	1.682	2.017	2.694	S (0.01)

### 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-stdent

CUADRO 4.42

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°2

ESTACION		LLALLI							MACUSANI							
TEMPERATURA MÁXIMA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	-0.35	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-5.341	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		II	-0.27	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-5.216	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		III	-	-0.87	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-7.81	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
		IV	0.988	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	4.870	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		V	-	-	1.439	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	4.761	1.682	2.017	2.694	S (0.01)
ESTACION		PROGRESO							MUÑANI							
TEMPERATURA MÁXIMA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	4.441	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-1.379	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		II	4.167	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-1.452	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III	-	5.181	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	-2.173	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)
		IV	-4.394	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.578	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V	-	-	-4.109	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	1.946	1.682	2.017	2.694	S (0.1)

ESTACION		CHUQUIBAMBILLA							
TEMPERATURA MÁXIMA	PERIODO	TEST	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	-0.99	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		II	-1.13	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III	-	-1.089	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	0.284	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V	-	-	0.403	1.682	2.017	2.694	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

CUADRO 4.43

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA TEMPERATURA MEDIA ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°1

ESTACION		AYAVIRI							LAMPA							
TEMPERATURA MEDIA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	4.696	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.932	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		II	4.477	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.876	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		III	-	6.53	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	4.718	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
		IV	-2.71	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-3.622	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		V	-	-	-2.811	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-3.684	1.682	2.017	2.694	S (0.01)
ESTACION		AZANGARO							ARAPA							
TEMPERATURA MEDIA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	3.981	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	0.078	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		II	4.063	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	0.021	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III	-	4.077	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	-0.032	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	-3.96	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	0.851	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V	-	-	-3.565	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	1.042	1.682	2.017	2.694	NS

ESTACION		HUANCANE							
TEMPERATURA MEDIA	PERIODO	TEST	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	3.434	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		II	3.295	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		III	-	2.921	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
		IV	-2.76	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		V	-	-	-2.056	1.682	2.017	2.694	S (0.05)

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-stdent

CUADRO 4.44

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA TEMPERATURA MEDIA ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°2

ESTACION		LEALLI								MACUSANI						
TEMPERATURA MEDIA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	5.351	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.0)	-2.318	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
		II	4.786	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.0)	-2.562	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
		III	-	6.389	-	1.683	2.018	2.697	S (0.0)	-	-2.42	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)
		IV	4.28	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.0)	2.168	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
		V	-	-	-4.138	1.682	2.017	2.694	S (0.0)	-	-	1.476	1.682	2.017	2.694	NS
ESTACION		PROGRESO								MUÑANI						
TEMPERATURA MEDIA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	-0.675	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	4.324	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		II	-0.645	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	4.142	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		III	-	-0.345	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	5.247	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
		IV	0.375	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-3.395	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		V	-	-	0.051	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-3.335	1.682	2.017	2.694	S (0.01)

ESTACION		CHUQUIBAMBILLA							
TEMPERATURA MEDIA	PERIODO	TEST	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	0.518	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		II	0.211	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III	-	0.414	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	-0.238	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V	-	-	-0.624	1.682	2.017	2.694	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

CUADRO 4.45

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA TEMPERATURA MÍNIMA ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°1

ESTACION		AYAVIRI								LAMPA						
TEMPERATURA MINIMA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	2.827	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.052	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		II	2.747	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.913	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		III	-	3.031	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.142	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
		IV	-0.329	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.418	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
		V	-	-	-0.420	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-2.450	1.682	2.017	2.694	S (0.05)
ESTACION		AZANGARO								ARAPA						
TEMPERATURA MINIMA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	0.098	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-3.610	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		II	0.102	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-3.574	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		III	-	0.094	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-4.109	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
		IV	0.170	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	3.031	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		V	-	-	0.184	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	3.070	1.682	2.017	2.694	S (0.01)

ESTACION		HUANCANE							
TEMPERATURA MINIMA	PERIODO	TEST	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	0.391	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		II	0.447	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III	-	0.102	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	0.216	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V	-	-	0.348	1.682	2.017	2.694	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-stdent

CUADRO 4.46

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA TEMPERATURA MÍNIMA ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°2

ESTACION		LLALLI							MACUSANI							
TEMPERATURA MINIMA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	4.285	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.761	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
		II	4.347	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.257	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
		III	-	4.832	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	2.685	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)
		IV	-3.917	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-2.259	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
		V	-	-	-3.721	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-2.488	1.682	2.017	2.694	S (0.05)
ESTACION		PROGRESO							MUÑANI							
TEMPERATURA MINIMA	PERIODO	TEST	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
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	-4.901	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.754	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		II	-4.704	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.437	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		III	-	-5.709	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	4.736	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
		IV	4.916	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-3.622	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
		V	-	-	4.450	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-3.231	1.682	2.017	2.694	S (0.01)

ESTACION		CHUQUIBAMBILLA							
TEMPERATURA MINIMA	PERIODO	TEST	Z-Statistic	T-Statistic	Stadistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	0.783	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		II	0.664	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III	-	1.119	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	-0.42	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V	-	-	-0.770	1.682	2.017	2.694	NS

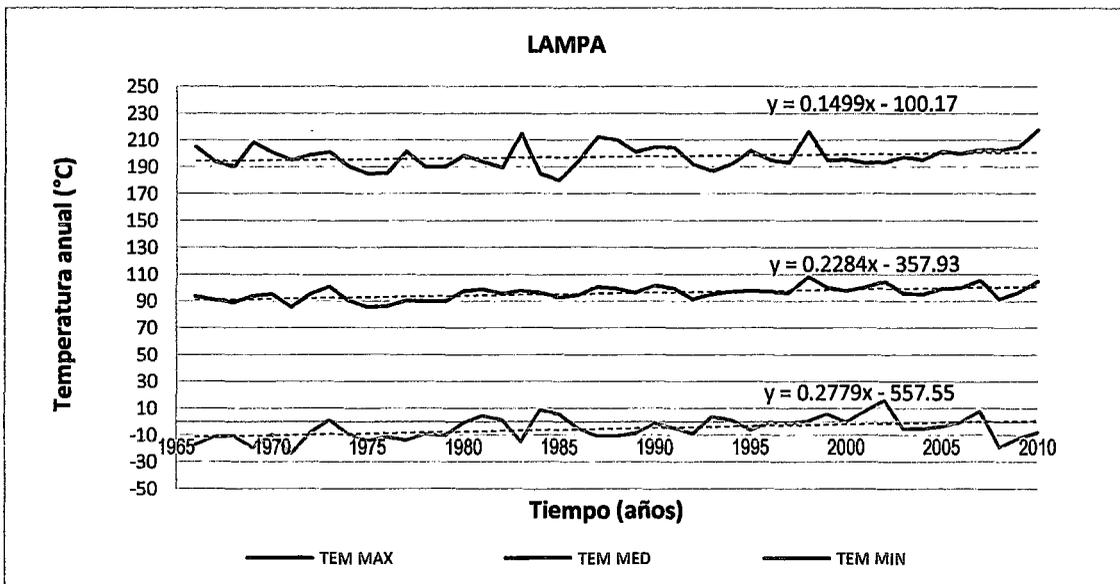
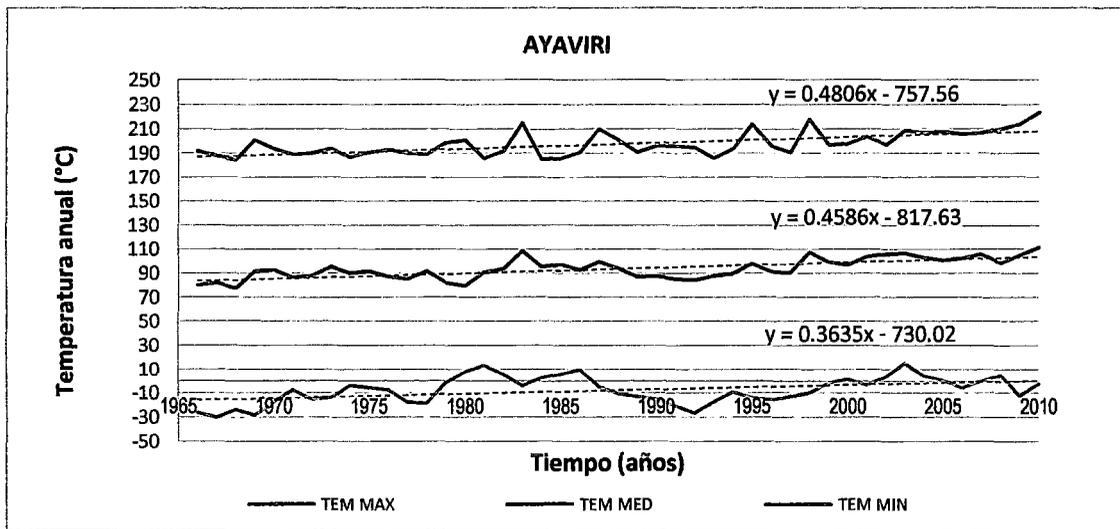
**REFERENCIAS:**

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-udent

FIGURA 4.11

LÍNEA DE TENDENCIA DE LAS TEMPERATURAS ANUALES DEL GRUPO N°1



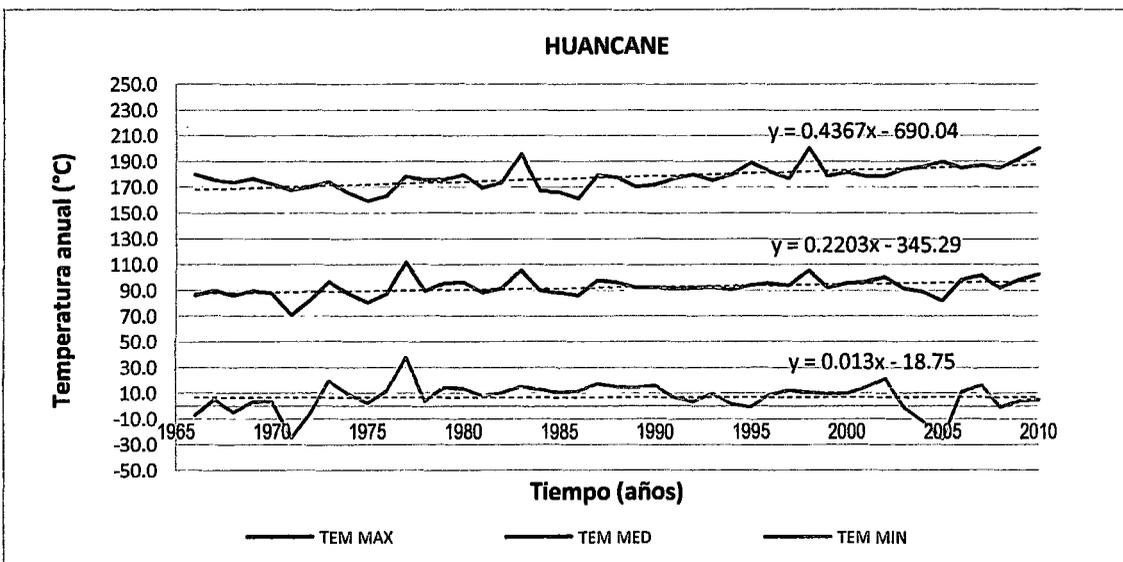
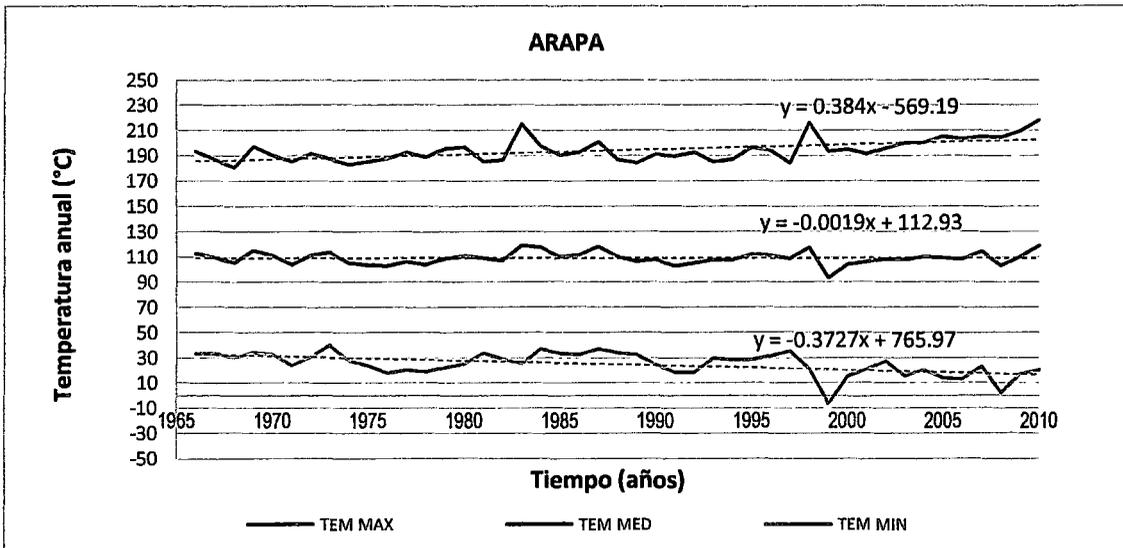
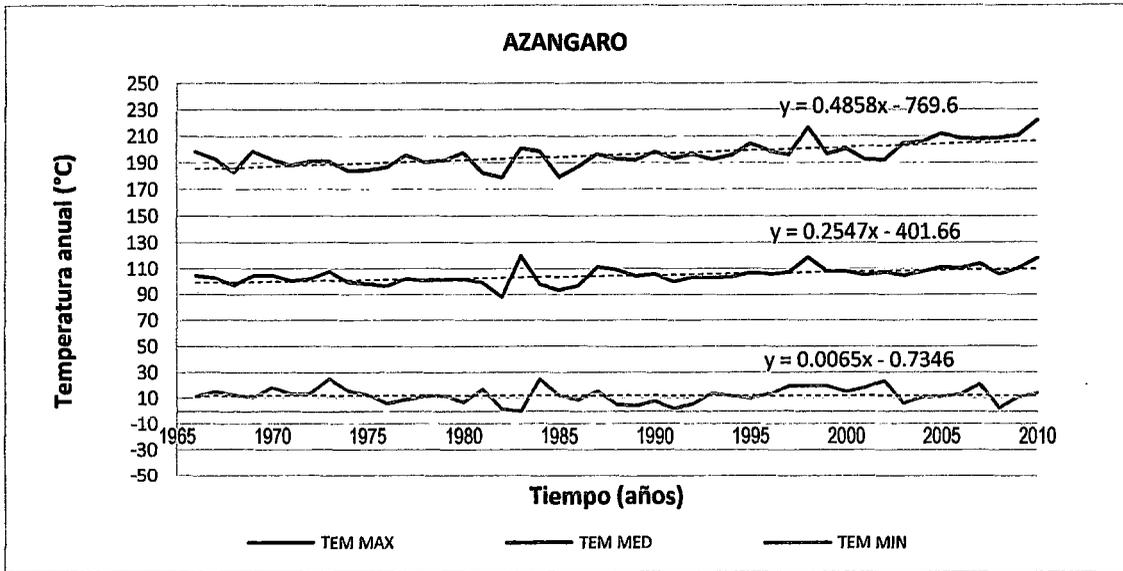
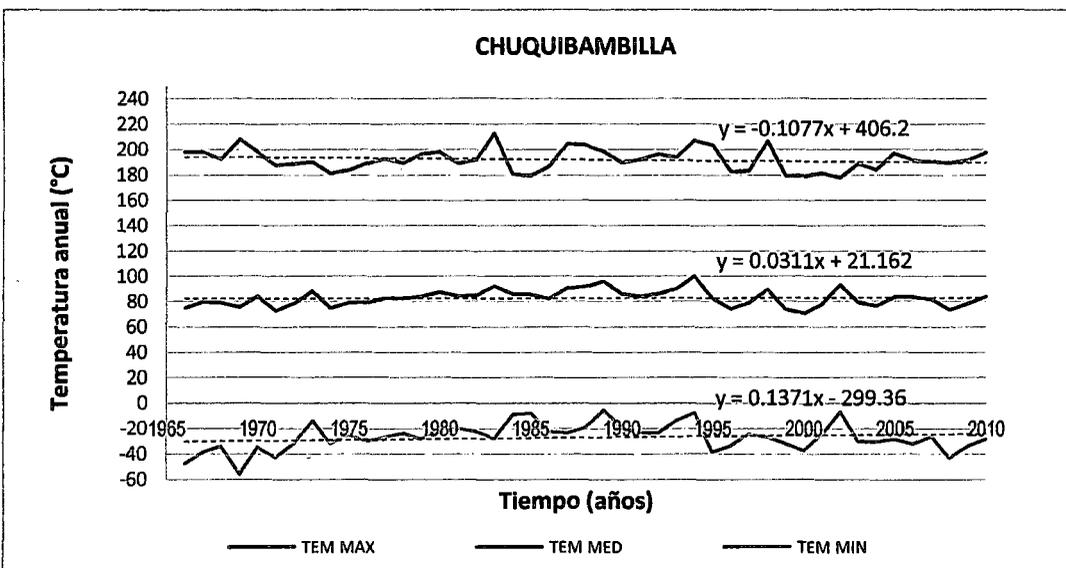
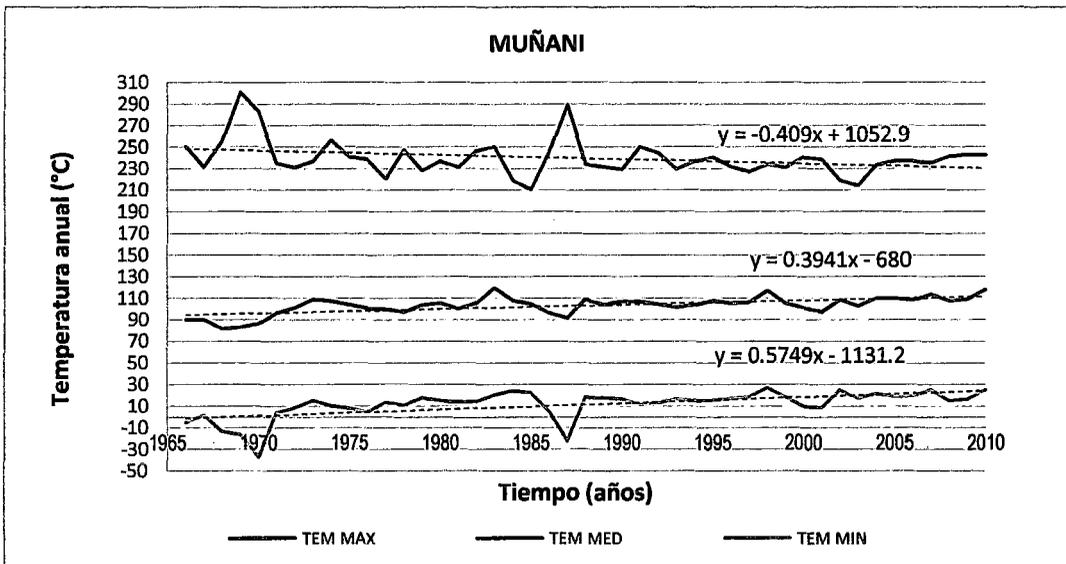
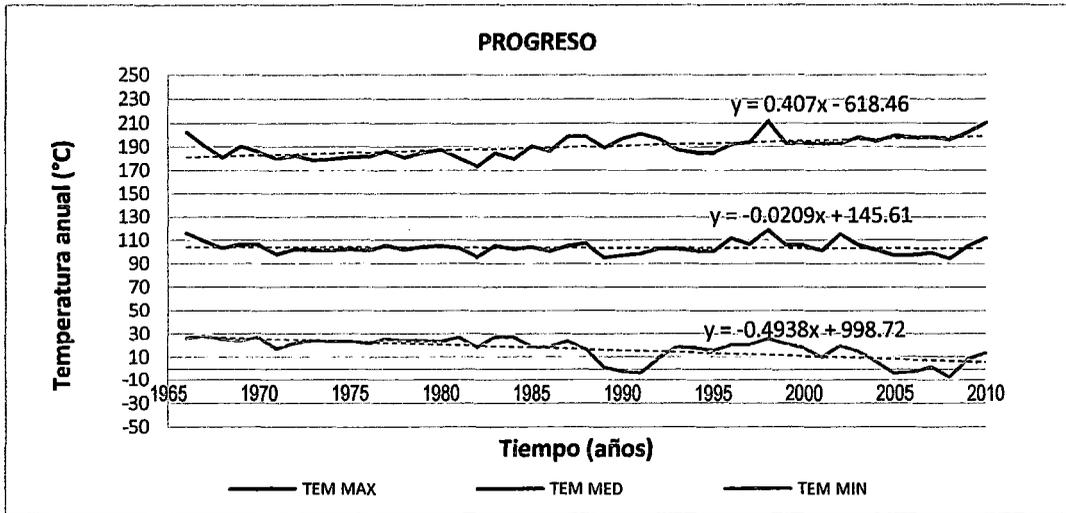


FIGURA 4.12

LÍNEA DE TENDENCIA DE LAS TEMPERATURAS ANUALES DEL GRUPO N°2



**CUADRO 4.47**  
**RESUMEN DEL ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE LAS TEMPERATURAS, MEDIANTE LOS TEST PARAMÉTRICOS Y NO**  
**PARAMÉTRICOS, (1966-2012)**

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO		
AYAVIRI	MAXIMA	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
			II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
			III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
			IV	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010					(+)86-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010
			V	(+)88-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88		(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88
LAMPA	MAXIMA	1966-2010	I		(+)			(+)								(+)		
			II		(+)			(+)										
			III		(+)			(+)										
			IV		(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010		(+)66-88>89-2010										(+)66-88>89-2010
			V		(+)88-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88		(+)89-2010>66-88							
MUÑANI	MAXIMA	1966-2010	I						(-)					(-)	(-)			
			II						(-)					(-)	(-)			
			III						(-)					(-)	(-)	(-)	(-)	
			IV											(-)66-88>89-2010	(-)66-88>89-2010	(-)66-88>89-2010		
			V							(-)89-2010>66-88				(-)89-2010>66-88	(-)89-2010>66-88	(-)89-2010>66-88	(-)89-2010>66-88	(-)89-2010>66-88

**REFERENCIAS**

I	Test Mann Kendall	0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho	(-)	Tendencia negativa (decreciente)
II	Test Spearman Rho	0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho	(+)	tendencia positiva (ascendente)
III	Test Regresion Lineal	0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho		
IV	Test Ran Ksum		N.S.:Nivel de significancia		
V	Test T-student				

**CUADRO 4.48**  
**RESUMEN DEL ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE LAS TEMPERATURAS MEDIANTE LOS TEST PARAMÉTRICOS Y NO**  
**PARAMÉTRICOS (1966-2012)**

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO	
AYAVIRI	MEDIA	1966-2010	I	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
			II	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
			III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
			IV	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010
			V	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88
LAMPA	MEDIA	1966-2010	I			(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				(+)	
			II	(+)		(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	
			III			(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				(+)
			IV			(+)<66-88>89-2010		(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010
			V			(+)<89-2010>66-88		(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88
MUÑANI	MEDIA	1966-2010	I	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
			II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
			III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
			IV	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010	(+)<66-88>89-2010
			V		(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88	(+)<89-2010>66-88

**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)

CUADRO 4.49

RESUMEN DEL ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE LAS TEMPERATURAS, MEDIANTE LOS TEST PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS, (1966-2012)

ESTACION TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO		
AYAVIRI	MINIMA	1966-2010	I	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)					(+)	(+)		
			II	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)				(+)	(+)		
			III	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)					(+)	(+)	
			IV							(+66-88>89-20 D	(+)						
			V							(+89-20 D>66-88							
LAMPA	MINIMA	1966-2010	I				(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			(+)	(+)		
			II				(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			(+)	(+)		
			III			(+66-88>89-20 D		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			(+)	(+)	
			IV			(+66-88>89-20 D		(+66-88>89-20 D			(+66-88>89-20 D	(+66-88>89-20 D					
			V						(+89-20 D>66-88			(+89-20 D>66-88	(+89-20 D>66-88				
MUÑANI	MINIMA	1966-2010	I	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
			II	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
			III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
			IV			(+66-88>89-20 D											
			V			(+89-20 D>66-88											

REFERENCIAS

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

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)

**CUADRO 4.50**  
**RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN LAMPA PARA**  
**TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010).**

ESTACION	TEMPERATUR	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend							
				LAMPA	MAXIMA	1966-2010	I	0.655	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.89	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.665	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.16	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.968	-	-
II	0.786	-	-				1.645	1.96	2.576	NS	1.046	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.851	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.08	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.209	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
III	-	0.487	-				1.683	2.018	2.697	NS	-	0.926	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.605	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.15	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.89	-	1.683	2.018	2.697	NS
IV	-1.465	-	-				1.645	1.96	2.576	NS	-1.465	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.829	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.1	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.90	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
V	-	-	-1.405				1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-1.714	1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	-0.475	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.03	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.560	1.682	2.017	2.694	NS

LAMPA	TEMPERATUR	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend							
				LAMPA	MAXIMA	1966-2010	I	-0.372	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.362	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.812	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.966	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	1.115	-	-
II	-0.224	-	-				1.645	1.96	2.576	NS	0.502	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.949	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.212	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	1.595	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
III	-	-0.15	-				1.683	2.018	2.697	NS	-	0.106	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.885	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	2.369	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)	-	1.43	-	1.683	2.018	2.697	NS
IV	1.328	-	-				1.645	1.96	2.576	NS	-0.555	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.874	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.69	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-2.03	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
V	-	-	0.930				1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.148	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.748	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-2.69	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	-2.497	1.682	2.017	2.694	S (0.05)

LAMPA	TEMPERATUR	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend													
				LAMPA	MAXIMA	1966-2010	I	1.458	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.279	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	1.731	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	1.609	-	-				1.645	1.96	2.576	NS	2.710	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.640	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	-	1.506	-				1.683	2.018	2.697	NS	-	2.782	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	1.537	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	-1.215	-	-				1.645	1.96	2.576	NS	-2.759	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-1.873	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	-	-	-1.772				1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	-3.374	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-1.570	1.682	2.017	2.694	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

CUADRO 4.51

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN AYAVIRI PARA TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010).

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	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
				AYAVIRI	MAXIMA	1966-2010	I	1.487	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.956	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	1.604	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.847	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.216	-	-
II	1.722	-	-				1.645	1.96	2.576	S (0.1)	1.806	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	1.983	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	3.267	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.18	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
III	-	1.46	-				1.683	2.018	2.697	NS	-	1.941	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)	-	1.951	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)	-	3.422	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	5.13	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
IV	-1.555	-	-				1.645	1.96	2.576	NS	-1.487	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.306	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.53	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-3.33	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
V	-	-	-1.874				1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	-1.952	1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	-1.209	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-2.56	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	-3.277	1.682	2.017	2.694	S (0.01)

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	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
				AYAVIRI	MAXIMA	1966-2010	I	3.854	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.179	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.561	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.334	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.062	-	-
II	3.892	-	-				1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.202	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.781	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.466	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.345	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
III	-	4.415	-				1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.398	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	4.156	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	5.157	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.6	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
IV	-2.532	-	-				1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-2.146	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-3.122	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-4.05	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-2.51	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
V	-	-	-2.441				1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	-2.167	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	-3.620	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-4.59	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-2.325	1.682	2.017	2.694	S (0.05)

ESTACION	TEMPERATURA	PERIODO	TEST	Noviembre							Diciembre							AÑO HIDROLÓGICO																			
				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													
				AYAVIRI	MAXIMA	1966-2010	I	2.651	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.150	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.441	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)									
II	2.838	-	-				1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.363	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.257	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)													
III	-	3.178	-				1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.968	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	5.381	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)													
IV	-2.168	-	-				1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-1.987	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-3.508	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)													
V	-	-	-3.154				1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-2.363	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	-3.153	1.682	2.017	2.694	S (0.01)													

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

CUADRO 4.52

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN MUÑANI PARA TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010).

ESTACION	TEMPERATUR	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	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															
				MUÑANI																																																	
MUÑANI	MAXIMA	1966-2010	I	-2.397	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-1.037	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.323	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.988	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.281	-	-	1.645	1.96	2.576	NS															
			II	-2.194	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-1.095	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.51	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.911	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.205	-	-	1.645	1.96	2.576	NS															
			III	-	-3.074	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	-1.351	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.33	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.61	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.91	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)															
			IV	1.101	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.443	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.42	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.215	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.851	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)															
			V	-	-	1.850	1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	0.642	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.940	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	2.02	1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	2.640	1.682	2.017	2.694	S (0.05)															

ESTACION	TEMPERATUR	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	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															
				MUÑANI																																																	
MUÑANI	MAXIMA	1966-2010	I	-2.974	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-3.600	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-0.685	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.430	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.655	-	-	1.645	1.96	2.576	NS															
			II	-2.971	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-3.320	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-0.442	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.616	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.365	-	-	1.645	1.96	2.576	NS															
			III	-	-2.91	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	-3.959	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	-1.03	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.335	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.03	-	1.683	2.018	2.697	NS															
			IV	2.645	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.258	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	0.534	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.920	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.011	-	-	1.645	1.96	2.576	NS															
			V	-	-	2.679	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	3.907	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	1.292	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.32	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.897	1.682	2.017	2.694	NS															

ESTACION	TEMPERATUR	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend									
				MUÑANI																													
MUÑANI	MAXIMA	1966-2010	I	0.655	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.577	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.379	-	-	1.645	1.96	2.576	NS									
			II	0.808	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.719	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.452	-	-	1.645	1.96	2.576	NS									
			III	-	-0.01	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.434	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-2.17	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)									
			IV	-0.579	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.806	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.578	-	-	1.645	1.96	2.576	NS									
			V	-	-	0.152	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.232	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	1.946	1.682	2.017	2.694	S (0.1)									

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-stident

CUADRO 4.53

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN LAMPA PARA TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010).

ESTACION	TEMPERATUR	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	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
LAMPA	MÍNIMA	1966-2010	I	3.874	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.01)	2.553	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.05)	3.258	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.01)	3.023	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.01)	0.929	-	-	1.645	1.960	2.576	NS
			II	4.061	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.01)	2.958	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.01)	3.435	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.01)	3.010	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.01)	1.047	-	-	1.645	1.960	2.576	NS
			III	-	4.111	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.217	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.624	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.129	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	0.974	-	1.683	2.018	2.697	NS
			IV	-3.531	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.01)	-2.305	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.05)	-3.326	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.01)	-2.804	-	-	1.645	1.960	2.576	S (0.01)	-1.169	-	-	1.645	1.960	2.576	NS
			V	-	-	-3.139	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-2.515	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	-3.471	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-1.992	1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	-1.53	1.682	2.017	2.694	NS

ESTACION	TEMPERATUR	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	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
LAMPA	MÍNIMA	1966-2010	I	1.086	-	-	1.645	1.960	2.576	NS	1.878	-	1.878	1.645	1.960	2.576	S (0.1)	1.066	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.430	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.526	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
			II	1.093	-	-	1.645	1.960	2.576	NS	2.022	-	2.022	1.645	1.960	2.576	S (0.05)	1.111	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.342	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.617	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
			III	-	0.828	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	1.72	1.72	1.683	2.018	2.697	S (0.1)	-	0.612	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.38	-0.384	1.683	2.018	2.697	NS	-	1.758	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)
			IV	-0.579	-	-	1.645	1.960	2.576	NS	-1.533	-	-1.533	1.645	1.960	2.576	NS	-0.761	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.511	-	0.511	1.645	1.96	2.576	NS	-1.760	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
			V	-	-	-0.465	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-1.415	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.098	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.658	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-1.410	1.682	2.017	2.694	NS

ESTACION	TEMPERATUR	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend													
LAMPA	MÍNIMA	1966-2010	I	0.157	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.849	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	3.052	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)													
			II	0.357	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.163	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	2.913	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)													
			III	-	0.216	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	2.182	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)	-	3.142	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)													
			IV	0.034	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.669	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-2.418	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)													
			V	-	-	0.073	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-1.522	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-2.450	1.682	2.017	2.694	S (0.05)													

REFERENCIAS:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidrodinámicas 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

CUADRO 4.54

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN AYAVIRI PARA TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010).

AYAVIRI	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	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
MINIMA	1966-2010			I	3.825	-	3.825	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.054	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	1.477	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.753	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.059	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
				II	3.879	-	3.879	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.427	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	1.715	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	0.856	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.130	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
				III	-	4.534	4.534	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	2.413	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)	-	1.457	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	1.094	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.187	-	1.683	2.018	2.697	NS
				IV	-2.237	-	-2.237	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.715	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.011	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.443	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.988	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
				V	-	-	-2.274	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	-0.521	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.307	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.644	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.822	1.682	2.017	2.694	NS
MINIMA	1966-2010			I	0.939	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.328	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	2.338	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	1.780	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	2.896	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
				II	1.210	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.402	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	2.464	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	1.791	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	3.018	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
				III	-	1.210	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	2.137	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)	-	2.00	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)	-	2.09	2.09	1.683	2.018	2.697	S (0.05)	-	3.218	3.218	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
				IV	0.125	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.829	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.761	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.102	-	-0.102	1.645	1.96	2.576	NS	-1.192	-	-1.192	1.645	1.96	2.576	NS
				V	-	-	0.160	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.506	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.252	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.538	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-1.361	1.682	2.017	2.694	NS
MINIMA	1966-2010			I	2.152	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	2.692	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.827	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
				II	2.141	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	2.892	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.747	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)
				III	-	2.342	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)	-	2.853	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.031	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	-	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	-	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)
				IV	-0.579	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.01	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.329	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
				V	-	-	-0.715	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.654	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.420	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1.682	2.017	2.694	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-strient

CUADRO 4.55

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS DE LA ESTACIÓN MUÑANI PARA TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010).

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	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
				MUÑANI	MINIMA	1966-2010	I	4.138	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.079	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.551	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.847	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.355	-	-
II	4.088	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.039	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.697	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.697	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.649	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)			
III	-	5.566	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	4.165	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.966	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.611	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	4.007	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)			
IV	-2.781	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-3.258	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-2.986	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-2.769	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-3.69	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)			
V	-	-	-3.874	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-3.725	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-3.822	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-4.017	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-4.789	1.682	2.017	2.694	S (0.01)			

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	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
				MUÑANI	MINIMA	1966-2010	I	2.710	-	2.710	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.984	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.833	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	0.235	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.749	-	-
II	2.985	-	2.985	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.084	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.792	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	0.377	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.867	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)			
III	-	3.268	3.268	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.637	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	1.807	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)	-	1.838	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)	-	2.816	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)			
IV	-2.418	-	-2.418	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-1.964	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-1.192	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.375	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.078	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)			
V	-	-	-3.384	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-1.990	1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	-1.141	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-1.72	1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	-1.757	1.682	2.017	2.694	S (0.1)			

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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend														
				MUÑANI	MINIMA	1966-2010	I	2.984	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.277	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.754	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.754	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.754	-	-
II	2.985	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	3.429	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.437	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.437	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	4.437	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)			
III	-	3.307	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	3.551	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	4.736	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	4.736	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)	-	4.736	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)			
IV	-2.055	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-2.532	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-3.622	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)			
V	-	-	-1.978	1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	-2.937	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-3.231	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-	1.682	2.017	2.694	S (0.01)	-	-	-	1.682	2.017	2.694	S (0.01)			

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 Regresión Lineal
- IV Test Ran Ksum
- V Test T-student

### 1.3 Análisis estadístico del comportamiento de las temperaturas, cuenca Ramis, 1966-2012

CUADRO 4.56

#### MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y VARIACIÓN DEL PROMEDIO DE TEMPERATURA EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS, 1992-2012

Estadísticos							
	Temperaturas máximas	Temperaturas mínimas	Temperaturas medias	Oscilación de Temperaturas	Temperaturas máximas absolutas	Temperaturas mínimas absolutas	Oscilación máxima de Temperaturas
Válidos	20	20	20	20	20	20	20
Media	16.5915	2.4455	9.5285	14.1090	19.4435	-1.8065	19.9230
Mediana	16.5650	2.3900	9.4750	14.1750	19.4450	-1.7750	19.8800
Desv. típ.	0.51973	0.43137	0.40535	0.44585	0.54946	0.71084	0.72320
Varianza	0.270	0.186	0.164	0.199	0.302	0.505	0.523
Mínimo	15.81	1.56	8.92	13.13	18.61	-3.08	18.56
Máximo	17.64	3.23	10.47	14.88	20.47	-0.68	21.45

Fuente: SENAMHI, 2013

CUADRO 4.57

#### VARIACIÓN EN LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS POR ESTACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS, 1992-2012

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Arapa	20	15.60	18.10	16.8050	0.72291	0.523
Ayaviri	20	15.70	18.70	17.2850	0.89164	0.795
Azangaro	20	16.30	18.40	17.2400	0.73154	0.535
Crucero	20	14.40	15.30	14.8200	0.29515	0.087
Lampa	20	15.60	18.30	17.0300	0.70718	0.500
Pucara	20	16.40	18.40	17.2695	0.62487	0.390
Taraco	20	15.51	17.60	16.3595	0.51508	0.265
Asillo	20	15.10	18.10	16.4900	0.66878	0.447
Muñani	20	15.30	17.40	16.4350	0.60112	0.361
Umachiri	20	14.70	18.00	16.1800	0.79842	0.637
N válido (según lista)	20					

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 4.58**  
**VARIACIÓN EN LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS POR ESTACIÓN EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO RAMIS, 1992-2012**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Arapa	20	2.30	4.70	3.6000	0.58310	0.340
Ayaviri	20	-2.10	3.60	2.1500	1.17406	1.378
Azángaro	20	2.70	4.70	3.6050	0.42855	0.184
Crucero	20	0.00	1.60	0.5820	0.45747	0.209
Lampa	20	0.00	3.50	2.2150	0.82989	0.689
Pucara	20	-0.50	3.70	2.0675	1.07547	1.157
Taraco	20	1.94	4.70	3.0510	0.81495	0.664
Asillo	20	1.60	4.20	3.2350	0.58784	0.346
Muñani	20	2.30	4.10	3.1750	0.48327	0.234
Umachiri	20	-0.60	2.20	0.6650	0.89694	0.805
N válido (según lista)	20					

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 4.59**  
**VARIACIÓN EN LAS TEMPERATURAS MEDIAS POR ESTACIÓN EN LA**  
**CUENCA DEL RÍO RAMIS, 1992-2012**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Arapa	20	9.20	11.50	10.2200	0.52875	0.280
Ayaviri	20	8.40	10.80	9.8200	0.68334	0.467
Azángaro	20	9.80	11.50	10.4050	0.48610	0.236
Crucero	20	6.70	8.40	7.6412	0.40434	0.163
Lampa	20	8.70	10.90	9.6900	0.49300	0.243
Pucara	20	8.00	11.00	9.6523	0.79361	0.630
Taraco	20	8.79	10.86	9.7129	0.56780	0.322
Asillo	20	8.80	11.10	9.9250	0.54083	0.293
Muñani	20	9.00	10.60	9.8050	0.45361	0.206
Umachiri	20	7.10	10.00	8.4050	0.77763	0.605
N válido (según lista)	20					

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.60

PROYECCIÓN DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS MEDIAS EN LA CUENCA RAMIS PARA LAS PRÓXIMAS 16 CAMPAÑAS AGRÍCOLAS MEDIANTE EL MODELO LINEAL

Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas máximas	Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas máximas
2014/15	17.119	2022/23	17.455
2015/16	17.161	2023/24	17.497
2016/17	17.203	2024/25	17.539
2017/18	17.245	2025/26	17.581
2018/19	17.287	2026/27	17.623
2019/20	17.329	2027/28	17.665
2020/21	17.371	2028/29	17.707
2021/22	17.413	2029/30	17.749

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.61

PROYECCIÓN DEL PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS PARA LAS PRÓXIMAS 16 CAMPAÑAS AGRÍCOLAS MEDIANTE EL MODELO LOGARÍTMICO

Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas máximas (°C)	Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas máximas (°C)
2014/15	17.00	2022/23	17.13
2015/16	17.02	2023/24	17.14
2016/17	17.04	2024/25	17.16
2017/18	17.05	2025/26	17.17
2018/19	17.07	2026/27	17.18
2019/20	17.08	2027/28	17.19
2020/21	17.10	2028/29	17.21
2021/22	17.11	2029/30	17.22

Fuente: Elaboración propia.

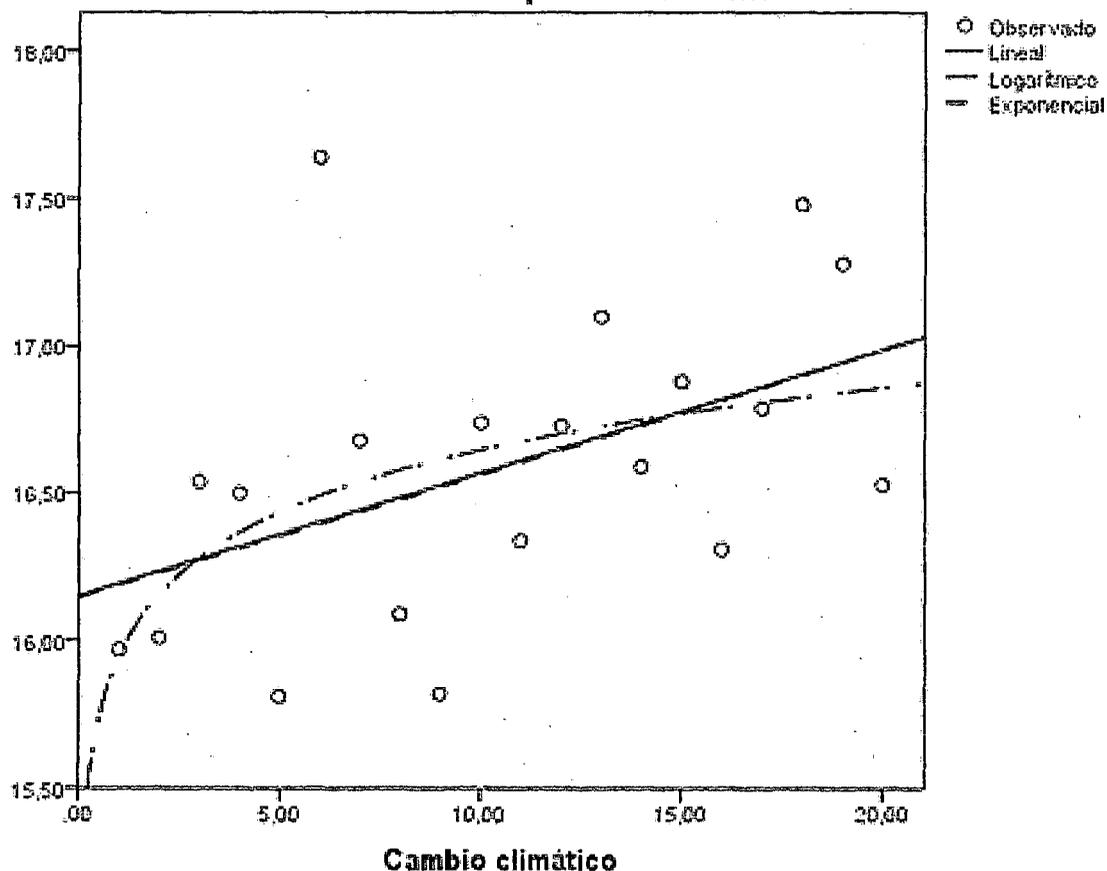
CUADRO 4.62

PROYECCIÓN DEL PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS PARA LAS PRÓXIMAS 16 CAMPAÑAS AGRÍCOLAS MEDIANTE EL MODELO EXPONENCIAL

Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas máximas (°C)	Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas máximas (°C)
2014/15	17.214027	2022/23	17.239897
2015/16	17.217227	2023/24	17.243174
2016/17	17.220436	2024/25	17.246462
2017/18	17.223655	2025/26	17.249759
2018/19	17.226884	2026/27	17.253066
2019/20	17.230123	2027/28	17.256383
2020/21	17.233371	2028/29	17.259711
2021/22	17.236629	2029/30	17.263048

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 4.13  
COMPORTAMIENTO DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS PARA LOS DIFERENTES MODELOS EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS  
Temperatura Máxima



**CUADRO 4.63**  
**PROYECCIÓN DEL PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÍNIMAS EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS PARA LAS PRÓXIMAS 16 CAMPAÑAS AGRÍCOLAS MEDIANTE EL MODELO LINEAL**

Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas mínimas (°C)	Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas mínimas (°C)
2014/15	2.419	2022/23	2.403
2015/16	2.417	2023/24	2.401
2016/17	2.415	2024/25	2.399
2017/18	2.413	2025/26	2.397
2018/19	2.411	2026/27	2.395
2019/20	2.409	2027/28	2.393
2020/21	2.407	2028/29	2.391
2021/22	2.405	2029/30	2.389

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO 4.64**  
**PROYECCIÓN DEL PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÍNIMAS EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS PARA LAS PRÓXIMAS 16 CAMPAÑAS AGRÍCOLAS MEDIANTE EL MODELO LOGARÍTMICO**

Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas mínimas	Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas mínimas
2014/15	2.347	2022/23	2.476
2015/16	2.365	2023/24	2.490
2016/17	2.383	2024/25	2.504
2017/18	2.400	2025/26	2.517
2018/19	2.416	2026/27	2.529
2019/20	2.432	2027/28	2.541
2020/21	2.448	2028/29	2.553
2021/22	2.462	2029/30	2.565

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.65

PROYECCIÓN DEL PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÍNIMAS EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS PARA LAS PRÓXIMAS 16 CAMPAÑAS AGRÍCOLAS MEDIANTE EL MODELO LOGARÍTMICO

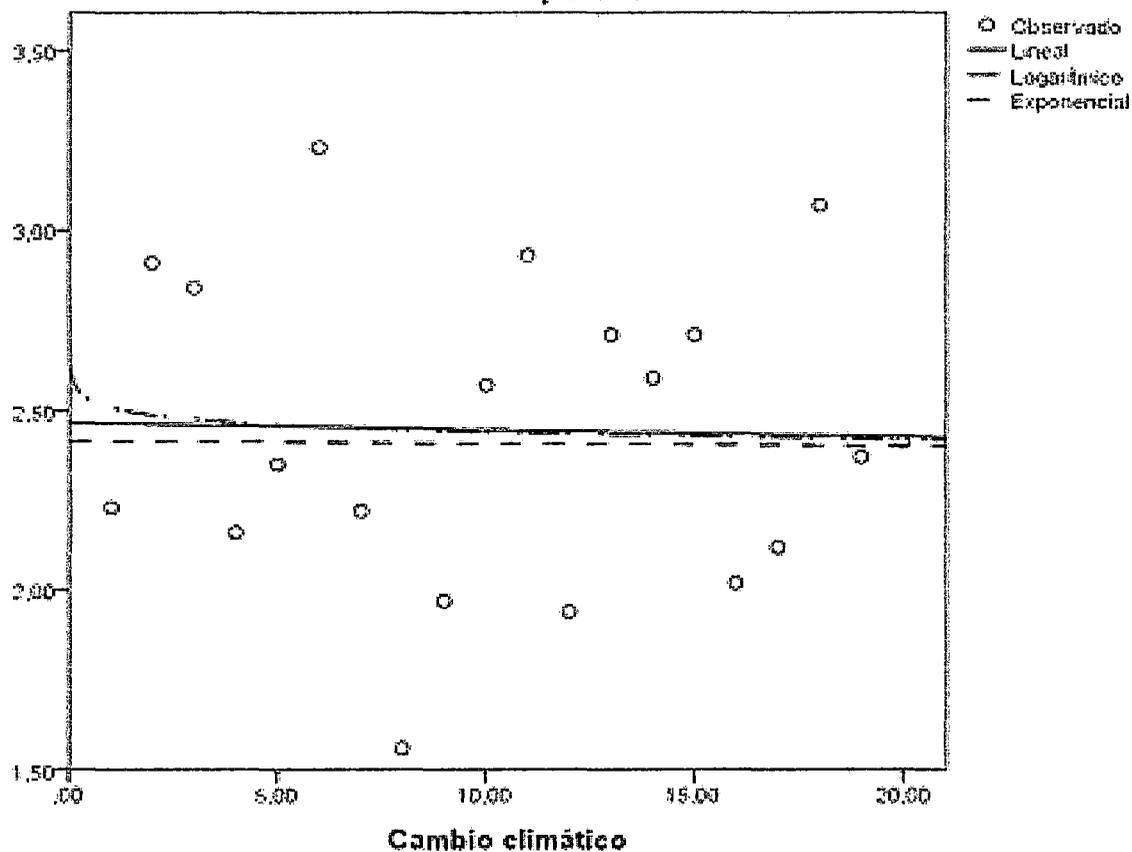
Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas mínimas (°C)	Campañas agrícolas	Proyección de temperaturas mínimas (°C)
2014/15	3.437222	2022/23	3.445425
2015/16	3.438244	2023/24	3.446455
2016/17	3.439267	2024/25	3.447486
2017/18	3.440290	2025/26	3.448518
2018/19	3.441315	2026/27	3.449551
2019/20	3.442341	2027/28	3.450585
2020/21	3.443368	2028/29	3.451620
2021/22	3.444396	2029/30	3.452656

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 4.14

COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURAS MÍNIMAS PARA LOS DIFERENTES MODELOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS

Temperatura Mínima



## Anexo 2.1 Análisis de consistencia de las precipitaciones pluviales de la cuenca Ramis, periodo 1966-2012

FIGURA 4.15

HIDROGRAMA DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL - GRUPO N° 1 (1966-2012)

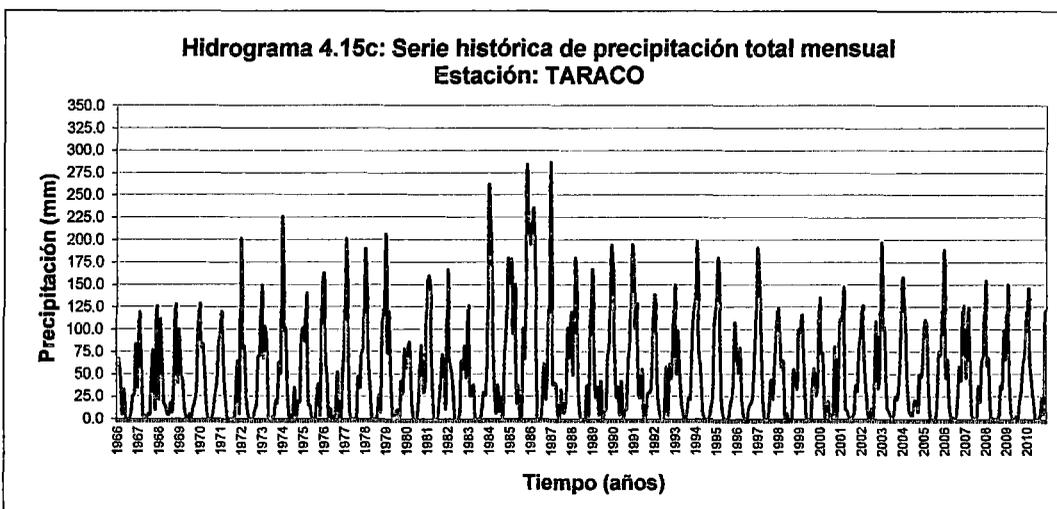
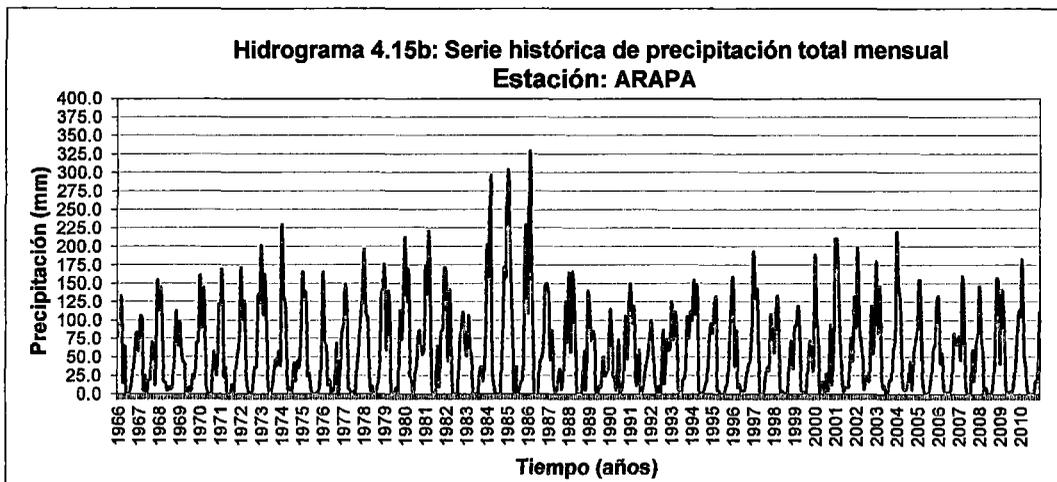
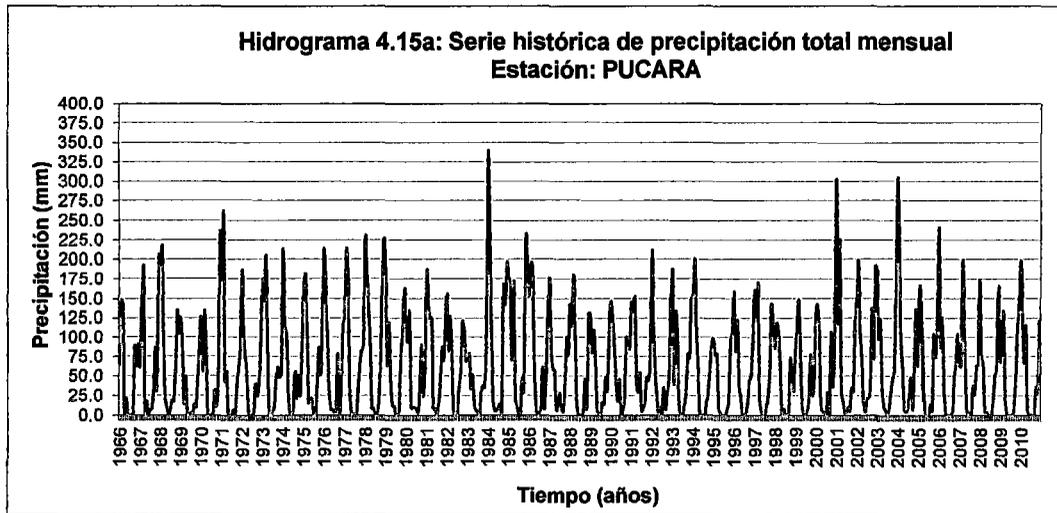


FIGURA 4.16  
HIDROGRAMA DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL - GRUPO N° 2, (1966-2012)

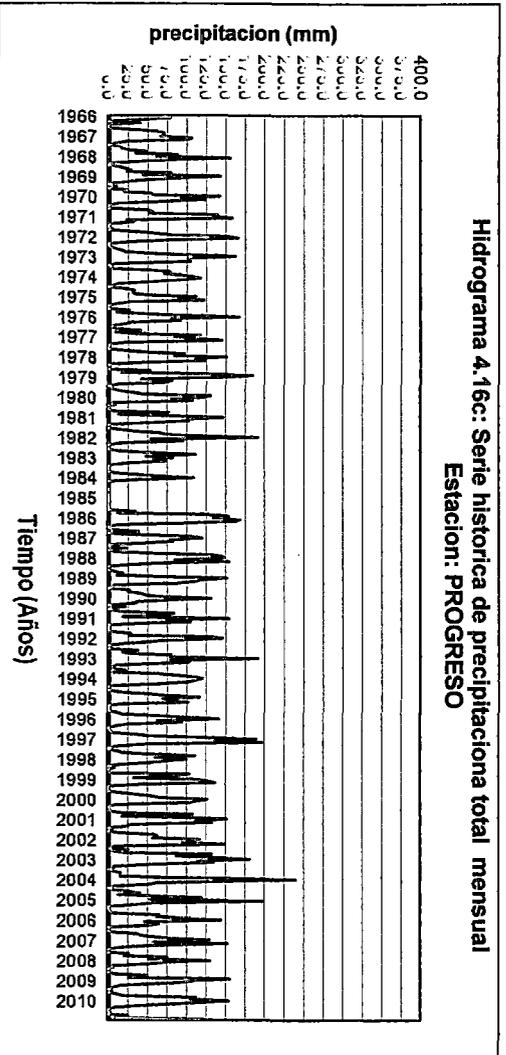
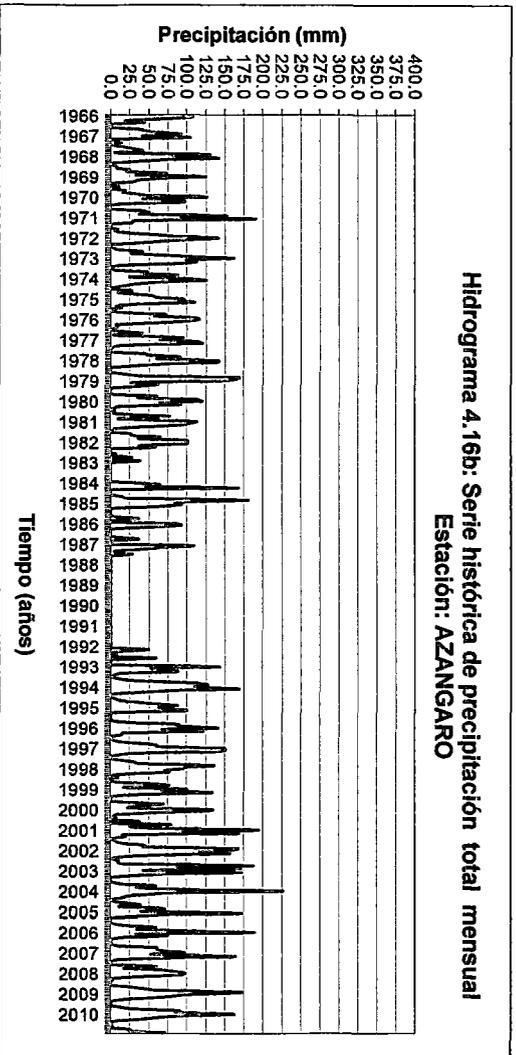
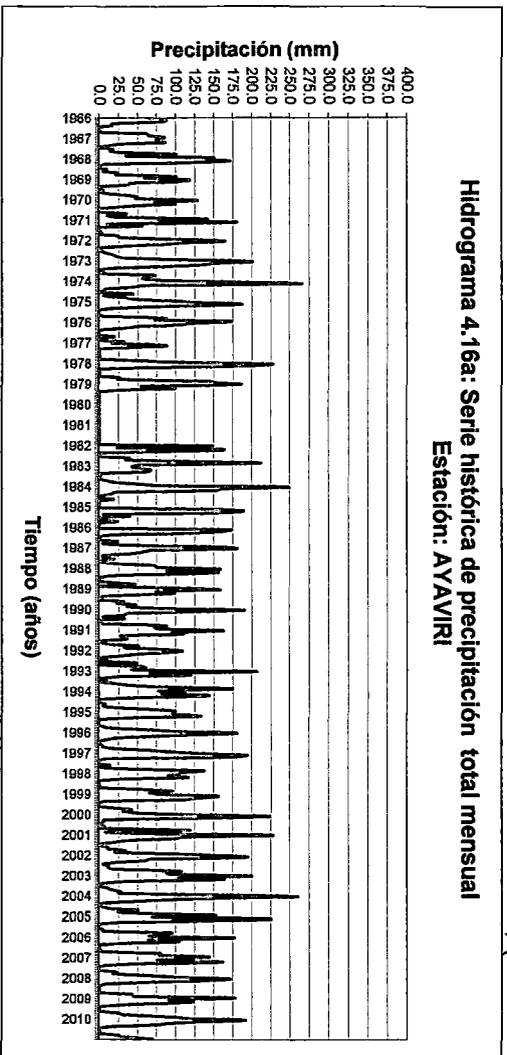
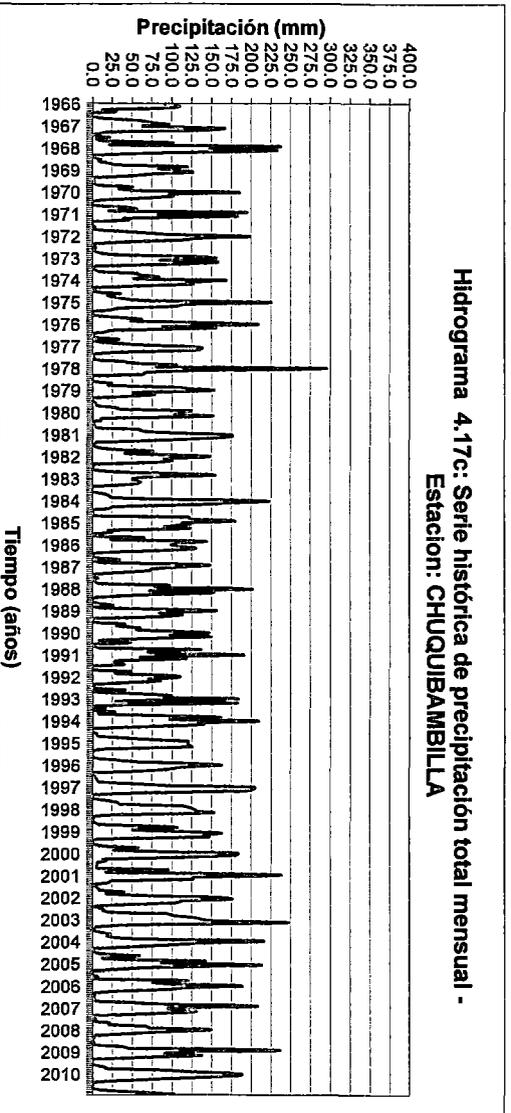
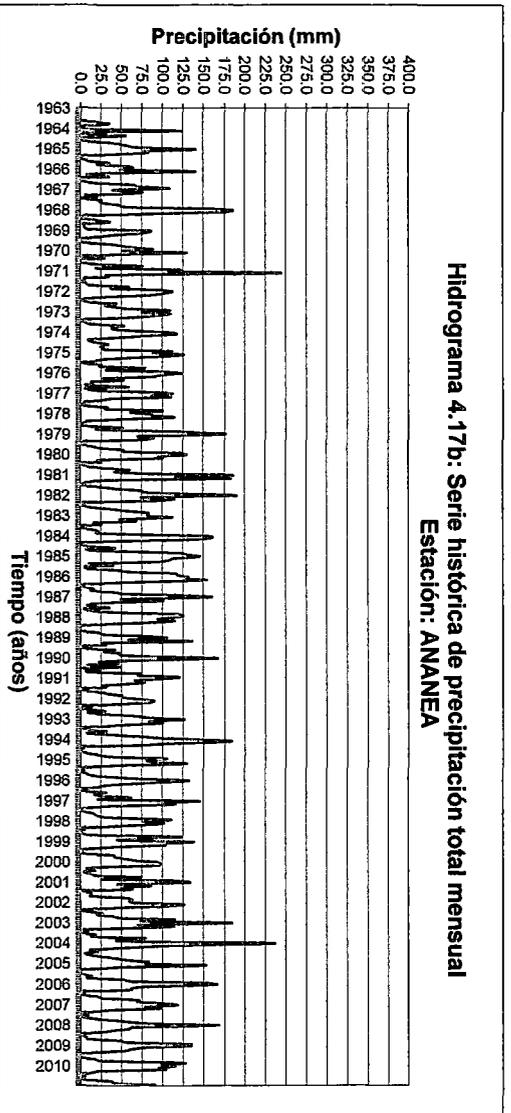
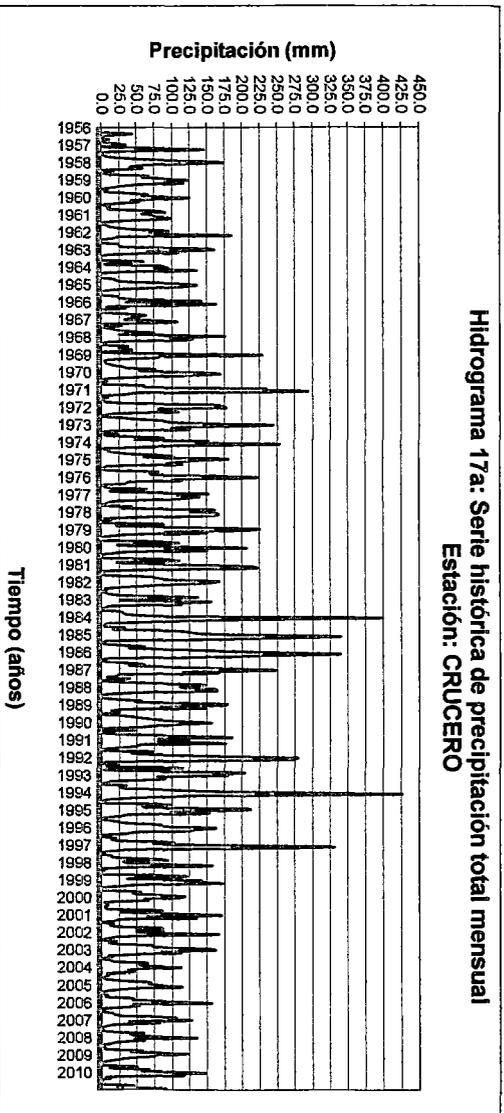


FIGURA 4.17  
HIDROGRAMAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL-GRUPO N° 3 (1966-2012)



CUADRO 4.66

ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE LAS PRECIPITACIONES GRUPO N° 1, 1966-2010.

Año	Valores de Precipitación Anual			Valores de Precipitación Anual Acumulado			
	Pucara	Arapa	Taraco	Prom.	Pucara	Arapa	Taraco
1966	643.2	583.9	357.597	528.2	643.2	583.9	357.6
1967	538.3	637.5	477.9256	1079.5	1181.5	1221.4	835.5
1968	821.2	630.9	469.7272	1720.1	2002.7	1852.3	1305.2
1969	522.5	448	367.7596	2166.2	2525.2	2300.3	1673.0
1970	702.3	734	493.9808	2809.6	3227.5	3034.3	2167.0
1971	507.4	530.1	376.9828	3281.1	3734.9	3564.4	2544.0
1972	624.1	780.4	530.6174	3926.1	4359.0	4344.8	3074.6
1973	645.9	777.9	535.229	4579.1	5004.9	5122.7	3609.8
1974	604.9	745.6	617.8	5235.2	5609.8	5868.3	4227.6
1975	717.7	546.4	577.7	5849.2	6327.5	6414.7	4805.3
1976	431.7	524.6	405.2	6303.0	6759.2	6939.3	5210.5
1977	569.3	724.7	647.6	6950.2	7328.5	7664.0	5858.1
1978	970.5	782.1	689.5	7764.2	8299.0	8446.1	6547.6
1979	665.3	814.1	616.5	8462.9	8964.3	9260.2	7164.1
1980	707.8	898.4	466.5	9153.8	9672.1	10158.6	7630.6
1981	994.4	1030	685.6	10057.1	10666.5	11188.6	8316.2
1982	642.8	759.1	578.5	10717.2	11309.3	11947.7	8894.7
1983	424.6	435	355.9	11122.4	11733.9	12382.7	9250.6
1984	831.6	1118.4	1049.6	12122.3	12565.5	13501.1	10300.2
1985	1026	1265.9	1303.7	13320.8	13591.5	14767.0	11603.9
1986	879.2	1153.5	1098.8	14364.6	14470.7	15920.5	12702.7
1987	596.2	595.7	659.6	14981.8	15066.9	16516.2	13362.3
1988	902.5	780.6	662.7	15763.7	15969.4	17296.8	14025.0
1989	659.6	514.1	458.2	16307.7	16629.0	17810.9	14483.2
1990	616.1	617.1	717.4	16957.9	17245.1	18428.0	15200.6
1991	718.8	645.7	655.3	17631.2	17963.9	19073.7	15855.9
1992	616.8	514	542.3	18188.9	18580.7	19587.7	16398.2
1993	678.8	748.6	616.7	18870.2	19259.5	20336.3	17014.9
1994	669.7	720.4	622.4	19541.1	19929.2	21056.7	17637.3
1995	522.4	585.8	653.1	20128.2	20451.6	21642.5	18290.4
1996	653.7	514.6	432.1	20661.6	21105.3	22157.1	18722.5
1997	799.1	796	710.9	21430.3	21904.4	22953.1	19433.4
1998	572.1	511.1	484.3	21952.8	22476.5	23464.2	19917.7
1999	592.7	596.6	544.6	22530.8	23069.2	24060.8	20462.3
2000	539.8	622.8	459.7	23071.5	23609.0	24683.6	20922.0
2001	851.1	917.3	546.2	23843.1	24460.1	25600.9	21468.2
2002	955.7	847.8	571.7	24634.8	25415.8	26448.7	22039.9
2003	756.7	641	590	25297.4	26172.5	27089.7	22629.9
2004	697.2	740.9	593.6	25974.6	26869.7	27830.6	23223.5
2005	606.1	633.1	597.6	26586.9	27475.8	28463.7	23821.1
2006	620.7	486.4	578	27148.6	28096.5	28950.1	24399.1
2007	698.4	630.3	535.1	27769.8	28794.9	29580.4	24934.2
2008	585.4	650.2	456.8	28334.0	29380.3	30230.6	25391.0
2009	433.8	583.5	460.6	28826.6	29814.1	30814.1	25851.6
2010	520.7	534.7	527	29354.1	30334.8	31348.8	26378.6

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO 4.67**  
**ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE LAS PRECIPITACIONES - GRUPO N° 2, 1966-2010**

Año	Valores de Precipitación Anual			Valores de Precipitación Anual Acumulado			
	Ayaviri	Azangaro	Progreso	Prom.	Ayaviri	Azangaro	Progreso
1966	475.0	568.4	479.4	507.6	475.0	568.4	479.4
1967	629.7	417.5	535	1035.0	1104.7	985.9	1014.4
1968	645	506.1	555.4	1603.8	1749.7	1492.0	1569.8
1969	447.2	382.6	467.8	2036.4	2196.9	1874.6	2037.6
1970	598.1	656.7	731.2	2698.4	2795.0	2531.3	2768.8
1971	491.1	510.1	537.7	3211.3	3286.1	3041.4	3306.5
1972	610.8	599.7	639.9	3828.1	3896.9	3641.1	3946.4
1973	868.1	702.4	783.8	4612.9	4765.0	4343.5	4730.2
1974	788.9	528.9	552.4	5236.3	5553.9	4872.4	5282.6
1975	804.4	607.9	530.5	5883.9	6358.3	5480.3	5813.1
1976	371.9	512.2	626.9	6387.6	6730.2	5992.5	6440.0
1977	333.9	565.4	618.9	6893.6	7064.1	6557.9	7058.9
1978	843.5	785	823.8	7711.1	7907.6	7342.9	7882.7
1979	524.5	497.9	585.1	8246.9	8432.1	7840.8	8467.8
1980	733	473.3	499.4	8815.5	9165.1	8314.1	8967.2
1981	559	621.4	698.9	9441.9	9724.1	8935.5	9666.1
1982	890.8	461.7	590.7	10089.6	10614.9	9397.2	10256.8
1983	377.1	626	354.4	10542.1	10992.0	10023.2	10611.2
1984	730.4	808	508.7	11224.5	11722.4	10831.2	11119.9
1985	814.4	640.5	693.3	11940.6	12536.8	11471.7	11813.2
1986	860.9	338.3	841.2	12620.7	13397.7	11810.0	12654.4
1987	565.1	568.8	682.9	13226.3	13962.8	12378.8	13337.3
1988	652.8	457	572.5	13787.1	14615.6	12835.8	13909.8
1989	611.7	505	687.1	14388.3	15227.3	13340.8	14596.9
1990	657.9	503	502.9	14942.9	15885.2	13843.8	15099.8
1991	649	504	565.8	15515.9	16534.2	14347.8	15665.6
1992	481.5	562.9	532.9	16041.6	17015.7	14910.7	16198.5
1993	840	742.2	739.8	16815.6	17855.7	15652.9	16938.3
1994	608.2	621.8	658.8	17445.2	18463.9	16274.7	17597.1
1995	567.4	460.1	454.6	17939.3	19031.3	16734.8	18051.7
1996	584.8	538.3	549.4	18496.8	19616.1	17273.1	18601.1
1997	816.3	795.9	833.6	19312.0	20432.4	18069.0	19434.7
1998	558.5	441.6	478.8	19805.0	20990.9	18510.6	19913.5
1999	649.6	514.3	581.2	20386.7	21640.5	19024.9	20494.7
2000	702.7	527.6	604.5	20998.3	22343.2	19552.5	21099.2
2001	684.2	777	646.4	21700.8	23027.4	20329.5	21745.6
2002	843.1	970.3	887	22601.0	23870.5	21299.8	22632.6
2003	735.4	630.8	640.2	23269.8	24605.9	21930.6	23272.8
2004	860.3	611.7	774.2	24018.5	25466.2	22542.3	24047.0
2005	706.4	524.9	564.4	24617.1	26172.6	23067.2	24611.4
2006	702.3	525.3	534.8	25204.5	26874.9	23592.5	25146.2
2007	647.4	636.7	588.4	25828.7	27522.3	24229.2	25734.6
2008	631.6	538	505.8	26387.2	28153.9	24767.2	26240.4
2009	622.3	551	533.4	26956.1	28776.2	25318.2	26773.8
2010	615.3	493.6	550.6	27509.2	29391.5	25811.8	27324.4

Fuente: Elaboración propia

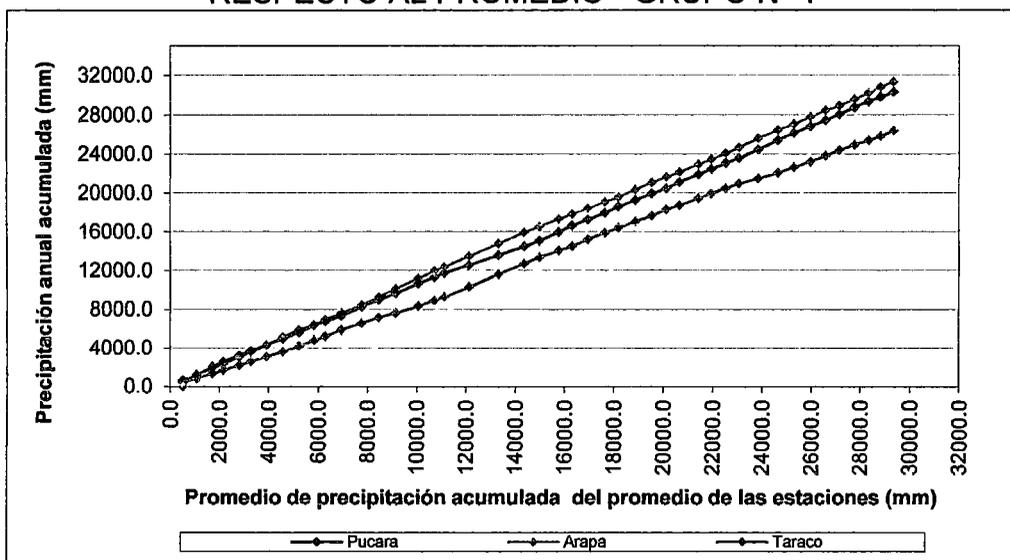
CUADRO 4.68

ANÁLISIS DE DOBLE MASA DE LAS PRECIPITACIONES GRUPO N° 3, 1966-2010.

Año	Valores de Precipitación Anual			Valores de Precipitación Anual Acumulado			
	CRUCERO	ANANEA	CHUQUIBAMBI LLA	Prom.	CRUCERO	ANANEA	CHUQUIBAMBI LLA
1966	241.8	536.3	602.4	389.1	241.8	536.3	602.4
1967	391.7	548.1	814.1	859.0	633.5	1084.4	1416.5
1968	198.1	540.2	838.0	1228.1	831.6	1624.6	2254.5
1969	237.4	523.7	519.3	1608.6	1069.0	2148.3	2773.8
1970	376.6	502.3	786.2	2048.1	1445.6	2650.6	3560.0
1971	379.9	640.0	561.3	2558.0	1825.5	3290.6	4121.3
1972	446.2	628.4	670.6	3095.3	2271.7	3919.0	4791.9
1973	375.0	573.0	781.9	3569.3	2646.7	4492.0	5573.8
1974	444.4	622.2	661.8	4102.6	3091.1	5114.2	6235.6
1975	421.8	673.7	781.0	4650.4	3512.9	5787.9	7016.6
1976	324.3	595.1	626.1	5110.1	3837.2	6383.0	7642.7
1977	398.0	603.0	712.2	5610.6	4235.2	6986.0	8354.9
1978	478.3	672.2	824.2	6185.8	4713.5	7658.2	9179.1
1979	442.4	691.5	524.1	6752.8	5155.9	8349.7	9703.2
1980	308.0	605.9	620.6	7209.7	5463.9	8955.6	10323.8
1981	430.4	869.2	850.9	7859.5	5894.3	9824.8	11174.7
1982	304.6	759.4	769.4	8391.5	6198.9	10584.2	11944.1
1983	214.9	487.3	369.7	8742.6	6413.8	11071.5	12313.8
1984	443.7	861.4	1016.5	9395.2	6857.5	11932.9	13330.3
1985	612.0	874.0	834.1	10138.2	7469.5	12806.9	14164.4
1986	456.6	759.3	697.0	10746.1	7926.1	13566.2	14861.4
1987	420.0	722.5	490.4	11317.4	8346.1	14288.7	15351.8
1988	313.7	558.2	653.7	11753.3	8659.8	14846.9	16005.5
1989	360.5	619.8	729.4	12243.5	9020.3	15466.7	16734.9
1990	456.8	677.1	814.6	12810.4	9477.1	16143.8	17549.5
1991	467.7	533.0	641.6	13310.8	9944.8	16676.8	18191.1
1992	574.5	532.3	592.3	13864.2	10519.3	17209.1	18783.4
1993	386.5	662.5	850.3	14388.7	10905.8	17871.6	19633.7
1994	462.6	703.8	795.2	14971.9	11368.4	18575.4	20428.9
1995	286.8	502.3	592.1	15366.4	11655.2	19077.7	21021.0
1996	277.0	497.2	615.5	15753.5	11932.2	19574.9	21636.5
1997	212.8	622.7	985.6	16171.3	12145.0	20197.6	22622.1
1998	264.0	558.6	677.7	16582.6	12409.0	20756.2	23299.8
1999	234.3	614.1	776.8	17006.8	12643.3	21370.3	24076.6
2000	256.7	586.1	794.6	17428.2	12900.0	21956.4	24871.2
2001	292.9	590.7	689.9	17870.0	13192.9	22547.1	25561.1
2002	364.8	675.5	956.0	18390.1	13557.7	23222.6	26517.1
2003	346.3	676.9	774.7	18901.8	13904.0	23899.5	27291.8
2004	361.5	763.1	792.9	19464.1	14265.5	24662.6	28084.7
2005	387.7	593.2	738.4	19954.5	14653.2	25255.8	28823.1
2006	271.8	668.8	776.7	20424.8	14925.0	25924.6	29599.8
2007	330.1	559.8	596.6	20869.7	15255.1	26484.4	30196.4
2008	247.7	613.9	620.7	21300.5	15502.8	27098.3	30817.1
2009	199.4	616.1	656.7	21708.3	15702.2	27714.4	31473.8
2010	177.8	528.7	775.1	22061.5	15880.0	28243.1	32248.9

Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 4.18**  
**DIAGRAMA DE DOBLE MASA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES**  
**RESPECTO AL PROMEDIO - GRUPO N° 1**



**FIGURA 4.19**  
**DIAGRAMA DE DOBLE MASA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES**  
**RESPECTO AL PROMEDIO - GRUPO N° 2**

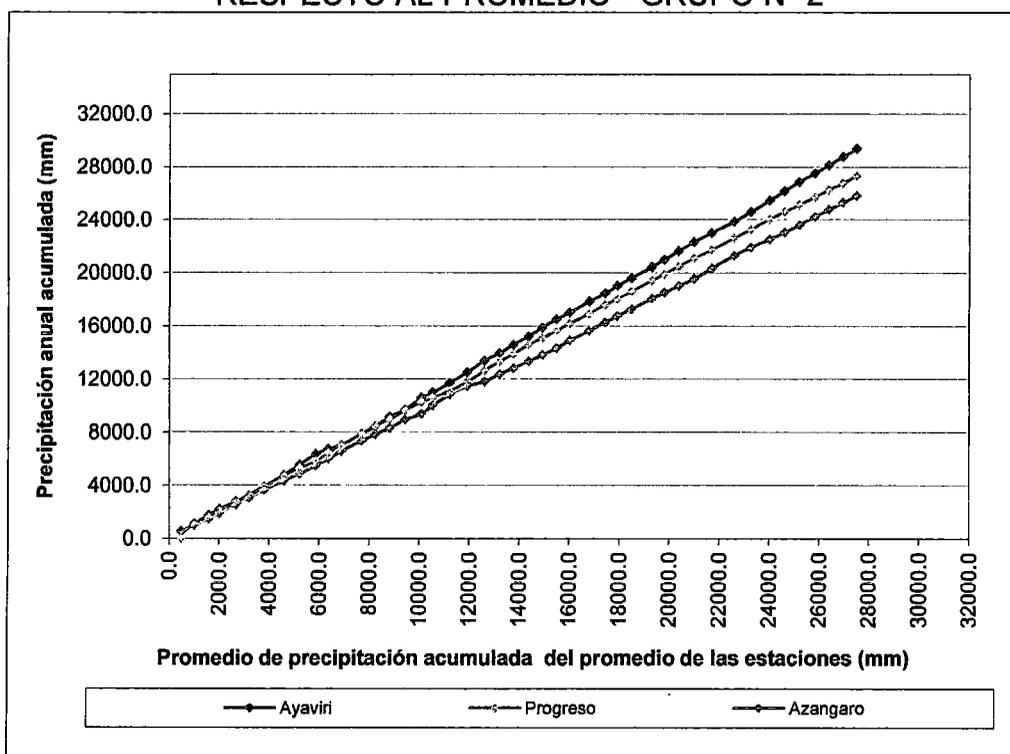
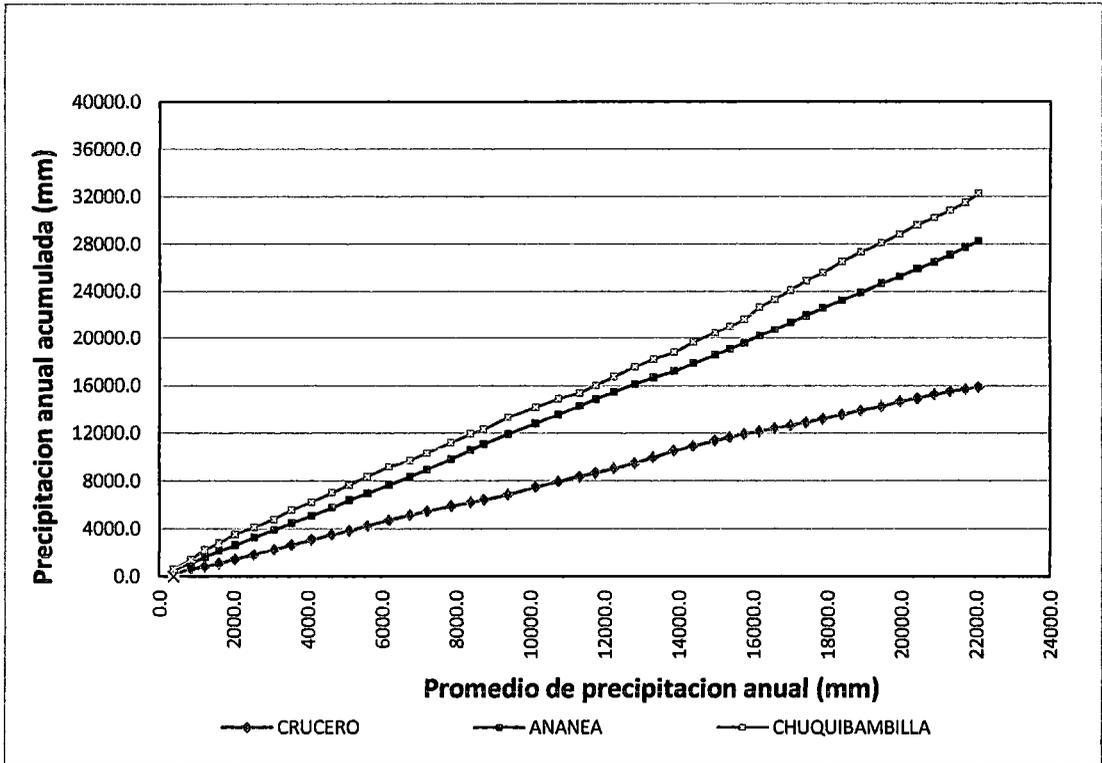


FIGURA 4.20  
 DIAGRAMA DE DOBLE MASA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES  
 RESPECTO AL PROMEDIO - GRUPO N° 3



## Anexo 2.2 Resultados del análisis de tendencias de las precipitaciones pluviales, cuenca Ramis, 1966-2010

CUADRO 4.69

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA PRECIPITACIÓN ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°1.

ESTACION	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	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	
PUCARA	1966-2010	I	-0.147	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.164	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.147	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.411	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.19	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	
		II	0.031	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.199	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.113	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.463	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.106	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	
		III	-	0.217	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.243	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.424	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.541	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.31	-	1.683	2.018	2.697	NS	
		IV	0.624	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.351	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.375	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.03	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.38	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	
		V	-	-	0.437	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	1.486	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.663	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.183	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.277	1.682	2.017	2.694	NS	
PUCARA	1966-2010	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	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	
			I	-0.186	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.998	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.587	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.438	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.13	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
			II	1.568	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.676	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.936	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.495	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.28	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
			III	-	-0.15	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.941	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.03	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.583	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.09	-	1.683	2.018	2.697	NS
IV	-0.693	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.011	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.965	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.100	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	0.216	-	-	1.645	1.96	2.576	NS			
V	-	-	-0.43	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.986	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.135	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	2.313	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	0.288	1.682	2.017	2.694	NS			
PUCARA	1966-2010	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend															
			I	0.489	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.440	-	0.44	1.645	1.96	2.576	NS	-0.743	-	-	1.645	1.96	2.576	NS														
			II	0.553	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.570	-	0.57	1.645	1.96	2.576	NS	-0.763	-	-	1.645	1.96	2.576	NS														
			III	-	-0.17	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.336	-0.336	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.42	-	1.683	2.018	2.697	NS														
IV	0.443	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.193	-	-0.193	1.645	1.96	2.576	NS	1.328	-	-	1.645	1.96	2.576	NS																	
V	-	-	1.264	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.688	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	1.292	1.682	2.017	2.694	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-stient

CUADRO 4.70

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA PRECIPITACIÓN MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°1.

ESTACION	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	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
			ARAPA	1966-2010	I	0.205	-	-1.008	1.645	1.96	2.576	NS	0.196	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.743	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.117	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.783	-	-	1.645
II	0.198	-	-0.986	1.645	1.96	2.576	NS	0.114	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.749	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.185	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.648	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
III		0.29	-0.910	1.683	2.018	2.697	NS		0.161	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.773	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.318	-	1.683	2.018	2.697	NS		-1.059	-	1.683	2.018	2.697	NS		
IV	0.284	-	1.555	1.645	1.96	2.576	NS	0.761	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.465	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.011	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.352	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
V		-	1.599	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.975	1.682	2.017	2.694	NS		-	1.719	1.682	2.017	2.694	S (0.1)		-	-0.490	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.084	1.682	2.017	2.694	NS		
ARAPA	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	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
			1966-2010	I	0.655	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.008	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.174	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.929	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.215	-	-	1.645	1.96
II	1.884	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	0.593	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.688	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.978	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.191	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
III		0.398	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.760	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.658	-	1.683	2.018	2.697	NS		-1.430	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.449	-	1.683	2.018	2.697	NS		
IV	-2.009	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.693	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.420	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.715	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.216	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
V		-	-1.153	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.843	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.807	1.682	2.017	2.694	NS		-	1.489	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.448	1.682	2.017	2.694	NS		
ARAPA	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	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							
			1966-2010	I	0.245	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.068	-	-0.068	1.645	1.96	2.576	NS	-0.518	-	-	1.645	1.96	2.576	NS												
II	0.138	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.073	-	-0.073	1.645	1.96	2.576	NS	-0.670	-	-	1.645	1.96	2.576	NS																
III		-0.120	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.128	-0.128	1.683	2.018	2.697	NS		-0.671	-	1.683	2.018	2.697	NS																
IV	1.283	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.761	-	0.761	1.645	1.96	2.576	NS	1.510	-	-	1.645	1.96	2.576	NS																
V		-	1.680	1.682	2.017	2.694	NS		-	1.125	1.682	2.017	2.694	NS		-	-	1.918	1.682	2.017	2.694	S (0.1)															

REFERENCIAS:

Testis 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-sident

CUADRO 4.71

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA PRECIPITACIÓN MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°1.

ESTACION	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend							
TARACO	1966-2010	I	-0.010	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.382	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.597	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.587	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.538	-	0.538	1.645	1.96	2.576	NS
		II	0.211	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.347	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.677	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.521	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.111	-	1.111	1.645	1.96	2.576	NS
		III	-	0.328	-	1.683	2.018	2.697	NS	0.364	-	1.683	2.018	2.697	NS	0.534	-	1.683	2.018	2.697	NS	0.218	0.218	1.683	2.018	2.697	NS	-0.300	-0.300	1.683	2.018	2.697	NS				
		IV	0.602	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.148	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.511	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.125	-	-0.125	1.645	1.96	2.576	NS	-1.851	-	-1.851	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
		V	-	-	0.727	1.682	2.017	2.694	NS	-	0.355	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.165	1.682	2.017	2.694	NS	-	0.284	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.812	1.682	2.017	2.694	NS		

ESTACION	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend							
TARACO	1966-2010	I	0.626	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.479	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.499	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.039	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.528	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		II	3.212	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.655	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	0.683	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.001	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.621	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III	-	0.317	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.297	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.56	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.43	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.768	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	-3.167	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-1.987	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.148	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.897	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.15	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V	-	-	-0.749	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	1.248	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.319	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	1.682	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.31	1.682	2.017	2.694	NS

ESTACION	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend							
TARACO	1966-2010	I	-0.127	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.352	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.450	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		II	-0.185	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.458	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.565	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III	-	-0.63	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.325	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.318	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		IV	1.956	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.443	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.352	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V	-	-	1.653	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.018	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.649	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	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

CUADRO 4.72

RESUMEN DEL ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL Y ANUAL, MEDIANTE LOS TEST PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS, ESTACIONES ESTUDIADAS (1966-2012)

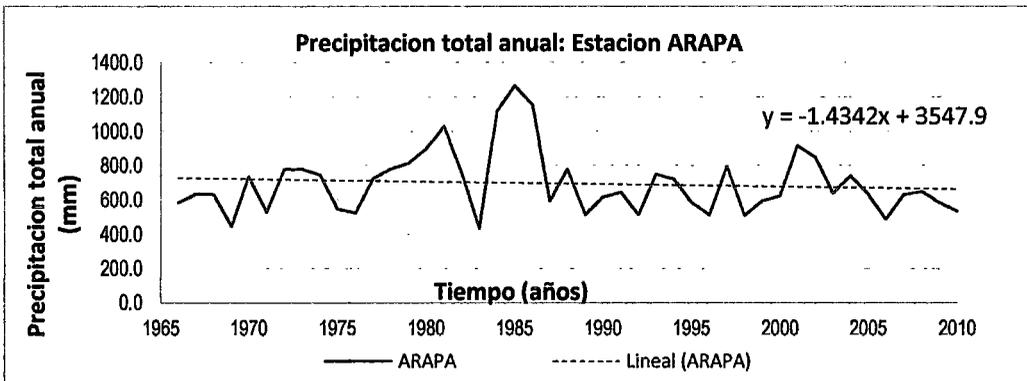
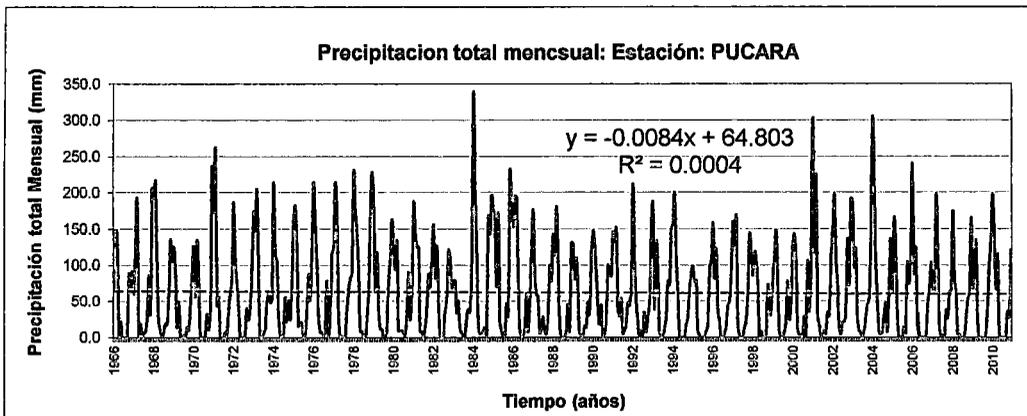
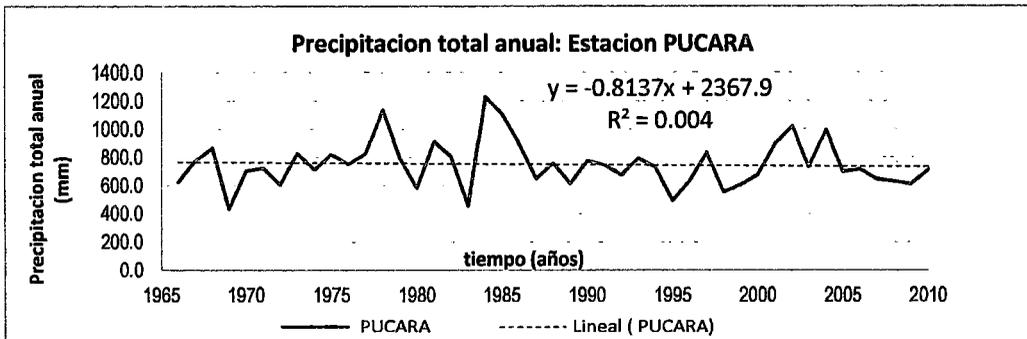
ESTACION	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLÓGICO
PUCARA	1966-2010	I													
		II													
		III													
		IV		(-)66-88>89-2010											
		V		(-)89-2010>66-88											
ARAPA	1966-2010	I													
		II											(+)		
		III													
		IV											(+)66-88>89-2010		
		V								(-)89-2010>66-88					(-)89-2010>66-88
TARACO	1966-2010	I													
		II											(+)	(+)	
		III													
		IV										(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	
		V													

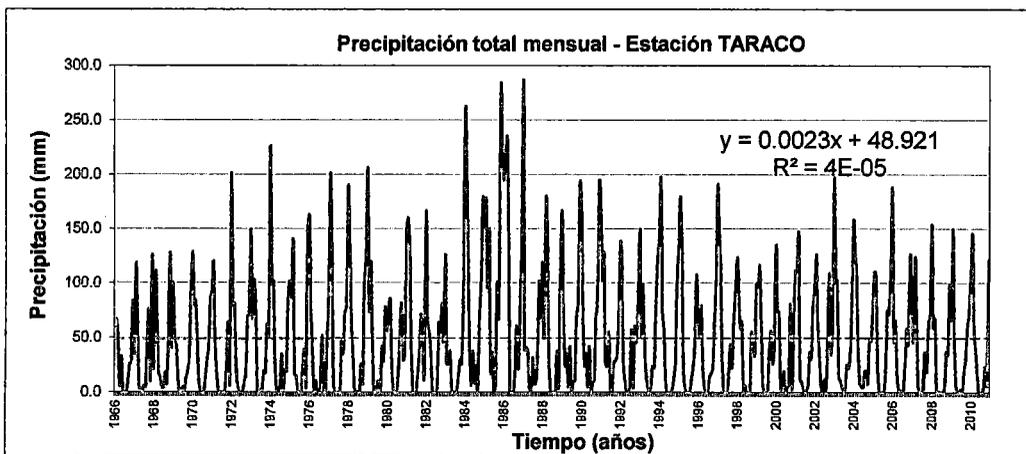
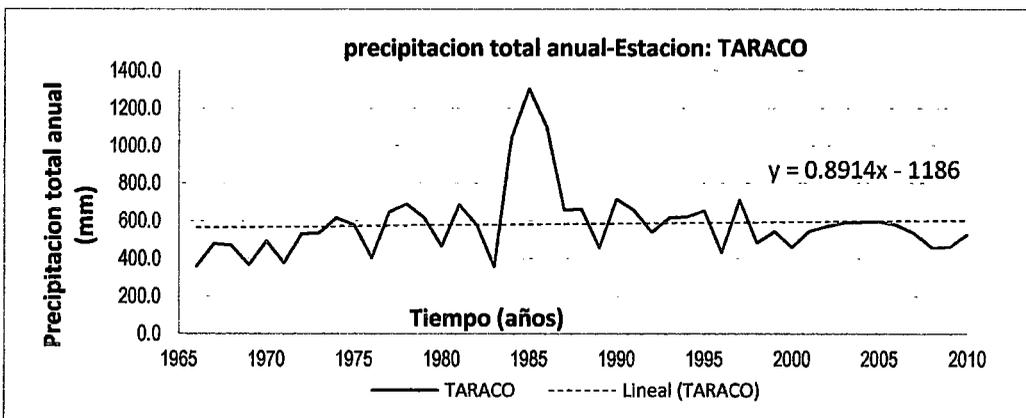
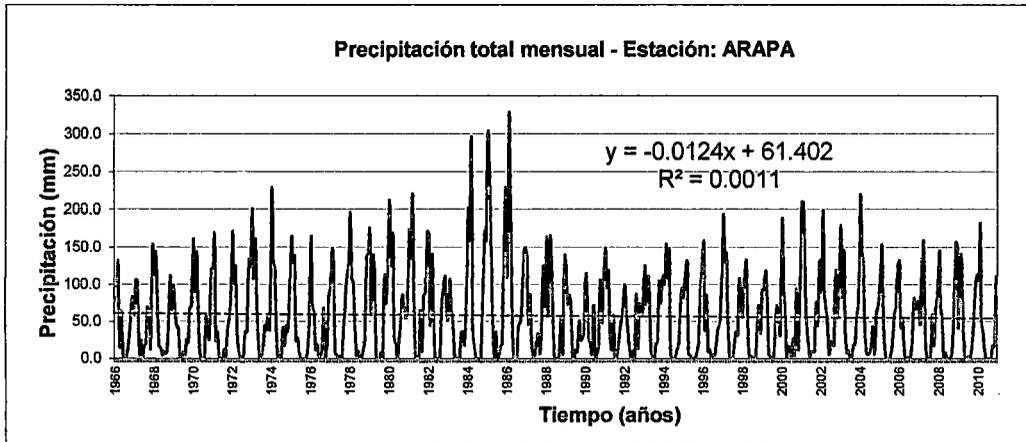
REFERENCIAS

I	Test Mann Kendall	0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho	(-)	Tendencia negativa (decreciente)
II	Test Spearman Rho	0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho	(+)	tendencia positiva (ascendente)
III	Test Regresion Lineal	0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho		
IV	Test Ran Ksum		N.S.: Nivel de significancia		
V	Test T-stdent				

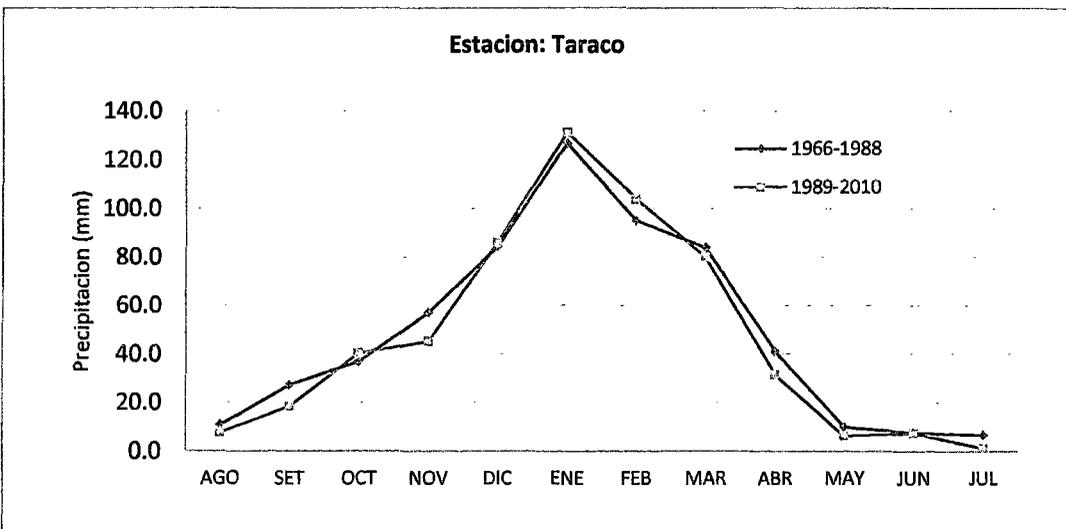
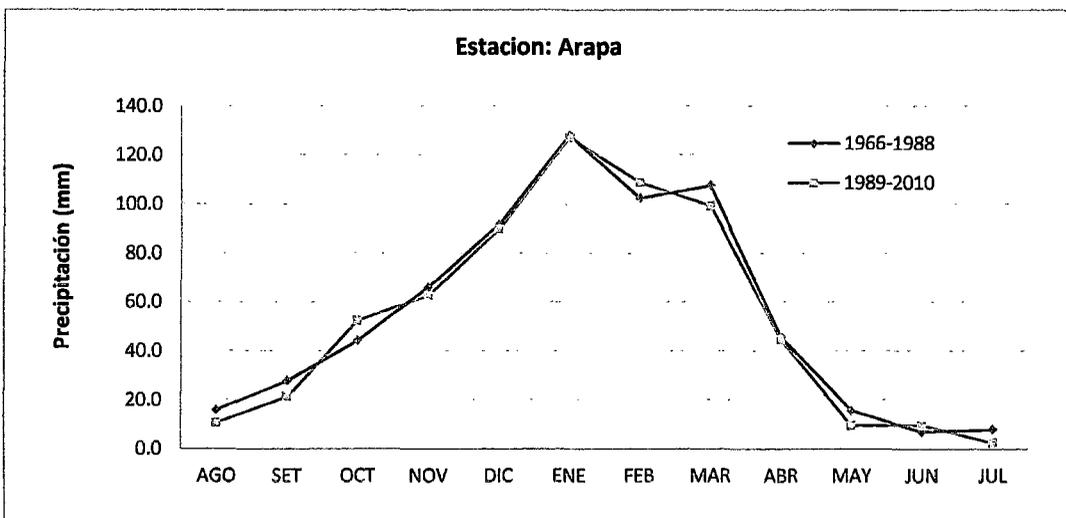
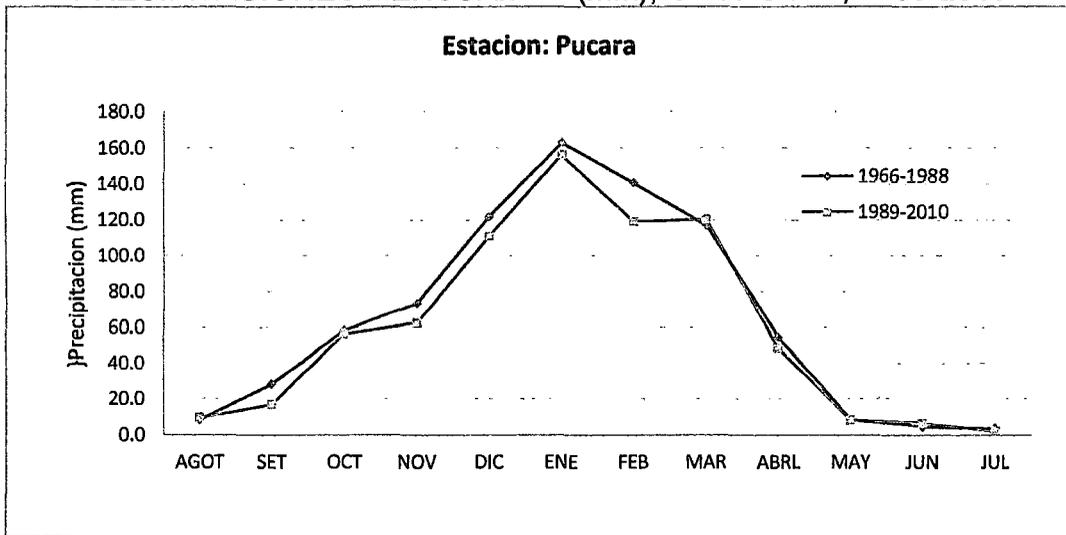
FIGURA 4.21

LÍNEA DE TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL Y MENSUAL (mm) DEL GRUPO N°1, 1966-2012.





**FIGURA 4.22**  
**PLUVIOGRAMAS EN BASE A LAS LÍNEAS DE TENDENCIAS DE LAS**  
**PRECIPITACIONES MENSUAL EN (mm), GRUPO N°1, 1966-2010**



CUADRO 4.73

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA PRECIPITACIÓN ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°2.

ESTACION	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	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
			AYAVIRI	1966-2010	I	0.978	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.450	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.575	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.264	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.695	-	-	1.645
II	1.060	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.352	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.785	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	0.532	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.849	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
III	-	1.255	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.114	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	1.751	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)	-	0.319	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.21	-	1.683	2.018	2.697	NS		
IV	-0.375	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.148	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.396	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.079	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.72	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
V	-	-	-0.658	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.337	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-1.145	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-	0.492	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.398	1.682	2.017	2.694	NS	
AYAVIRI	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	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
			1966-2010	I	1.281	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.352	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.90	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.15	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	3.062	-	-	1.645	1.96
II	4.121	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	2.538	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	1.367	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.06	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	3.345	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)		
III	-	0.234	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.25	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.04	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.02	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	3.6	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)		
IV	-3.622	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-2.759	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-1.964	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	0.92	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.51	-	-2.51	1.645	1.96	2.576	S (0.05)		
V	-	-	-0.727	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	1.196	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.640	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-	0.932	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-2.325	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	
AYAVIRI	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend														
			1966-2010	I	1.037	-	-	1.037	1.645	1.96	2.576	NS	0.998	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.340	-	-	1.645	1.96	2.576	NS											
II	1.033	-	-	1.033	1.645	1.96	2.576	NS	0.756	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.530	-	-	1.645	1.96	2.576	NS															
III	-	0.795	0.795	1.683	2.018	2.697	NS	-	0.712	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	1.494	-	1.683	2.018	2.697	NS																
IV	-1.805	-	-1.81	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-0.783	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.851	-	-	1.645	1.96	2.576	NS																
V	-	-	-1.416	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.593	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.859	1.682	2.017	2.694	NS																

**REFERENCIAS:**

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

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

CUADRO 4.74

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA PRECIPITACIÓN MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°2.

ESTACION	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend							
			AZANGARO	1966-2010	I	1.966	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-1.281	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.487	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.07	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.323	-	-	1.645
		II	1.973	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-1.285	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.446	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.20	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.211	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III		2.057	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)		-0.828	-	1.683	2.018	2.697	NS		2.004	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)		-0.43	-	1.683	2.018	2.697	NS		-1.35	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	-1.237	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.010	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.032	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	0.83	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.329	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V		-	-1.463	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.452	1.682	2.017	2.694	NS		-	-2.296	1.682	2.017	2.694	S (0.05)		-	1.079	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.821	1.682	2.017	2.694	NS

ESTACION	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend							
			AZANGARO	1966-2010	I	0.235	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.333	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.176	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.937	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	0.636	-	-	1.645
		II	2.640	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.331	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.303	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.928	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	0.537	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III		-0.03	-	1.683	2.018	2.697	NS		-1.17	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.13	-	1.683	2.018	2.697	NS		-1.7	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)		1.09	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	-2.078	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-1.714	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-0.897	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.124	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.56	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V		-	0.006	1.682	2.017	2.694	NS		-	1.500	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.567	1.682	2.017	2.694	NS		-	1.044	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.988	1.682	2.017	2.694	NS

ESTACION	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	Z-Statistic	T-Statistic	Statistic	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Trend
			AZANGARO	1966-2010	I	0.558	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.303	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.753	-	-	1.645
		II	0.370	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.241	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.691	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III		-0.04	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.325	-	1.683	2.018	2.697	NS		1.016	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	-0.284	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.443	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.397	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V		-	0.616	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.331	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.924	1.682	2.017	2.694	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-trend

CUADRO 4.75

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA PRECIPITACIÓN MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°2.

ESTACION	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	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
			I	0.968	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.215	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.137	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.205	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.87	-	-	1.645	1.96	2.576
II	0.868	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.193	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.161	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.277	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.79	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
III		1.346	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.11	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.313	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.378	-	1.683	2.018	2.697	NS		-1.28	-	1.683	2.018	2.697	NS		
IV	-1.056	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.079	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.261	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.22	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.761	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
V		-	-1.257	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.074	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.252	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.195	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.750	1.682	2.017	2.694	NS		

PROGRESO	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	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
			I	0.479	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.734	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.284	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.63	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	0.401	-	-	1.645	1.96	2.576
II	3.016	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	0.828	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.508	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.51	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	0.361	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
III		0.596	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.55	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.55	-	1.683	2.018	2.697	NS		-2.71	-	1.683	2.018	2.697	S (0.01)		0.81	-	1.683	2.018	2.697	NS		
IV	-3.372	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-0.624	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.283	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.577	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-0.6	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
V		-	-1.487	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.709	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.640	1.682	2.017	2.694	NS		-	2.671	1.682	2.017	2.694	S (0.05)		-	-1.010	1.682	2.017	2.694	NS		

PROGRESO	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	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						
			I	0.00	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.655	-	0.655	1.645	1.96	2.576	NS	0.264	-	-	1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96
II	0.038	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.634	-	0.634	1.645	1.96	2.576	NS	0.348	-	-	1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96	2.576	NS	
III		-0.26	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.439	0.439	1.683	2.018	2.697	NS		0.403	-	1.683	2.018	2.697	NS				1.683	2.018	2.697	NS				1.683	2.018	2.697	NS	
IV	0.329	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.42	-	0.42	1.645	1.96	2.576	NS	0.057	-	-	1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96	2.576	NS	
V		-	0.875	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.687	1.682	2.017	2.694	NS		-	-	-0.055	1.682	2.017	2.694	NS				1.682	2.017	2.694	NS				1.682	2.017	2.694	NS

REFERENCIAS:

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

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

CUADRO 4.76

RESUMEN DEL ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL Y ANUAL, MEDIANTE LOS TEST PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS, ESTACIONES ESTUDIADAS, 1966-2012

ESTACION	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO	
AYAVIRI	1966-2010	I			(+)											
		II			(+)								(+)	(+)		
		III			(+)											
		IV	(+)66-88>89-2010			(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010							(+)	(+)	
		V				(+)89-2010>66-88										
AZANGARO	1966-2010	I		(-)				(+)								
		II		(-)				(+)					(+)			
		III		(-)				(+)			(+)					
		IV									(+)66-88>89-2010		(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010		
		V									(+)89-2010>66-88					
PROGRESO	1966-2010	I		(-)												
		II		(-)									(+)			
		III		(-)												
		IV		(-)66-88>89-10										(+)66-88>89-2010		
		V		(-)89-2010>66-88												

REFERENCIAS

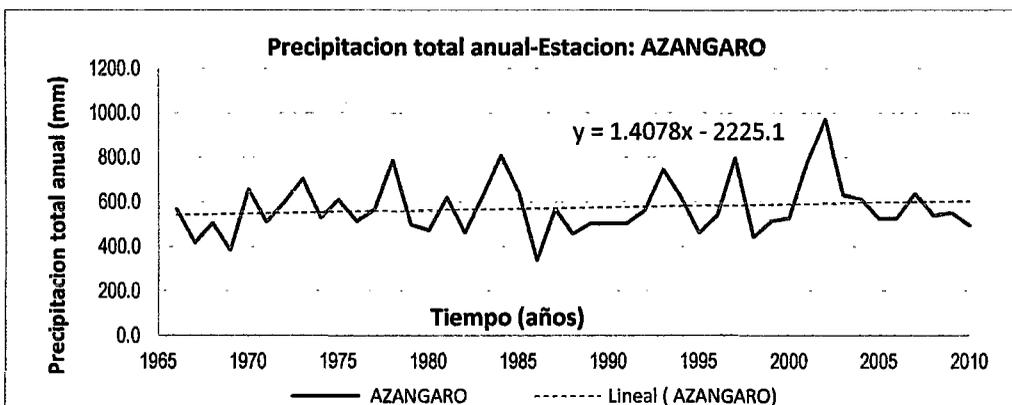
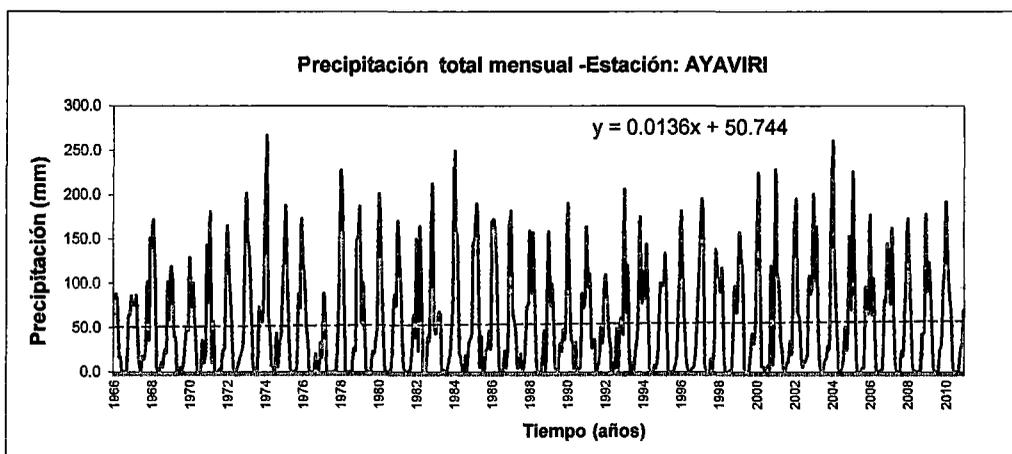
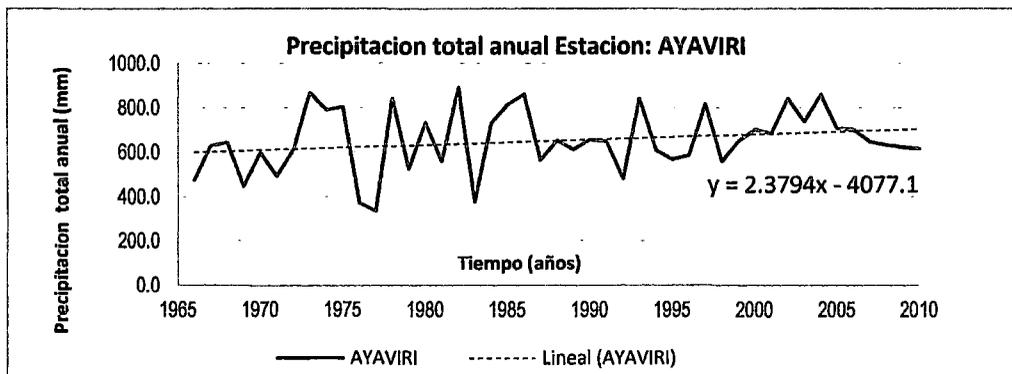
- I Test Mann Kendall
- II Test Spearman Rho
- III Test Regresion Lineal
- IV Test Ran Ksum
- V Test T-udent

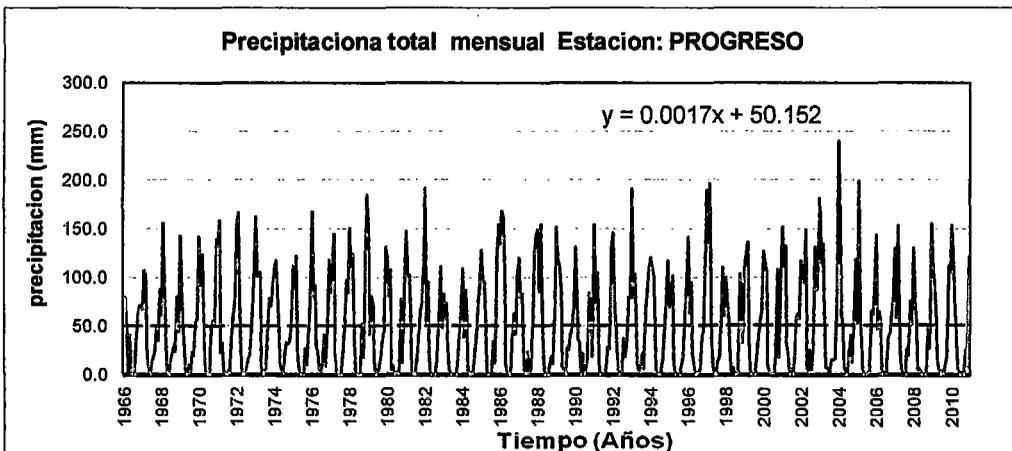
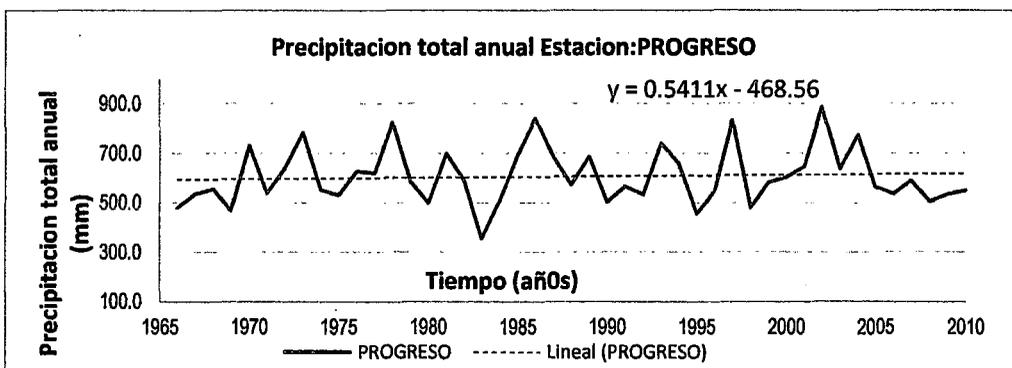
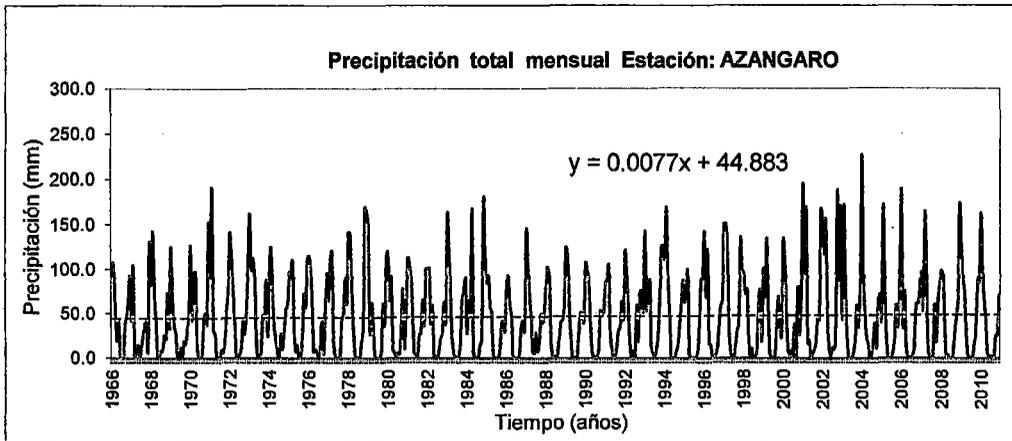
0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho

N.S.: Nivel de significancia

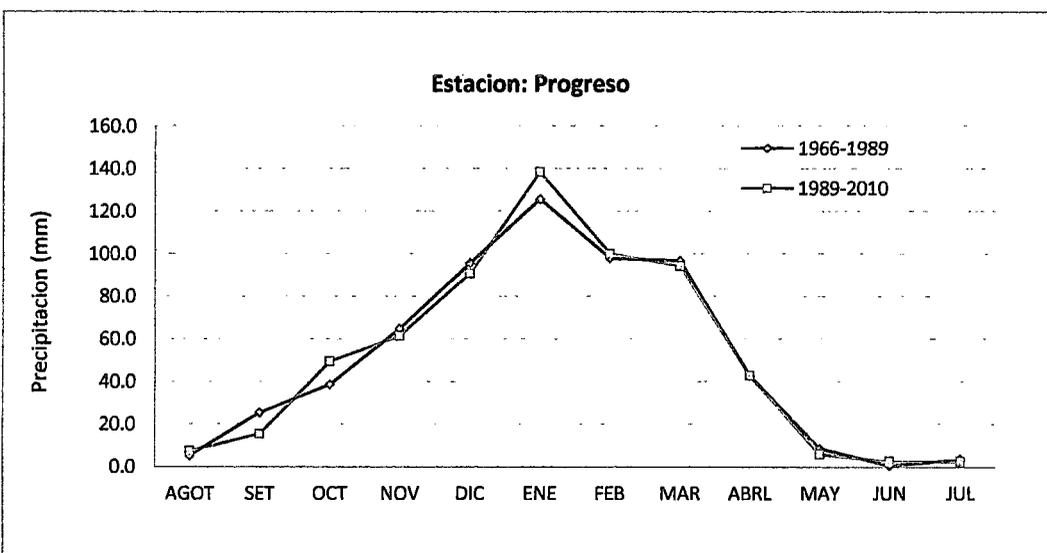
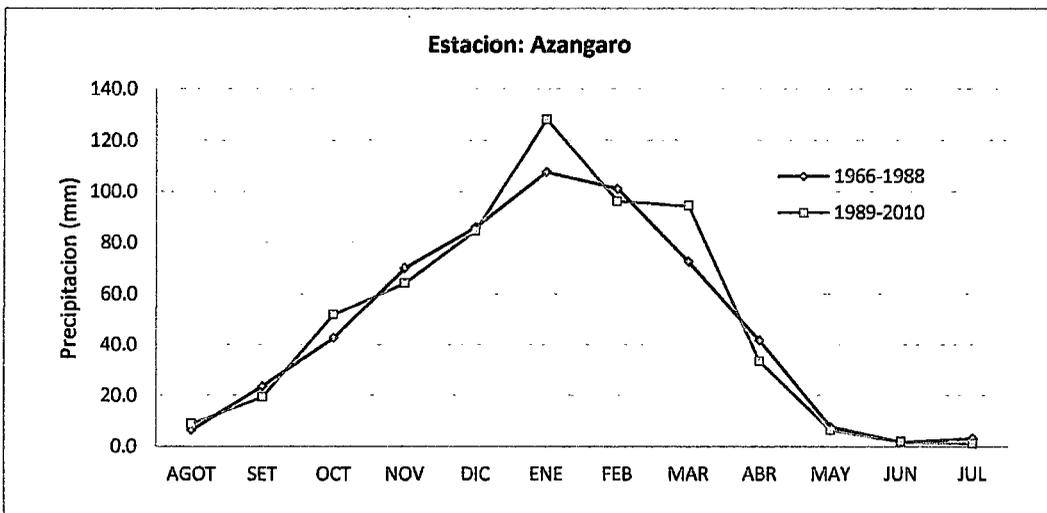
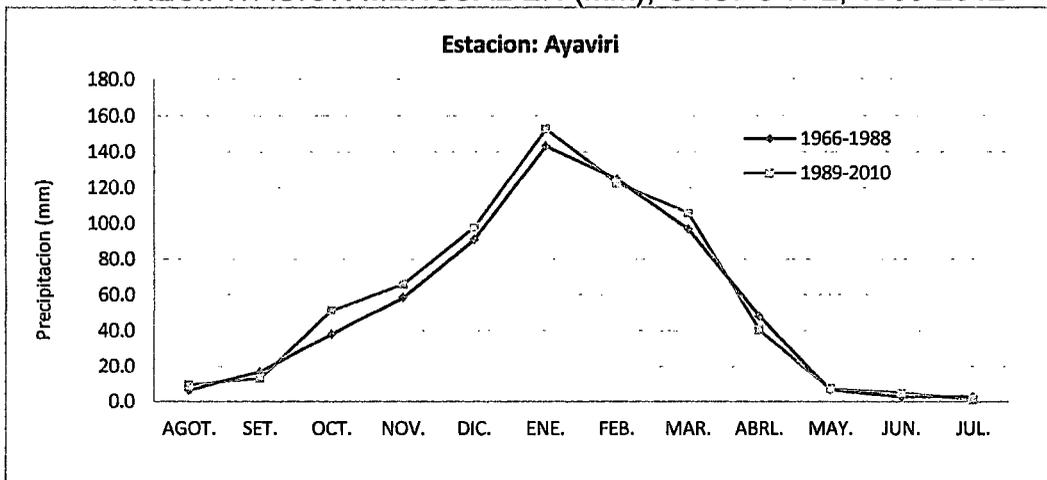
- (-) Tendencia negativa (decreciente)
- (+) tendencia positiva (ascendente)

**FIGURA 4.23**  
**LÍNEA DE TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL Y MENSUAL**  
**(mm) DEL GRUPO N°2.**





**FIGURA 4.24**  
**PLUVIOGRAMAS EN BASE A LAS LÍNEAS DE TENDENCIAS DE LA**  
**PRECIPITACIÓN MENSUAL EN (mm), GRUPO N°2, 1966-2012**



CUADRO 4.77

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA PRECIPITACIÓN ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°3.

ESTACION	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	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
			CRUCERO	1966-2010	I	-0.245	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.565	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.020	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.645	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-0.05	-	-	1.645
II	-0.225	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.662	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	0.010	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.645	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.02	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
III	-	-0.050	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.886	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.295	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.644	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.42	-	1.683	2.018	2.697	NS		
IV	0.783	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.669	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	0.148	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.919	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-0.35	-	-0.35	1.645	1.96	2.576	NS		
V	-	-	0.709	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.773	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	0.550	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	2.232	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	-0.158	1.682	2.017	2.694	NS		
CRUCERO	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	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
			1966-2010	I	-0.44	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.851	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.626	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.82	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-0.215	-	-	1.645	1.96
II	0.179	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.712	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.626	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.10	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.207	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
III	-	0.018	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.338	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-0.43	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-2.095	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)	-	-0.295	-	1.683	2.018	2.697	NS		
IV	-0.465	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.352	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.375	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.214	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.08	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
V	-	-	-0.884	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	1.641	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-0.145	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	2.066	1.682	2.017	2.694	S (0.05)	-	-	0.037	1.682	2.017	2.694	NS		
CRUCERO	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	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							
			1966-2010	I	0.049	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.653	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-1.458	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	NS					
II	0.193	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.632	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.593	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	NS									
III	-	0.067	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.673	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-1.4	-	1.683	2.018	2.697	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	1.76	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)		
IV	0.238	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.828	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	1.76	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	1.76	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	1.76	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)		
V	-	-	0.188	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	1.917	1.682	2.017	2.694	S (0.1)	-	-	-	1.670	1.682	2.017	2.694	NS	-	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	1.76	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	

REFERENCIAS:

Tests estadísticas para detectar cambio y tendencia en series temporales aleatorias de variables hidrocimáticas 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-ident

CUADRO 4.78

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA PRECIPITACIÓN MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°3.

ESTACION	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	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
			ANANEA	1966-2010	I	1.849	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-2.045	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	0.704	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.086	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.99	-	-	1.645
		II	1.858	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-2.115	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	0.710	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.242	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.12	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III		1.980	-	1.683	2.018	2.697	S (0.1)		-2.129	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)		0.677	-	1.683	2.018	2.697	NS		1.214	-	1.683	2.018	2.697	NS		-1.08	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	-0.556	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.078	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.011	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.67	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.715	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V		-	-0.684	1.682	2.017	2.694	NS		-	1.806	1.682	2.017	2.694	S (0.1)		-	0.232	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.465	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.589	1.682	2.017	2.694	NS

ANANEA	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	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
				1966-2010	I	0.264	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.00	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.714	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.14	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.09	-	-	1.645
		II	1.380	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.28	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.058	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-2.34	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.08	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		III		0.097	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.873	-		2.018	2.697	NS		-1.04	-	1.683	2.018	2.697	NS		-2.563	-	1.683	2.018	2.697	S (0.05)		0.398	-	1.683	2.018	2.697	NS
		IV	-0.851	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.534	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.125	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	2.781	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	0.488	-	-	1.645	1.96	2.576	NS
		V		-	-0.157	1.682	2.017	2.694	NS		-	1.287	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.481	1.682	2.017	2.694	NS		-	2.952	1.682	2.017	2.694	S (0.01)		-	-0.088	1.682	2.017	2.694	NS

ANANEA	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	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								
				1966-2010	I	1.321	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.528	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.44	-	-	1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96
		II	1.370	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.603	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.435	-	-	1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96	2.576	NS	
		III		1.404	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.448	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.206	-	1.683	2.018	2.697	NS				1.683	2.018	2.697	NS				1.683	2.018	2.697	NS	
		IV	-0.329	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.510	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.01	-	-	1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96	2.576	NS				1.645	1.96	2.576	NS	
		V		-	-0.025	1.682	2.017	2.694	NS		-	1.379	1.682	2.017	2.694	NS		-		1.479	1.682	2.017	2.694	NS				1.682	2.017	2.694	NS				1.682	2.017	2.694	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

CUADRO 4.79

RESULTADOS DE LOS TEST ESTADÍSTICOS PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS POR ESTACIÓN PARA PRECIPITACIÓN MENSUAL Y ANUAL (PERIODO 1966-2010). GRUPO N°3.

ESTACION	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	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
			CHUQUIBAMBILLA	1966-2010	I	0.714	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.293	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.548	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.245	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.558	-	-	1.645
II	0.764	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.473	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.587	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.261	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.177	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
III		0.558	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.39	-	1.683	2.018	2.697	NS		1.112	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.479	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.65	-	1.683	2.018	2.697	NS		
IV	-1.124	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.193	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.351	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.01	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.261	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
V		-	-0.863	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.110	1.682	2.017	2.694	NS		-	-1.779	1.662	2.017	2.694	S (0.1)		-	-0.196	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.465	1.682	2.017	2.694	NS		

ESTACION	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	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
			CHUQUIBAMBILLA	1966-2010	I	1.321	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.685	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.675	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.790	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-0.626	-	-	1.645
II	3.447	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	1.585	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.327	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.758	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	-0.700	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
III		0.462	-	1.683	2.018	2.697	NS		-1.008	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.561	-	1.683	2.018	2.697	NS		-1.597	-	1.683	2.018	2.697	NS		-0.238	-	1.683	2.018	2.697	NS		
IV	-3.122	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.01)	-1.192	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-1.873	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.1)	2.009	-	-	1.645	1.96	2.576	S (0.05)	-0.38	-	-	1.645	1.96	2.576	NS		
V		-	-1.261	1.682	2.017	2.694	NS		-	0.723	1.682	2.017	2.694	NS		-	-1.581	1.662	2.017	2.694	NS		-	1.999	1.682	2.017	2.694	S (0.1)		-	-0.560	1.682	2.017	2.694	NS		

ESTACION	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	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									
			CHUQUIBAMBILLA	1966-2010	I	0.499	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	1.096	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.342	-	-	1.645	1.96	2.576	NS													
II	0.519	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.931	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	0.425	-	-	1.645	1.96	2.576	NS																		
III		0.323	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.623	-	1.683	2.018	2.697	NS		0.837	-	1.683	2.018	2.697	NS																		
IV	0.148	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.261	-	-	1.645	1.96	2.576	NS	-0.511	-	-	1.645	1.96	2.576	NS																		
V		-	0.328	1.682	2.017	2.694	NS		-	-0.126	1.682	2.017	2.694	NS		-	-	-0.943	1.662	2.017	2.694	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-stlent

**CUADRO 4.80**  
**RESUMEN DEL ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL Y ANUAL, MEDIANTE LOS TEST**  
**PARAMÉTRICOS Y NO PARAMÉTRICOS, ESTACIONES ESTUDIADAS, 1966-2012**

ESTACION	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO
----------	---------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--------------------

CRUCERO	1966-2010	I		(-)			(-)									
		II		(-)												
		III		(-)												
		IV		(-)66-88>89-2010				(-)66-88>89-2010								(-)66-88>89-2010
		V		(-)89-2010>66-88				(-)89-2010>66-88								

ANANEA	ANANEA	I		(-)			(+)	(-)								
		II		(-)				(+)	(-)							
		III		(-)				(+)	(-)							
		IV		(-)66-88>89-2010					(-)66-88>89-2010							
		V		(-)89-2010>66-88					(-)66-88>89-2010							

CHUQUIBAMBILLA	1966-2010	I		(-)												
		II		(-)									(+)			
		III														
		IV		(+)66-88>89-2010	(-)66-88>89-2010									(+)66-88>89-2010		
		V		(-)89-2010>66-88										(+)89-2010>66-88		

**REFERENCIAS**

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

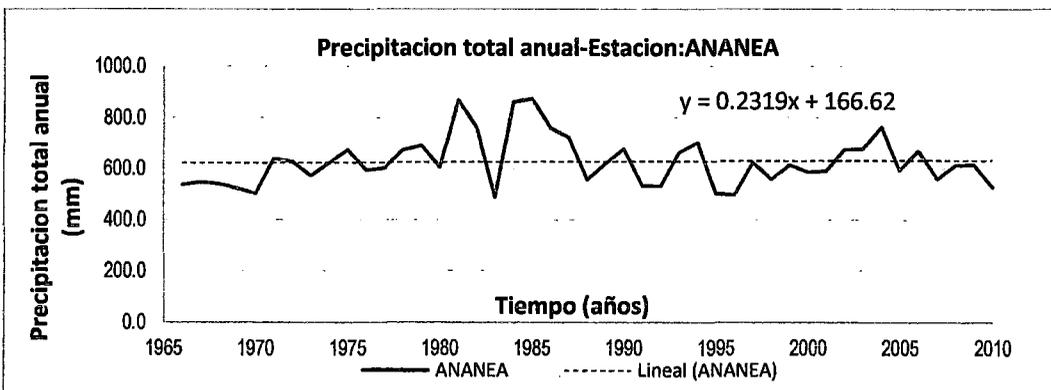
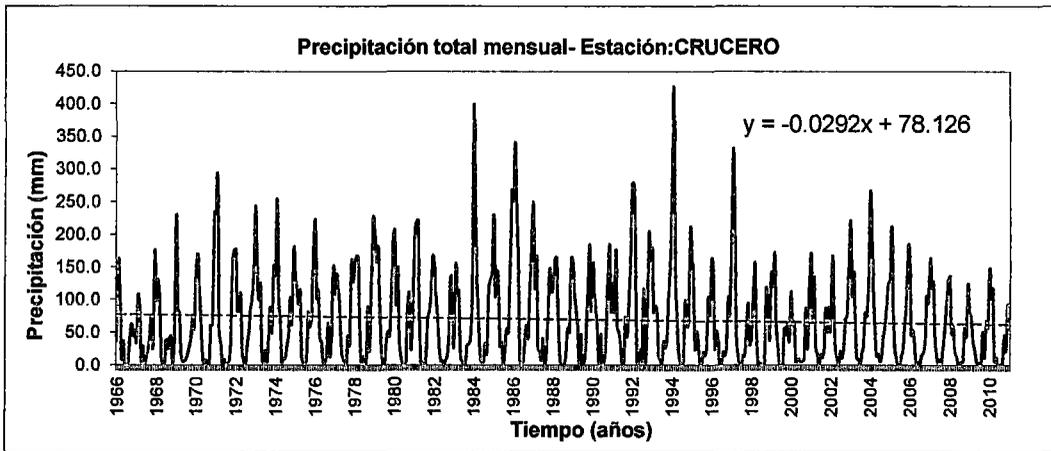
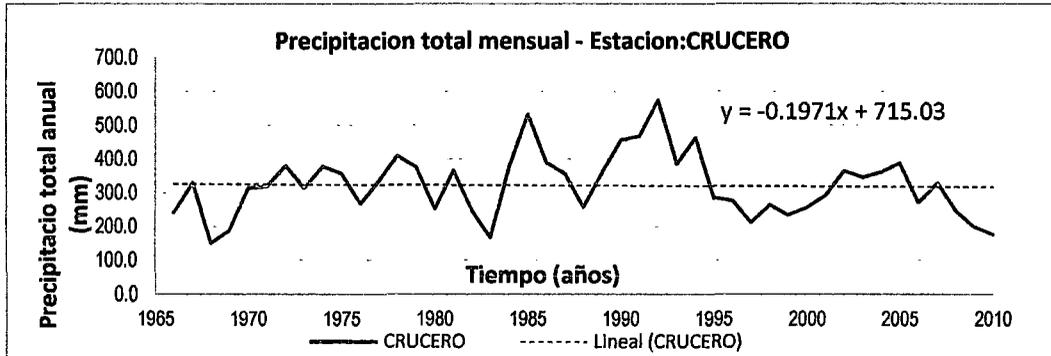
0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho

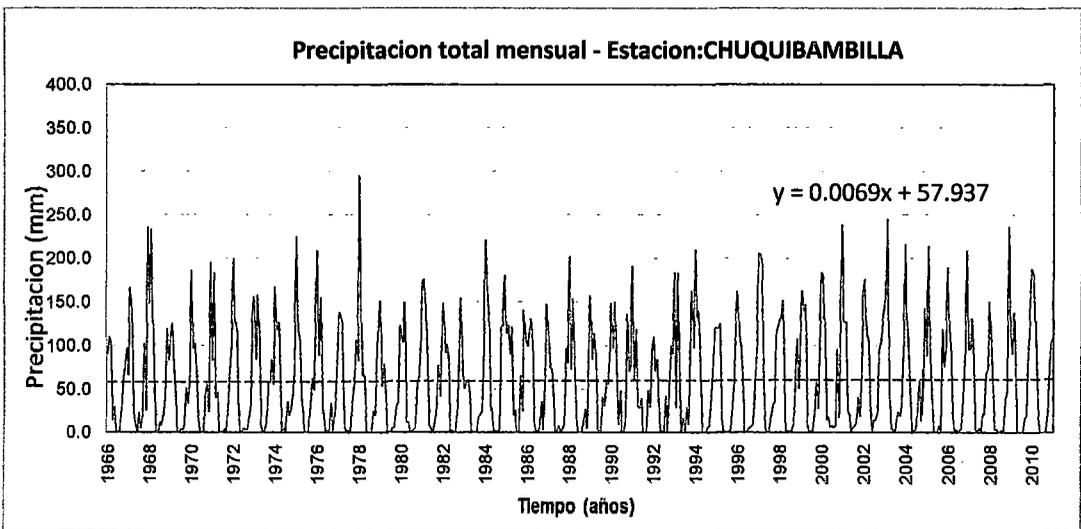
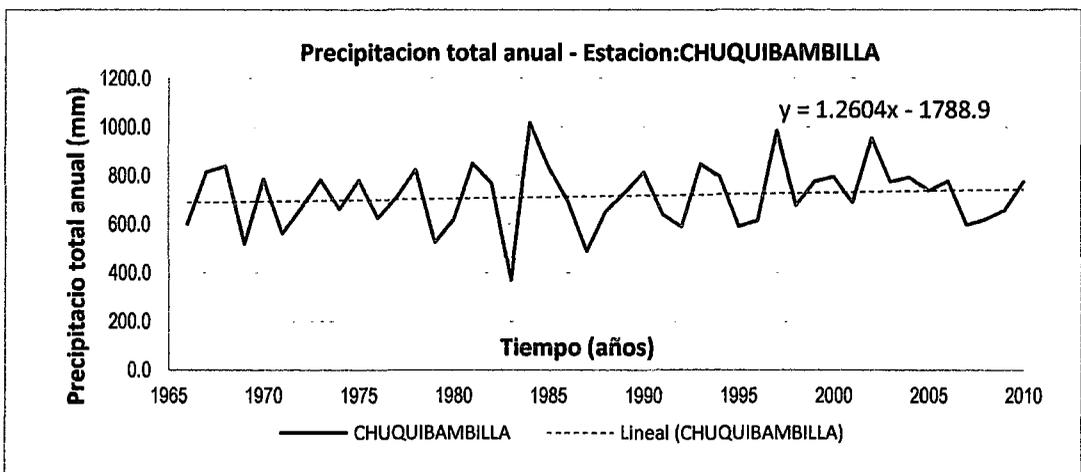
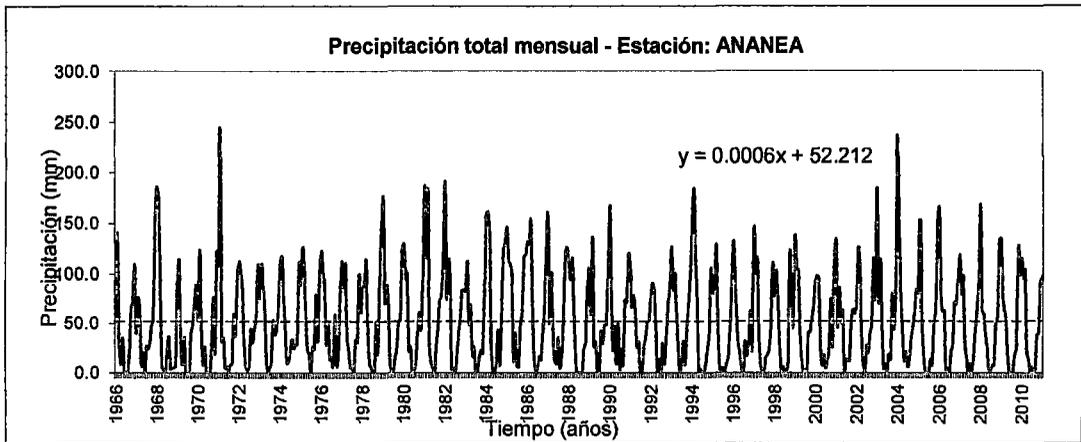
N.S.: Nivel de significancia

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

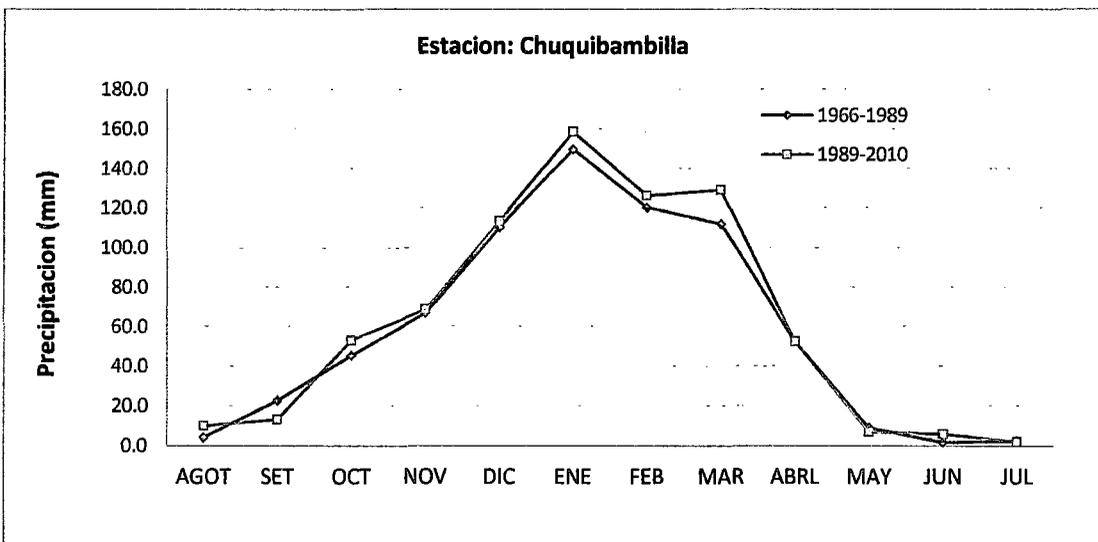
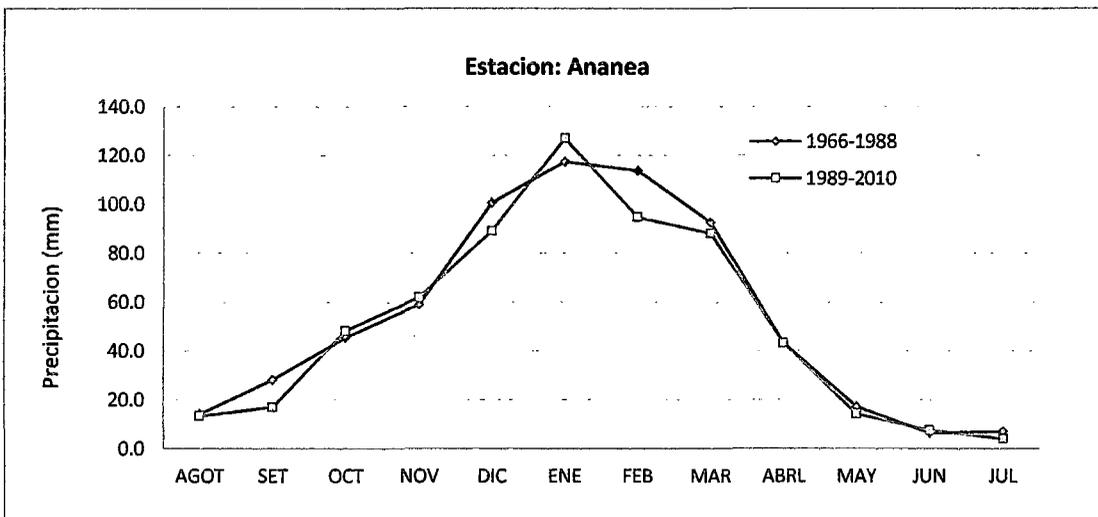
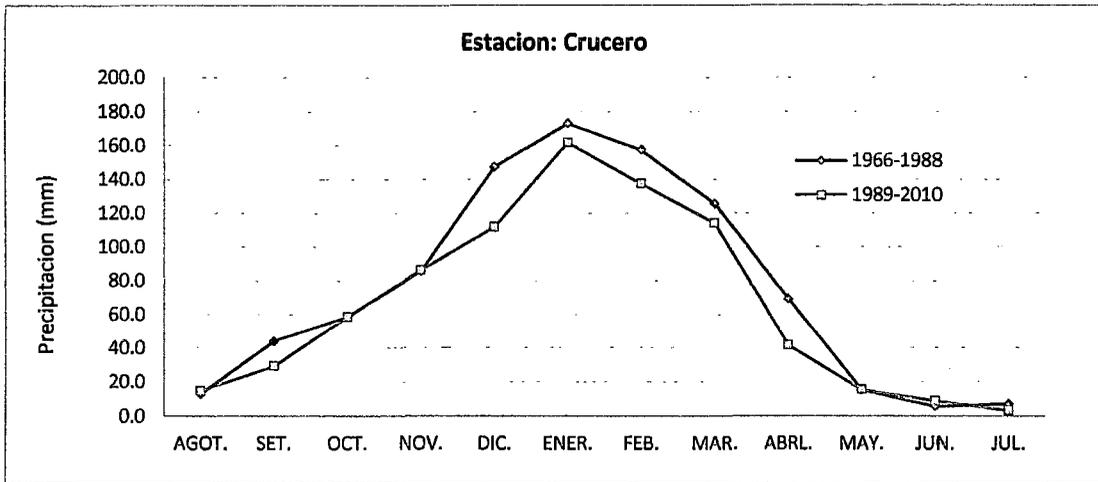
FIGURA 4.25

LÍNEA DE TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL Y MENSUAL (mm) DEL GRUPO N°2.





**FIGURA 4.26**  
**PLUVIOGRAMAS EN BASE A LAS LÍNEAS DE TENDENCIAS DE LA**  
**PRECIPITACIÓN MENSUAL EN (mm), GRUPO N°3, 1966-2012**



### 2.3 Análisis del comportamiento de las precipitaciones pluviales mediante pruebas estadísticas

CUADRO 4.81

MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y VARIACIÓN DEL PROMEDIO DE PRECIPITACIONES PLUVIALES EN MM, EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS, 1992-2012

		Precipitación Total (mm)	Días de precipitación	Precipitación máxima de 24 horas (mm)
N	Válidos	20	20	20
	Perdidos	0	0	0
Media		601	97.10	18.79
Desv. típ.		126.8	17.46	3.94
Varianza		16078.24	304.85	15.44
Mínimo		352.4	55	11.80
Máximo		1170.4	137	34.50

Fuente: SENAMHI Puno, 2013

CUADRO 4.82

VARIACIÓN DE PRECIPITACIÓN TOTAL EN MM, POR ESTACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS, 1992-2012

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Arapa	20	454.40	754.00	588.45	89.70	8046.09
Ayaviri	20	494.90	777.60	631.66	77.65	6029.52
Azángaro	20	434.80	814.60	554.47	97.23	9450.95
Crucero	20	352.40	1170.40	600.16	203.24	41306.50
Lampa	20	456.00	1028.40	659.23	125.49	15747.74
Pucara	20	452.70	896.90	647.56	126.90	16103.61
Taraco	20	387.60	637.20	497.33	66.23	4386.41
Asillo	20	427.30	810.00	566.51	91.39	8352.13
Muñani	20	379.60	817.10	568.33	116.29	13523.36
Umachiri	20	473.70	884.40	683.88	94.71	8969.98
N válido (según lista)	20					

Fuente: SENAMHI Puno, 2013

CUADRO 4.83

VARIACIÓN DE DÍAS DE PRECIPITACIÓN POR ESTACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS, 1992-2012

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Arapa	20	69.00	119.00	94.05	12.62	243.98
Ayaviri	20	81.00	130.00	109.65	11.57	133.86
Azángaro	20	94.00	135.00	111.25	10.32	106.50
Crucero	20	80.00	126.00	104.20	12.27	150.55
Lampa	20	87.00	130.00	104.90	9.54	91.01
Pucara	20	92.00	137.00	112.25	13.27	176.09
Taraco	20	55.00	96.00	72.65	9.71	94.28
Asillo	20	61.00	96.00	79.10	8.07	65.12
Muñani	20	64.00	111.00	87.65	13.37	178.76
Umachiri	20	66.00	121.00	95.45	12.52	156.75
N válido	20					

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.84

VARIACIÓN EN LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS POR ESTACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS, 1992-2012

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Arapa	20	12.80	26.50	19.2650	3.72011	13.839
Ayaviri	20	12.70	29.10	19.2200	4.58230	20.997
Azángaro	20	12.40	27.90	18.2250	3.75512	14.101
Crucero	20	12.60	28.90	18.4000	5.33400	28.452
Lampa	20	14.70	27.90	20.3750	3.58328	12.840
Pucara	20	13.40	34.50	20.1750	5.06961	25.701
Taraco	20	12.86	26.60	18.4885	3.45099	11.909
Asillo	20	12.90	21.80	17.5900	2.58862	6.701
Muñani	20	11.80	24.00	16.4750	2.85341	8.142
Umachiri	20	14.40	23.80	19.6550	2.52325	6.367
N válido	20					

Fuente: Elaboración propio.

**CUADRO 4.85**  
**PROYECCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA EN LA CUENCA**  
**RAMIS PARA LAS PRÓXIMAS 16 CAMPAÑAS AGRÍCOLAS MEDIANTE EL**  
**MODELO LINEAL**

Campañas agrícolas	Proyección de la precipitación total (mm).	Campañas agrícolas	Proyección de la precipitación total (mm).
2014/15	81.932	2022/23	79.420
2015/16	81.618	2023/24	79.106
2016/17	81.304	2024/25	78.792
2017/18	80.990	2025/26	78.478
2018/19	80.676	2026/27	78.164
2019/20	80.362	2027/28	77.850
2020/21	80.048	2028/29	77.536
2021/22	79.734	2029/30	77.222

*Fuente: Elaboración propia*

**CUADRO 4.86**  
**PROYECCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL EN LA CUENCA DEL RÍO**  
**RAMIS PARA LAS PRÓXIMAS 16 CAMPAÑAS AGRÍCOLAS MEDIANTE EL**  
**MODELO LOGARÍTMICO**

Campañas agrícolas	Proyección de precipitaciones pluviales en mm.	Campañas agrícolas	Proyección de precipitaciones pluviales en mm.
2014/15	86.073	2022/23	85.774
2015/16	86.030	2023/24	85.742
2016/17	85.989	2024/25	85.712
2017/18	85.950	2025/26	85.682
2018/19	85.912	2026/27	85.653
2019/20	85.876	2027/28	85.625
2020/21	85.841	2028/29	85.597
2021/22	85.807	2029/30	85.571

*Fuente: Elaboración propia*

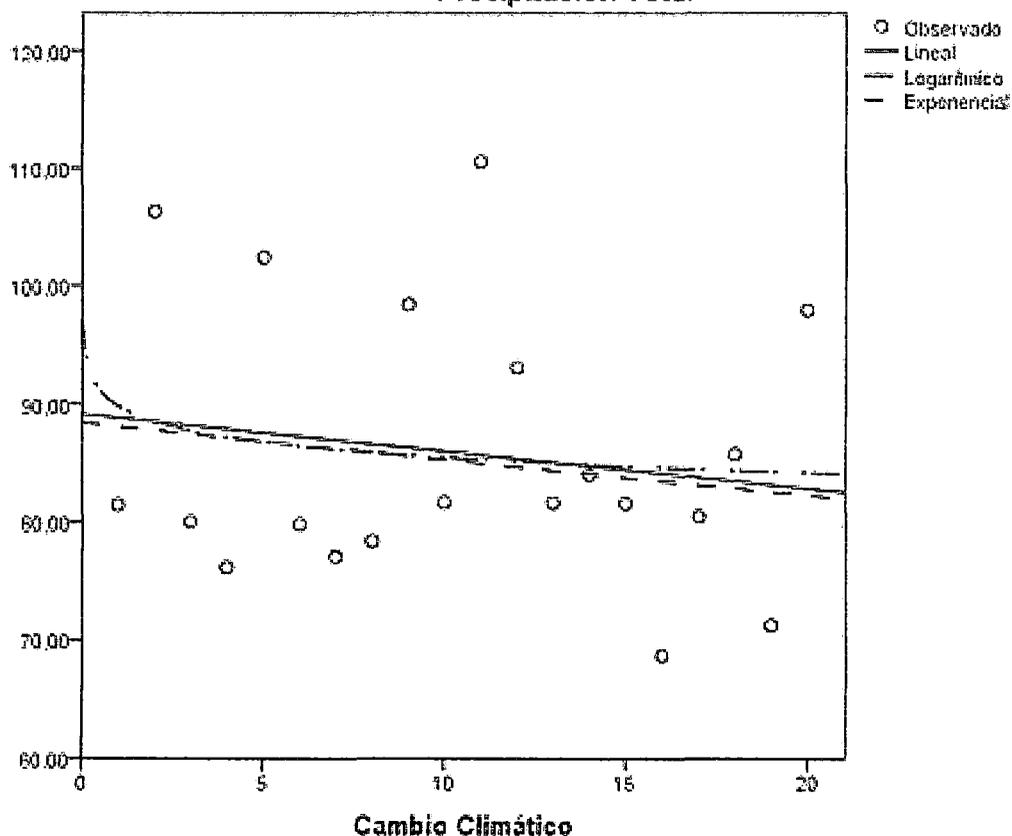
CUADRO 4.87

PROYECCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS PARA LAS PRÓXIMAS 16 CAMPAÑAS AGRÍCOLAS MEDIANTE EL MODELO EXPONENCIAL

Campañas agrícolas	Proyección de precipitaciones pluviales mm.	Campañas agrícolas	Proyección de precipitaciones pluviales mm.
2014/15	87.340	2022/23	87.305
2015/16	87.336	2023/24	87.301
2016/17	87.335	2024/25	87.296
2017/18	87.327	2025/26	87.291
2018/19	87.323	2026/27	87.287
2019/20	87.318	2027/28	87.282
2020/21	87.314	2028/29	87.278
2021/22	87.309	2029/30	87.273

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.27  
PRECIPITACIÓN TOTAL PARA LOS DIFERENTES MODELOS EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS.  
Precipitación Total



### 3.1 Análisis del comportamiento de los rendimientos de cultivos de la cuenca Ramis, 1992-2012

CUADRO 4.88

RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE HABA EN KG/HA POR AGENCIAS AGRARIAS DE LA CUENCA RAMIS, CAMPAÑA AGRÍCOLA 1992-2012.

Año agrícola	Umachiri	Arapa	Ayaviri	Azángaro	Crucero	Lampa	Pucará	Taraco	Asillo	Muñani
1992/93	941.97	767.29	821.40	905.18	1004.70	745.83	833.49	959.23	922.42	476.30
1993/94	955.69	822.80	838.73	928.11	1019.63	736.29	859.30	935.64	948.67	503.80
1994/95	957.41	842.87	850.00	955.38	1012.21	760.16	870.17	924.22	977.02	527.40
1995/96	938.97	854.82	925.21	977.46	1000.56	799.99	869.57	861.38	1000.23	512.90
1996/97	1000.00	1000.00	1000.00	1046.43	1010.77	800.00	1000.00	1040.00	985.71	538.45
1997/98	800.00	875.00	800.00	833.33	1021.10	800.00	700.00	882.72	833.33	551.79
1998/99	1000.00	825.00	1000.00	800.00	1034.97	999.02	760.00	761.54	875.00	565.13
1999/00	1000.00	1025.64	1000.00	1018.52	1087.70	999.19	800.00	903.23	1022.73	578.47
2000/01	1000.00	1148.15	1000.00	1056.60	1117.99	999.06	1000.00	855.00	1088.89	591.81
2001/02	1000.00	1133.33	1000.00	1066.67	1112.76	999.63	1285.71	1293.00	1180.00	605.15
2002/03	1000.00	1314.81	1500.00	1063.83	1000.00	1000.00	1250.00	1172.06	1128.21	618.49
2003/04	1000.00	1066.67	1250.00	1036.36	1000.00	1000.00	1083.33	1208.00	1060.00	631.83
2004/05	1000.00	1090.91	1000.00	1054.55	1166.67	1003.38	1000.00	1422.00	1111.11	645.17
2005/06	1000.00	1180.00	1333.33	1150.00	1285.71	1003.56	1352.94	1029.22	1300.00	658.51
2006/07	1000.00	1298.25	1500.00	1250.00	1214.29	1000.00	1300.00	1046.59	1333.33	671.85
2007/08	1000.00	1153.85	1000.00	1074.07	1261.90	1008.89	833.33	976.50	1093.02	685.19
2008/09	1000.00	1166.67	1000.00	1100.00	1288.89	1000.00	1000.00	1204.00	1137.25	698.53
2009/10	900.00	1096.77	1000.00	1040.00	972.22	1000.00	1083.33	1212.96	1074.07	711.87
2010/11	1000.00	1036.36	1333.33	955.56	1000.00	888.89	1250.00	1199.28	1020.00	725.21
2011/12	1250.00	1000.00	1333.33	952.38	1214.29	900.00	1444.44	1239.36	978.26	738.55

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Puno, 2013.

CUADRO 4.89

RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA EN KG/HA POR AGENCIAS AGRARIAS DE LA CUENCA RAMIS, CAMPAÑA AGRÍCOLA  
1992-2012.

<b>Año Agrícola</b>	<b>Umachiri</b>	<b>Arapa</b>	<b>Ayaviri</b>	<b>Azángaro</b>	<b>Crucero</b>	<b>Lampa</b>	<b>Pucará</b>	<b>Taraco</b>	<b>Asillo</b>	<b>Muñani</b>
1992/93	4384.25	5079.52	6585.79	6975.17	6433.20	5433.73	6740.89	5205.00	7458.11	7863.45
1993/94	4463.59	5309.05	6753.27	7146.64	6707.76	5381.01	6685.51	5600.69	7639.07	7907.74
1994/95	4581.07	5659.58	6925.60	7234.86	6926.64	5710.81	6696.78	5827.13	7522.12	7944.32
1995/96	4620.28	6966.53	7440.97	7350.44	7315.96	6223.97	6648.49	6654.72	8149.65	8052.96
1996/97	5000.00	5371.75	5200.00	5375.00	7475.00	5965.35	5114.29	6614.31	5398.86	6480.00
1997/98	5800.00	5531.03	6750.00	5568.24	6878.21	6620.00	6606.90	6789.83	5475.71	7789.03
1998/99	7578.95	7643.33	7637.04	7576.54	8252.43	8640.64	7689.66	9657.97	7913.89	8157.45
1999/00	7755.56	8540.00	8880.00	8596.67	9423.33	8668.58	8206.25	9178.77	8468.00	7923.40
2000/01	9326.53	8323.66	9512.50	8819.17	8350.00	8656.83	8240.00	11958.25	8849.76	8967.44
2001/02	7841.41	9476.27	9656.25	9776.34	9734.21	8643.36	9661.54	10504.00	10198.55	10793.81
2002/03	9627.22	9674.10	10177.14	10370.03	9975.31	8772.18	10517.39	12585.59	10383.19	10692.70
2003/04	7876.81	8013.29	7606.06	9100.79	9827.42	8628.80	7017.44	12564.21	9200.00	8493.26
2004/05	7034.78	8733.33	7460.61	9843.62	10193.78	8826.39	7300.00	11733.00	9090.00	8620.10
2005/06	7165.41	9060.32	9335.00	9240.21	12081.51	9156.61	8211.43	12372.45	8704.29	8405.53
2006/07	9550.00	8150.77	9623.60	9248.21	12062.50	8570.97	9081.97	12562.30	8468.00	9114.42
2007/08	7680.00	7001.59	6417.39	6637.63	10472.69	10347.09	5386.21	12803.00	7031.72	8306.90
2008/09	7710.00	7300.00	8787.10	7900.50	12264.15	10231.67	8823.53	13005.00	7506.67	8320.51
2009/10	9163.04	7918.25	9843.75	8789.16	13521.67	10025.35	10420.51	13425.13	8050.65	9501.54
2010/11	9085.71	8689.71	9135.48	9735.71	12511.97	10259.56	10545.95	13619.31	9377.78	9829.17
2011/12	10287.50	9483.92	11252.94	9725.06	11946.87	9255.87	12066.67	10031.43	9560.33	9269.23

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Puno, 2013.

CUADRO 4.90

RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE QUINUA EN KG/HA POR AGENCIAS AGRARIAS DE LA CUENCA RAMIS, CAMPAÑA AGRÍCOLA  
1992-2012.

<b>Año Agrícola</b>	<b>Umachiri</b>	<b>Arapa</b>	<b>Ayaviri</b>	<b>Azángaro</b>	<b>Crucero</b>	<b>Lampa</b>	<b>Pucará</b>	<b>Taraco</b>	<b>Asillo</b>	<b>Muñani</b>
1992/93	599.96	765.28	716.46	808.84	548.93	812.24	782.57	750.54	912.50	970.08
1993/94	570.04	784.28	760.56	841.01	557.82	817.17	798.18	785.86	875.23	979.33
1994/95	675.58	786.55	779.78	865.40	573.57	810.98	816.30	810.89	893.50	977.19
1995/96	774.26	805.95	841.36	882.45	594.42	834.40	824.14	858.01	935.70	977.27
1996/97	666.67	828.13	738.10	821.58	618.88	850.57	700.00	816.72	829.58	957.14
1997/98	1000.00	850.00	920.00	861.67	800.00	846.67	1000.00	923.68	825.00	900.00
1998/99	866.67	918.75	875.00	866.67	850.00	989.99	872.73	1092.50	937.31	905.88
1999/00	1043.48	920.00	895.83	919.67	933.33	993.32	942.86	1029.79	1016.67	984.21
2000/01	800.00	920.09	675.00	1000.00	750.00	991.80	729.17	1179.20	921.13	853.66
2001/02	968.94	1088.00	958.33	1022.73	1000.00	990.19	1013.33	1174.52	1102.38	1254.17
2002/03	1000.00	1110.89	1222.22	1016.34	1000.00	1005.36	845.16	1269.40	977.83	1159.18
2003/04	800.00	976.79	860.00	1001.83	1000.00	987.76	904.35	1264.12	11015.82	897.14
2004/05	1236.36	1166.00	1292.31	1177.78	1133.33	1011.24	1237.84	1292.00	1094.66	1168.22
2005/06	941.18	1019.23	924.14	1051.47	1083.33	1048.97	987.50	1357.10	980.95	1106.67
2006/07	1092.11	1033.33	1117.24	1088.24	909.09	977.32	1011.76	945.30	1016.28	937.76
2007/08	800.00	956.35	728.00	939.85	833.33	1187.15	722.58	1173.30	919.69	863.16
2008/09	765.96	1240.74	1108.33	1300.00	1000.00	1163.40	1028.57	1417.30	1279.17	975.00
2009/10	1034.48	967.00	1228.19	1000.00	1000.00	1131.77	1232.26	1400.00	1000.00	938.10
2010/11	983.87	970.83	1042.25	1050.49	1000.00	1147.47	1027.59	1265.37	1049.38	1045.00
2011/12	1076.92	1019.00	1206.25	1120.00	1000.00	973.40	1153.85	1026.67	1100.00	1037.84

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Puno, 2013.

### 3.2 Evaluación del comportamiento del cultivo de haba

FIGURA 4.28

PRECIPITACIÓN TOTAL Y TENDENCIAS DE RENDIMIENTO DE CULTIVOS DEL HABA EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS

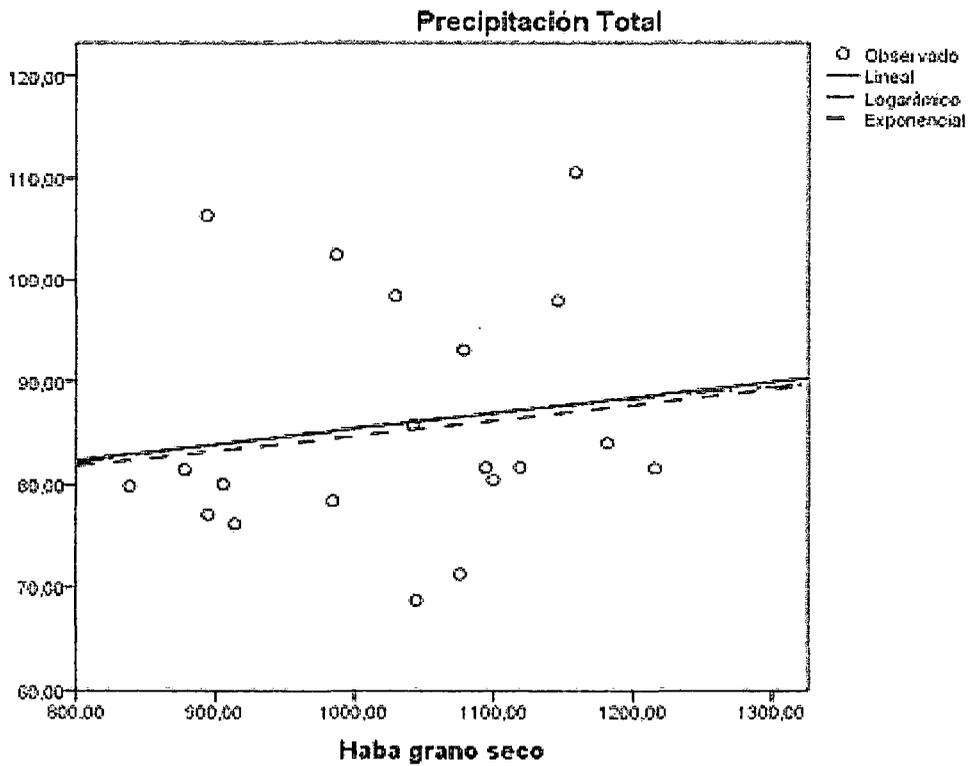


FIGURA 4.29

DÍAS DE PRECIPITACIÓN Y TENDENCIAS DE RENDIMIENTO DE CULTIVO DEL HABA EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS

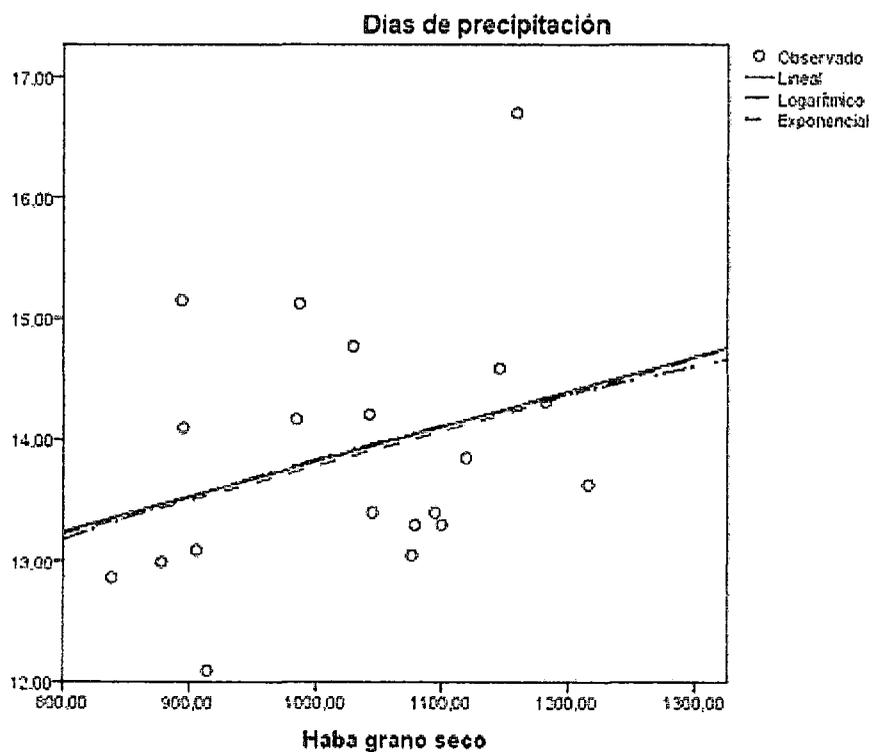
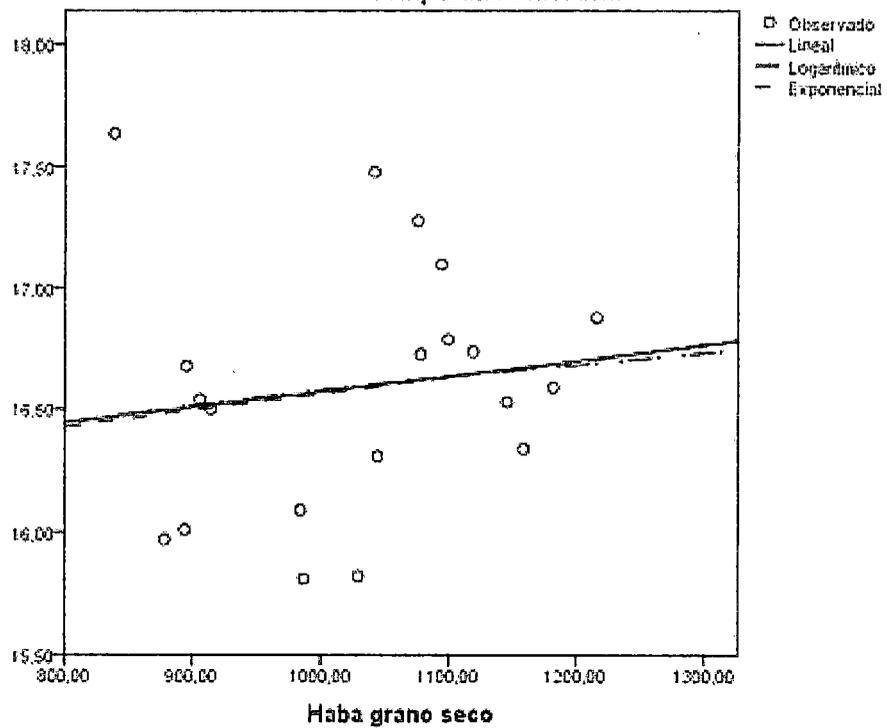


FIGURA 4.30  
 TEMPERATURA MÁXIMA Y TENDENCIAS DE RENDIMIENTO DE  
 CULTIVO DEL HABA EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS  
 Temperatura máxima



### 3.3 Evaluación del comportamiento del cultivo de la papa

FIGURA 4.31  
 DÍAS DE PRECIPITACIÓN Y TENDENCIAS DE RENDIMIENTO DEL  
 CULTIVO DE LA PAPA EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS  
 Precipitación Total

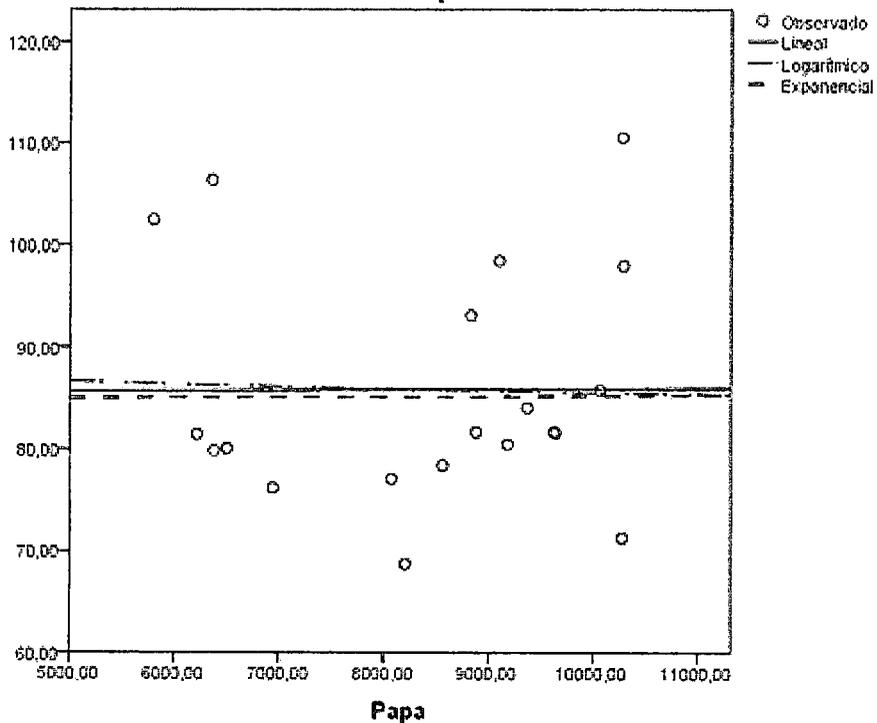


FIGURA 4.32

PRECIPITACIÓN TOTAL Y TENDENCIAS DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA PAPA EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS

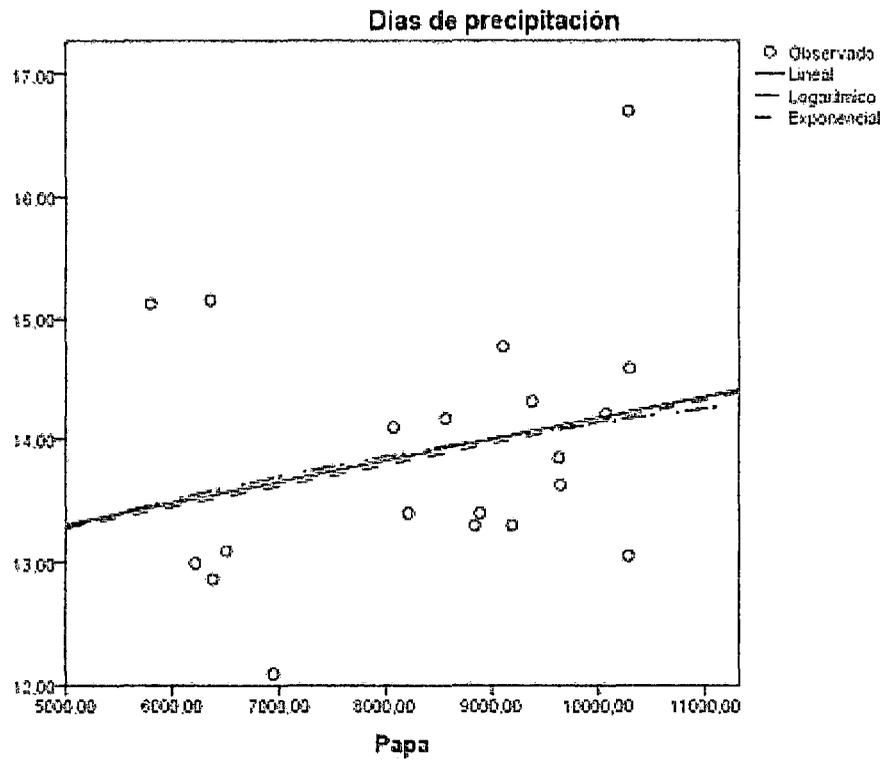
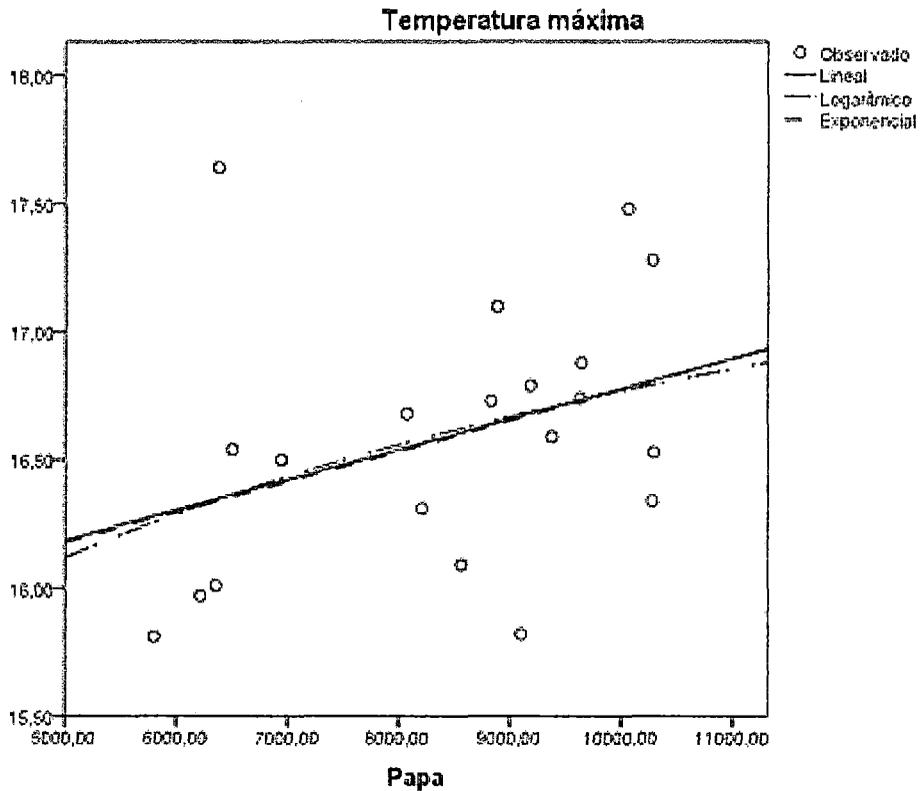


FIGURA 4.33

TEMPERATURA MÁXIMA Y TENDENCIAS DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA PAPA EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS



### 3.4 Evaluación del comportamiento del cultivo de quinua

FIGURA 4.34

PRECIPITACIÓN TOTAL Y TENDENCIAS DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA QUINUA EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS

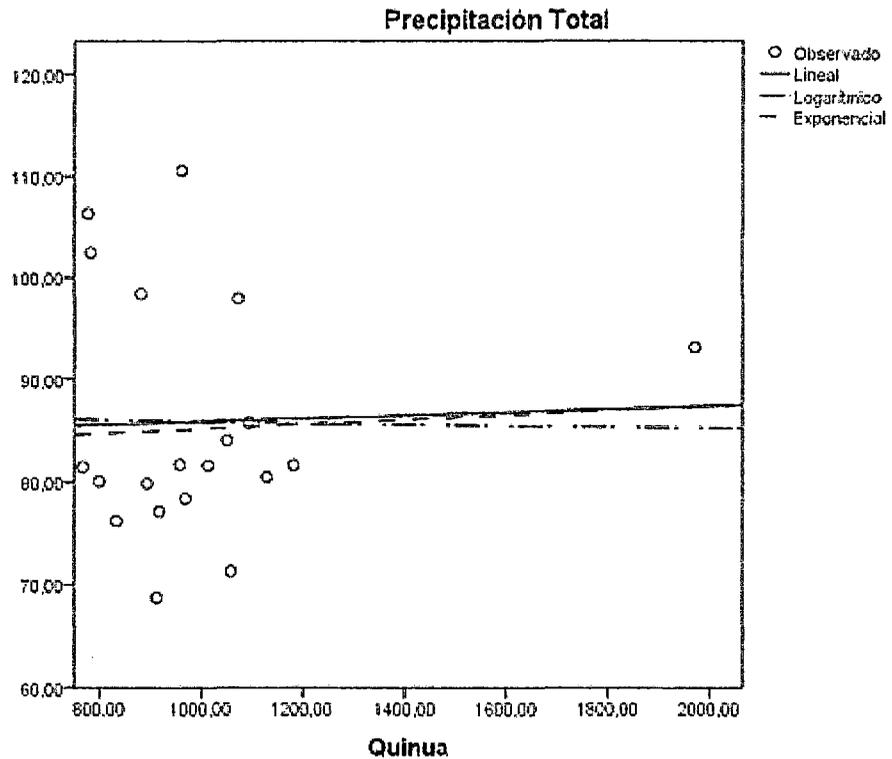


FIGURA 4.35

DÍAS DE PRECIPITACIÓN Y TENDENCIAS DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA QUINUA EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS

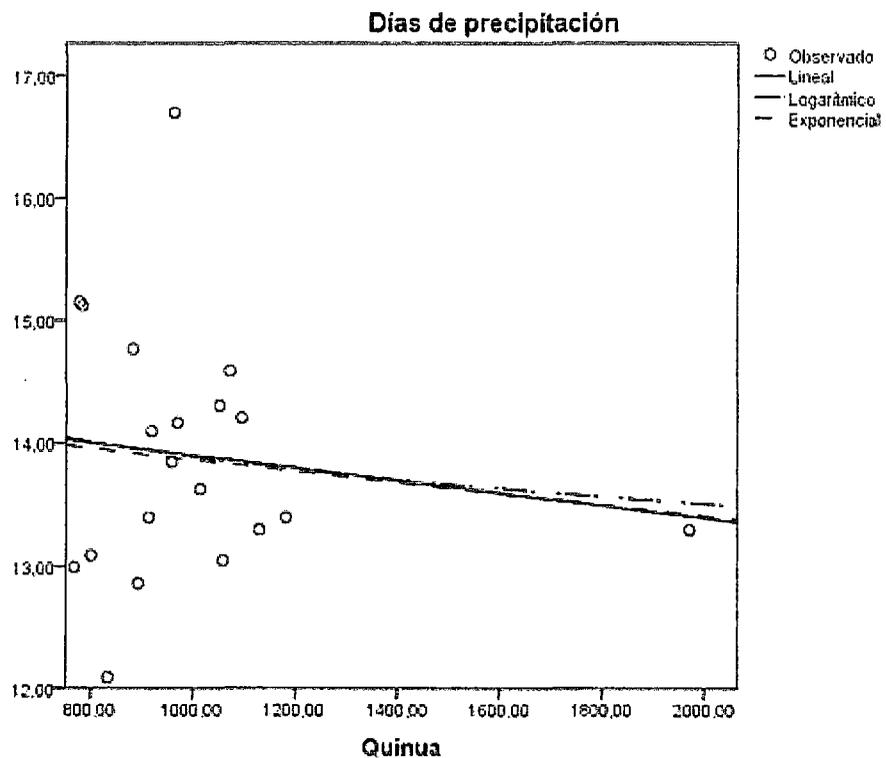


FIGURA 4.36  
 TEMPERATURAS MÁXIMAS Y TENDENCIAS DE RENDIMIENTO DEL  
 CULTIVO DE LA QUINUA EN LA CUENCA DEL RÍO RAMIS

