



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS:

**“VARIACIONES DE LA TEMPERATURA Y  
PRECIPITACIÓN COMO INDICADORES DEL  
CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISTRITO DE PEDRO  
GÁLVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS,  
CAJAMARCA, 2017”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
CHÁVEZ MARÍN, MARTÍN OSWALDO**

CAJAMARCA - PERU

2018

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la oportunidad y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y mi compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi padre Oswaldo Chávez, que a pesar de su ausencia física, siento que está conmigo siempre, sé que este momento hubiera sido tan especial para él como es para mí. A mi madre Sofía Marín, pilar fundamental en mi vida, si ella jamás hubiera alcanzado lo que hasta ahora he logrado. A mis hermanos, que con sus consejos y su apoyo me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

**Martín**

## **AGRADECIMIENTO**

Ante todo doy infinitas gracias a Dios y a la Virgen del Rosario por haberme dado la fortaleza y el valor, necesarios para el cumplimiento de mis logros.

A mi padre, que siempre lo he sentido presente en mi vida, y sé que está orgulloso de la persona que soy. Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre, que sin duda alguna me ha demostrado su amor y apoyo incondicional. A mis hermanos, familiares, y amigos quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental en mi vida. A los profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza.

A la institución Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) por proporcionar la información meteorológica que permitió el desarrollo de esta investigación.

**El Autor**

## **RECONOCIMIENTO**

A la Universidad Alas Peruanas, por la oportunidad de poder realizar esta tesis.

Al ingeniero Iván Veneros Terán, por sus consejos llenos de sabiduría y por los ánimos que me dio a lo largo de este proyecto lleno de dificultades.

**Martín**

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Reconocimiento	iv
Índice	v
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	xv

### **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Delimitación de la investigación	3
1.2.1. Delimitación espacial	3
1.2.2. Delimitación social	3
1.2.3. Delimitación temporal	3
1.2.4. Delimitación conceptual	4
1.3. Problemas de investigación	4
1.3.1. Problema principal	4
1.3.2. Problemas secundarios	4
1.4. Objetivos de la investigación	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis y variables de la investigación	5
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2. Hipótesis secundarias	6
1.5.3. Variables	6
a) Variable independiente	6

	<b>Pág.</b>
b) Variable dependiente	6
1.6. Metodología de la investigación	8
1.6.1. Tipo y nivel de investigación	8
a) Tipo de investigación	8
b) Nivel de investigación	8
1.6.2. Método y diseño de la investigación	8
a) Método de investigación	8
b) Diseño de investigación	9
1.6.3. Población y muestra de la investigación	9
a) Población	9
b) Muestra	9
1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
a) Técnicas	10
b) Instrumentos	12
c) Fuente	12
1.6.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	13
1.6.6. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación	19
a) Justificación	18
b) Importancia	19
c) Limitaciones	19

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes del problema	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.1.3. Antecedentes locales	24
2.2. Bases teóricas	25
2.2.1. Temperatura	25
2.2.1.1. Instrumentos para medir la temperatura	26

	<b>Pág.</b>
2.2.2. Precipitación	27
2.2.2.1. Medida de la precipitación	28
2.2.2.2. Instrumentos para medir la precipitación	29
2.2.3. El clima y el sistema climático	29
2.2.3.1. Factores que determinan el clima	31
2.2.3.2. El clima en el Perú	31
2.2.3.3. Aspectos climatológicos en la región Cajamarca	32
2.2.4. El cambio climático	32
2.2.4.1. Consecuencias del cambio climático en el Perú	34
2.2.5. El efecto invernadero	35
2.2.6. Calentamiento global	36
2.2.7. Ámbito de estudio	37
2.3. Definición de términos básicos	41
2.3.1. Cambio climático	41
2.3.2. Variabilidad climática	41
2.3.3. Indicadores meteorológicos del cambio climático	41
2.3.4. Series temporales	42
2.3.5. Normales climáticas	42
2.3.6. Anomalías climáticas	42

### **CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

3.1. Presentación de resultados	44
3.1.1. Comportamiento de la temperatura, con sus respectivas tendencias, en el distrito de Pedro Gálvez, durante el período 1964 - 2016	44
a) Temperatura máxima	45
b) Temperatura mínima	49
3.1.2. Comportamiento de la precipitación, con sus respectivas tendencias, en el distrito de Pedro Gálvez, durante el período 1964 - 2016	53

**CAPÍTULO IV: CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

4.1. Contrastación de la hipótesis	68
Discusiones	69
Conclusiones	70
Recomendaciones	71
Referencias bibliográficas	72



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	7
Tabla 2. Estadística descriptiva de los datos de temperatura máxima en °C, para el periodo 1964 - 2016	45
Tabla 3. Estadística descriptiva de los datos de temperatura mínima en °C, para el periodo 1964 - 2016	49
Tabla 4. Estadística descriptiva de los datos de precipitación en milímetros (mm), para el periodo 1964 - 2016	53
Tabla 5. Promedios de precipitación en milímetros (mm) para diferentes Períodos	57
Tabla 6. Prueba T Student para promedios de precipitación acumulada durante los períodos P: 1964 - 2016 y P1: 1964 - 1976	59
Tabla 7. Prueba T Student para promedios de precipitación acumulada durante los períodos P: 1964 - 2016 y P2: 1977 - 1989	61
Tabla 8. Prueba T Student para promedios de precipitación acumulada durante los períodos P: 1964 - 2016 y P2: 1990 - 2002	63
Tabla 9. Prueba T Student para promedios de precipitación acumulada durante los períodos P: 1964 - 2016 y P2: 2003 - 2016	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie terrestres y oceánicas combinadas.	36
Figura 2. Promedio global de concentración de gases de efecto invernadero	36
Figura 3. Mapa de ubicación del distrito Pedro Gálvez	38
Figura 4. Mapa geográfico del distrito Pedro Gálvez	39
Figura 5. Mapa climático de la provincia de San Marcos	40
Figura 6. Serie anual de temperaturas máximas correspondientes a la Estación CO. San Marcos	47
Figura 7. Anomalías anuales de temperatura máxima en la Estación CO. San Marcos	48
Figura 8. Serie anual de temperaturas mínimas correspondientes a la Estación CO. San Marcos	51
Figura 9. Anomalías anuales de temperatura mínima de la Estación CO. San Marcos	52
Figura 10. Serie anual de precipitaciones correspondientes a la estación CO. San Marcos	55

Figura 11. Anomalías anuales de precipitación, en porcentaje del valor normal, correspondiente a la Estación CO. San Marcos 59

Figura 12. Cambios en los patrones de precipitación promedio mensual del período 1964 - 1976 con respecto al valor promedio mensual del período 1964 - 2016 60

Figura 13. Cambios en los patrones de precipitación promedio mensual del período 1977 - 1989 con respecto al valor promedio mensual del período 1964 - 2016 62

Figura 14. Cambios en los patrones de precipitación promedio mensual del período 1990 - 2002 con respecto al valor promedio mensual del período 1964 - 2016 64

Figura 15. Cambios en los patrones de precipitación promedio mensual del período 2003 - 2016 con respecto al valor promedio mensual del período 1964 - 2016 66

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Matriz de consistencia	78
Anexo 2. Modelo de registro de datos	79
Anexo 3. Temperatura máxima promedio mensual	80
Anexo 4. Temperatura mínima promedio mensual	81
Anexo 5. Precipitación total mensual	81

## RESUMEN

Esta tesis se desarrolló en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, ubicada en la región Cajamarca, al norte de Perú. Se analizó una serie de 53 años de información de temperaturas máximas, temperaturas mínimas y precipitaciones desde 1964 hasta 2016. La información básica se obtuvo de los registros diarios de la Estación Climatológica Ordinaria San Marcos, ubicada a 7° 19' 21" de latitud sur, 78° 10' 22" de longitud oeste y 2200 m.s.n.m., la cual integra la red de estaciones meteorológicas de SENAMHI. El objetivo principal de la investigación fue estudiar las variaciones y las tendencias de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, durante el período 1964 hasta el 2016, en el distrito de Pedro Gálvez, y se trabajó bajo la hipótesis que las alteraciones de los principales indicadores meteorológicos, como la temperatura y la precipitación, han determinado variaciones en la tendencia del comportamiento climático en esta zona, desde 1964 hasta el 2016. Se aplicaron métodos de análisis estadísticos para determinar promedios, anomalías y tendencias; además, para determinar variaciones en la distribución anual de las precipitaciones, se aplicó la prueba de T Student para determinar diferencias significativas entre los promedios de precipitación mensual de un período largo o normal (1964 - 2016) y cuatro períodos cortos. Los resultados determinaron que las temperaturas máximas y mínimas se incrementaron desde 1964 hasta 2016 en 1.79 °C y 0.58 °C respectivamente, evidenciando una clara tendencia a aumentar a través de los años, también una variabilidad interanual y un cambio climático. Asimismo, la precipitación ha experimentado variaciones interanuales y se ha incrementado durante el mismo período en 196.2 mm. Se determinó un cambio climático en los patrones anuales de distribución de las precipitaciones, al hallarse diferencias significativas en los promedios de precipitación de los períodos 1977 - 1989 y 2003 - 2016, con respecto al período 1964 - 2016.

**Palabras claves:** Cambio climático, variabilidad climática, tendencia climática, anomalías climáticas, temperaturas extremas, precipitación.

## ABSTRACT

This thesis was developed in the district of Pedro Gálvez, San Marcos province, located in the Cajamarca region, north of Peru. We analyzed a series of 53 years of information on maximum temperatures, minimum temperatures and precipitation from 1964 to 2016. The basic information was obtained from the daily records of the Ordinary San Marcos Climatological Station, located at 7° 19' 21 "south latitude, 78° 10' 22" west longitude and 2200 msnm, which integrates the network of meteorological stations of SENAMHI. The main objective of the research was to study the variations and trends of the main meteorological indicators of climate change, from 1964 to 2016, in Pedro Gálvez district, and it was worked under the hypothesis that the alterations of the main meteorological indicators, such as temperature and precipitation, have determined variations in the tendency of the climatic behavior in this zone, from 1964 to 2016. Statistical analysis methods were applied to determine averages, anomalies and trends; In addition, to determine variations in the annual distribution of rainfall, the Student's T test was applied to determine significant differences between the monthly precipitation averages of a long or normal period (1964 - 2016) and four short periods. The results determined that the maximum and minimum temperatures increased from 1964 to 2016 at 1.79 °C and 0.58 °C respectively, evidencing a clear tendency to increase over the years, interannual variability and climate change. Likewise, precipitation has experienced year-on-year variations and has increased over the same period by 196.2 mm on average. A climatic change was determined in the annual patterns of rainfall distribution, since significant differences were found in the average rainfall for the periods 1977 - 1989 and 2003 - 2016, with respect to the period 1964 - 2016.

**Keywords:** Climate change, climatic variability, climatic tendency, climatic anomalies, extreme temperatures, precipitation.

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad actualmente, porque supone una presión adicional para nuestras sociedades y el medio ambiente, debido a que está acentuando la variabilidad climática, lo que se traduce en el incremento de eventos extremos como sequías, inundaciones, huracanes, olas de frío y de calor.

La comunidad científica internacional, representada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), mencionó en su V informe de evaluación, publicado en el 2014, que el calentamiento en el sistema climático es “inequívoco”, que la influencia humana sobre este es clara y las recientes emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia. En consecuencia, los cambios climáticos recientes, han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales. Actualmente se sabe que cada uno de los tres últimos decenios, ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde 1950. Además se ha observado un aumento lineal de la temperatura media global de 0.85 °C para el período 1880 - 2012 (IPCC, 2013).

En el Perú, el cambio climático representa una fuerte amenaza, porque nuestro país presenta altas condiciones de vulnerabilidad física, económica y social; frente a estas circunstancias, se sabe que los eventos adversos de origen hidrometeorológico son cada vez más frecuentes e intensos, principalmente en la región andina, donde están afectando las actividades e infraestructura de la población, contribuyendo a que se forme o amplíe las condiciones de riesgo en la sociedad y sus medios de vida.

Frente a un limitado conocimiento sobre la magnitud del cambio climático en la región Cajamarca, esta tesis investiga el comportamiento y la tendencia de dos elementos que caracterizan el clima: la temperatura ambiental y la precipitación. Los cuales fueron observados, medidos y registrados en la Estación

Climatológica Ordinaria San Marcos, por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), durante el período comprendido desde 1964 hasta el 2016.

El propósito de la investigación fue determinar la variabilidad térmica y pluviométrica, en forma multianual, para definir su tendencia y demostrar un cambio climático en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos.

La investigación resulta relevante por ser un tema de actualidad, cuyos resultados permitirán disponer de un fundamento técnico y científico que permita a los tomadores de decisiones, elaborar medidas de adaptación frente al cambio climático.

El presente trabajo se ha estructurado en tres capítulos. El capítulo I incluye el planteamiento metodológico, donde se describe la realidad problemática, se delimita la investigación, se define el problema de investigación, se precisan los objetivos de la investigación y se describe la justificación e importancia de la investigación, se menciona la hipótesis y variables; también comprende la metodología de la investigación, donde se describe el ámbito de estudio, el tipo y nivel de investigación, el método y diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de la recolección de datos y las técnicas de procesamiento y análisis de datos. En el capítulo II se detalla el marco teórico, donde se mencionan los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos básicos. En el capítulo III se expone y analiza los resultados. En el capítulo IV se comprueban las hipótesis planteadas, y posteriormente se realiza la discusión de resultados, se mencionan las conclusiones y las recomendaciones.



## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

El segundo informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, señala que en los últimos años, ha aumentado las evidencias que indican cambios en la composición química de la atmósfera terrestre, como consecuencia del uso de combustibles fósiles, de tal manera que, un cambio climático a escala mundial puede ser el resultado del incremento en la concentración de gases de efecto invernadero. El mismo informe, también menciona que un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero, conduce en promedio, a un calentamiento adicional de la atmósfera y la superficie de la tierra, de este modo, muchos gases de efecto invernadero permanecen en la atmósfera durante mucho tiempo y afectan el clima (IPCC, 2013).

El monitoreo climático sistemático y frecuente, permite obtener registros de los elementos que caracterizan el clima y emplearlos para determinar tendencias o cambios a través de muchos años (OMM, 2011).

Actualmente, los estudios para determinar la magnitud del cambio climático, han encontrado una alternativa, al usar los datos de los registros instrumentales observados en las estaciones meteorológicas. Utilizando

análisis de este tipo, existen estudios a escala global y nacional; sin embargo, en el Perú, los estudios a escala regional y local, son limitados.

La mayoría de estudios sobre cambio climático, utilizan la temperatura del aire y la precipitación, por ser las variables meteorológicas y climáticas más observadas y registradas sistemáticamente, además que guardan relación directa con el cambio climático a largo plazo, por ser dos elementos que caracterizan y determinan el tipo climático de una zona (OMM, 2011).

El análisis de la temperatura media a largo plazo, ha sido el más recurrente en la mayoría de estudios sobre cambio climático; sin embargo, las variaciones determinadas en este tipo de análisis, necesariamente implican variaciones en las temperaturas extremas y por lo tanto en la oscilación térmica, lo cual explicaría de mejor modo los impactos en los ecosistemas (Alva, 2011).

La otra variable climática, de fuerte impacto ambiental, es la precipitación, debido a que su intensidad y distribución periódica, influyen directamente en eventos extremos como sequías e inundaciones y en los procesos de desertificación (Alva, 2011).

Pedro Gálvez, con su capital en la ciudad de San Marcos, es uno de los siete distritos de la provincia de San Marcos, en donde durante los últimos años, se ha observado variaciones en las temperaturas extremas, así como en la intensidad y distribución de las precipitaciones, lo cual se ha manifestado en la ocurrencia impredecible de heladas y sequías, con un fuerte impacto en la agricultura y la salud; por lo que es necesario, desde el punto de vista académico, estudiar el comportamiento en los últimos años, de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, como son la temperatura y la precipitación, en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

Esta investigación analizó los datos de temperatura y precipitación observada, medida y registrada en la Estación Climatológica Ordinaria San Marcos, ubicada en el distrito de Pedro Gálvez, en la provincia de San Marcos, región Cajamarca.

### **1.2.2. Delimitación social**

Esta investigación pretende beneficiar primeramente a la población del distrito de Pedro Gálvez porque les permitirá conocer si se ha producido un cambio climático en la zona y aplicar medidas de adaptación. También beneficiaría a las autoridades locales y regionales, porque de haberse producido un cambio climático en la localidad, dispondrán de información técnica para tomar acciones de adaptación que busquen mitigar los efectos negativos de este evento. Finalmente los resultados de esta investigación beneficiarían a los investigadores y alumnos universitarios, porque servirá de base para realizar estudios sobre los efectos del cambio climático en el ecosistema y en las actividades de la población.

### **1.2.3. Delimitación temporal**

Esta investigación analizó los datos de temperatura y precipitación registrados desde enero de 1964 hasta diciembre del 2016, en la Estación Climatológica ordinaria San Marcos.

#### **1.2.4. Delimitación conceptual**

Esta investigación abarca dos conceptos fundamentales que son cambio climático y variabilidad climática en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca.

### **1.3. Problemas de investigación**

#### **1.3.1. Problema principal**

¿Cuáles son las variaciones y las tendencias de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, durante el período 1964 - 2016, en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca?

#### **1.3.2. Problemas secundarios**

- ¿Cuál ha sido el comportamiento y la tendencia de la temperatura mínima y máxima para determinar si se ha producido un cambio climático desde 1964 hasta el 2016 en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca?
- ¿Cuál ha sido el comportamiento y la tendencia de la precipitación para determinar si se ha producido un cambio climático desde 1964 hasta el 2016 en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca?
- ¿Cuáles han sido las diferencias estadísticas significativas entre los promedios de precipitación mensual de un período largo o normal (1964 - 2016) con cuatro períodos cortos en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca?

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### **1.4.1. Objetivo general**

Calcular las variaciones y las tendencias de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, durante el período 1964 hasta el 2016, en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar la variación y la tendencia de la temperatura mínima y máxima para determinar si se ha producido un cambio climático desde 1964 hasta el 2016 en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca.
- Analizar la variación y la tendencia de la precipitación para determinar si se ha producido un cambio climático desde 1964 hasta el 2016 en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca.
- Analizar las diferencias estadísticas significativas entre los promedios de precipitación mensual de un período largo o normal (1964 - 2016) con cuatro períodos cortos en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca.

## **1.5. Hipótesis y variables de la investigación**

### **1.5.1. Hipótesis general**

Las alteraciones de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, como la temperatura y la precipitación, han determinado variaciones en la tendencia del comportamiento

climático en el distrito de Pedro Gálvez, en la provincia de San Marcos, región Cajamarca, desde 1964 hasta el 2016.

### **1.5.2. Hipótesis secundarias**

- La temperatura muestra una tendencia ascendente, lo cual me indica que se ha producido un cambio climático en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca, desde 1964 hasta el 2016.
- La precipitación muestra una evidente variabilidad interanual, así como también intra anual, en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca, desde 1964 hasta el 2016, debido al cambio climático.
- Los promedios de precipitación mensual muestra diferencias estadísticas significativas entre los promedios de un período largo o normal (1964 - 2016) con cuatro períodos cortos.

### **1.5.3. Variables**

#### a) Variable independiente

- Temperatura (mínima y máxima).
- Precipitación diaria.

#### b) Variable dependiente

- Cambio climático

**Tabla 1***Matriz de operacionalización de variables.*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Independiente</b>					
Precipitación	Es la cantidad de agua meteórica que cae sobre la superficie terrestre (Sánchez, 2008).	Milímetros (mm)	Cantidad de precipitación mensual y anual	Análisis documental	Registro documental (planilla climatológica)
Temperatura	La temperatura del aire es una cualidad de la atmosfera, que indica el estado energético del aire y se traduce en un determinado grado de calentamiento (CONAGUA 2010).	Grados Celsius (°C)	Temperatura máxima y mínima diaria.  Temperatura máxima y mínima media mensual.	Análisis documental	Registro documental (planilla climatológica)
<b>Dependiente</b>					
Cambio climático	Variación del valor medio del estado del clima medible, persistiendo por largos períodos de tiempo por decenios o más años (IPCC, 2007).	Tendencias climáticas	Aumento	Análisis estadístico	Gráficos, líneas de tendencia
			Disminución	Análisis estadístico	Gráficos, Líneas de tendencia

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## **1.6. Metodología de la investigación**

### **1.6.1. Tipo y nivel de investigación**

#### a) Tipo de investigación

Esta investigación es cuantitativa porque utiliza información de tipo cuantitativo, en este caso utiliza datos secundarios, porque el análisis se basa en datos recolectados, procesados y presentados por una institución pública. La investigación cuantitativa tiene como objetivo establecer relaciones causales que supongan una explicación del objeto de investigación, midiendo la influencia de una variable en un fenómeno (Hernández, et al., 2010, p. 6).

#### b) Nivel de investigación

El nivel de investigación será descriptivo, porque describiremos variables, por medio de mediciones, tal y como se presenta al momento de su observación, es decir, en su ambiente natural (Hernández et al, 2010, p. 80).

### **1.6.2. Método y diseño de la investigación**

#### a) Método de investigación

El método de la investigación es deductivo porque supone la observación de un fenómeno y la consecuente formulación de hipótesis que lo explique, para luego verificar la hipótesis; además es confirmacionista porque intenta confirmar la hipótesis formulada a partir de la observación (Rodríguez, 2005). Finalmente la investigación tiene un enfoque sistémico porque se aplicó el método científico, que es un proceso



sistemático de investigación que consta de etapas que no se pueden obviar (Castán, 2014, p. 5 y 6).

b) Diseño de investigación

Esta investigación tiene un diseño no experimental porque no se ha ejercido ningún tipo de control sobre las variables independientes, ya que estas se estudiaron tal y como se presentaron en su contexto natural (Hernández, 2010, p 149).

### **1.6.3. Población y muestra de la investigación**

a) Población

- Datos diarios de temperatura máxima de la serie 1964 - 2016.
- Datos diarios de temperatura mínima de la serie 1964 - 2016.
- Datos diarios de precipitación total de la serie 1964 - 2016.

b) Muestra

- Temperatura máxima media mensual de la serie 1964 - 2016.
- Temperatura mínima media mensual de la serie 1964 - 2016.
- Precipitación total mensual de la serie 1964 - 2016.

#### 1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### a) Técnicas

Los datos utilizados en esta tesis, han sido observados, medidos y registrados por personal del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), en la Estación Climatológica Ordinaria San Marcos, de acuerdo a técnicas y procedimientos establecidos por el SENAMHI en un programa de observaciones, incluido en un manual de funciones del observador meteorológico (SENAMHI, 2005), el cual se basa en un protocolo de observación meteorológica definido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2010).

- Observación, medida y registro de la temperatura máxima diaria.

La temperatura máxima diaria, es la temperatura más alta que se registra en el día, se mide en grados Celsius (°C), con un termómetro de máxima, el cual es un instrumento de lectura directa que se instala, con una inclinación de 2° respecto a la horizontal, en un soporte metálico dentro de una caseta meteorológica, a 1.50 metros del suelo (OMM, 2010).

La temperatura máxima se mide durante la última observación del día, es decir, a las 19:00 horas, debido a que comúnmente se presenta dos o tres horas después del mediodía.

Para realizar la lectura del termómetro de máxima el observador debe apersonarse a la estación 10 minutos antes de la hora establecida, debe realizar la lectura a las 19:00 horas, además, durante la lectura no debe utilizar fósforos ni

velas, solamente una linterna de luz fría. Después de realizar la lectura debe poner en estación el termómetro de máxima.

- Observación, medida y registro de la temperatura mínima.

La temperatura mínima diaria, es la temperatura más baja que se registra en el día, se mide en grados Celsius (°C), con un termómetro de mínima, el mismo que también es un instrumento de lectura directa y se instala en un soporte metálico dentro de una caseta meteorológica, a 1.50 metros del suelo (OMM, 2010).

La temperatura mínima se mide durante la primera observación del día, es decir, a las 07:00 horas, porque usualmente ocurre en las primeras horas del día.

Para realizar la lectura del termómetro de mínima, el observador debe apersonarse a la estación 10 minutos antes de la hora establecida y debe realizar la lectura a las 07:00 horas, después de realizar la lectura debe poner en estación el termómetro de mínima.

- Observación, medida y registro de la precipitación

La precipitación total diaria se mide en milímetro o en litros por metro cuadrado, con el pluviómetro tipo Hellmann, el cual se instala a la intemperie, en un poste de madera, de tal forma que la boca del pluviómetro este nivelado de forma paralela con la horizontal y se encuentre 1.20 metros del suelo (OMM, 2010).

La lectura del pluviómetro se realiza a las 07:00 horas y a las 19:00 horas, debido a que el “día pluviométrico” se extiende

desde las 07:00 horas del día hasta las 07:00 horas del siguiente día, esto según una disposición de la OMM que pretende unificar las distintas redes pluviométricas en el mundo.

Para realizar la lectura, se retira el receptor del pluviómetro y se extrae el recipiente colector, donde se acumula la precipitación, esta debe vaciarse en una probeta que está graduada en milímetros.

Después de realizar la lectura del termómetro de máxima, del termómetro de mínima y del pluviómetro, el observador meteorológico debe anotar los datos en una libreta de apuntes y seguidamente en una planilla climatológica. Posteriormente debe entregar la planilla climatológica a la sede regional de SENAMHI para su control de calidad y análisis estadístico.

#### b) Instrumentos

En esta tesis se utilizó registros documentales (plantilla climatológica) y líneas de tendencia para la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación de la Estación Climatológica Ordinaria San Marcos, de acuerdo a los procedimientos establecidos por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2010).

#### b) Fuentes

Se utilizaron fuentes primarias como publicaciones y artículos científicos, también se utilizaron fuentes secundarias como libros y revistas científicas.

### 1.6.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos de temperatura y precipitación se codificaron y tabularon en orden cronológico y se elaboraron tablas y gráficos, utilizando el programa EXCEL, luego se realizó un análisis según las variables de estudio y los objetivos.

- Los datos diarios de temperatura mínima y máxima se ordenaron de forma cronológica, luego se obtuvieron promedios mensuales y anuales, se graficaron para analizar su marcha y se obtuvieron sus tendencias lineales para analizar su comportamiento a través del tiempo y determinar variabilidad interanual.
- En el caso de las temperaturas se obtuvieron medias mensuales, promedios anuales y anomalías.

$$\bar{T}max = \frac{\sum_1^n Tmax}{n}$$

$$\bar{T}min = \frac{\sum_1^n Tmin}{n}$$

$$\bar{T}maxA = \frac{\sum_1^{12} \bar{T}max}{12}$$

$$\bar{T}minA = \frac{\sum_1^{12} \bar{T}min}{12}$$

$$AT = \bar{T} - N$$

Donde:

$\bar{T}_{max}$  : Temperatura máxima promedio mensual (°C)

$T_{max}$  : Temperatura máxima diaria (°C)

$\bar{T}_{min}$  : Temperatura mínima promedio mensual (°C)

$T_{min}$  : Temperatura mínima diaria (°C)

$n$  : Número de días del mes

$\bar{T}_{maxA}$  : Temperatura máxima promedio anual (°C)

$\bar{T}_{minA}$  : Temperatura mínima promedio anual (°C)

$AT$  : Anomalía de temperatura (°C)

$N$  : Temperatura normal (°C)

Los datos diarios de precipitación se ordenaron en forma cronológica, luego se obtuvieron totales mensuales y anuales, se graficaron para analizar su marcha y se obtuvieron sus tendencias lineales para analizar su comportamiento a través del tiempo y determinar variabilidad interanual.

- En el caso de las precipitaciones se calcularon las medias mensuales, totales anuales y anomalías en porcentaje.

$$P = \sum_1^n Pp$$
$$\bar{Pm} = \frac{\sum_1^{53} P}{53}$$

$$Pa = \sum_1^{12} P$$
$$Ap = \left( \left[ \frac{Pa}{Pn} \right] - 1 \right) * 100$$

Donde:

$Pp$	: Precipitación diaria (mm)
$P$	: Precipitación total mensual (mm)
$\overline{Pm}$	: Precipitación promedio mensual (mm)
$Pa$	: Precipitación anual (mm)
$Pn$	: Precipitación anual normal (mm)
$Ap$	: Anomalía de precipitación en %

- Para determinar variabilidad interanual y cambios en los patrones de precipitación mensual, se aplicó la metodología seguida por Brown, et al. (2015a), quienes determinaron cambios en la distribución de las precipitaciones mensuales a lo largo del año, comparando promedios de precipitación mensual de un período largo o normal (mayor a 30 años), con promedios de precipitación mensual de períodos cortos (5, 10 y 15 años). Esta metodología se sustenta cuando “Arrastúa y Limia (2011) mencionan que el cambio climático está asociado con las variaciones de las estadísticas climatológicas de un período determinado con respecto a la estadística de largo plazo” (Brown, et al., 2015b, p 91). De acuerdo a esto, se calculó un promedio mensual de precipitación para el período 1964 - 2016, considerado como período largo o período normal según recomendaciones de la OMM, que establece que una normal climatológica se calcula para períodos de 30 o más años. Luego se dividió el período analizado, que consiste en 53 años, en cuatro períodos cortos:

- Período 1 (P1): 1964 - 1976, (de 13 años)
- Período 2 (P2): 1977 - 1989, (de 13 años)
- Período 3 (P3): 1990 - 2002, (de 13 años)
- Período 4 (P4): 2003 - 2016, (de 14 años)

- Para determinar diferencias estadísticas significativas entre los promedios mensuales de precipitación de cada período con el período largo o normal, se aplicó la prueba de T Student, con un nivel de significación  $\alpha = 0.05\%$  . Para esta prueba se calculó:

- T tabular (Tt):

Los grados de libertad GL para los periodos analizados son:

$$GL_1 = n_1 - 1 \quad \text{Periodo 1}$$

$$GL_2 = n_2 - 1 \quad \text{Periodo 2}$$

Donde,  $n_1$  y  $n_2$  son el número de datos de cada periodo.

En consecuencia, sumando miembro a miembro ambas expresiones, el número de grados de libertad GL total se expresa mediante la siguiente expresión.

$$GL = n_1 + n_2 - 2$$

Con el nivel de confianza de 95% ( $\alpha = 5\%$ ) y el número de grados de libertad total GL, se obtiene el valor de T, de las tablas o utilizando el Excel.

- T calculado (Tc):

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_d}$$



Además:

$$S_d = S_p \left[ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$S_p = \left[ \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_1 - \bar{X}_1)^2$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (x_1 - \bar{X}_2)^2$$

Dónde:

$S_d$  : Desviación estándar de las diferencias de las medias.

$S_p$  : Desviación estándar ponderada.

$\bar{X}$  : Media muestral.

$S$  : Desviación estándar muestral.

$x_1$  : Datos de la serie analizada.

- Criterios de aceptación o rechazo de la Hipótesis Planteada (Hp)

La hipótesis planteada HP, respecto a las medias es: "Las medias muestrales de los datos correspondientes a los periodos normal y corto son equivalentes estadísticamente a un nivel de confianza de  $100 - \alpha$ , es decir, no tienen diferencia estadística".

En consecuencia, la hipótesis alterna  $H_A$  queda definida así: “Las medias muestrales de los datos correspondientes a los periodos normal y corto no son equivalentes estadísticamente al nivel de confianza de  $100 - \alpha$ , es decir, tienen diferencia estadística”.

Estadísticamente, las hipótesis anteriores se expresan como sigue:

$$HP: \bar{X}_1 = \bar{X}_2$$

$$HA: \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$$

Se lee, “las medias de precipitación mensual de los periodos normal y corto de la Estación CO. San Marcos, en este estudio son estadísticamente iguales, o son estadísticamente diferentes”.

A si:

$$|T_c| \leq T_t (\alpha = 5\%) \quad \text{Aceptar HP}$$

$$|T_c| > T_t (\alpha = 5\%) \quad \text{Aceptar HA}$$

En el primer caso, se dice que la prueba T es no significativa y; en el segundo, la prueba puede ser significativa o altamente significativa, según que la discrepancia entre los estadísticos sea ligera o alta, respectivamente.

### **1.6.6. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación**

#### **a) Justificación**

Esta investigación se justifica por las siguientes razones:

Permitirá conocer la evolución de la temperatura y precipitación de los últimos 53 años, así como sus tendencias, beneficiando a los pobladores del distrito de Pedro Gálvez en la provincia de San Marcos y a la comunidad científica, debido a que actualmente no existen investigaciones que evalúen el comportamiento de estos indicadores meteorológicos durante un período de tiempo amplio en toda la provincia de San Marcos, en consecuencia, el conocimiento sobre el cambio climático y la variabilidad climática en esta parte del país es escaso.

Desde el punto de vista práctico, con los resultados de esta investigación, varias instituciones públicas y privadas vinculadas a temas productivos, de desarrollo, gestión de riesgos y protección ambiental resultarán beneficiadas porque dispondrán de un documento técnico para sustentar sus decisiones.

#### **b) Importancia**

Los resultados de esta investigación determinarán si se ha producido un cambio climático en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca; y de haberse producido, servirán de sustento técnico para que los tomadores de decisiones implementen las medidas de mitigación necesarias, debido a que los efectos del cambio climático involucran todas las actividades humanas.

De esta manera, con los resultados obtenidos, se podrán sustentar la implementación de políticas locales y regionales que reduzcan los efectos negativos de la variabilidad climática, en los sectores productivos como la agricultura y la ganadería, principales actividades económicas de la zona.

c) Limitaciones

No se cuenta con una amplia red de observación meteorológica en el distrito de Pedro Gálvez, de tal manera que cubra todos los pisos altitudinales, sobre todo aquellos que están sobre los 3 000 m de altitud, por lo que el estudio se limita a los datos registrados en la Estación la CO. San Marcos, ubicada a 2200 m.s.n.m.

La Estación CO. San Marcos, solo cuenta con 53 años de registros meteorológicos, lo que limita el estudio de cambio climático en la zona.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes del problema**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Sánchez-Santillán y De La Lanza (2001), realizaron una investigación titulada “Análisis sobre el cambio climático bajo la clasificación de climas Koppen modificado en la presa de Atlangatepec dentro de la cuenca central de México” a la Universidad Nacional Autónoma de México (México), (México D.F.). El objetivo fue determinar cambio climático en el comportamiento de la precipitación y la temperatura del período 1944 - 1999 en la cuenca central de México, localizada en el estado de Tlaxcala. En la metodología se utilizaron datos de temperatura media mensual y precipitación total mensual de la estación de Atlangatepec, también se usaron los registros del índice de Zúrich (manchas solares) y ocurrencia de eventos El Niño. Se utilizó, con fines comparativos, la misma estadística empleada por el autor en la elaboración de sus propuestas alternativas a Koppen. Después de comprobarse que los valores de las variables analizadas se hallaban dentro de los fijados como normales en el sistema modificado, se aplicaron diferentes tipos de pruebas de estadística, tanto lineal paramétrica, como no lineal, para explicar sus anomalías, sus tendencias y sus

periodicidades y la relación que guardan con la evaporación, el Índice de Zúrich y los eventos El Niño y La Niña. Se concluye que aunque los valores calculados muestran, con respecto a la media normal, fluctuaciones importantes, estas constituyen una variabilidad climática y no una variación del clima o cambio climático; por otro lado, se establece que el empleo de pruebas lineales no paramétricas y no lineales, describe con mayor certidumbre el comportamiento de estas variables. La aplicación del sistema modificado de clasificación climática comprueba, como lo fue en este caso particular, la inexistencia de un cambio climático. Este estudio sirvió para considerar la metodología para la evaluación de tendencias de temperaturas y precipitación a largo plazo y definir la necesidad de trabajar con una serie temporal extensa, mayor a 30 años, para hallar variabilidad y cambio climático.

Del Salto, et al. (2013), presentaron su investigación titulada “Análisis del comportamiento climático de los últimos 30 años, en las costas Esmeralda, Manta y Puerto Bolívar durante la época húmeda” al Instituto Oceanográfico de la Armada Ecuatoriana (INOCAR) (Ecuador), (Guayaquil). El objetivo fue evaluar posibles cambios de temperaturas y precipitación en el comportamiento de la serie de datos de los parámetros escogidos en la costa ecuatoriana. En la metodología se utilizó datos de temperatura media mensual y precipitación total mensual del período 1975 -2000 y 1981 - 2010 de las estaciones Esmeralda, Manta y Puerto Bolívar. Utilizando estadística descriptiva se obtuvo promedios multianuales de 30 años que sirvieron para determinar anomalías térmicas y pluviométricas. Además se determinó tendencias y variabilidad. Los resultados determinaron que en la costa ecuatoriana, durante el período 1981 - 2010, se produjo un incremento en la media y la desviación estándar de la temperatura superficial del aire, siendo consistente con la tendencia mundial del aumento de las

temperaturas. Sin embargo, el comportamiento de la precipitación, solo mostró un incremento de las lluvias en la estación Puerto Bolívar, mientras que en las estaciones Manta y Esmeraldas no se determinó incrementos significativos. Esta investigación sirvió de base para determinar y definir la metodología de análisis de los datos de temperatura del aire y precipitación y señalar si existe variabilidad o cambio climático en esta tesis.

Brown, et al (2015), presentaron su estudio titulado “El cambio climático y sus evidencias en las precipitaciones” a la Universidad de Ciego de Ávila (Cuba), (Ciego de Ávila). El objetivo fue demostrar cambio climático y patrones de desplazamiento en el comportamiento de las precipitaciones. En la metodología se analizó una serie de 30 años de precipitaciones y número de días con lluvia desde 1977 al 2006. Se aplicaron métodos de análisis de la serie temporal como porcentaje medio, promedios móviles y suavización exponencial. Los resultados demostraron una tendencia en la disminución de las precipitaciones y el número de días con lluvia a partir del año 2000, no solo a nivel anual sino también en el periodo húmedo en la localidad de Falla, provincia Ciego de Ávila. Cuba. Esta investigación permitió definir la metodología para determinar variabilidad intra anual en las precipitaciones y poder aplicarlo en esta investigación

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Huamán, (2011), presentó su tesis para optar el título de Maestro en Ciencias, titulada “Efectos de la deforestación sobre el cambio climático en la región de San Martín” a la Universidad Nacional Federico Villareal (Perú), (Lima). El objetivo de la investigación fue determinar la relación entre la deforestación y el cambio climático en la región de San Martín en el Perú. En la metodología se analizó una serie de datos de temperatura media mensual y precipitación total

mensual del período 1964 - 2007, se utilizó estadística descriptiva para determinar tendencias multianuales y correlación simple para determinar el efecto de la deforestación en el cambio climático en la región de San Martín. Los resultados determinaron que en la región San Martín, en Perú, la tendencia de la temperatura media es ascendente, habiéndose incrementado en 45 años  $0.8^{\circ}\text{C}$ , a razón de  $0.18^{\circ}\text{C}$  por década, también la temperatura máxima se incrementó en  $0.9^{\circ}\text{C}$ , a razón de  $0.2^{\circ}\text{C}$  por década, mientras que la temperatura mínima ha tenido el mayor incremento, con  $1.3^{\circ}\text{C}$  a razón de  $0.29^{\circ}\text{C}$  por década. Señala también, que a nivel regional la tendencia de la precipitación es descendente, habiendo disminuido en 45 años  $6.25\%$  a razón de  $1.39\%$  por década. Esta tesis permitió evaluar y definir la metodología de análisis estadístico para determinar tendencias en períodos largos, además de definir incrementos anuales y decadales, de la temperatura y precipitación.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Alva, E. (2011), presentó su tesis para optar el título de Doctor en Ciencias, titulada "Variaciones térmicas y pluviométricas como indicadores del cambio climático en el valle de Cajamarca" a la Universidad Nacional de Cajamarca (Perú), (Cajamarca). El objetivo fue estudiar las variaciones, tendencias y proyecciones de las variables térmicas del período 1950 - 2009 y pluviométricas del período 1965 - 2009, como indicadores del cambio climático en el valle de Cajamarca. En la metodología se utilizó datos de temperatura y precipitación para determinar, mediante estadística descriptiva, variaciones y tendencias térmicas y pluviométricas en el período 1950 - 2009, en el valle de Cajamarca. Los resultados concluyen que en el valle de Cajamarca en Perú, durante el período 1950 - 2009, la temperatura mínima se ha incrementado en  $0.26^{\circ}\text{C}$ , mientras que la temperatura máxima lo ha hecho en  $0.60^{\circ}\text{C}$ . Además, para el mismo período, la precipitación total anual ha



aumentado en 54.75 mm/año. Estos resultados permitieron realizar comparaciones con los resultados obtenidos en la tesis desarrollada en el distrito de Pedro Gálvez - San Marcos.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Temperatura**

La Organización Meteorológica Mundial define la temperatura como la magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas de un cuerpo físico. Para fines meteorológicos se mide las temperaturas de numerosos medios, la variable más comúnmente medida es la temperatura del aire, que es la temperatura leída en un termómetro expuesto al aire, protegido de la radiación solar directa. Las unidades de medida son el grado Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ) y el grado Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) (OMM, 2010).

La temperatura del aire está controlada principalmente por la radiación solar incidente, si bien está muy influenciada por la naturaleza de la superficie terrestre y muy particularmente por las diferencias entre tierra, agua, altitud y vientos dominantes (Elías y Castellvi, 2001).

La cantidad de energía solar recibida, en cualquier región del planeta, varía con la hora del día, con la estación del año y con la latitud. Estas diferencias de radiación originan las variaciones de temperatura. Por otro lado, la temperatura puede variar debido a la distribución de distintos tipos de superficies y en función de la altura. Ejercen influencia sobre la temperatura: La variación diurna, distribución latitudinal, variación estacional, tipos de superficie terrestre y la variación con la altura. La variación diurna se debe al cambio en la temperatura, entre el día y la noche, producida por la rotación de la tierra sobre su propio eje. La variación de la

temperatura por efecto de la latitud se produce por una distribución natural de la temperatura sobre la esfera terrestre, debido a que el ángulo de incidencia de los rayos solares varía con la latitud geográfica. La variación estacional de la temperatura se debe al hecho que la Tierra circunda al Sol, en su órbita, una vez al año, dando lugar a las cuatro estaciones: verano, otoño, invierno y primavera. Según este movimiento, el hemisferio norte es más cálido que el hemisferio sur durante los meses de junio, julio y agosto, contrariamente el hemisferio sur es más cálido que el hemisferio norte durante los meses de enero, febrero y marzo. (SENAMHI, 2004).

#### **2.2.1.1. Instrumentos para medir la temperatura**

Los instrumentos utilizados para medir los datos de temperatura y precipitación son:

- Termómetro de máxima

Es un instrumento de lectura directa, cuyo elemento sensible es el mercurio, el cual se encuentra en una cápsula de vidrio con un estrechamiento entre el bulbo y el comienzo de la escala. Dicho estrechamiento impide que la columna de mercurio descienda aunque descienda la temperatura. Cuando la temperatura sube, la dilatación del mercurio contenido en el depósito vence la resistencia opuesta por el estrechamiento, mientras que cuando la temperatura baja y la masa de mercurio se contraen, la columna se rompe por el estrechamiento y su extremo libre queda señalando la temperatura máxima (OMM, 2010).

#### - Termómetro de mínima

También es un instrumento de lectura directa, cuyo elemento sensible es el alcohol que está dentro de un tubo capilar, que contiene un índice de vidrio oscuro de unos 2 cm de longitud. Cuando la temperatura desciende, el líquido arrastra al índice, porque éste no puede arrastrar el menisco y se ve forzado a seguir su recorrido de retroceso. Cuando la temperatura sube, el líquido pasa fácilmente entre la pared del tubo y el índice, y queda este señalando la temperatura mínima por su extremo más alejado del depósito (OMM, 2010).

### **2.2.2. Precipitación**

La precipitación se define como el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o del aire y se deposita en el suelo. Dicho término comprende la lluvia, el granizo, la nieve, el rocío, la cencellada blanca, la escarcha y la precipitación de la niebla. La cantidad total de precipitación que llega al suelo en determinado período se expresa en términos de profundidad vertical de agua (o equivalente en agua en el caso de formas sólidas) que cubriría una proyección horizontal de la superficie de la Tierra (OMM, 2010).

Cuadrat y Pita (2004) dicen que en esencia toda precipitación de agua en la atmósfera, sea cual sea su estado (sólido o líquido) se produce por la condensación del vapor de agua contenido en las masas de aire, que se produce cuando dichas masas son forzadas a elevarse y enfriarse. Para que se produzca la condensación debe ocurrir dos condiciones: a) el aire debe contener el máximo posible de vapor de agua, considerando que el estado de saturación se alcanza normalmente por enfriamiento del aire y b) el aire debe

contener los núcleos de condensación, que son microscópicas partículas sólidas suspendidas que permiten la condensación del vapor y la formación de nubes.

Las precipitaciones se pueden clasificar, según su origen, en tres tipos: a) Convectivas, se producen por el ascenso de bolsas de aire caliente; b) Ciclónicas, provocadas por los frentes asociados a una borrasca o ciclón, es decir, cuando dos masas de aire con diferente temperatura se encuentran y c) Orográficas producidas cuando masas de aire húmedo son obligadas a ascender al encontrarse con una cadena montañosa (Sánchez, 2008).

La precipitación varía geográfica, temporal y estacionalmente. La variación geográfica y temporal es muy importante para estudios hidrológicos y en planificación del uso del agua (Elías y Castellvi, 2001).

#### **2.2.2.1. Medida de la precipitación**

La precipitación se expresa como la altura de agua recogida a nivel del suelo o cerca de él, indicada en milímetros (mm) o litros por metro cuadrado ( $l/m^2$ ) (Cuadrat y Pita, 2004).

Elías y Castellvi (2001), afirman que la precipitación se mide con pluviómetros o pluviógrafos situados en zonas despejadas, de forma que ningún obstáculo se proyecte dentro de la superficie cónica invertida con vértice en el pluviómetro o pluviógrafo y pendiente de 30°.

### **2.2.2.2. Instrumento para medir la precipitación**

#### **- Pluviómetro tipo Hellmann**

Es el instrumento más utilizado para medir la precipitación (OMM, 2010), el pluviómetro es un cilindro metálico de paredes rectas. Consta de tres partes:

- Receptor. Tiene la propiedad de recepcionar o captar la precipitación. Está formado por una boca constituida por un aro de bronce que tiene un área de 200 cm<sup>2</sup>, además en su fondo presenta un embudo cuyas paredes están inclinadas de forma que las gotas de lluvia que caen, reboten en la pared enfrentada y se introduzcan rápidamente por el embudo al otro recipiente que se llama colector.
- Colector. Es un recipiente metálico galvanizado cuya boca está debajo del pico del embudo, porque recolecta la precipitación que es recepcionada por el receptor.
- Protector. Es un cilindro metálico que tiene como función contener el colector en su interior y proporcionar una cámara de aire que evite que el agua contenida se evapore.

### **2.2.3. El clima y el sistema climático**

Se entiende por clima las condiciones meteorológicas normales correspondientes a un lugar y período de tiempo determinados. El

clima puede explicarse mediante descripciones estadísticas de la variabilidad y las tendencias principales de elementos, como la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, la humedad y los vientos, o mediante combinaciones de elementos, tales como tipos y fenómenos meteorológicos, que son característicos de un lugar o región, o del mundo en su conjunto, durante cualquier período de tiempo (Organización Meteorológica Mundial OMM, 2011).

Es habitual definir el clima como el “tiempo medio” o, con más rigor, como la descripción estadística del tiempo en términos de la media y la variabilidad de ciertas magnitudes importantes durante períodos de varios decenios (tres decenios), como los define la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1997).

El clima se define como el estado medio de la atmósfera, o bien como el promedio de los estados del tiempo en un área determinada, calculado sobre observaciones hechas durante muchos años. El término clima es una generalización nacida de la investigación científica. Es un concepto abstracto porque describe una composición teórica del tiempo atmosférico como por ejemplo cuando hablamos de temperatura media del aire. En el concepto de clima no solamente es importante el valor medio, sino también los valores extremos que se producen (Brenes y Saborío, 1995).

El clima es la respuesta del “sistema climático” al estímulo exterior de la radiación solar incidente, es decir, el resultado del balance energético entre la radiación solar absorbida por el “sistema climático” y la manera como esta energía se distribuye en los continentes, océanos y atmósfera. El sistema climático está formado por subsistemas que interaccionan entre ellos intercambiando masa, energía y cantidad de movimiento, estos subsistemas son la atmósfera, que es la capa gaseosa que cubre el planeta; la

hidrósfera, que está formada por toda el agua líquida del planeta; la criósfera que corresponde al agua sólida (nieve y hielo) que se encuentra sobre la superficie de la tierra; la litósfera, que incluye los continentes y la biósfera, formada por la fauna y flora de los continentes y los océanos (Casas y Alarcón, 1999).

“El sistema climático de la tierra determina la distribución de agua y energía (radiante, cinética y potencial) sobre la superficie terrestre” (Rutllant, sin fecha).

“El sistema climático constituye la expresión de un sistema en equilibrio global, dominado por intercambios energéticos, con diferentes factores en la entrada que intervienen en el control de la parte central y el mosaico de climas del globo como resultante de todo el conjunto” (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2001).

#### **2.2.3.1. Factores que determinan el clima**

Los factores que determinan el clima son los factores cósmicos y geográficos. El factor cósmico es la insolación o la cantidad de radiación solar que incide sobre la superficie terrestre formando un círculo que se conoce como círculo de insolación. Los factores geográficos son la latitud, la distribución de los continentes y mares, las corrientes marítimas, la altitud y la vegetación (Del Campo, et al, 2006).

#### **2.2.3.2. El clima en el Perú**

El Perú por su ubicación geográfica debería ser un país tropical, de clima cálido y lluvioso; sin embargo, es un país de variados climas subtropicales y tropicales debido a la existencia de dos factores determinantes que modifican

completamente sus condiciones ecológicas, estos son: la cordillera de los andes y las corrientes marinas de Humboldt y del Niño. De acuerdo a estos factores, el Perú posee casi todas las variantes climatológicas que se presentan en el mundo. El clima de la costa es templado y húmedo, debido a la corriente marina de Humboldt. En la sierra el clima varía desde templado hasta frío glacial; en las planicies selváticas trasandinas es cálido y húmedo, con abundantes lluvias (Chavarri, 2004).

#### **2.2.3.3. Aspectos climatológicos de la región Cajamarca**

Manco (1989), en su trabajo titulado “Estudio agroclimático de la microcuenca del río Porcón” concluyó que la microcuenca del río Porcón, ubicada en los distritos de Cajamarca y La Encañada, en la región Cajamarca, presenta variaciones térmicas influenciadas por la altitud y la orografía, además las temperaturas mínimas más bajas se registran en junio, julio y agosto, mientras que las temperaturas máximas varían poco durante el año y disminuyen con la altitud. Finalmente también determina que las precipitaciones tienen la particularidad del régimen tropical, con una distribución mono modal, registrándose los valores más altos en los meses de diciembre a marzo y acumulado en promedio 714.4 milímetros.

#### **2.2.4. El cambio climático**

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático - CMNUCC, define cambio climático como: *“el cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la*



*variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables” (CMNUCC, 1992).*

“Para el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático - IPCC, el término “cambio climático” denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante 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. Este significado difiere del utilizado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (IPCC 2007).

Existen investigaciones que sugieren que el cambio climático es en gran medida, atribuido a la contaminación antropogénica. El segundo Informe de evaluación del IPCC sobre Cambio Climático (1995), indica que se ha observado un incremento de los gases de efecto invernadero, desde la época pre industrial (1750) y que estas tendencias pueden atribuirse a actividades humanas. El informe también menciona que un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero, conduce en promedio, a un calentamiento adicional de la atmósfera y la superficie de la tierra. De este modo, muchos gases de efecto invernadero permanecen en la atmósfera durante mucho tiempo y afectan el clima (IPCC, 1995).

La Organización Meteorológica Mundial - OMM, en su declaración provisional sobre el estado del clima mundial en 2016, afirmó que dieciséis de los diecisiete años más cálidos de los que se tiene registro se produjeron en el siglo XXI (1998 fue el otro). El 2016 fue el año más cálido del que se tiene constancia, a escala global, las temperaturas registradas de enero a setiembre del 2016 fueron

superiores en 0.88 °C a la media (14.0 °C) del período que la OMM utiliza como referencia (1961 - 1990). Los otros años más cálidos fueron 2015, 2014, 2010 y 2005, con temperaturas mundiales superiores al promedio histórico, desde aproximadamente 0.55 °C en 2005 hasta 0.73 °C en 2015 (OMM, 2016).

En el año 2015, un informe de la Organización de las Naciones Unidas - ONU, señala que los desastres naturales, provocados por el cambio climático, se han incrementado en frecuencia e intensidad en las últimas 3 décadas, por lo que actualmente, los desastres atribuidos a factores climáticos se cifran en 335 en promedio por año y representan un 14% más que en el decenio 1995 - 2005 y el doble que en el decenio 1985 - 1995 (ONU, 2015).

#### **2.2.4.1. Consecuencias del cambio climático en el Perú**

Vargas (2009), afirma que los principales efectos del incremento de la temperatura en el Perú estarán asociados al retroceso glaciar, el aumento de la frecuencia e intensidad del fenómeno El Niño, aumento del nivel del mar, incremento de plagas y enfermedades en los cultivos agrícolas, impacto en la salud pública con el incremento de enfermedades como influenza, malaria, cólera, infecciones respiratorias agudas e hipertermia en recién nacidos. También se notará un impacto en la pesca afectando la disponibilidad de los recursos pesqueros como anchoveta, sardina, caballa, jurel, pota, merluza entre otras. Finalmente, la infraestructura como carreteras, puentes, canales, encauzamientos y otros, se verá afectada por la ocurrencia de eventos El Niño.

### 2.2.5. Efecto invernadero

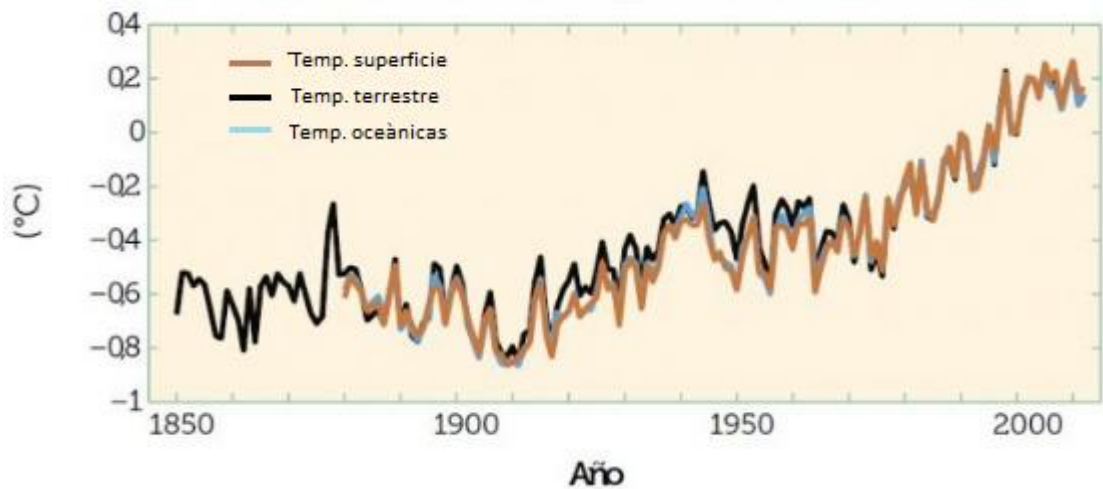
El “efecto invernadero”, es un fenómeno natural que influye en el calentamiento de la superficie de la Tierra, bajo la acción de la radiación solar. Es debido al hecho de que ciertos gases atmosféricos, de escasa proporción en la composición global del aire, tales como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), los óxidos de nitrógeno, el vapor de agua, el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el ozono troposférico, llamados gases de efecto invernadero, son capaces de modificar el balance energético de la Tierra y el Sol. Sin el efecto invernadero la temperatura media de la Tierra sería de  $-18.0\text{ }^\circ\text{C}$  (Gonzales, 2003).

Los gases que forman la atmósfera no pueden absorber la luz solar de alta energía (onda corta), dejando pasar la mayor parte hacia la superficie terrestre. Del total de radiación solar que llega al tope de la atmósfera, el 30 % es reflejado al espacio, el 20 % es absorbido por la atmósfera y el 50 % llega a la superficie terrestre calentándola. Al calentarse la superficie de la Tierra, transforma la luz solar de alta energía (onda corta) en radiación de baja energía (onda larga) que es reflejada hacia la atmósfera. Esta energía de onda larga o infrarroja si puede ser absorbida por los gases atmosféricos, siendo esta la principal fuente de calor para la atmósfera, a esto se conoce como efecto invernadero (Caballero, Lozano y Ortega, 2007).

De Felipe (sin fecha) afirma que hace más de 100 años Tyndel (1863) y Archenius (1896) fueron los primeros en publicar artículos en donde postulan la relación entre la concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), uno de los gases más importantes que causan el efecto invernadero, y la temperatura del planeta. También menciona que la física del impacto de la concentración de  $\text{CO}_2$  sobre la temperatura de la atmósfera es bien conocida y no produce dudas en la comunidad científica.

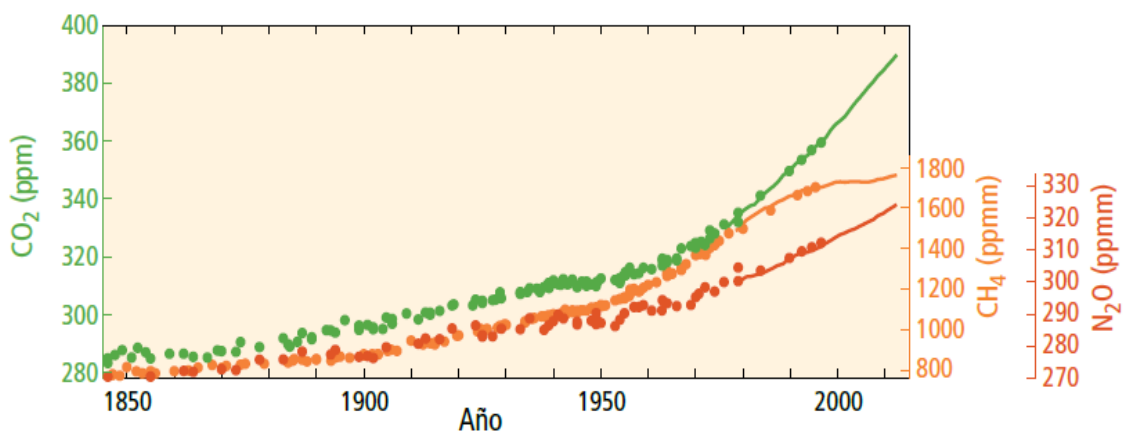
## 2.2.6. Calentamiento global

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2014a) define calentamiento global como el aumento gradual, observado o proyectado, de la temperatura global en superficie, como consecuencia del forzamiento radiactivo provocado por las emisiones antropógenas.



**Figura 1:** Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie terrestres y oceánicas combinadas.

**Fuente:** IPCC, 2014.



**Figura 2:** Promedio global de concentración de gases de efecto invernadero.

**Fuente:** IPCC, 2014.

Las temperaturas medias de la superficie terrestre y de los océanos se han incrementado, con mayor énfasis desde 1950, tal y como lo demuestran las anomalías de temperatura (figura 1); asimismo, la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera se ha incrementado drásticamente desde 1950 (figura 2), lo que sugiere que existe una relación, entre el aumento de la temperatura global y la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Gonzales (2007) afirma que el calentamiento global es un fenómeno ocasionado por los cambios promedio en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas, además afirma que la mayor parte del calentamiento ocurrido en los últimos 50 años es atribuido a la actividad humana.

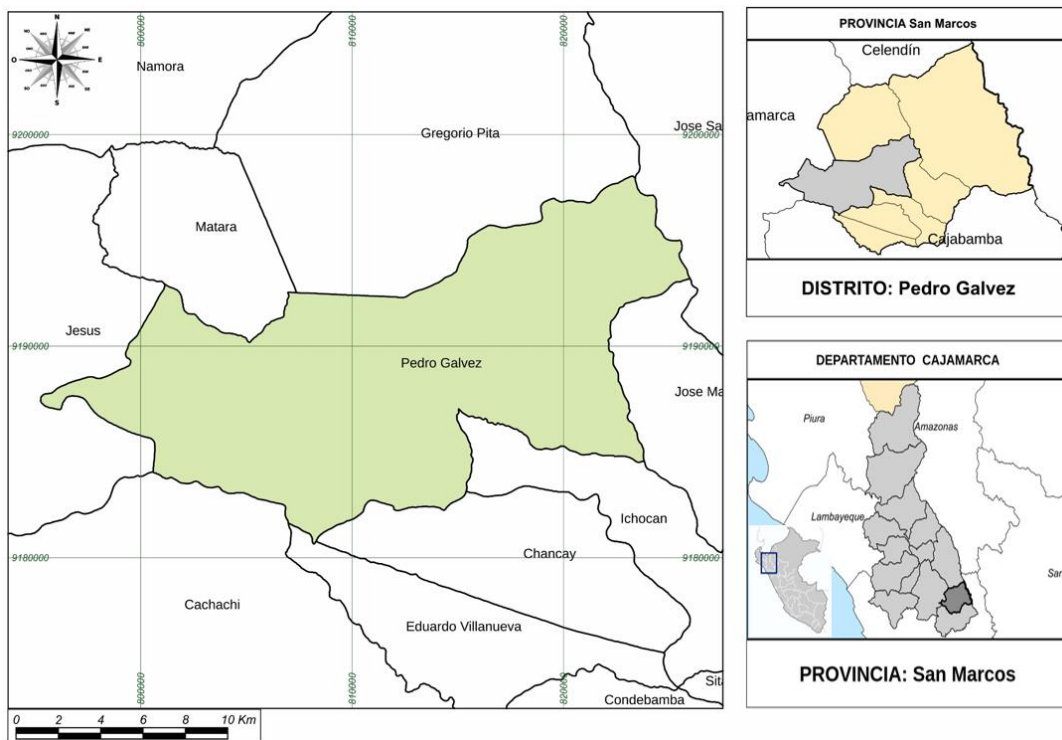
#### **2.2.7. Ámbito de estudio**

El presente estudio de investigación se desarrolló en el distrito de Pedro Gálvez, con su capital la ciudad de San Marcos; es uno de los siete que conforman la provincia de San Marcos, se ubica a 43 Km al sureste de la ciudad de Cajamarca, entre los ríos Huayobamba y Cascasén, pertenece a la región Cajamarca, república del Perú.

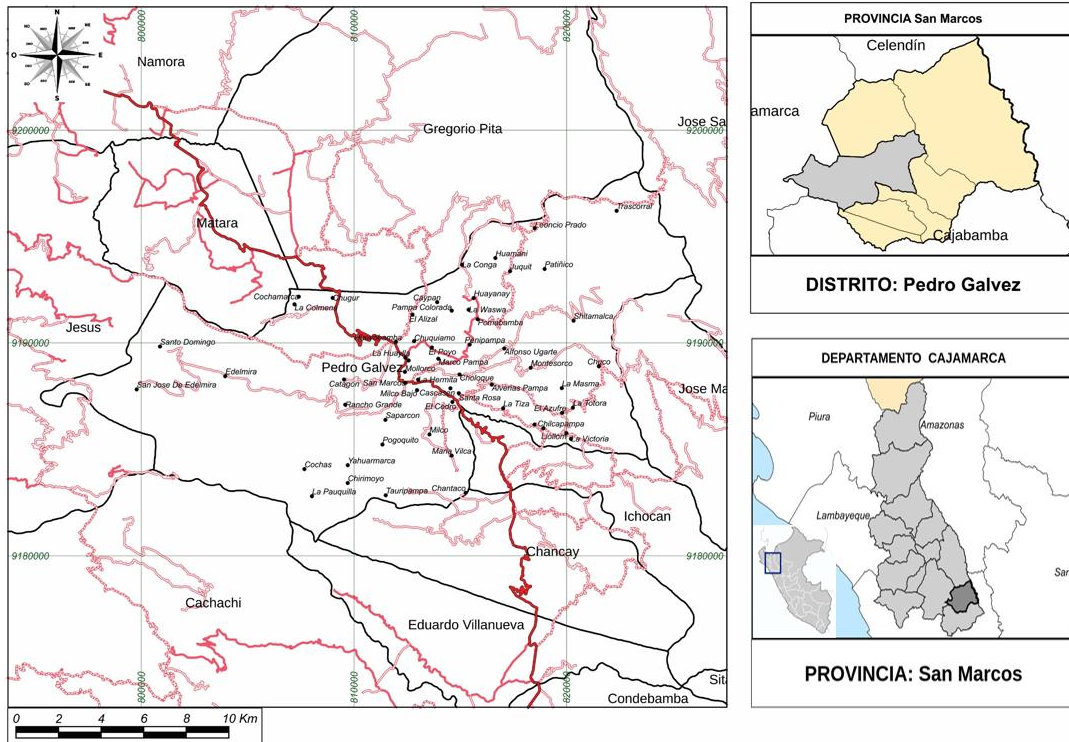
Limita por el norte con los distritos de Gregorio Pita y Matara, por el sur con los distritos de Cachachi, Chancay, Ichocán y Eduardo Villanueva, por el este con los distritos de José Sabogal y José Manuel Quiroz y por el oeste con el distrito de Jesús.

Tiene un área de 238.74 Km<sup>2</sup>, por lo que a lo largo de toda su extensión se puede distinguir valles interandinos y jalcas, debido a que presenta altitudes que van desde los 1 500 m.s.n.m. hasta 4 156 m.s.n.m., la ciudad de San Marcos, capital del distrito, tiene una altitud de 2 251 m.s.n.m.

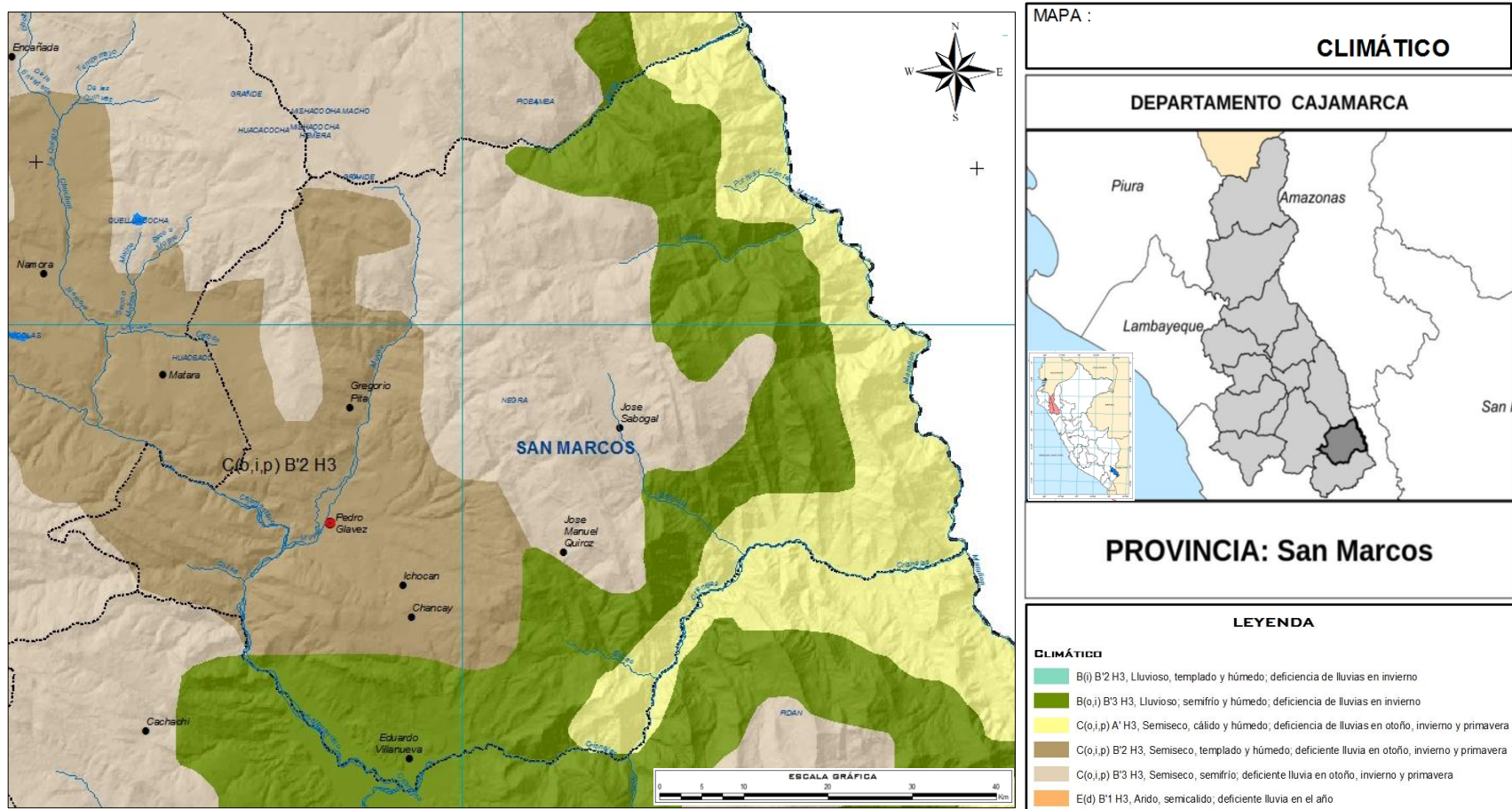
La investigación se realizó en base a la información observada, medida y registrada en la Estación Climatológica Ordinaria (CO) San Marcos, ubicada a 7° 19' 21" de latitud sur, 78° 10' 22" de longitud oeste y 2200 m.s.n.m., la cual pertenece a la red de estaciones meteorológicas de la Dirección Zonal 3 SENAMHI Cajamarca.



**Figura 3:** Mapa de ubicación del distrito Pedro Gálvez.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 4:** Mapa geográfico del distrito Pedro Gálvez.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 5:** Mapa climático de la provincia de San Marcos.  
**Fuente:** SENAMHI, 2009.



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

### **2.3.1. Cambio climático**

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) lo define como variaciones del valor medio del estado del clima medible estadísticamente, persistiendo por largos períodos de tiempo generalmente decenios o más años. El cambio climático es atribuido a la variabilidad natural de la tierra o como consecuencia de la actividad antropogénica a la atmósfera y uso de la tierra (IPCC, 2007).

### **2.3.2. Variabilidad climática**

Se denomina variabilidad climática a las variaciones del rango medio de las condiciones climáticas y otras estadísticas del clima (como las desviaciones típicas, los fenómenos extremos, etc.) en un espacio geográfico a lo largo del tiempo, que se extienden más allá de la escala de un fenómeno meteorológico en particular. Dicha variabilidad se atribuye a procesos naturales internos que ocurren dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en el forzamiento externo natural o antropogénico (variabilidad externa) (IPCC, 2007).

### **2.3.3. Indicadores meteorológicos del cambio climático**

Entre los indicadores que manifiestan el cambio climático a nivel mundial, el principal es la temperatura media superficial global (promedio de la temperatura del aire cerca de la superficie del suelo y la temperatura superficial del mar), que es usado generalmente por las principales organizaciones internacionales (OMM, IPCC) y

centros de investigación para sustentar el calentamiento de la baja atmósfera.

Otro indicador importante que manifiesta el cambio climático a nivel mundial, son los cambios en los patrones de la precipitación en zonas terrestres, sin incluir las precipitaciones en los océanos. Estos cambios, al igual que la temperatura media superficial global, no se han producido de manera homogénea en todo el mundo (en la precipitación estos cambios son mucho más evidentes y diferenciados), sino que han variado según las diferentes regiones (Benavides y Rocha, 2012).

#### **2.3.4. Series temporales**

Las observaciones ordenadas según la secuencia en que se efectuaron constituye una serie temporal, Así tenemos que un gráfico de valores de datos trazado en función del tiempo es una importante herramienta cualitativa para determinar variaciones relacionadas con el tiempo (OMM, 2011).

#### **2.3.5. Normales climáticas**

Las normales climáticas o promedios históricos son los valores medios de las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa, precipitación, evaporación, etc.) calculados con los datos recabados en un periodo largo y relativamente uniforme, generalmente de 30 años (SENAMHI - Dirección Zonal 3, 2017a).

#### **2.3.6. Anomalías climáticas**

Se define como la desviación de un elemento meteorológico (temperatura, precipitación, humedad) con relación a su valor

promedio de un período de tiempo mayor a 10 años (SENAMHI - Dirección Zonal 3, 2017b).

## **CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **3.1. Presentación de resultados**

#### **3.1.1. Comportamiento de la temperatura, con sus respectivas tendencias, en el distrito de Pedro Gálvez, durante el período 1964 - 2016.**

a) Temperatura máxima

**Tabla 2**

*Estadística descriptiva de los datos de temperatura máxima en °C, para el periodo 1964 - 2016.*

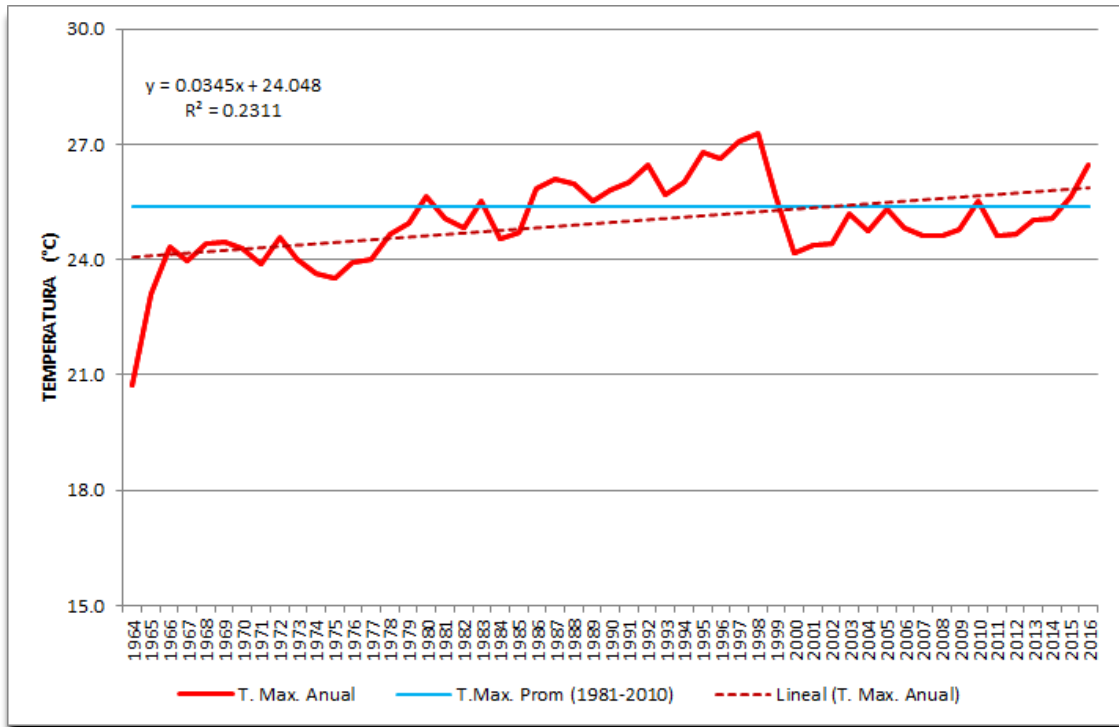
ESTADÍGRAFO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
PROM. 1964 - 2016	24.9	24.7	24.4	24.8	25.1	24.6	24.3	24.8	25.4	25.8	25.5	25.2	25.0
PROM. 1981- 2010	25.4	25.2	25.1	25.4	25.7	25.1	24.8	25.2	26.0	26.2	26.0	25.7	25.5
MAXIMO	28.1	27.8	27.6	27.5	27.3	27.8	26.2	27.3	28.4	28.6	28.7	28.7	27.3
MINIMO	20.5	20.6	20.2	20.3	20.2	20.0	20.2	22.1	21.0	20.5	21.3	20.5	20.7

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la tabla 2, se muestran los resultados del análisis estadístico descriptivo de los datos de temperatura máxima de la Estación CO. San Marcos del período 1964 - 2016, donde se observa que los valores promedios plurianuales de temperatura máxima mensual oscilaron entre 24.3 °C en el mes de julio y 25.8 °C en el mes de octubre, con un promedio mensual mínimo de 20.0 °C en junio y un promedio mensual máximo de 28.7 °C en noviembre y diciembre. Teniendo en cuenta que el valor promedio mensual mínimo de 20.0 °C corresponde a junio de 1964 y el valor promedio mensual máximo de 28.7 °C pertenece a noviembre y diciembre de 1998 (ver Anexo 3, Tabla 12).

Además, en la misma tabla, también se aprecia que la temperatura máxima promedio anual osciló desde 20.7 °C hasta 27.3 °C. Considerando que el valor promedio anual de 20.7 °C pertenece al año 1964 y el valor promedio anual de 27.3 °C corresponde al año 1998 (ver Anexo 3, Tabla 12). Con estos resultados se puede afirmar que durante el período 1964 - 2016, el año con las temperaturas máximas más cálidas fue 1998, lo cual puede explicarse por la ocurrencia del fenómeno El Niño 1997 - 1998.

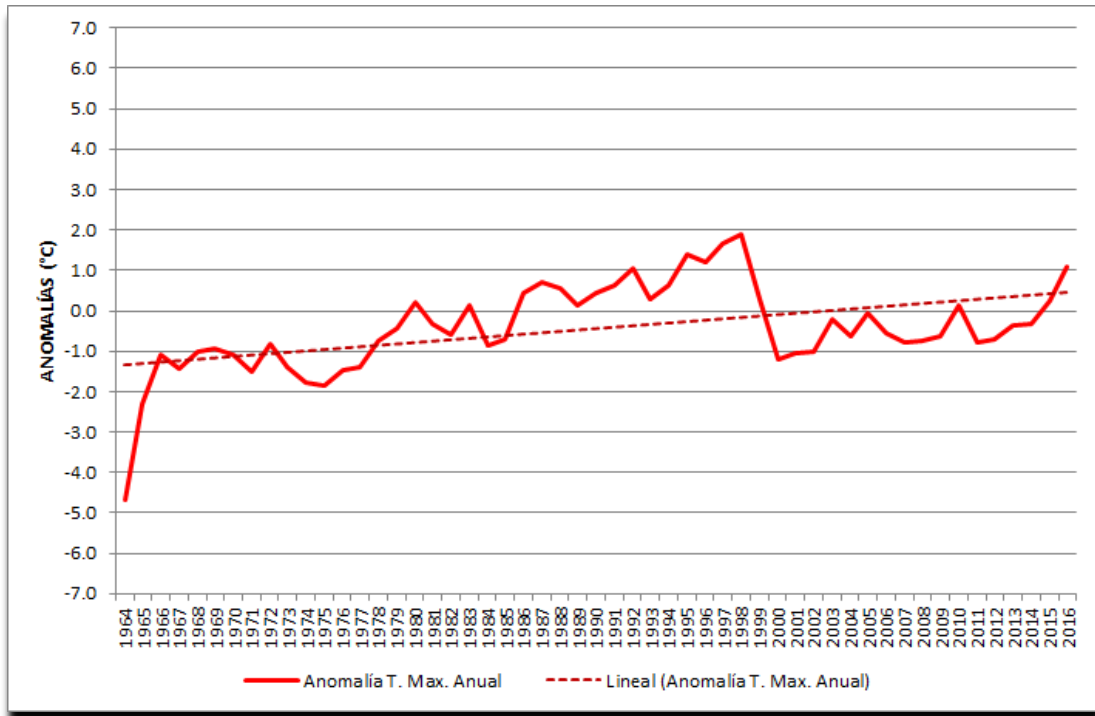
Asimismo, los promedios de temperatura máxima calculados para el período 1981 - 2010, recomendado por la OMM para el cálculo de una normal climática, estimaron que la temperatura máxima normal anual en San Marcos es 25.5 °C; mientras que los valores mensuales oscilaron desde 24.8 °C en junio, hasta 26.2 °C en octubre.



**Figura 6:** Serie anual de temperaturas máximas correspondientes a la Estación CO. San Marcos.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la figura 6, se observa que la temperatura máxima promedio anual presenta variabilidad interanual, asimismo, el análisis de regresión lineal, muestra una tendencia ascendente con un incremento de 0.03 °C (1.7%) cada año. Del mismo modo, de acuerdo a la ecuación de regresión lineal ( $Y = 0.0345X + 24.048$ ), la temperatura máxima se ha incrementado 1.79 °C desde 1964 hasta el 2016, lo que significa que se ha producido un incremento de 0.34 °C (19.0%) por década.



**Figura 7:** Anomalías anuales de temperatura máxima en la Estación CO. San Marcos.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la figura 7, se observa la variabilidad interanual de las temperaturas máximas por medio de las anomalías de temperatura máxima. Según la figura, estas anomalías de temperatura presentan una tendencia ascendente a través de los años, pasando desde valores negativos (-4.7 °C en 1964) a valores positivos (+1.1 °C en 2016). Con una anomalía positiva máxima de +1.9 °C en 1998, asociada a la ocurrencia de un evento ENOS (El Niño Oscilación Sur) de 1997 - 1998 (SENAMHI, 2014a).



b) Temperatura mínima

**Tabla 3**

*Estadística descriptiva de los datos de temperatura mínima en °C, para el periodo 1964 - 2016.*

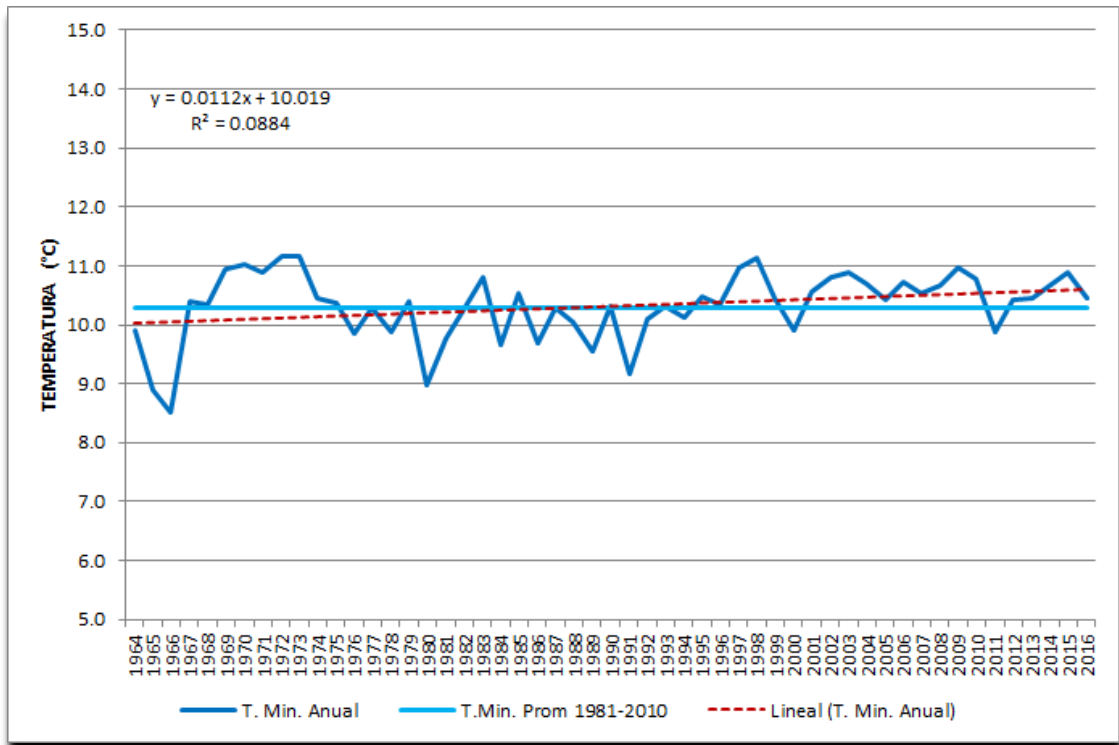
ESTADÍGRAFO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
PROM. 1964 - 2016	11.6	11.9	11.8	11.1	9.8	8.4	7.5	8.3	11.0	11.0	11.3	10.2	10.3
PROM. 1981- 2010	11.6	12.3	11.9	11.4	9.8	8.3	7.4	8.1	11.2	11.0	11.5	10.0	10.4
MAXIMO	14.2	14.1	14.7	13.7	11.7	10.1	10.2	11.7	12.6	12.9	13.9	12.8	11.2
MINIMO	8.2	7.9	6.8	7.3	6.2	6.3	4.8	5.5	8.1	8.0	6.5	6.4	8.5

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la tabla 3, se muestran los resultados del análisis estadístico descriptivo de los datos de temperatura mínima de la Estación CO. San Marcos, donde se observa que los valores promedios plurianuales de temperatura máxima mensual oscilaron entre 7.5 °C en el mes de julio hasta 11.9 °C en el mes de febrero, con un valor promedio mensual mínimo de 4.8 °C en julio y un valor promedio mensual máximo de 14.7 °C en marzo. El valor promedio mensual de 4.8 °C corresponde al mes de julio de 1991, mientras que el valor promedio mensual de 14.7 °C pertenece a marzo de 1998 (ver Anexo 4, Tabla 13).

También en la misma tabla se aprecia que la temperatura mínima promedio anual osciló desde 8.5 °C hasta 11.2 °C, considerando que el valor de 8.5 °C se presenta en el año 1966 y el valor de 11.2 °C corresponde a los años 1972 y 1973. Además en el año 1998 la temperatura media anual fue 11.1 °C (ver Anexo 4, Tabla 13). Estos valores máximos se deben a que en 1972 - 1973 y 1997 - 1998 ocurrieron eventos ENOS (El Niño Oscilación Sur), los mismos que produjeron un incremento de las temperaturas en toda la zona norte. Con estos resultados se puede afirmar que durante el período 1964 - 2016, el año con las temperaturas mínimas más frías fue 1966 y que los valores de temperatura mínima elevada puede explicarse que están asociados a la ocurrencia de eventos ENOS (El Niño Oscilación Sur).

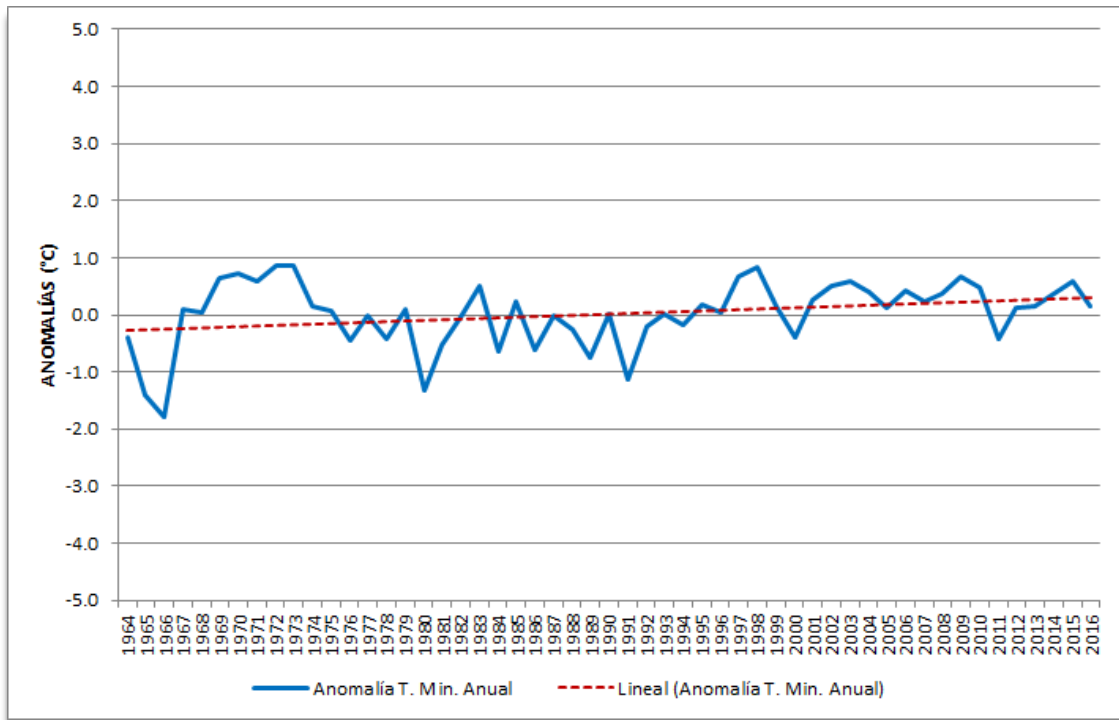
Asimismo, los promedios de temperatura mínima calculados para el período 1981 - 2010, recomendado por la OMM para el cálculo de una normal climática, estimaron que la temperatura mínima normal anual en San Marcos es 10.4 °C; mientras que los valores mensuales oscilaron desde 7.4 °C en julio, hasta 12.3 °C en febrero.



**Figura 8:** Serie anual de temperaturas mínimas correspondientes a la Estación CO. San Marcos.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la figura 8, se observa que la temperatura mínima promedio anual presenta variabilidad interanual, además, el análisis de regresión lineal, muestra una tendencia ascendente con un incremento de 0.01 °C (1.7%) cada año. Asimismo, según la ecuación de regresión lineal ( $Y=0.0112X+10.019$ ), la temperatura mínima se ha incrementado 0.58°C desde 1964 hasta el 2016, lo que significa que se ha producido un incremento de 0.11 °C (19.0%) por década.



**Figura 9.** Anomalías anuales de temperatura mínima en la Estación CO. San Marcos.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la figura 9, se observa la variabilidad interanual de las temperaturas mínimas por medio de las anomalías de temperatura mínima. Según la figura, estas anomalías presentan una tendencia ascendente a través de los años, pasando de valores negativos (-0.4 °C) en 1964, a valores positivos (+0.1 °C) en 2016; con valores extremos de -1.8 °C en 1966 y +0.9 °C en 1972 y 1973, seguido de +0.8 °C en 1998, estas anomalías positivas es como resultado de la presencia de eventos ENOS (El Niño Oscilación Sur) de 1972 - 1973 y 1997 - 1998 (SENAMHI, 2014b).

**3.1.2. Comportamiento de la precipitación, con sus respectivas tendencias, en el distrito de Pedro Gálvez, durante el período 1964 - 2016**

**Tabla 4**

*Estadística descriptiva de los datos de precipitación en milímetros (mm), para el periodo 1964 - 2016.*

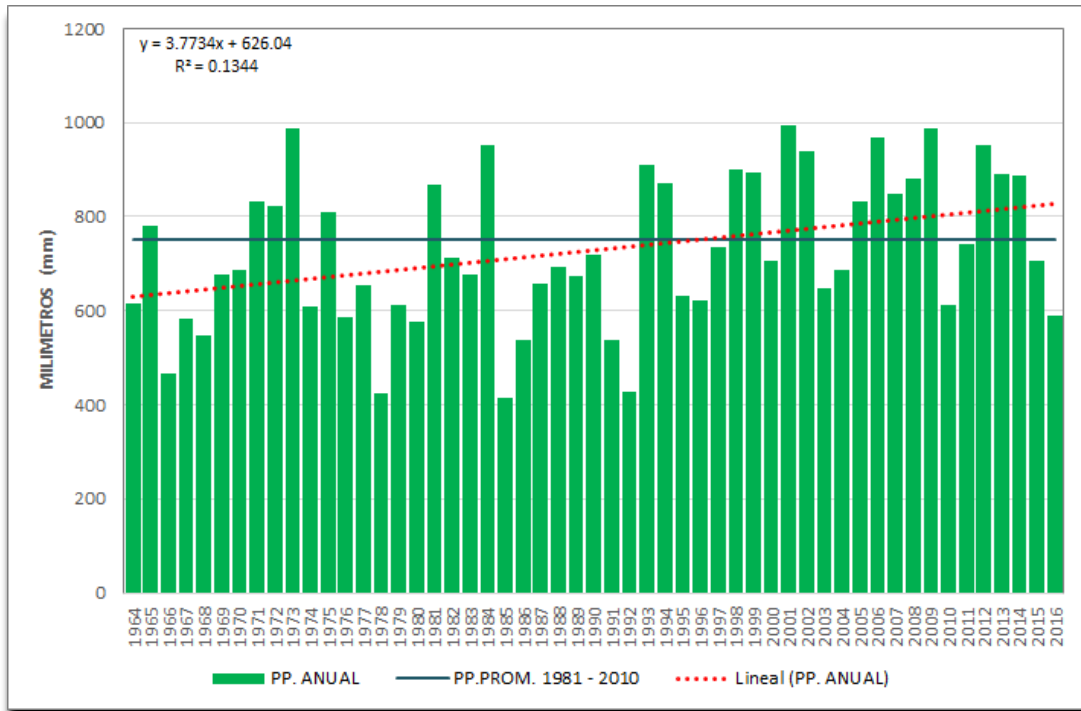
ESTADÍGRAFO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
PROM. 1964 - 2016	93.8	111.9	135.7	76.5	25.6	7.5	3.4	5.7	29.1	74.8	74.2	89.7	727.9
PROM. 1981- 2010	95.7	123.1	130.9	77.0	24.7	7.7	2.6	5.4	29.0	77.9	77.6	99.7	751.2
MAXIMO	268.9	344.3	283.3	213.0	95.5	41.1	1.6	36.7	94.0	147.1	167.5	181.4	995.6
MINIMO	12.2	21.2	41.9	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	1.4	414.5

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la tabla 4, se muestran los resultados del análisis estadístico descriptivo de los datos de precipitación acumulada en la Estación CO. San Marcos, donde se observa que los valores promedios plurianuales de precipitación mensual oscilaron entre 3.4 mm en el mes de julio y 135.7 mm en el mes de marzo. Asimismo, los valores mensuales extremos fueron 0.0 mm entre mayo a octubre y 344.3 mm en febrero; tomando en consideración que los valores de 0.0 mm se presentaron en varios años durante los meses de mayo a octubre, mientras que el valor de 344.3 mm corresponden al mes de febrero de 1984 (ver Anexo 5, Tabla 14).

En la misma tabla también se muestra que para el período 1964 - 2016, las precipitaciones anuales fluctuaron desde 414.5 mm hasta 995.6 mm; considerando que el valor de 414.5 mm pertenece al año 1985 y el valor 995.6 mm corresponde al año 2001. Estos valores al compararse con el valor promedio del período 1981 - 2010, período considerado por la OMM para determinar una normal climatológica, representa una deficiencia de 45%, en el primer caso, y un exceso de 33% en el segundo caso, por lo que se puede afirmar que durante el período analizado, el año más lluvioso fue el 2001 y el año más seco fue 1985, este último asociado a la presencia de un evento conocido como La Niña (fase fría del evento ENOS).

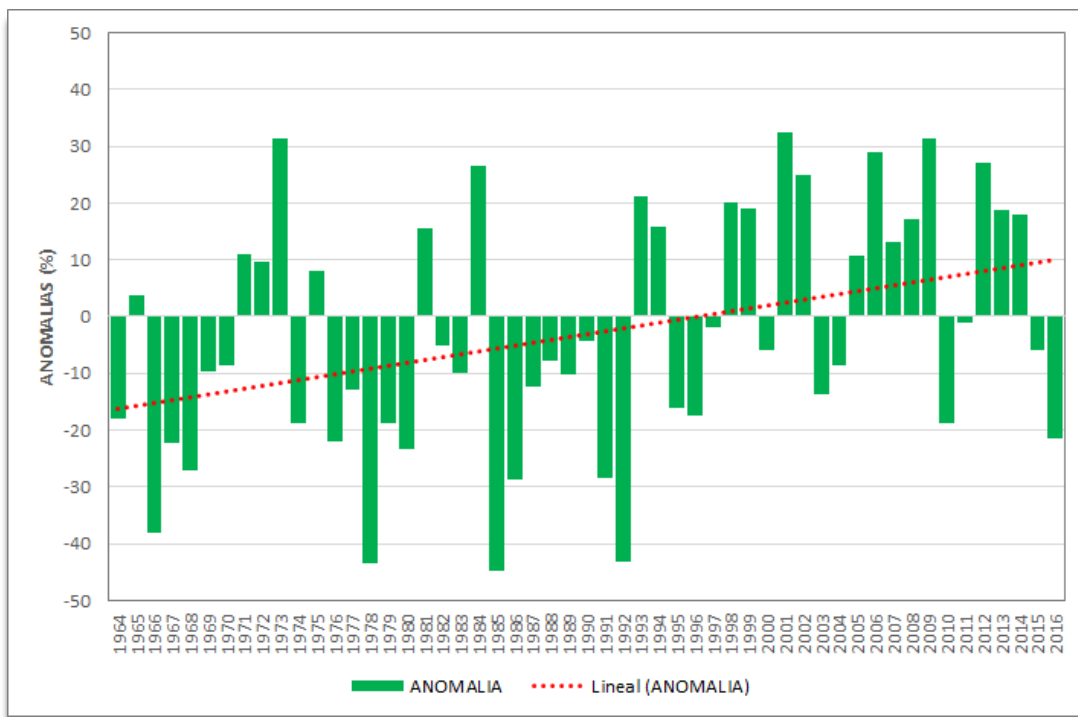
Asimismo, las precipitaciones promedio del período 1981 - 2010, estimaron que la precipitación normal acumulada en un año en la Estación CO. San Marcos es 751.2 mm, mientras que los acumulados mensuales normales oscilan desde 2.6 mm en julio hasta 130.9 mm en marzo.



**Figura 10:** Serie anual de precipitaciones correspondientes a la Estación CO. San Marcos.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la figura 10, se aprecia que la precipitación acumulada promedio anual presenta variabilidad interanual, además, el análisis de regresión lineal, muestra una tendencia ascendente, con un incremento de 3.5 mm (1.8%) cada año. Asimismo, según la ecuación de regresión lineal ( $Y=3.7734X+626.04$ ), la precipitación acumulada se ha incrementado 196.2 mm desde 1964 hasta el 2016, lo que significa que se ha producido un incremento de 37.0 mm (18.9%) por década.



**Figura 11:** Anomalías anuales de precipitación, en porcentaje del valor normal, correspondientes a la Estación CO. San Marcos.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la figura 8 se observa la variabilidad interanual de las precipitaciones acumuladas por medio de las anomalías de precipitación. Según la figura, estas anomalías presentan una tendencia ascendente a través de los años, pasando de valores negativos (-18 %) en 1964, a valores positivos (+18 %) en 2014; con valores extremos de -45 % en 1985 y +33 % en 2001. Algunas de estas anomalías tanto positivas como negativas, están asociadas a la ocurrencia de eventos ENOS (El Niño Oscilación Sur), como es el caso de la anomalía de -45% estimada en el año 1985, asociada a la fase fría del ENOS, evento conocido como La Niña.



**Tabla 5.**

*Promedios de precipitación en milímetros (mm) para diferentes períodos.*

PRECIPITACION	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
P. PROM. 1964 - 2016	5.7	29.1	74.8	74.2	89.7	93.8	111.9	135.7	76.5	25.6	7.5	3.4
P1: PROM. 1964 -1976	6.5	33.4	78.3	59.4	68.5	85.8	94.1	145.8	86.0	19.6	10.2	5.4
P2: PROM. 1977 - 1989	7.1	28.3	59.2	74.8	80.9	87.2	108.4	112.5	61.9	23.5	3.1	3.3
P3: PROM. 1990 - 2002	5.2	32.2	82.0	73.1	94.6	94.4	139.7	129.0	71.5	27.5	10.0	1.5
P4: PROM. 2003 - 2016	3.9	23.0	79.4	88.6	113.0	106.9	106.0	154.1	85.8	31.4	6.7	3.6

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

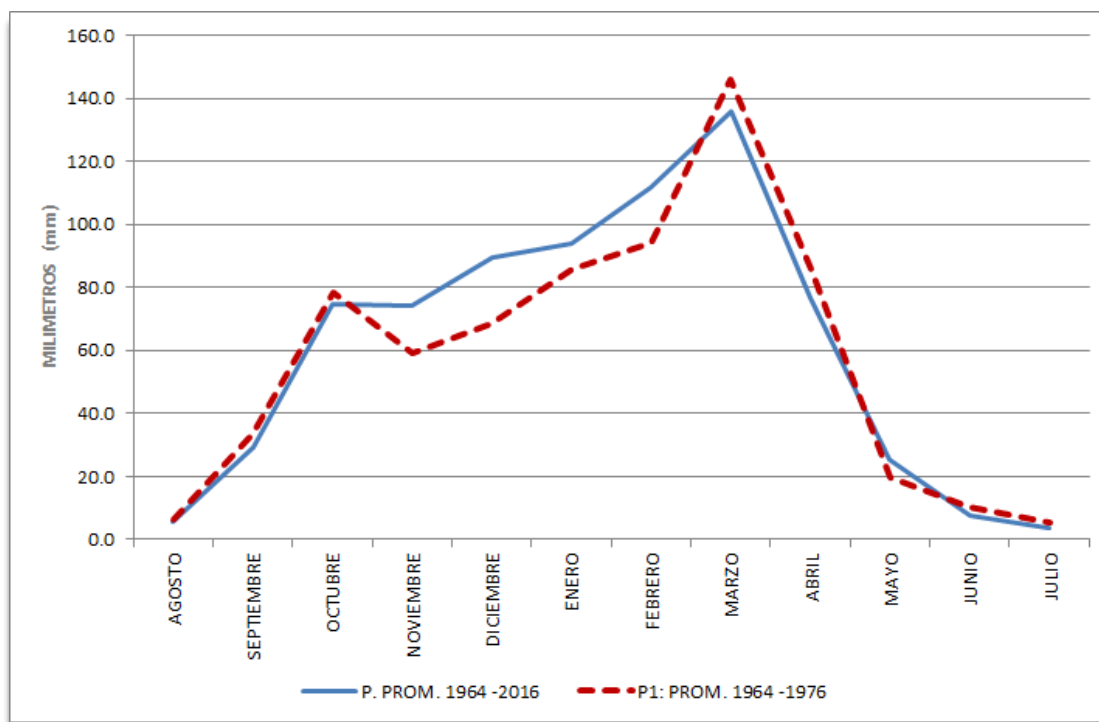
En la tabla 5 tenemos los promedios de precipitación mensual acumulada para un período largo (1964 - 2016) y para períodos cortos (cada 13 años), los cuales corresponden aproximadamente a cuartiles.

**Tabla 6**

*Prueba T Student para promedios de precipitación acumulada durante los períodos P: 1964 - 2016 y P1: 1964 - 1976.*

ESTADIGRAFO	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
$T_t 0.05$	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
$T_c$	-0.31	-0.66	-0.32	1.24	1.64	0.50	0.91	-0.53	-0.68	0.95	-0.95	-1.28
$S_d$	3	7	11	12	13	16	20	19	14	6	3	2
$S_p$	8.6	21.2	35.1	38.8	41.6	51.5	63.3	61.7	45.8	20.6	9.2	5.0
$S1^2$	8.5	20.9	36.8	39.9	42.8	53.6	66.1	61.3	42.0	21.5	9.1	4.7
$S2^2$	9.3	22.5	26.4	33.6	35.8	41.2	49.0	63.3	59.3	15.9	9.4	6.4
X1 (1964 - 2016)	5.7	29.1	74.8	74.2	89.7	93.8	111.9	135.7	76.5	25.6	7.5	3.4
X2 (1964 - 1976)	6.5	33.4	78.3	59.4	68.5	85.8	94.1	145.8	86.0	19.6	10.2	5.4
n1	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
n2	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 12:** Cambios en los patrones de precipitación promedio mensual del período 1964 - 1976 con respecto al valor promedio mensual del período 1964 - 2016.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

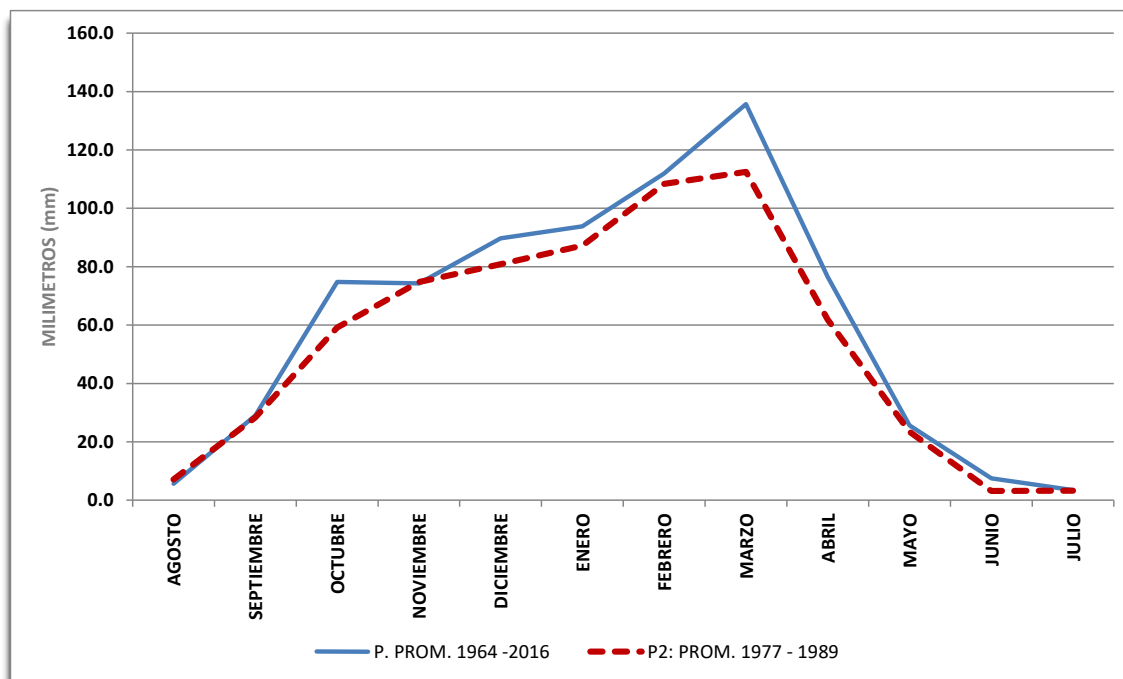
Al comparar el período largo con el primer período corto (P1: 1964 - 1976), no se encontró diferencias significativas entre las medias cuando se aplicó la prueba T Student, pues en ningún mes el T calculado ( $T_c$ ) superó al T tabulado ( $T_t$ ) (tabla 6); sin embargo, en la figura 12, se aprecia cambios notables en los patrones de precipitación durante los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, notándose que durante este primer período, las precipitaciones acumuladas en noviembre, diciembre, enero y febrero, son menores en 14.8 mm, 21.2 mm, 8.0 mm y 17.9 mm respectivamente, en comparación con el período largo. Por el contrario, en marzo y abril se nota que la precipitación acumulada es mayor en 10.1 mm y 9.6 mm. Este comportamiento indica que en promedio, las precipitaciones mensuales de estos trece primeros años (1964 - 1976), fueron menores en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, mientras que fueron mayores en los meses de marzo y abril, con respecto al promedio largo o normal (1964 - 2016).

**Tabla 7**

*Prueba T Student para promedios de precipitación acumulada durante los períodos P: 1964 - 2016 y P2: 1977 - 1989.*

ESTADIGRAFO	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
Tt 0.05	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
Tc	-0.57	0.12	1.35	-0.04	0.67	0.35	0.15	1.02	1.02	0.31	1.68	0.14
Sd	3	6	12	12	13	19	23	23	14	7	3	1
Sp	8.4	20.8	37.4	39.5	42.7	61.3	75.9	73.7	46.4	21.9	8.3	4.4
S1 <sup>2</sup>	8.5	20.9	36.8	39.9	42.8	53.6	66.1	61.3	42.0	21.5	9.1	4.7
S2 <sup>2</sup>	7.9	20.6	39.8	37.8	41.8	87.2	108.4	112.5	61.9	23.5	3.1	3.3
X1 (1964 - 2016)	5.7	29.1	74.8	74.2	89.7	93.8	111.9	135.7	76.5	25.6	7.5	3.4
X2 (1977 - 1989)	7.1	28.3	59.2	74.8	80.9	87.2	108.4	112.5	61.9	23.5	3.1	3.3
n1	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
n2	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 13:** Cambios en los patrones de precipitación promedio mensual del período 1977 - 1989 con respecto al valor promedio mensual del período 1964 - 2016.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

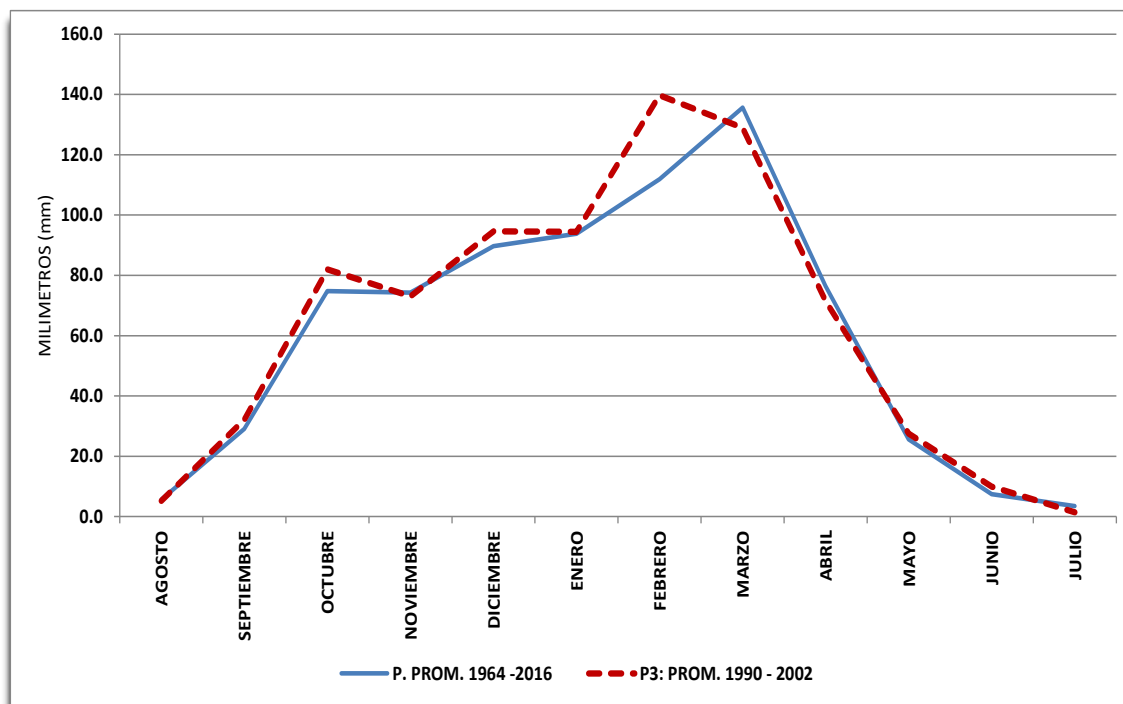
Al comparar el período largo con el segundo período corto (P2: 1977 - 1989), se determinó diferencias significativas entre los promedios correspondientes al mes de junio, cuando se aplicó la prueba T Student donde el T calculado ( $T_c=1.68$ ) superó el T tabulado ( $T_t=1.67$ ), lo que indica que existe diferencias significativas entre ambos promedios (tabla 7); asimismo, en la figura 13, se aprecia cambios notables en los patrones de precipitación durante los meses de octubre, diciembre, marzo, abril y junio, determinándose que durante este segundo período, las precipitaciones acumuladas en octubre, diciembre, marzo, abril y junio, son menores en 15.6 mm, 8.8 mm, 23.2 mm, 14.6 mm y 4.4 mm respectivamente, en comparación con el período largo. Este comportamiento indica que en promedio, durante estos trece años (1977 - 1989), las precipitaciones mensuales fueron menores en octubre, diciembre, marzo, abril y principalmente en junio, con respecto a su distribución normal (período largo).

**Tabla 8**

*Prueba T Student para promedios de precipitación acumulada durante los períodos P: 1964 - 2016 y P2: 1990 - 2002.*

ESTADIGRAFO	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
Tt 0.05	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
Tc	0.17	-0.46	-0.63	0.09	-0.37	-0.03	-1.06	0.27	0.33	-0.27	-0.87	1.51
Sd	3	7	11	12	13	20	26	24	15	7	3	1
Sp	8.8	21.6	37.1	40.0	42.8	63.3	84.9	78.6	48.9	22.7	9.3	4.3
S1 <sup>2</sup>	8.5	20.9	36.8	39.9	42.8	53.6	66.1	61.3	42.0	21.5	9.1	4.7
S2 <sup>2</sup>	10.2	24.6	38.3	40.6	42.5	94.4	139.7	129.0	71.5	27.5	10.0	1.5
X1 (1964 - 2016)	5.7	29.1	74.8	74.2	89.7	93.8	111.9	135.7	76.5	25.6	7.5	3.4
X2 (1990 - 2002)	3.9	23.0	79.4	88.6	113.0	106.9	106.0	154.1	85.8	31.4	6.7	3.6
n1	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
n2	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 14:** Cambios en los patrones de precipitación promedio mensual del período 1990 - 2002 con respecto al valor promedio mensual del período 1964 - 2016.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Al comparar el período largo con el tercer período corto (P3: 1990 - 2002), no se encontró diferencias significativas entre las medias cuando se aplicó la prueba T Student, pues en ningún mes el T calculado ( $T_c$ ) superó al T tabulado ( $T_t$ ) (tabla 8); sin embargo, en la figura 14, se aprecia cambios notables en los patrones de precipitación durante el mes de febrero, notándose que durante este período, las precipitaciones acumuladas en febrero, son mayores en 27.8 mm, en comparación con el período largo. Este comportamiento indica que en promedio, las precipitaciones mensuales de estos trece años (1990 - 2002), fueron mayores en febrero, con respecto al promedio largo o normal (1964 - 2016). Esto podría deberse a que durante este período ocurrió el Fenómeno El Niño 1997 - 1998, el cual tuvo características extraordinarias y produjo precipitaciones excesivas durante el verano de 1998 en todo el norte del Perú.

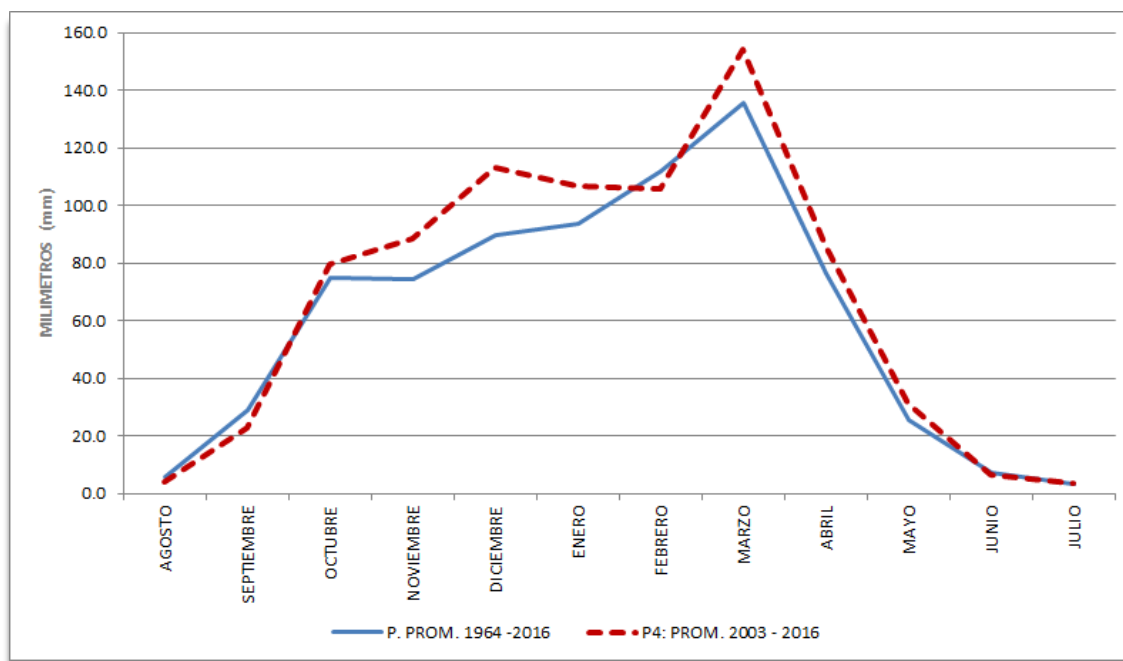


**Tabla 9**

*Prueba T Student para promedios de precipitación acumulada durante los períodos P: 1964 - 2016 y P2: 2003 - 2016.*

ESTADIGRAFO	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
Tt 0.05	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
Tc	0.70	1.02	-0.41	-1.17	-1.82	-0.64	0.26	-0.69	-0.58	-0.81	0.31	-0.12
Sd	2	6	11	12	13	20	23	26	16	7	3	1
Sp	8.2	20.0	37.6	41.0	42.6	67.7	75.8	88.1	53.7	23.8	8.7	4.5
S1 <sup>2</sup>	8.5	20.9	36.8	39.9	42.8	53.6	66.1	61.3	42.0	21.5	9.1	4.7
S2 <sup>2</sup>	6.9	16.1	40.5	45.1	41.7	106.9	106.0	154.1	85.8	31.4	6.7	3.6
X1 (1964 - 2016)	5.7	29.1	74.8	74.2	89.7	93.8	111.9	135.7	76.5	25.6	7.5	3.4
X2 (2003 - 2016)	3.9	23.0	79.4	88.6	113.0	106.9	106.0	154.1	85.8	31.4	6.7	3.6
n1	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
n2	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 15:** Cambios en los patrones de precipitación promedio mensual del período 2003 - 2016 con respecto al valor promedio mensual del período 1964 - 2016.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Al comparar el período largo con el cuarto período corto (P4: 2003 - 2016), se encontró diferencias significativas entre los promedios correspondientes al mes de diciembre, cuando se aplicó la prueba T Student, donde el T calculado ( $T_c = 1.82$ ) superó al T tabulado ( $T_t = 1.67$ ) (tabla 9) lo que indica que existe diferencias significativas entre ambos promedios; así mismo, en la figura 15, se aprecia cambios notables en los patrones de precipitación durante los meses de noviembre, diciembre, enero y marzo, notándose que durante este período, las precipitaciones acumuladas en estos meses fueron mayores en 14.4 mm, 23.3 mm, 13.1 mm y 18.4 mm respectivamente, en comparación con el período largo o normal. Este comportamiento indica que en promedio, las precipitaciones mensuales en noviembre, diciembre, enero y marzo, durante estos últimos catorce años (2003 - 2016), fueron mayores, con respecto al promedio largo o normal (1964 - 2016).

Este análisis de promedios mensuales, permite observar que, si bien es cierto solo se encontró diferencias estadísticas significativas entre los

promedios mensuales del mes de junio del segundo período (1977-1989) y diciembre del último período (2003 - 2016) con respecto al promedio normal, se nota cambios en la distribución de las precipitaciones mensuales entre los primeros trece años (1964 - 1976) y los últimos catorce años (2003 - 2016), con respecto al promedio largo o normal, identificándose un incremento de las precipitaciones durante los meses de noviembre, diciembre, enero y marzo durante los últimos catorce años en comparación con los primero años del período analizado.

## **CAPÍTULO IV: CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **4.1. Contrastación de la hipótesis**

Los resultados de la investigación han confirmado que existe un cambio climático y una tendencia ascendente en el comportamiento de la temperatura desde 1964 hasta el 2016 en el distrito de Pedro Gálvez, por lo cual la primera hipótesis secundaria planteada es aceptada y aprobada.

Asimismo, los resultados también determinaron que existen variaciones interanuales de la precipitación, se determinó cambios en la distribución de los patrones de precipitación asociados a una variación intra anual, así como también se evidenció un cambio climático desde 1964 hasta el 2016 en el distrito de Pedro Gálvez, por lo que la segunda hipótesis secundaria planteada también es aceptada y aprobada.

Los resultados determinaron que la precipitación mensual no muestra diferencias estadística significativas entre los promedios de un período largo o normal (1964 - 2016) con los cuatro períodos cortos en el distrito de Pedro Gálvez. Sólo se encontró diferencias estadísticas significativas entre los promedios mensuales del mes de junio del segundo período (1977 - 1989) y diciembre del último período (2003 - 2016) con respecto al promedio normal, por lo cual la tercera hipótesis secundaria planteada no es aceptada y aprobada.

## DISCUSIONES

Los resultados encontrados, permitieron comprobar que en el distrito de Pedro Gálvez, la temperatura máxima se ha incrementado en 1.79 °C desde 1964 hasta el 2016, mostrando una tendencia ascendente a través de los años, con una tasa de crecimiento decadal de 0.34 °C; asimismo, se determinó que la temperatura mínima también se incrementó en 0.58 °C desde 1964 hasta 2016, con una tasa de crecimiento decadal de 0.11 °C. Estos resultados muestran una tendencia similar a la que obtuvo Alva (2011), quien encontró que en el valle de Cajamarca, la temperatura máxima se incrementó 0.60 °C desde 1950 hasta el 2009, mientras que la temperatura mínima lo hizo en 0.26 °C para el mismo período.

En cuanto a la precipitación anual, se comprobó que presenta una tendencia ascendente a través de los años; en promedio se ha incrementado 196.2 mm desde 1964 hasta 2016, con una tasa de crecimiento decadal de 37.0 mm. Una tendencia similar encontró Alva (2011), cuando determinó que la precipitación en el valle de Cajamarca se incrementó en 54.75 mm al año.

Los resultados también determinaron cambios en la distribución de las precipitaciones, con respecto a un período largo, durante el mes de junio del período 1977 y 1989, así como durante el mes de diciembre de los últimos 14 años. Estos cambios se traducen en una disminución de las precipitaciones durante el mes de junio y en un incremento en la acumulación de precipitaciones en el mes de diciembre con respecto a un comportamiento normal. Estos resultados, se asemejan a las alteraciones en los patrones de distribución de lluvias que determinó Brown et al. (2015) para los últimos 5 años durante los meses de mayo, agosto, septiembre, noviembre, diciembre y enero en la localidad de Ciego de Ávila, Cuba; sin embargo, en este caso se encontró que las precipitaciones disminuyeron durante esos meses en comparación con un valor normal.

## CONCLUSIONES

- Las temperaturas máximas y mínimas se incrementaron desde 1964 hasta 2016 en 1.79 °C y 0.58 °C respectivamente, evidenciando una variabilidad interanual y un cambio climático en el distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca
- La precipitación ha experimentado variaciones interanuales y se ha incrementado desde 1964 hasta el 2016 en 196.2 mm en promedio, evidenciando un cambio climático en el distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca.
- Se encontró diferencias estadísticas significativas en los promedios de precipitación en el mes de junio del segundo periodo (1977 - 1989) y diciembre del cuarto período (2003 - 2016), con respecto al período largo o normal (1964 - 2016), en el distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, región Cajamarca.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Realizar investigaciones similares en otras localidades de la región Cajamarca ubicadas en pisos altitudinales diferentes, para comparar resultados y tener una mayor apreciación sobre el cambio climático en nuestra región.
- Los resultados obtenidos en esta investigación, me sirven para sugerir a las autoridades locales, la necesidad de discutir y definir mecanismos de adaptación del cambio climático en el distrito de Pedro Gálvez, principalmente en el sector agropecuario, considerando que este distrito es eminentemente rural y su población mayoritariamente desarrolla actividades ligadas al sector.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, E. (2011). Variaciones térmicas y pluviométricas como indicadores del cambio climático en el valle de Cajamarca. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca - Perú.
- Benavides, H. y Rocha, C. (2012). Indicadores que manifiestan cambios en el sistema climático de Colombia (años y décadas más calientes y las más y menos lluviosas). Nota técnica del IDEAM (Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales de Colombia) IDEAM –METEO 2012. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Indicadores+de+cambio+climatico+en+el+pa%C3%ADs.pdf/5ac540b8-e3f7-4076-91fe-d876f31101f9>.
- Brenes, A. y Saborío V. (1995). Elementos de climatología y su aplicación en didáctica a Costa Rica. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=GBb7ovml3AC&printsec=frontcover&dq=climatologia&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjH\\_pWlvdnUAhWG7SYKHalSCVwQ6AEIJTAB#v=onepage&q=climatologia&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=GBb7ovml3AC&printsec=frontcover&dq=climatologia&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjH_pWlvdnUAhWG7SYKHalSCVwQ6AEIJTAB#v=onepage&q=climatologia&f=false).
- Brown, O., Gallardo, Y., Correa, A. y Barrios, S. (2015). “El cambio climático y sus evidencias en las precipitaciones”. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382015000100007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382015000100007).
- Caballero, M., Lozano, S., y Ortega, B. (s. f.). Efecto Invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. Revista Digital Universitaria, 8 (10). Recuperado de [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct\\_art78.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf).



Casas, M. y Alarcón, M. (1999). Meteorología y clima. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=YteA9mrl6skC&pg=PA117&dq=el+sistema+climatico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwifxarX79nUAhVHbiYKHTNBCtUQ6AEILjAD#v=onepage&q=el%20sistema%20climatico&f=false>.

Castán, Y. (2014). Introducción al método científico y sus etapas. Recuperado de <http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T00.pdf>

Chavarri, E. (2004). El ciclo hidrológico y la clasificación climática del Perú. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de [http://tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarri/clase\\_ii\\_ciclo\\_hidrologico\\_clasif\\_clima\\_peru.pdf](http://tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarri/clase_ii_ciclo_hidrologico_clasif_clima_peru.pdf).

CMNUCC. (1992). Texto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado de [http://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf).

CONAGUA-Comisión Nacional del Agua. (2010). Manual técnico práctico del observador meteorológico de superficie. P. 9. Recuperado de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001679.pdf>

Cuadrat, J., y Pita, M. (2004). Climatología. Madrid, España: Cátedra.

Elías, F., y Castellvi, F. (2001). Agrometeorología. Madrid España: Mundi - Prensa Libros S.A.

De Felipe, J. (Sin fecha). Capítulo 1. Emisiones de gases de efecto invernadero y cambio climático. Recuperado de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6734/03Jjfb03de13.pdf;sequence=4>.

Del Campo, J., Chagollán, F., Del Campo, I., López, I., Gonzales, F., Romo, L., y Rosalío, A. (2006). Geografía. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=LZd81iAZjN8C&pg=PA100&dq=actores+que+determinan+el+clima&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi2\\_M7e99nUAhVJ2yYKHZPsApsQ6AEIKjAC#v=onepage&q=factores%20que%20determinan%20el%20clima&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=LZd81iAZjN8C&pg=PA100&dq=actores+que+determinan+el+clima&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi2_M7e99nUAhVJ2yYKHZPsApsQ6AEIKjAC#v=onepage&q=factores%20que%20determinan%20el%20clima&f=false).

Del Salto, M., Galvez, H. y Regalado, J. (2013). Análisis del comportamiento climático de los últimos 30 años, en las costas esmeralda, Manta y Puerto Bolívar durante la época húmeda. Recuperado de [https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas\\_oceanograficas/acta18/OCE1801\\_1.pdf](https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta18/OCE1801_1.pdf)

González, C. (2007). Calentamiento global. Recuperado de <http://agricultura.uprm.edu/calentamiento/pdf/Calentamiento%20global.pdf>.

Gonzales, F. (2003). El efecto invernadero, el cambio climático, la crisis medioambiental y el futuro de la Tierra. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=glfC79hD7NoC&pg=PA19&dq=efecto+invernadero&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj9qNPdnNrUAhWRxiYKHfxfAxwQ6AEIPTAG#v=onepage&q=efecto%20invernadero&f=false>.

Hernández, J. y García, L. (2008). Metodología en investigación clínica. Recuperado de <http://fournier.facmed.unam.mx/deptos/seciss/images/investigacion/22.pdf>

Huamán, F. (2011). Efectos de la deforestación sobre el cambio climático en la región de San Martín. Tesis de maestría. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima - Perú.

- IPCC. (1995). Segunda evaluación cambio climático 1995. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-sp.pdf>
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007 informe de síntesis. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf).
- IPCC. (2013). Summary for Policymakers. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/wg1/WGIAR5\\_SPM\\_brochure\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf).
- IPCC. (2014). Anexo II. Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_glossary_ES.pdf).
- Huamán, F. (2011). Efectos de la deforestación sobre el cambio climático en la región de San Martín. Tesis de maestría. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima - Perú.
- Manco, J. (1989). Estudio agroclimático de la microcuenca del río Porcón. Cajamarca, Perú: SENAMHI - EDAC.
- OMM. (1997). Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el segundo informe de evaluación del IPCC. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-II-sp.pdf>.
- OMM. (2010). Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológica. Recuperado de [https://library.wmo.int/pmb\\_ged/wmo\\_8-2014\\_es.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_8-2014_es.pdf).

- OMM. (2011). Guía de prácticas climatológicas. P. 4-1. Recuperado de [https://library.wmo.int/pmb\\_ged/wmo\\_100\\_es.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_100_es.pdf).
- OMM. (2016). Declaración sobre el estado del clima mundial. Recuperado de [https://library.wmo.int/opac/doc\\_num.php?explnum\\_id=3516](https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3516).
- ONU. (2015). Evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres. Recuperado de [file:///D:/Tesis%20Post%20Grado/GAR2015\\_SP.pdf](file:///D:/Tesis%20Post%20Grado/GAR2015_SP.pdf).
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (2001). El sistema climático. Recuperado de [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/contam/fratmosf.htm](http://www7.uc.cl/sw_educ/contam/fratmosf.htm).
- Rutllant, J. (Sin fecha). El sistema climático y sus componentes. Recuperado de [www.ugr.es/~andyk/Docencia/MetClim/Tema09.pdf](http://www.ugr.es/~andyk/Docencia/MetClim/Tema09.pdf).
- Sánchez-Santillán y De La Lanza. (2011). Análisis sobre el cambio climático bajo la clasificación de climas Köppen modificado en la presa de Atlangatepec dentro de la cuenca central de México. Recuperado de [http://www.google.com.pe/search?q=variaciones+de+la+térmicas+y+pluviométricas &hl=s&lr=lang\\_es&start=10&sa=N](http://www.google.com.pe/search?q=variaciones+de+la+térmicas+y+pluviométricas&hl=s&lr=lang_es&start=10&sa=N).
- Sánchez, F. (2008). Precipitaciones. Salamanca, España. Recuperado de <http://ocw.usal.es/cienciasexperimentales/hidrologia/contenidos/02.Precipitaciones.pdf>.
- SENAMHI. (2004). Guía básica de meteorología general. Lima, Perú: SENAMHI.
- SENAMHI (2014). El fenómeno El Niño en el Perú. P. 21. Lima. Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Ministerio del Ambiente.
- SENAMHI. (2017). Datos meteorológicos Estación Climatológica Ordinaria San Marcos. Recuperado de <http://senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

SENAMHI. (2017). Mapa climático de la provincia de San Marcos.

SENAMHI - Dirección Zonal 3. (2017). Boletín agrometeorológico mensual. Julio 2017, volumen 4, número 7, p13. Recuperado de <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/03708SENA-23.pdf>.

Vargas, P. (2009). El cambio climático y sus efectos en el Perú. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/modsinia/public/docs/1745.pdf>.

## Anexo 1: Matriz de consistencia

**Tabla 10**

*Variaciones de la temperatura y precipitación como indicadores del cambio climático en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, Cajamarca 2017.*

PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p><b>Problema principal:</b> ¿Cuáles son las variaciones y las tendencias de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, durante el periodo 1964-2016, en el distrito Pedro Gálvez?</p> <p><b>Problemas secundarios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ¿Cuál ha sido la tendencia de la temperatura mínima y máxima desde 1964 hasta 2016, en el distrito Pedro Gálvez?</li> <li>▪ ¿Cuál ha sido la tendencia de la precipitación desde 1964 hasta 2016, en el distrito Pedro Gálvez?</li> <li>▪ ¿Cuáles han sido las diferencias entre los promedios de precipitación mensual del periodo normal con los periodos cortos?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b> Estudiar las variaciones y tendencias de los principales indicadores meteorológicos del cambio climático, durante el periodo 1964-2016, en el distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analizar la variación y la tendencia de la temperatura mínima y máxima desde 1964 hasta 2016, en el distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos.</li> <li>▪ Analizar la variación y la tendencia de la precipitación desde 1964 hasta 2016, en el distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos.</li> <li>▪ Analizar diferencias significativas entre los promedios de precipitación mensual de un periodo largo (1964-2016) con cuatro periodos cortos.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b> Las alteraciones de los principales indicadores meteorológicos, como la temperatura y la precipitación, han determinado variaciones en la tendencia del comportamiento climático en el distrito de Pedro Gálvez, en la provincia de San Marcos, desde 1964 hasta el 2016.</p> <p><b>Hipótesis secundarias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La temperatura máxima y mínima muestra una tendencia ascendente.</li> <li>▪ La precipitación muestra una gran variabilidad.</li> <li>▪ La precipitación mensual muestra diferencias significativas entre los promedios de un periodo largo (1964-2016) con cuatro periodos cortos.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temperatura (mínima y máxima).</li> <li>▪ Precipitación diaria.</li> </ul> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambio climático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cantidad de precipitación mensual y anual.</li> <li>▪ Temperatura máxima y mínima diaria.</li> <li>▪ Temperatura máxima y mínima media mensual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Registros documentales (Planilla Climatológica).</li> <li>▪ Gráficos y líneas de tendencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Ámbito de estudio:</b> Distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, Región Cajamarca.</li> <li>▪ <b>Tipo de investigación:</b> Cuantitativa, aplicada y longitudinal.</li> <li>▪ <b>Nivel de investigación:</b> Descriptiva.</li> <li>▪ <b>Método de investigación:</b> Deductiva - confirmacionista.</li> <li>▪ <b>Diseño de investigación:</b> No experimental.</li> <li>▪ <b>Población:</b> Datos diarios de temperatura (máxima, mínima) y precipitación de la serie 1964-2016.</li> <li>▪ <b>Muestra:</b> Temperatura (máxima, mínima) media mensual y precipitación total mensual de la serie 1964-2016.</li> <li>▪ <b>Técnica de recolección de datos</b> Los datos han sido observados, medidos y registrados por el personal del SENAMHI, en la estación climatológica ordinaria San Marcos, de acuerdo a un programa de observaciones basado en un protocolo de observaciones meteorológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).</li> <li>▪ <b>Técnicas de procesamiento y análisis de datos</b> Los datos de temperatura y precipitación se codificarán y tabularán en orden cronológico y se elaborarán tablas y gráficos, utilizando el programa EXCEL, luego se realizará un análisis según las variables de estudio y los objetivos.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, 2017.

## Anexo 2: Modelo de registro de datos

**Tabla 11**

*Modelo de registro de datos.*

<b>UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS</b>				
<b>Tesista</b> : Martín Oswaldo Chávez Marín				
<b>Tesis</b> : Variaciones de la temperatura y precipitación como indicadores del cambio climático en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, Cajamarca 2017.				
<b>Estación Climatológica Ordinaria San Marcos</b>				
Departamento: Cajamarca		Provincia: San Marcos		Distrito: Pedro Gálvez
Latitud: 7° 19' 21"		Longitud: 78° 10' 21"		Altitud: 2200 m.s.n.m.
Día/mes/año	Temperatura Max (°C)	Temperatura Min (°C)	Precipitación (mm)	
			07	19
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

**Fuente** : Elaboración propia, 2017.

**Observación** : El presente registro de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación son datos diarios, se ordenarán de forma cronológica, luego se obtendrán promedios mensuales y anuales, se graficarán para analizar su marcha y se obtendrán sus tendencias lineales para analizar su comportamiento a través del tiempo.

### Anexo 3: Temperatura máxima promedio mensual



**Tabla 12**

Temperatura máxima promedio mensual (°C).

N°	AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1	1964	20.8	20.6	20.9	20.6	20.2	20.0	20.2	22.1	21.0	20.5	21.3	20.5	20.7
2	1965	20.5	20.8	21.0	20.3	25.1	24.7	24.5	23.8	24.3	24.2	23.8	24.1	23.1
3	1966	23.8	24.3	23.9	24.3	24.5	24.7	24.1	24.6	23.7	24.6	24.9	24.4	24.3
4	1967	23.4	23.0	23.5	23.7	23.4	23.4	22.8	23.5	24.3	25.9	25.8	24.8	24.0
5	1968	24.9	24.3	23.2	25.2	24.1	24.0	22.8	24.4	24.0	25.6	25.3	24.9	24.4
6	1969	25.7	25.0	24.8	24.9	26.0	24.0	23.0	23.7	21.3	25.4	23.9	25.9	24.5
7	1970	23.8	25.0	24.7	24.6	23.8	23.4	23.4	24.8	25.2	23.8	24.2	25.0	24.3
8	1971	24.7	23.7	22.5	23.2	23.4	23.8	23.4	24.3	24.3	24.8	23.9	24.5	23.9
9	1972	24.5	24.5	22.9	23.7	23.8	24.5	24.8	25.4	25.3	25.9	25.9	24.0	24.6
10	1973	24.6	24.1	24.0	23.8	24.2	24.3	23.7	24.3	23.6	24.6	22.7	24.0	24.0
11	1974	22.9	22.2	23.2	23.8	24.2	22.8	22.7	23.5	24.1	25.3	25.1	23.7	23.6
12	1975	24.0	23.3	22.9	23.1	22.8	23.1	22.7	23.0	24.5	24.4	24.9	23.7	23.5
13	1976	22.7	23.7	20.2	24.2	23.5	23.2	22.7	23.5	27.4	25.9	25.1	25.0	23.9
14	1977	24.0	22.7	24.1	23.9	24.5	23.3	23.8	23.9	24.7	23.9	25.0	24.0	24.0
15	1978	24.6	25.4	25.0	24.5	24.2	23.7	23.8	23.5	25.5	25.8	25.3	24.4	24.6
16	1979	25.4	23.7	22.9	24.4	24.9	24.9	24.2	25.4	26.3	26.4	25.6	25.4	25.0
17	1980	25.6	25.7	25.5	25.4	25.8	26.1	25.0	25.6	26.5	25.0	25.6	25.9	25.6
18	1981	25.8	23.1	24.4	25.4	25.4	25.2	25.1	25.7	25.0	25.3	25.1	25.5	25.1
19	1982	25.3	25.3	25.6	25.8	25.3	24.7	23.6	24.0	24.2	24.9	24.7	24.7	24.8
20	1983	25.7	26.7	25.4	24.8	26.2	25.5	25.5	25.1	25.5	26.1	24.9	25.0	25.5
21	1984	24.9	22.7	23.7	24.4	24.9	23.9	23.6	24.7	25.2	25.2	25.5	25.6	24.5
22	1985	24.7	23.7	25.3	24.9	24.5	23.8	23.7	23.8	25.8	25.7	25.7	24.9	24.7
23	1986	21.9	25.7	26.2	26.3	26.4	26.0	24.3	25.4	26.9	27.2	27.3	26.3	25.8
24	1987	22.2	26.4	27.1	27.0	25.8	26.3	26.0	25.4	27.6	26.3	26.4	26.9	26.1
25	1988	25.8	26.5	25.5	25.4	26.0	26.2	25.5	26.1	26.5	26.2	26.0	25.8	26.0
26	1989	25.2	24.6	24.9	25.0	25.6	25.2	24.7	25.5	25.0	27.3	27.8	25.4	25.5
27	1990	25.6	26.0	26.6	26.5	26.1	25.0	24.9	24.8	25.6	26.5	26.4	25.8	25.8
28	1991	26.0	25.8	25.1	26.0	26.1	26.9	25.3	24.6	25.4	27.1	27.8	26.0	26.0
29	1992	27.0	27.8	27.2	26.7	27.1	24.9	23.8	25.3	25.7	27.8	28.2	26.1	26.5
30	1993	26.3	25.7	24.5	25.4	26.2	25.7	25.7	25.3	25.6	26.4	25.7	25.8	25.7
31	1994	25.5	25.5	26.0	25.5	26.7	25.1	25.5	25.3	26.8	26.9	26.8	26.7	26.0
32	1995	28.1	25.7	25.7	26.6	26.3	26.7	26.2	27.2	27.4	27.6	27.1	26.7	26.8
33	1996	25.6	25.8	25.3	25.9	26.6	26.8	26.2	26.3	26.9	28.3	28.1	27.7	26.6
34	1997	27.6	25.7	27.6	27.3	27.0	27.8	25.8	26.3	28.4	27.1	26.4	27.8	27.1
35	1998	26.6	26.6	26.2	27.5	27.3	25.9	26.2	27.3	28.0	28.6	28.7	28.7	27.3
36	1999	26.4	24.2	25.9	26.4	25.4	25.8	23.9	25.9	26.1	26.8	25.7	25.9	25.7
37	2000	26.5	24.3	20.6	24.6	24.6	20.3	23.7	24.1	26.0	26.5	24.2	24.8	24.2
38	2001	22.7	23.4	22.9	24.4	24.5	24.0	24.2	24.4	26.0	24.6	26.0	25.2	24.4
39	2002	25.3	24.4	24.4	25.0	25.2	24.9	24.4	24.4	24.6	24.4	24.8	21.3	24.4
40	2003	25.7	25.5	24.4	25.1	25.0	24.8	23.9	24.9	26.9	26.0	24.7	25.6	25.2
41	2004	26.0	24.8	25.5	21.3	26.1	23.8	23.9	24.3	25.9	24.8	25.7	25.0	24.8
42	2005	25.4	25.8	24.3	25.3	25.7	25.6	25.2	25.3	24.9	26.5	24.3	25.5	25.3
43	2006	25.0	25.1	23.8	24.6	25.4	24.4	24.6	24.6	25.7	25.1	24.3	25.5	24.8
44	2007	25.8	24.6	24.3	24.1	25.2	24.1	24.9	24.5	24.7	24.5	25.0	23.7	24.6
45	2008	23.9	24.0	23.4	23.9	25.0	24.4	24.7	25.0	24.8	25.6	26.0	25.0	24.6
46	2009	24.5	24.0	24.0	23.9	24.9	24.7	24.2	25.2	25.9	25.6	25.2	25.3	24.8
47	2010	25.6	25.6	25.6	26.0	25.7	24.8	26.1	25.4	25.8	26.1	24.1	25.6	25.5
48	2011	24.7	24.4	23.4	24.3	25.1	24.9	24.0	25.2	24.9	25.7	24.3	24.3	24.6
49	2012	24.0	24.4	24.7	24.6	24.6	24.5	24.2	24.9	25.2	25.0	25.2	24.9	24.7
50	2013	26.0	25.4	24.0	25.4	25.4	24.3	23.8	24.4	24.3	26.0	25.7	25.7	25.0
51	2014	25.2	25.2	23.7	25.3	24.6	25.2	24.8	24.4	25.1	25.9	25.9	25.5	25.1
52	2015	24.6	25.7	24.5	25	25.1	24.7	25.5	25.8	26.3	26.8	26.7	26.9	25.6
53	2016	27.6	26.1	26.2	26.5	27.2	25.2	25.3	26.0	26.4	26.9	28.6	25.8	26.5

Fuente: SENAMHI, 2017.



## Anexo 4: Temperatura mínima promedio mensual



**Tabla 13**

*Temperatura mínima promedio mensual (°C).*

N°	AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1	1964	8.8	8.7	10.4	9.6	9.7	10.1	10.2	11.7	9.8	9.7	10.2	9.9	9.9
2	1965	9.9	10.1	10.1	9.8	7.4	7.7	5.1	6.5	9.7	10.3	9.2	10.9	8.9
3	1966	8.2	7.9	6.8	7.3	6.2	7.9	6.8	7.3	11.6	11.8	10.5	9.9	8.5
4	1967	12.6	11.8	11.6	10.9	9.7	8.3	8.0	9.0	11.9	10.4	11.2	9.4	10.4
5	1968	11.3	11.5	11.3	9.6	9.2	8.2	8.1	9.8	11.7	10.4	11.6	11.6	10.3
6	1969	11.4	12.7	12.8	12.3	10.5	9.9	8.5	9.7	8.1	12.3	12.2	11.2	11.0
7	1970	12.6	12.0	12.1	12.5	10.8	9.8	8.4	8.6	11.7	11.6	12.1	10.1	11.0
8	1971	11.5	11.6	12.6	11.4	10.1	10.1	8.4	9.5	11.4	10.8	12.0	11.4	10.9
9	1972	11.6	11.5	12.1	11.9	11.0	9.6	9.4	9.6	11.8	11.7	12.3	11.5	11.2
10	1973	14.2	12.7	13.0	12.6	10.3	9.2	8.9	8.9	11.1	11.6	11.1	10.3	11.2
11	1974	11.4	11.7	11.2	10.9	9.0	9.7	7.0	8.9	11.5	11.6	12.1	10.5	10.5
12	1975	12.1	12.0	12.0	11.5	10.7	9.0	7.5	8.1	11.0	10.1	9.9	10.5	10.4
13	1976	12.0	11.5	11.0	9.9	10.0	8.2	6.3	8.7	9.7	10.5	11.3	9.3	9.9
14	1977	12.4	12.3	12.4	11.0	9.1	7.9	7.7	8.6	9.7	10.5	11.6	10.4	10.3
15	1978	10.8	10.7	8.8	11.6	10.4	6.3	8.8	6.9	9.9	12.2	11.2	10.7	9.9
16	1979	11.6	12.7	12.7	11.0	9.8	7.2	7.6	9.6	10.9	10.9	10.2	10.5	10.4
17	1980	11.8	8.2	11.8	7.9	7.4	7.7	6.7	8.5	9.9	10.9	9.1	8.0	9.0
18	1981	8.7	12.8	11.0	7.9	10.6	8.2	5.1	8.6	11.8	11.3	11.7	9.5	9.8
19	1982	11.3	11.0	11.5	7.9	10.1	8.7	7.8	8.1	11.9	11.8	12.5	10.6	10.3
20	1983	13.4	11.9	12.7	12.2	11.1	8.9	8.1	8.4	8.4	12.0	11.6	10.9	10.8
21	1984	9.7	12.3	12.4	11.5	6.7	8.7	7.6	5.5	11.2	9.0	11.5	10.0	9.7
22	1985	11.5	11.5	11.6	11.5	10.2	9.0	7.9	9.7	10.6	9.5	12.4	10.8	10.5
23	1986	9.0	10.9	10.7	11.9	9.8	6.8	6.3	9.9	9.9	10.4	11.3	9.5	9.7
24	1987	9.4	12.2	11.0	11.2	9.1	7.8	9.0	8.2	10.8	11.7	12.5	10.6	10.3
25	1988	12.8	12.8	11.0	11.6	9.5	6.7	5.8	7.0	10.9	11.5	10.7	10.1	10.0
26	1989	12.1	12.3	11.4	11.2	7.5	8.1	5.8	7.9	10.8	8.9	8.2	10.4	9.6
27	1990	12.0	11.1	11.5	11.8	9.4	9.4	7.5	7.3	11.9	12.0	9.8	10.2	10.3
28	1991	10.5	11.9	12.4	11.1	9.4	7.8	4.8	6.9	10.3	9.4	6.5	9.0	9.2
29	1992	11.5	11.9	11.8	11.5	9.6	9.1	6.3	8.0	10.9	10.5	10.0	10.0	10.1
30	1993	11.5	11.8	11.7	12.0	10.5	7.0	6.8	7.5	11.2	11.1	12.7	10.0	10.3
31	1994	12.5	12.2	11.6	11.8	10.3	8.0	6.1	7.3	9.8	10.9	11.8	9.4	10.1
32	1995	11.5	11.8	12.1	10.8	9.3	8.4	8.2	8.5	11.5	12.2	11.7	9.7	10.5
33	1996	11.7	12.1	12.6	11.5	9.9	7.9	7.5	8.0	12.0	8.7	11.3	10.8	10.3
34	1997	10.9	13.2	10.2	11.5	10.6	7.8	7.9	9.0	12.6	12.7	13.9	11.3	11.0
35	1998	13.5	13.9	14.7	13.7	10.4	8.2	7.3	9.2	12.6	10.5	9.7	10.0	11.1
36	1999	12.1	12.6	11.3	11.2	10.5	9.9	7.1	7.1	9.8	11.0	12.1	10.6	10.4
37	2000	10.4	11.7	8.5	11.7	10.4	9.3	7.6	8.5	9.6	8.0	12.0	11.0	9.9
38	2001	12.6	12.4	9.1	10.7	10.5	7.8	8.7	7.8	12.4	12.4	11.9	10.3	10.6
39	2002	11.2	13.1	12.6	11.7	10.0	8.3	9.5	8.4	12.5	12.6	13.5	6.4	10.8
40	2003	12.6	12.4	12.2	12.3	10.9	9.1	7.3	8.1	11.5	11.8	12.4	9.9	10.9
41	2004	9.8	12.7	12.2	11.1	10.0	8.1	8.8	8.4	12.3	12.2	12.6	10.1	10.7
42	2005	11.9	13.3	13.3	12.2	8.4	8.6	6.6	7.7	12.1	9.4	11.5	10.1	10.4
43	2006	11.5	13.3	13.3	11.3	8.6	9.3	6.7	8.3	11.4	11.5	13.2	10.2	10.7
44	2007	13.4	11.3	12.9	11.9	10.4	7.7	8.1	8.2	10.7	12.7	10.7	8.4	10.5
45	2008	12.7	12.3	12.2	11.3	10.1	7.9	7.6	9.3	12.0	11.9	10.4	10.4	10.7
46	2009	12.8	12.8	12.5	12.3	10.2	8.3	8.6	8.9	11.5	11.4	12.8	9.4	11.0
47	2010	12.9	12.9	13.7	12.4	10.4	9.2	8.2	7.8	9.9	10.4	11.5	10.3	10.8
48	2011	11.4	11.1	11.0	7.9	8.4	8.6	7.8	8.0	10.5	11.9	12.4	9.5	9.9
49	2012	13.0	11.6	11.7	11.8	9.8	7.1	6.5	7.6	11.9	12.9	11.8	9.3	10.4
50	2013	12.4	12.4	13.2	11.5	11.2	8.2	6.9	8.2	12.2	9.6	11.2	8.3	10.4
51	2014	12.4	13.1	12.8	10.5	11.7	8.1	7.1	7.7	9.9	11	11.4	12.4	10.7
52	2015	12.5	11.8	13.5	11.9	11.1	8.4	7.9	7.5	9.8	12.0	11.5	12.8	10.9
53	2016	12.8	14.1	13.0	12.0	9.9	7.9	6.3	7.9	10.0	10.5	8.2	12.7	10.4

Fuente: SENAMHI, 2017.

## Anexo 5: Precipitación total mensual



**Tabla 14**

Precipitación total mensual (mm).

N°	AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
1	1964	96.1	65.8	68.7	70.0	34.2	3.1	0.0	26.9	65.5	68.0	60.8	57.7	616.8
2	1965	73.9	44.0	247.3	102.0	0.0	0.0	10.6	0.0	62.0	71.2	78.5	89.5	779.0
3	1966	105.9	33.0	102.9	7.0	12.2	1.8	9.2	0.0	0.0	98.1	57.6	38.2	465.9
4	1967	82.3	141.5	102.1	42.4	6.6	5.7	19.6	0.4	13.6	108.6	22.3	38.8	584.0
5	1968	33.3	115.6	96.6	36.5	17.9	0.0	0.8	9.1	54.0	98.4	20.6	65.1	584.0
6	1969	37.9	111.6	85.7	83.5	0.0	14.8	0.0	1.8	30.2	68.8	136.5	106.9	677.7
7	1970	93.6	37.2	82.8	88.9	24.4	18.9	3.4	3.6	29.9	119.2	105.1	79.3	686.4
8	1971	75.2	167.1	208.9	98.8	25.3	17.2	7.2	0.8	9.2	72.0	69.3	82.5	833.5
9	1972	56.9	63.0	218.0	182.8	17.6	6.9	0.0	24.7	32.7	28.4	54.6	138.4	824.0
10	1973	169.9	78.5	136.7	213.0	35.6	23.6	5.8	5.6	45.4	108.8	64.1	100.1	987.1
11	1974	71.4	128.1	190.8	37.9	0.0	26.2	0.0	0.0	37.6	51.2	46.2	19.8	609.2
12	1975	58.3	176.0	226.6	116.3	28.5	14.1	14.1	11.4	54.1	65.7	31.1	14.8	811.0
13	1976	160.7	61.4	127.7	39.4	52.2	0.0	0.0	0.0	0.0	59.6	25.5	59.9	586.4
14	1977	160.6	96.2	118.4	32.6	7.2	1.9	3.0	2.3	40.0	42.5	79.8	69.2	653.7
15	1978	20.1	92.9	47.4	26.0	21.5	0.0	6.7	0.0	20.2	64.9	80.2	44.1	424.0
16	1979	49.9	104.2	170.3	56.0	39.4	0.0	3.8	18.4	67.4	0.0	57.1	44.3	61.08
17	1980	23.6	35.9	82.2	27.1	9.1	0.0	0.0	3.8	1.5	115.1	135.5	142.5	576.3
18	1981	76.7	209.1	155.4	33.7	37.5	16.6	0.0	10.5	12.6	73.4	150.0	91.8	867.3
19	1982	64.3	86.4	88.1	30.2	26.0	0.3	0.0	0.0	59.7	133.2	71.0	154.6	713.8
20	1983	134.2	21.5	161.6	100.7	37.9	0.0	5.6	1.9	27.8	44.2	32.6	109.0	677.0
21	1984	79.4	344.3	198.4	57.8	63.9	2.0	14.5	12.6	19.8	47.3	59.5	51.8	951.3
22	1985	46.5	30.7	115.2	17.1	19.7	0.0	1.3	12.9	18.1	34.1	32.6	86.3	414.5
23	1986	94.8	65.3	68.6	102.7	25.7	9.0	1.2	24.3	1.2	16.0	64.1	63.5	536.4
24	1987	92.9	74.0	85.1	97.8	5.6	2.7	5.2	3.8	42.5	29.1	117.5	102.4	658.6
25	1988	177.8	122.4	58.7	106.5	2.6	5.9	1.1	1.0	16.5	59.5	50.7	90.3	693.0
26	1989	112.9	126.3	112.6	116.1	9.0	2.5	0.0	1.3	40.9	110.0	41.4	1.4	674.4
27	1990	104.1	87.0	62.2	77.7	24.8	18.2	0.0	36.7	5.2	127.9	128.0	47.4	719.2
28	1991	46.1	106.9	115.5	73.0	6.0	3.4	0.0	0.0	7.5	60.4	37.0	81.2	537.0
29	1992	49.6	21.2	64.6	57.9	10.8	13.4	2.0	13.6	47.3	56.5	18.0	71.2	426.1
30	1993	86.1	164.9	204.1	113.9	10.9	0.0	0.0	0.0	27.5	88.1	108.0	105.9	909.4
31	1994	112.2	185.0	177.6	127.0	26.2	4.4	0.0	0.0	17.9	73.0	75.9	71.0	870.2
32	1995	12.2	133.7	118.8	47.7	27.1	4.8	0.9	5.2	21.9	104.1	67.3	87.4	631.1
33	1996	98.2	132.0	117.8	73.6	6.7	3.8	0.0	3.4	29.3	112.1	22.0	22.1	621.0
34	1997	70.1	107.6	55.2	63.0	10.7	15.6	0.4	0.0	37.2	76.2	124.2	176.5	736.7
35	1998	163.4	188.0	158.0	116.7	79.2	2.2	0.0	1.2	21.6	73.5	25.6	71.9	901.3
36	1999	103.6	342.3	41.9	13.1	49.7	41.1	1.1	3.0	94.0	35.0	75.3	94.6	894.7
37	2000	70.3	118.0	140.9	59.4	23.5	22.1	8.6	4.2	65.6	5.1	48.0	140.5	706.2
38	2001	268.9	103.4	196.7	19.2	71.3	0.0	0.0	0.0	17.6	110.4	99.8	108.3	995.6
39	2002	42.5	126.4	223.5	87.0	10.4	0.5	6.0	0.0	25.7	143.8	121.0	151.5	938.3
40	2003	41.9	72.9	147.5	46.7	6.2	6.7	3.0	3.5	15.3	68.1	113.1	123.0	647.9
41	2004	61.6	63.5	46.6	80.4	19.6	3.2	2.0	1.6	24.4	70.1	138.1	176.0	687.1
42	2005	98.6	115.1	148.4	86.5	2.3	0.7	0.0	6.6	35.5	133.0	28.8	175.4	830.9
43	2006	105.8	91.1	261.2	92.1	5.4	25.9	2.2	4.4	59.6	49.2	90.9	181.4	969.2
44	2007	89.8	43.7	214.3	118.9	26.5	0.0	7.7	4.0	27.3	126.1	110.3	80.6	849.2
45	2008	134.7	184.9	91.6	80.2	19.5	18.5	2.8	4.9	24.5	147.1	93.2	78.0	879.9
46	2009	188.2	129.7	136.7	147.3	46.4	2.7	1.2	0.0	6.0	99.5	130.3	99.1	987.1
47	2010	43.9	95.9	160.3	64.7	30.7	4.7	10.6	0.0	20.5	31.5	52.8	95.5	611.1
48	2011	92.7	99.1	164.7	114.2	9.7	0.0	6.1	0.0	43.7	32.1	53.6	126.2	742.1
49	2012	250.1	119.3	79.9	96.9	40.3	9.0	0.0	2.8	12.5	95.0	167.5	80.3	953.6
50	2013	62.8	77.0	283.3	79.8	65.4	0.5	13.8	26.6	9.3	118.9	37.5	116.8	891.7
51	2014	55.2	209.1	118.5	112.4	95.5	5.5	0.0	0.0	33.2	68.6	80.8	107.9	886.7
52	2015	150.2	62.7	216.3	23.7	51.6	0	1.2	0	5.5	34.5	124.7	36.7	707.1
53	2016	121.3	119.5	87.5	57.2	20.6	16.0	0.0	0.8	4.2	38.1	18.9	105.3	589.4

Fuente: SENAMHI, 2017.