



UNIVERSIDAD ANDINA DE CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

**DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE**



TESIS

**FENOMENO EL NIÑO Y SU RELACIÓN CON LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA
EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO 1964 – 2014**

Presentado por:

Mgt. Yeny Maritza Accostupa Quispe

Para optar el grado académico de Doctor en
Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Asesor:

Dr. Edwards Jesús Aguirre Espinoza

CUSCO – PERÚ

2017



DEDICATORIA

CON AMOR Y CARIÑO

A mi esposo Cleto, por brindarme su constante amor, comprensión, motivación y apoyo para alcanzar nuevos objetivos como persona y profesional. A mis hijos Diego y Selene por ser mis motivos de inspiración y superación.

A mis padres Valois (+) y Paulina, porque siempre me dieron su apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona. A mis hermanos Virginia, Nancy y John, por sus palabras de aliento para seguir adelante, por su colaboración para cumplir mis ideales y por su compañía en los momentos más importante de mi vida.

A mis amigos y a todas aquellas personas que de una manera u otra han contribuido en el logro de mis objetivos.

YENY



AGRADECIMIENTO

- A mi asesor, al Dr. Edwards Jesús Aguirre Espinoza por su apoyo incondicional e invaluable en el asesoramiento de mi tesis.
- A la Universidad Andina del Cusco por la contribución en mi formación y superación profesional.
- Mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma han contribuido para la culminación del presente trabajo.

Yeny Accostupa.



RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de analizar la relación entre el fenómeno El Niño y la variabilidad climática en la Provincia de Cusco, 1964 – 2014, para ello se tomaron los datos históricos de precipitación y temperatura brindadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) del Perú correspondientes a la estación de Kayra y los datos del Índice Costero El Niño (ICEN) dados por el Instituto Geofísico del Perú.

El estudio es transversal, correlacional, no experimental. La técnica empleada es documental y la ficha de datos como instrumentos. En relación al comportamiento de la precipitación este tiende a disminuir de forma general en presencia de El Niño, específicamente de febrero a noviembre y se manifiesta un incremento en enero y diciembre. Los valores anómalos de la precipitación se dan en enero,

Los comportamientos mensuales de la temperatura media y mínima, con y sin Niño son similares elevándose sus valores desde julio hasta febrero y disminuyendo desde marzo hasta junio, en cuanto a la temperatura máxima esta se incrementa conforme aumente la magnitud de El Niño, siendo máxima para octubre. En relación a las temperaturas mínimas no hay diferencia significativa con o sin El Niño.

Se determinó al 95% de confianza que existe una relación significativa y negativa entre el ICEN y la precipitación, siendo el grado de correlación de 59,35%, también se determinó que no existe relación entre la temperatura mínima y el ICEN, que existe relación entre la temperatura media y el ICEN siendo el grado de correlación de 93,88%, que existe relación entre el ICEN y la temperatura máxima, con un grado de correlación de 99,62%. En relación al comportamiento del ICEN se da que a mayor magnitud en su condición cálida mayor es su tiempo de duración.

PALABRAS CLAVE: Fenómeno El Niño, Variabilidad Climática, Anomalías, temperatura, precipitación.

**ABSTRACT**

The present investigation was carried out with the purpose of analyzing the relationship between the El Niño phenomenon and the climatic variability in the Province of Cusco, 1964 - 2014, for this the historical data of precipitation and temperature provided by the National Meteorological Service were taken. Hydrology (SENAMHI) of Peru corresponding to the Kayra station and data from the El Niño Coastal Index (ICEN) given by the Geophysical Institute of Peru.

The study is transversal, correlational, not experimental. The technique used is documentary and the data sheet as instruments. In relation to the behavior of the precipitation this tends to decrease in a general way in the presence of El Niño, specifically from February to November and an increase is shown in January and December. The anomalous values of precipitation occur in January,

The monthly behaviors of the average and minimum temperature, with and without children, are similar, rising from July to February and decreasing from March to June, as the maximum temperature increases as the magnitude of El Niño increases, being maximum for October. In relation to the minimum temperatures there is no significant difference with or without El Niño.

It was determined at 95% confidence that there is a significant and negative relationship between ICEN and precipitation, with the degree of correlation of 59.35%, it was also determined that there is no relationship between the minimum temperature and the ICEN, that there is a relationship between the average temperature and the ICEN, the degree of correlation being 93.88%, that there is a relationship between the ICEN and the maximum temperature, with a degree of correlation of 99.62%. In relation to the behavior of the ICEN, it is given that the greater its magnitude in its warm condition, the longer it lasts.

KEY WORDS: El Niño Phenomenon, Climate Variability, Anomalies, temperature, precipitation.



SOMMARIO

La presente inchiesta è stata effettuata al fine di analizzare il rapporto tra El Niño e variabilità del clima in provincia di Cusco, 1964-2014, per questo i dati storici di precipitazione e la temperatura forniti dal Servizio Nazionale di Meteorologia e Idrologia sono state prese (SENAMHI) del Perù corrispondente alla stazione di Kayra e Costero dati El Niño Index (ICEN) proposta dal Istituto Geofisico del Perù.

Lo studio è trasversale, correlativo, non sperimentale. La tecnica utilizzata è documentaria e la scheda tecnica come strumento. Per quanto riguarda il comportamento di questo precipitazioni tende a diminuire, in generale, in presenza di El Nino, in particolare da febbraio a novembre e un aumento si manifesta in gennaio e dicembre. I valori anomali delle precipitazioni si verificano nel mese di gennaio,

Comportamenti mensili temperatura media e minima, con e senza bambini sono simili in aumento i valori da luglio a febbraio e in diminuzione da marzo a giugno, come la temperatura massima è aumenta man mano che aumenta la grandezza di El Niño, essendo più alto per ottobre. In relazione alle minime temperature non c'è differenza significativa con o senza El Niño.

È stata fissata a 95% che v'è una significativa relazione negativa tra ICEN e precipitazioni, con il grado di correlazione del 59.35%, è stato anche determinato che non v'è alcuna relazione tra la temperatura minima e ICEN, c'è rapporto tra la media temperatura e il grado ICEN essendo correlazione 93.88% esistente ICEN rapporto tra la temperatura massima e con un grado di 99.62% correlazione. In relazione al comportamento dell'ICEN, è dato che maggiore è la sua grandezza nella sua calda condizione, tanto più dura.

PAROLE CHIAVE: El Niño Phenomenon, Variabilità del clima, Anomalie, temperatura, precipitazioni.



PRESENTACIÓN

SEÑOR, DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:

En cumpliendo al Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina del Cusco, es grato dirigirme a ustedes para presentar y poner a vuestra consideración la tesis intitulada: “FENOMENO EL NIÑO Y SU RELACIÓN CON LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO 1964 – 2014”, para optar al Grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

El presente trabajo de investigación, se realizó con el propósito de establecer la relación que existe entre el FENOMENO EL NIÑO Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO 1964 – 2014, el mismo que servirá como referente para futuras investigaciones sobre la influencia entre ambas variables estudiadas.

Presento el siguiente trabajo de investigación con la finalidad de contribuir en el conocimiento del comportamiento y cambios en la variabilidad climática de la provincia del Cusco ante la presencia del fenómeno El Niño costero, así mismo enriquecer la literatura existente sobre el tema de si ambas variables se relacionan o no.

La tesista



ÍNDICE

DEDICATORIAii

AGRADECIMIENTOiii

RESUMENiv

ABSTRACTv

PRESENTACIÓN.....vii

ÍNDICE DE TABLASxi

ÍNDICE DE FIGURASxiii

CAPITULO I 1

INTRODUCCIÓN 1

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 1

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 4

 1.2.1. PROBLEMA GENERAL 4

 1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS 4

1.3. JUSTIFICACIÓN..... 4

 1.3.1. CONVENIENCIA..... 4

 1.3.2. RELEVANCIA SOCIAL 5

 1.3.3. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS..... 5

 1.3.4. VALOR TEORICO. 5

 1.3.5. UTILIDAD METODOLOGICA 5

1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN 6

 1.4.1. OBJETIVO GENERAL 6

 1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 6

1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO..... 6

 1.5.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL..... 6

 1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL..... 7

CAPITULO II 8

MARCO TEORICO..... 8

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO..... 8

 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES..... 8

 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES. 15

2.2. BASES TEORICAS..... 20

 2.2.1 BASES TEORICAS DEL FENOMENO EL NIÑO 20

 2.2.2 BASES TEORICAS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA..... 34



2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS 43

2.4. HIPOTESIS DE ESTUDIO 46

 2.4.1. HIPOTESIS GENERAL 46

 2.4.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS 46

2.5. VARIABLES DE ESTUDIO 46

 2.5.1 IDENTIFICACION DE VARIABLES 46

 2.5.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 47

CAPITULO III 48

METODO 48

3.1. ALCANCE DE ESTUDIO. 48

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 48

3.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO 49

 3.3.1 POBLACIÓN..... 49

 3.3.2 MUESTRA..... 49

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 49

 3.4.1 TECNICA..... 49

 3.4.2 INSTRUMENTOS 49

3.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS 50

3.6. PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS 50

CAPITULO IV 53

RESULTADOS 53

4.1 ANALISIS DEL FENOMENO EL NIÑO..... 53

 4.1.1 COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE COSTERO EL NIÑO (ICEN) EN EL PERIODO: 1964 – 2014..... 53

4.2. VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA PROVINCIA DE CUSCO, 1964 – 2014. 58

 4.2.1. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN CON Y SIN PRESENCIA DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO: 1964 – 2014..... 58

 4.2.2. COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA CON Y SIN PRESENCIA DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO: 1964 – 2014 66

4.3. RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE COSTERO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO Y LA PRECIPITACIÓN FLUVIAL EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO 1964 – 2014 91

4.4. RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE COSTERO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO Y LA TEMPERATURA EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO 1964 – 2014. 93

 4.4.1 RELACION ENTRE EL ICEN Y TEMPERATURA MEDIA. 93

 4.4.2 RELACION ENTRE EL ICEN Y TEMPERATURA MÁXIMA..... 95



4.4.3 RELACION ENTRE EL ICEN Y TEMPERATURA MÍNIMA 97

DISCUSION..... 100

CONCLUSIONES 109

SUGERENCIAS..... 111

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 112

ANEXO I: MAPA DE MULTIPELIGROS DE CUSCO 115

ANEXO II: ZONAS CON DESLIZAMIENTOS Y FLUIDOS DE LODO EN LA PROVINCIA DE CUSCO 116

ANEXO III: TIPOS DE SUELOS EN LA PROVINCIA DE CUSCO 117

ANEXO IV: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS 118

FICHAS DE REGISTROS DE VARIABILIDAD CLIMATICA, INDICADOR: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL..... 118

FICHAS DE REGISTROS DE VARIABILIDAD CLIMATICA, INDICADOR: TEMPERATURA MÍEDIA MENSUAL Y ANUAL 119

FICHAS DE REGISTROS DE VARIABILIDAD CLIMATICA, INDICADOR: TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL Y ANUAL 120

FICHAS DE REGISTROS DE VARIABILIDAD CLIMATICA, INDICADOR: TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL Y ANUAL 121

FICHAS DE REGISTROS DE VARIABILIDAD CLIMATICA, INDICADOR: ICEN..... 122

ANEXO V: BASE DE DATOS..... 123

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL, Granja Kayra – 113129..... 123

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, Granja Kayra – 113129 124

TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL, Granja Kayra – 113129 125

TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL, Granja Kayra – 113129..... 126

ICEN MENSUAL..... 127

ANEXO VI: MATRIZ DE CONSISTENCIA 128



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características de dos episodios extraordinarios de El Niño en el Perú.	... 27
Tabla 2	Manifestaciones generales de El Niño.	... 27
Tabla 3	Categorías de la magnitud de El Niño y La Niña, según ONI.	... 29
Tabla 4	Categorías de la magnitud de El Niño, según ICEN	... 30
Tabla 5	Impactos positivos y negativos de El Niño.	... 33
Tabla 6	Operacionalización de variables	... 47
Tabla 7	Hipótesis estadísticas formuladas según la hipótesis específicas planteadas	... 51
Tabla 8	Ocurrencia de El Niño desde 1964 al 2014 de acuerdo al ICEN	... 54
Tabla 9	Valores promedios del ICEN en sus diferentes categorías de El Niño desde 1964 al 2014	... 57
Tabla 10	Comparación de promedios para la Precipitación con Niño y condición neutra.	... 59
Tabla 11	Valores promedios de las precipitaciones en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.	... 61
Tabla 12	Prueba de Tukey de comparación de promedios de las precipitaciones en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.	... 62
Tabla 13	Comparación de promedios para la Temperatura Media con Niño y condición neutra.	... 67
Tabla 14	Valores promedios de las temperaturas medias en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.	... 70
Tabla 15	Prueba de Tukey de comparación de promedios de las temperaturas medias en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.	... 71
Tabla 16	Comparación de promedios para la Temperatura Máxima con Niño y condición neutra.	... 75



Tabla 17	Valores promedios de las temperaturas máximas en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.	... 78
Tabla 18	Prueba de Tukey de comparación de promedios de las temperaturas máximas en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.	... 79
Tabla 19	Comparación de promedios para la Temperatura Mínima con Niño y condición neutra.	... 83
Tabla 20	Valores promedios de las temperaturas mínimas en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.	... 86
Tabla 21	Prueba de Tukey de comparación de promedios de las temperaturas máximas en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.	... 87
Tabla 22	Análisis de Varianza para el ICEN y la precipitación	... 91
Tabla 23	Coeficientes del modelo de regresión para el ICEN y la precipitación	... 92
Tabla 24	Análisis de Varianza para el ICEN y temperatura media	... 93
Tabla 25	Coeficientes del modelo de regresión para el ICEN y temperatura media	... 94
Tabla 26	Análisis de Varianza para el ICEN y la temperatura máxima	... 95
Tabla 27	Coeficientes del modelo de regresión para el ICEN y la temperatura máxima	... 96
Tabla 28	Análisis de Varianza para el ICEN y la Temperatura Mínima.	... 97
Tabla 29	Coeficientes del modelo de regresión para el ICEN y la Temperatura Mínima	... 98



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	1	Regiones Niño en el Pacífico Ecuatorial	... 22
Figura	2	Anomalías de la TSM en las Regiones Niño.	... 31
Figura	3	Ocurrencia y duración de El Niño desde 1964 al 2016.	... 55
Figura	4	Comportamiento del ICEN desde 1964 al 2016.	... 56
Figura	5	ICEN con in presencia de El Niño y condición neutra, desde 1964 al 2016.	... 57
Figura	6	Precipitación total mensual con y sin presencia de El Niño de la provincia de Cusco desde 1964 al 2016.	... 58
Figura	7	Diagrama de cajas para la precipitación con y sin presencia de El niño (neutro) desde 1964 al 2016.	... 60
Figura	8	Precipitación total Promedio con y sin presencia de El niño de acuerdo a sus diversas magnitudes, desde 1964 al 2016.	... 61
Figura	9	Precipitación Multianual Mensual Sin y con Presencia de El Niño.	... 63
Figura	10	Anomalías de la Precipitación en presencia de El Niño desde 1964.	... 65
Figura	11	Comportamiento mensual de las anomalías de la Precipitación multianual en presencia de El Niño.	... 65
Figura	12	Temperaturas Medias mensuales de la provincia de Cusco Con y Sin presencia de El niño desde 1964 al 2016.	... 67
Figura	13	Diagrama de cajas para el promedio de temperaturas medias con Niño y condición Neutra.	... 69
Figura	14	Promedio de Temperaturas medias, con Niño y condición	... 70



neutra.

Figura	15	Temperatura media multianual mensual en condición neutra y con Presencia de El Niño	... 72
Figura	16	Anomalías de la Temperatura Media en presencia de El Niño desde 1964.	... 73
Figura	17	Comportamiento mensual de las anomalías de la Temperatura Media multianual en presencia de El Niño.	... 74
Figura	18	Temperatura Máximas mensuales de la provincia de Cusco Sin y Con presencia de El niño desde 1964 al 2016	... 75
Figura	19	Diagrama de cajas para la temperatura máxima con y sin presencia de El niño desde 1964 al 2016.	... 77
Figura	20	Promedio de las Temperaturas Máximas Sin y Con presencia del fenómeno de El niño en sus diversas magnitudes, desde 1964 al 2016.	... 78
Figura	21	Temperatura máxima multianual mensual en condición neutra y con Presencia de El Niño	... 80
Figura	22	Anomalías de la Temperatura Media en presencia de El Niño desde 1964.	... 81
Figura	23	Comportamiento mensual de las anomalías de la Temperatura Máxima multianual en presencia de El Niño	... 82
Figura	24	Temperaturas Mínimas Absolutas mensuales de la provincia de Cusco Con y Sin presencia de El niño desde 1964 al 2016.	... 83
Figura	25	Diagrama de cajas para la temperatura mínima con y sin presencia de El niño desde 1964 al 2016.	... 85
Figura	26	Promedio de las Temperaturas Mínimas Sin y Con presencia del fenómeno de El niño desde 1964 al 2016.	... 86



Figura	27	Temperatura mínima multianual mensual en condición neutra y con Presencia de El Niño.	... 88
Figura	28	Anomalías de la Temperatura Mínima en presencia de El Niño desde 1964.	... 89
Figura	29	Comportamiento mensual de las anomalías de la Temperatura Mínima multianual en presencia de El Niño.	... 90
Figura	30	Ajuste de relación lineal entre la precipitación y el ICEN (Neutro, Cálido débil, moderado, fuerte y extraordinario.	... 92
Figura	31	Ajuste de relación lineal entre la temperaturas medias y el ICEN	... 95
Figura	32	Ajuste de relación lineal entre la temperatura máxima y el ICEN	... 97
Figura	33	Ajuste de relación lineal entre la precipitación y el ICEN.	... 99



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad a nivel mundial, nacional y local se evidencia una variabilidad climática que se manifiesta como la presencia de un clima anómalo y a veces extremo, sea por causas naturales como el fenómeno El Niño o antrópicos como los generados por los estados industrializados, que viene causando impacto social, económico, cultural, científico o político.

Un fenómeno natural como “El Niño” aparentemente produce variabilidad climática, según Jorge Carrasco, meteorólogo chileno quien participó en la elaboración del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), explicó que “cuando se habla de cambio climático, se hace referencia a tendencias, por ejemplo, el estado actual del clima puede cambiar a uno nuevo, mientras que el fenómeno El Niño es una variabilidad natural, por lo tanto no existe una relación de causa y efecto entre ambos; sin embargo sí se puede hablar de predisposiciones” y lo que cambiará en el futuro es la intensidad y frecuencia del desarrollo de los mismos.

Según Rodney Martínez, director internacional del Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño (CIIFEN), indica que “Actualmente El Niño presenta y continúa presentando eventos extremos, algunos inéditos, como la ocurrencia de 5 ciclones tropicales de gran intensidad en el Pacífico en octubre del 2015, que afortunadamente se desarrollaron en mar abierto. De igual manera no dejan de sorprender las sequías que han sido excepcionalmente severas en Centroamérica, Costa



del Caribe de Colombia y Venezuela. Las precipitaciones ocurridas a fines de 2015 en Paraguay, norte de Argentina y sur de Brasil también marcan extremos. Hay un punto de convergencia que podría ser una gran evidencia para relacionar el Niño con el cambio climático y es la ocurrencia de eventos extremos”, sostiene Martínez, sin embargo, también afirma que si bien se sigue acumulando evidencia de la relación entre el Niño y el cambio climático, no se puede todavía afirmar nada, ya que se debe tomar en cuenta otros factores que corresponden a la variabilidad climática natural.

Según Elizabeth Silvestre, doctora en meteorología y responsable del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC - PERU), manifiesta que “Un incremento de la temperatura a nivel global, provocado por el cambio climático, tiene como consecuencia un calentamiento de la superficie del océano. Es probable que debido a ese calentamiento del mar, el fenómeno El Niño tienda a producirse con mayor frecuencia. Sin embargo, hasta la fecha, no hay suficientes estudios para demostrar claramente esta relación”.

El desarrollo de los episodios de El Niño ha producido alteraciones en las condiciones meteorológicas del territorio nacional y también del local, provocando anomalías en el comportamiento de las lluvias y temperaturas del aire de la provincia del Cusco. Es así que este fenómeno ha causado desastres en esta comunidad como deslizamientos de tierra y lodo, pues como muestra el anexo I del Centro de estudios y prevención de desastres CEPRED, la provincia es una zona propensa a deslizamientos, derrumbes, huaycos e inundaciones, existiendo grandes zonas de deslizamientos en San Sebastián y Santiago y zonas de fluidos de lodo en Saylla (anexo II – INDECI) que corresponden a las zonas urbano - marginales o rurales, que en la actualidad son ocupados por una gran población de la provincia del Cusco o en su defecto están siendo lotizados para viviendas, lo que también es un peligro por el tipo de suelo, ya que estas zonas de expansión están catalogadas con un tipo de suelo grava (anexo III) que solo permiten alcanzar una profundidad máxima de 1m en una excavación en pared vertical pues el terreno se agrieta y sobreviene el derrumbamiento, en



consecuencia no se pueden construir viviendas de material noble y de ser así implicaría un gran riesgo en presencia de El Niño en los meses que se incrementa la precipitación produciendo pérdidas de dichas viviendas y perdidas económicas.

Un ejemplo de los daños que produjo El Niño del 2015-2016 en las trece provincias del Cusco, fue reportado por la Dirección Regional de Agricultura, donde en algunas hubo sequias y en otras huaicos e inundaciones provocando 1,137 hectáreas de tierras de cultivo dañadas y otras tantas afectadas, ello en los distritos de Anta, Zurite, Santo Tomás, Livitaca, Paruro, Huanquite, y Vilcabamba, principalmente.. Así mismo se registró 42 mil 446 familias afectadas y 125 damnificadas, 1163 viviendas afectadas y 82 destruidas, registradas en el Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci).

Otro evento que produjo una gran pérdida económica fue El Niño 1997-1998, que causó el incremento de precipitación entre enero y febrero de 1998 produciendo los deslizamientos de lodo que sepultó la central hidroeléctrica cerca de Machu Picchu, arrasando viviendas, puentes, carreteras, tal que en menos de 48 horas el río Vilcanota incrementó su caudal en más del 50%, estimándose las pérdidas en unos 200 millones de dólares.

Tomando en cuenta lo anterior y que el Niño es un fenómeno natural que produce impactos en el mundo, en la región Cusco y por ende en la Provincia del Cusco y que las tendencias de este fenómeno a futuro serán más frecuentes, se propuso realizar un estudio para determinar si hay relación entre la presencia de El Niño con las variables climáticas de temperatura y precipitación que se dan en la Provincia del Cusco, considerándose como indicador de este fenómeno el Índice Costero El Niño denominado ICEN, que toma como referencia la temperatura superficial del mar en las zonas costeras del Perú y Ecuador conocido como Niño 1 y Niño 2, este índice fue determinado por El Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) para definir la ocurrencia y magnitud del fenómeno en la región costera del Perú. Como indicadores de



la temperatura se tomó la temperatura media, máxima y mínima y como indicador de la precipitación la precipitación total mensual.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema planteado en el presente trabajo de investigación es:

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es relación entre el índice costero El Niño y la variabilidad climática en la provincia de Cusco, 1964 – 2014?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

1. ¿Cuál es el comportamiento del índice costero de El Niño en el periodo: 1964 – 2014?
2. ¿Existe diferencias en el comportamiento de la precipitación con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014?
3. ¿Existe diferencias en el comportamiento de la temperatura con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014?
4. ¿Qué tipo de relación existe entre el índice costero del fenómeno de El Niño y la precipitación fluvial en la provincia de Cusco, periodo 1964 – 2014?
5. ¿Qué tipo de relación existe entre el índice costero de El Niño y la temperatura en la provincia de Cusco, periodo 1964 – 2014?

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. CONVENIENCIA

Considerando que el fenómeno de El Niño es un evento periódico que presenta cambios en su intensidad y que sus efectos repercute directamente sobre los recursos económicos de la población como la presencia de áreas de cultivo, patrimonios turísticos, y que son fuentes de ingreso de la población, se propuso realizar el estudio de como son los cambios en la



variabilidad climática por efecto de la presencia del fenómeno de El Niño, dicho estudio nos proporciona una visión del comportamiento sobre la variación o cambios de la temperatura y precipitación en la zona propuesta..

1.3.2. RELEVANCIA SOCIAL

El estudio de como son los cambios en la variabilidad climática por efecto de la presencia del fenómeno de El Niño, nos permite elaborar programas de prevención y adaptación más acertada que ayuden a la mitigación ante los daños que los fenómenos hidrometeorológicos pudieran ocasionar a la sociedad sea en: turismo, salud y conservación.

1.3.3. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

Esta información lo pueden usar los gobiernos regionales, municipales, para tomar decisiones sobre medidas preventivas y correctivas, el cual se fundamentará en estrategias planificadas orientadas a reducir los costos económicos y sociales, mitigando la serie de impactos e inconvenientes que surgen a consecuencia de las alteraciones climáticas.

1.3.4. VALOR TEORICO.

El desarrollo del trabajo pretende estimar una ecuación matemática que represente la relación entre el valor de la temperatura con el ICEN y del valor de la precipitación con el ICEN.

1.3.5. UTILIDAD METODOLOGICA

La obtención de información de la precipitación y temperatura corresponde a las estación meteorológica ubicada en la Provincia de Cusco, (observatorio de Kayra - 113129), obtenida de la base de datos del SENAMHI y los valores del ICEN corresponden al brindado por el Instituto Geofísico del Perú. La disponibilidad de estos datos ayuda a la predicción del comportamiento climatológico ante la presencia de El Niño, mediante relaciones matemáticas que pueden ser alimentados con esa información, cuyos resultados serían más confiables y servirían como herramientas para determinar si los cambios que suceden en estas zonas se pueden considerar como



variaciones aleatorias naturales o si existe influencia directa de la presencia del fenómeno del niño.

1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al problema de investigación se plantea el siguiente objetivo de investigación:

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la relación entre el índice costero El Niño y la variabilidad climática en la Provincia de Cusco, 1964 – 2014.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir el comportamiento del índice costero de El Niño en el periodo: 1964 – 2014.
2. Establecer diferencias en el comportamiento de la precipitación con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014.
3. Determinar diferencias en el comportamiento de la temperatura con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014.
4. Determinar qué tipo de relación existe entre el índice costero del fenómeno de El Niño y la precipitación fluvial en la provincia de Cusco, periodo 1964 – 2014.
5. Determinar qué tipo de relación existe entre el índice costero de El Niño y la temperatura en la provincia de Cusco, periodo 1964 – 2014.

1.5. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

1.5.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

El estudio se realizó para la provincia del Cusco, siendo una de las trece provincias que conforman el Departamento del Cusco. Limita por el norte con la provincia de Calca y la provincia de Urubamba, por el este con la provincia de Quispicanchi, por el sur con la provincia de Paruro y al oeste



con la provincia de Anta. Comprende los Distritos: de Cusco, Ccorca, Poroy, San Jerónimo, San Sebastián, Santiago, Saylla, Wanchaq. Los datos corresponde a la estación de datos meteorológicos de la granja Kayra – 113129, localizada a Latitud: 13° 33' 24", Longitud: 71° 52' 30" a 3219 m.s.n.m Departamento: CUSCO, Provincia: CUSCO, Distrito: SAN JERONIMO.

1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL.

El estudio se realizará para el periodo 1964 – 2014, Siendo los tiempos correspondientes a las ocurrencias del fenómeno El Niño según el Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN): 1965, 1969, 1972-73, 1976, 1982-83, 1986-87, 1991-92, 1993, 1994, 1997-98, 2002, 2003, 2004, 2006-07, 2008, 2009, 2012, 2014, 2015-16.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

De acuerdo a la búsqueda de información se ha encontrado los siguientes antecedentes:

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

- **Muñoz E., Chiriboga F., Caizaluisa A., Ramirez M. y Carlos M. (2015)**, desarrollaron el trabajo Escenarios Climáticos en presencia de Fenómeno El Niño (FEN) en las Micro-cuencas cuencas Cristal, Potosí, Pechiche y Balsas del Ecuador. Quito, Instituto Espacial Ecuatoriano, Venezuela, Instituto Geográfico Militar, Ecuador: Revista de Climatología Vol. 15, 7-25 ISSN 1578-8768, cuyo objetivo identificar escenarios climáticos en presencia del fenómeno El Niño en las Micro-cuencas cuencas Cristal, Potosí, Pechiche y Balsas del Ecuador, considerando primordialmente el ciclo de estacionalidad de la variable precipitación, así como variaciones y anomalías asociadas con la presencia de El Niño. El diseño metodológico planteado consistió en estudiar el régimen histórico promedio de precipitaciones para definir la estacionalidad en la zona, así como identificar patrones anómalos asociados al Niño durante los años 1982-1983, 1997-1998, 2008 y 2012, para el análisis de anomalías se toma como referencia a los eventos El Niño ocurridos en los años 82-83 y 97-98, esto debido al alto impacto que generaron estos eventos en el ecuador (CAF, 2000) y a nivel global.

De este análisis se obtuvo que para El Niño 82-83, los niveles de precipitaciones correspondientes al período enero-julio de 1982 son



notablemente inferiores a la media histórica, y a partir de septiembre las precipitaciones aumentan de forma monótona hasta alcanzar en diciembre un valor acumulado mensual superior a 480mm, por otra parte en 1983 las precipitaciones mensuales acumuladas entre enero y abril presentaron un promedio de 500 mm, lo cual representa un aumento superior al 66,6% respecto a la tendencia histórica registrada por la estación. En referencia al Niño 97-98 es importante destacar que las tendencias estacionales en los niveles de precipitación presentan similitudes con el Niño 82-83. Por ejemplo, en 1997 los niveles de precipitación mostraron un comportamiento cercano a la media histórica hasta el mes de junio, donde inicia un proceso de aumento de precipitación hasta alcanzar valores superiores a los 400mm durante noviembre y diciembre. Ahora bien, en 1998 se observaron niveles de precipitaciones superiores a la media histórica para los meses de enero a mayo y un descenso en los niveles de precipitaciones a partir de junio, de tal forma que a excepción de algunas anomalías puntuales los patrones de precipitación mensual acumulada. Estos resultados revelaron una clara incidencia de aumento de tasa de precipitación media mensual en el área de estudio cuando existe la presencia de El Niño la cual está directamente relacionada con el incremento en el nivel de caudal medio de los ríos relacionados con los cuatro microcuencas.

Estos resultados revelaron una clara incidencia de aumento de tasa de precipitación media mensual en el área de estudio cuando existe la presencia de El Niño, la cual está directamente relacionada con el incremento en el nivel de caudal medio de los ríos relacionados con las cuatro microcuencas. Los resultados más relevantes del proceso de análisis se resumen en la definición de estacionalidad de las diferentes estaciones consideradas, detección de principales anomalías en las series temporales, evaluación de dichas anomalías y en los casos donde fue posible análisis de interconexión con los perfiles de temperatura media, mínima y máxima. A partir del análisis gráficas en periodo de El Niño del año 1982 se presentaron 3 períodos distinguibles, el primer período comprendido entre enero y abril, en el cual la temperatura media disminuye monótonamente de 13,44 a 6,04 °C, la temperatura máxima no presentó mayores desviaciones respecto a la



máxima histórica y presento valores cercanos a los 18 °C, al igual que la mínima cuya tendencia fue similar a la mínima histórica y fluctuó cerca de los 10 °C. El segundo período corresponde al intervalo de mayo a agosto, que se caracterizó por un incremento constante y atípico de la temperatura media, crecimiento suave de la temperatura máxima, y decrecimiento de la temperatura mínima, resaltando el hecho de que en los tres casos se registraron valores superiores a los valores históricos. El tercer período corresponde al cuatrimestre final del año, en el cual la temperatura media y máxima no presentaron diferencias relevantes respecto a las tendencias históricas, a diferencia de la temperatura mínima que presentó un incremento constante hasta alcanzar en diciembre valores superiores a la temperatura máxima histórica. Se puede resaltar a partir de este análisis de temperatura que las anomalías de precipitaciones observadas entre septiembre y diciembre de 1982, están altamente relacionadas con el incremento en temperatura mínima para la fecha. Por su parte, en el año 1983 se registraron tendencias erráticas en la temperatura media, que desde el punto de vista de crecimiento se puede separar en 3 periodos distintos, de forma similar como se realizó con 1982. El primer cuatrimestre del año se caracterizó por temperaturas medias inferiores al registro histórico, pero con una temperatura máxima que fija un record histórico mensual en la estación al alcanzar en marzo una temperatura de 20,26 °C, por otra parte la temperatura mínima presentó valores superiores a la tendencia histórica para todo el año. Este incremento de temperatura máxima en el mes de marzo está relacionado con el pico de precipitación observado por esta estación en este mes.

El segundo cuatrimestre del año 1983 se caracterizó por un incremento importante de la temperatura media, y un crecimiento suave en la temperatura máxima, a lo cual se atribuye eventos de precipitaciones con intensidades superiores a las promedios. En el tercer período, la temperatura máxima retoma su tendencia normal, lo cual trajo consigo la regularización de los niveles de precipitaciones observados para finales del año. Para los años 1997 y 1998 no se evidencian anomalías relevantes en temperatura. En 2012, la temperatura media estuvo asociada a valores bajos respecto al



histórico, la máxima estuvo dentro de la media del histórico de la estación durante todo el año, mientras que la temperatura mínima presento records en valores máximo a excepción de mayo, junio y julio donde presentó valores promedios normales. Es importante destacar que la temperatura no es suficiente para describir o definir un escenario de anomalía, permite detectar escenarios de alertas.

- **Paolin J. Felipe J. y Sureda B. (2012)**, desarrollaron el trabajo Influencia del fenómeno El Niño - La Niña / Oscilación Sur (ENOS) y de la temperatura del Atlántico norte en los caudales del Río Caura, Guayana Venezolana. Este trabajo estudia la Influencia del fenómeno El Niño - La Niña / Oscilación Sur (ENOS) y de la temperatura del Atlántico norte en los caudales del Río Caura, Guayana Venezolana analiza 33 años (1971-2003) de una serie de tiempo de caudales con una estacionalidad muy marcada. Los datos provienen de tres estaciones hidrométricas ubicadas en la cuenca del Río Caura. Se analiza la influencia del fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENOS) y las anomalías de las temperaturas del océano Atlántico Tropical sobre los caudales del río.

Para el análisis de las relaciones entre el fenómeno ENOS y la serie de caudales se utilizan los índices ONI y MEI. La exploración de las singularidades en los datos se realizó utilizando una segmentación de las series de tiempo basada en el índice ONI. La segmentación de la series de tiempo permite detectar relaciones específicas entre el caudal y cada una de las fases del fenómeno del Niño. La relación entre los caudales y el índice ONI para cada uno de los eventos detectados se hizo a partir de la segmentación de la serie de tiempo y se encontró utilizando el coeficiente de correlación r de Pearson. Para determinar si los eventos detectados tienen una influencia sobre el caudal del río se realiza un análisis de varianza (ANOVA). Este análisis permitió determinar si existen diferencias significativas en los caudales promedio de los eventos que surgen del proceso de segmentación. Para cada una de las estaciones se realizó el ANOVA y se determinó si los promedios del caudal durante las fases cálida 'W', fría 'C' y neutral 'N' son iguales. La Relación múltiple entre los caudales, el fenómeno ENOS y las temperaturas del Atlántico Tropical (TNAI) En este

sentido, se realizó una relación lineal múltiple para determinar la influencia 'simultánea' del fenómeno ENOS y de las temperaturas del océano Atlántico Tropical.

Del estudio se determinó que la detección de cada evento de El Niño de un modo directo es posible a partir de la segmentación de las series de tiempo, pues la influencia del fenómeno sobre los caudales es únicamente durante su período de duración, no existen diferencias significativas entre los promedios de los caudales para los eventos analizados. El análisis entre el índice ONI con un retardo de un mes y la respuesta hidrológica se muestran más homogéneos en signo y magnitud que cuando se relacionan estas variables sin considerar el retardo. El índice MEI valida parcialmente los resultados que se generan a partir de la segmentación-ONI. El índice MEI en algunos casos se comporta independientemente arrojando coeficientes de correlación de signo opuesto a los encontrados mediante el índice ONI

- **Puertas O., Carvajal Y. (2008)**, desarrollaron el trabajo Incidencia de El Niño-Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer - Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, No 23 Esta investigación utilizó el Climate Explorer para establecer relaciones lineales entre la precipitación y la temperatura media del aire de Colombia, de forma anual y trimestral con variables asociadas a El Niño Oscilación Sur (ENOS), entre 1975-2000. Las variables macroclimáticas de ENOS utilizadas en este estudio fueron: (i) la Temperatura en el Superficie del Mar (TSM), definida como la anomalía mensual de esta variable en cuatro sectores del océano Pacífico alrededor de la línea ecuatorial, denominadas en orden de este a oeste: NIÑO 4, NIÑO 34, NIÑO 3, NIÑO 12; un índice de TSM alto (positivo) indica la ocurrencia de El Niño (fase cálida); (ii) el Índice de Oscilación del Sur (IOS), que se define como la diferencia de las anomalías mensuales de presión atmosférica estandarizadas entre un centro de alta presión en Tahití (17 oS, 150oO) y un centro de baja presión cerca de Darwin (12o S, 131o E) y (iii) el Índice Multivariado de ENOS (IMENSO) el cual relaciona las principales variables en el océano Pacífico: presión a nivel del mar, componentes zonal y meridional de los vientos de superficie, temperatura de la superficie del



mar, temperatura del aire en la superficie y nubosidad; valores positivos del IMENSO se relacionan con El Niño.

El análisis de correlación cruzada se usó para medir el grado de asociación lineal entre dos variables y se refiere al grado de variación conjunta que existe entre las variables relacionadas. Se estimaron coeficientes de correlación de Pearson por ser el más utilizado para estudiar el grado de relación lineal que existe entre dos variables cuantitativas, relacionando la precipitación y la temperatura media del aire en Colombia con variables macro climáticas asociadas al ENOS: el IOS y la TSM en las regiones NIÑO 12, NIÑO 3, NIÑO 34 y NIÑO 4. Las escalas temporales multianuales estudiadas fueron: anual acumulada, anomalías anuales y trimestral conforme al régimen climático del país (DEF, MAM, JJA y SON), para el período de estudio entre los años 1975 y 2000.

Del estudio se determinó que al centro, norte y occidente del país de Colombia, El Niño en su fase cálida trae disminución de lluvias e incrementa la temperatura, lo contrario sucede durante La Niña. Mayores correlaciones significativas se obtuvieron con períodos trimestrales (principalmente en DEF) y rezagos alrededor de cero; éstas decaen en el trimestre MAM de las variables climatológicas; entre la precipitación y el índice IMENSO se obtuvieron mayores coeficientes en DEF ($r=-0.44$). Existe mayor incidencia de ENOS en la temperatura del aire: con la TSM presentó correlaciones promedio de 0.41, comparado con la precipitación de -0.18; y con el IOS se obtuvo un promedio de -0.38 y 0.17 con cada variable respectivamente. En Colombia las correlaciones de la temperatura del aire presentaron menor variación en los coeficientes de correlación con la TSM y el IOS comparadas con la precipitación, representando mayor variabilidad en la precipitación. Las variaciones de las correlaciones en la temperatura están marcadas principalmente por factores determinantes como las características fisiográficas del país. El fenómeno ENOS tiene mayor incidencia sobre la variabilidad intranual de la precipitación y la temperatura media del aire, principalmente en el trimestre DEF. Las mayores correlaciones de las variables climáticas con la TSM se obtuvieron con las regiones NIÑO 4 y NIÑO 34; se observó baja correlación con la variable NIÑO 12. La TSM



representa la mayor incidencia de ENOS sobre Colombia, según lo mostraron los coeficientes de correlación que se aproximaron a los mayores obtenidos con el IMENSO, el cual reúne seis variables del fenómeno ENOS.

- **Montealegre J.(2009)**, desarrollo el trabajo Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala. En este trabajo se estudia la variabilidad climática de la precipitación en puntos estratégicos de la geografía nacional de Colombia asociada con procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala. Se identifican y analizan los índices que caracterizan procesos físicos que se desarrollan en el seno del océano y la atmosfera a escala regional, hemisférica y global, a efecto de identificar algún tipo de causalidad con la variabilidad estacional e interanual de la precipitación en Colombia. Identificadas dichas relaciones se propone un esquema de predicción climática con el propósito de contribuir con un método objetivo, el Análisis Compuesto.

Al termino del trabajo se corrobora mediante técnicas estadísticas de tipo exploratorio y multivariado los planteamientos teóricos sobre el funcionamiento de los procesos de interacción océano-atmósfera, en los océanos Pacífico tropical y Atlántico Norte y Sur. Se logró establecer que la señal inducida por El Niño, La Niña – Oscilación del Sur es la más destacada dentro de la variabilidad interanual de los océanos y alcanza a ser representada en forma clara cuando se analiza globalmente la banda tropical. Se determinó que el comportamiento del patrón pluviométrico de Colombia está muy influenciado por la variabilidad interanual de los procesos de interacción entre el océano y la atmósfera del océano Pacífico Tropical, en menor grado por los del océano Atlántico Norte y en forma casi imperceptible por los del océano Atlántico Sur. En el sector correspondiente al Atlántico Norte extratropical no se observa un patrón definido de asociación entre las variables estudiadas, a pesar de que durante algunos meses en particular, se percibe cierto grado de asociación, pero de signos alternos. En términos generales, se puede concluir que mediante el análisis de las anomalías mensuales de la precipitación registrada en las estaciones



seleccionadas no se pudo establecer ninguna influencia de la NAO sobre la variabilidad de las mismas.

En general, se logró establecer que no existe una relación definida entre las anomalías mensuales de precipitación y las anomalías de la estructura térmica superficial de los dipolos analizados, es decir, estos no explican la variabilidad de las lluvias en Colombia. El comportamiento mensual de la precipitación en la Orinoquía y la Amazonía aparece muy bien asociado con la variabilidad del dipolo de humedad relativa en la media troposfera de la Región Amazónica. De igual forma, las lluvias de la región Caribe y norte de la región Andina presentan un buen grado de asociación con este índice, aunque de menor magnitud.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

- **Avalos G., Oria C., Cubas F., Díaz A., Acuña D., Quispe N., Rosas G., Cornejo A., Solís O. y Guerra S. (2011)**, realizaron el trabajo Atlas climático de precipitación y temperatura del aire en la cuenca del río Urubamba - SENAMHI. El objetivo de este trabajo es realizar un análisis global de la precipitación y de la temperatura de toda la cuenca del Río Urubamba con la finalidad de ampliar el conocimiento sobre las características del clima y su evolución, Es así que para el análisis de precipitación y determinar si existe una relación entre las lluvias en el Pacífico tropical que es el área de formación y desarrollo del ENOS con las lluvias en la región sur de Perú (ámbito de la cuenca del Urubamba), se ha analizado la primera componente de las denominadas Funciones Empíricas Ortogonales (EOF por sus siglas en inglés) de las ondas largas de radiación (OLR) sobre el Pacífico tropical, (variable utilizada como indicador de la presencia de nubosidad) en el periodo lluvioso enero-marzo. Llegando a concluir que las relaciones son completamente válidas entre las precipitaciones en las regiones de la zona Sur en base a la asociación entre la OLR y precipitación, incluso, a nivel de cuencas y subcuencas. Es así que se obtiene que la correlación entre la TSM de la región Niño-3 (Pacífico ecuatorial central) y las precipitaciones registradas en la granja Kayra es de -0.2; es decir, mayores valores de TSM están asociados a menores precipitaciones en la cuenca. Además se



determinó que hubo una anomalía en la precipitación del 11 % para el año 1997/98 en la estación de la Granja Kcayra es decir durante El Niño 1997/98 la cuenca experimentó una reducción de lluvias del orden de 11%.

En relación a la temperatura durante el año se obtiene que la temperatura máxima presenta dos máximos, uno en mayo y otro en octubre, mientras que los valores mínimos se dan en verano (enero y febrero). Y que la tendencia anual correspondiente a la Granja Kcayra para la temperatura máxima es de 0,5°C/década y de la Temperatura mínima es de 0,2 C/década. Y durante El Niño de 1997/98 la cuenca experimentó, en promedio, un calentamiento neto de + 1 °C y para la granja Kcayra corresponde una anomalía en la temperatura máxima de +1,3 y de la temperatura mínima de +1,1 °C.

Se determinó en este estudio que en la estación de la Granja Kcayra a tendencia de este índice es positiva, pues es la temperatura diurna (Tmáxima) la que se viene incrementando más respecto a la temperatura nocturna (Tmínima),. El incremento del rango diurno en esta estación es del orden de 1 °C.

- **Lagos P., Silva Y. y Nickl E.**, realizaron el trabajo El niño y la precipitación en los andes del Perú (2004). Instituto Geofísico del Perú, Lima. El propósito de esta investigación fue evaluar si existe alguna relación significativa entre las fuertes lluvias y sequías observadas en la región andina del Perú y las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Océano Pacífico ecuatorial, particularmente durante los eventos El Niño. Se seleccionaron en el estudio los datos de precipitación registrados en la región andina desde la década del 50 hasta el 2002 y las series históricas de TSM calculadas en las cuatro regiones geográficas definidas como Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4 en el Pacífico ecuatorial. En el análisis se utilizó la técnica de correlación lineal para establecer la relación precipitación-TSM. Al aplicarse la técnica de correlación lineal a la serie completa de datos, se encontró que las precipitaciones tienden a ser moderadamente mayores/menores que sus promedios multianuales en el extremo norte de la subregión norte, durante los meses de diciembre a enero, neutra en la subregión central y ligeramente menores/mayores que sus promedios en la subregión sur, principalmente en



el mes de febrero, cuando las anomalías de la TSM son positivas/negativas en la región Niño 1+2. Esta relación se atenúa en la subregión norte cuando se considera sucesivamente las regiones Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4, mientras que la relación se acentúa en la región centro y sur cuando se considera sucesivamente las anomalías positivas/negativas de la TSM en las regiones Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4, principalmente en febrero.

Para los años con eventos El Niño, los coeficientes de correlación entre las lluvias en la región andina y los índices para la región Niño 3.4 se asemeja al caso en que se consideran todos los años y la región Niño 1+2, excepto que los índices de correlación son mayores en las subregiones norte y sur. Para el caso de la subregión sur, los máximos valores de correlación ocurren en el mes de marzo. Para los años con eventos fríos, no existe una relación coherente.

En el estudio los índices climáticos de precipitación se obtienen restando su climatología de los valores mensuales. Estos residuos son las anomalías que divididas por su desviación estándar se transforman en anomalías normalizadas y son los que se utilizan como índices climáticos de precipitación. Se aplica la técnica de correlación lineal de Pearson para relacionar los índices de precipitación y los índices de la TSM definidas para las regiones Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4. Se realiza el análisis primero considerando todos los años y luego considerando los años identificados con eventos El Niño de acuerdo a las definiciones de SCOR (SCOR, 1983) y de la NOAA (2002).

Los principales resultados de este estudio indican que las variaciones en la estacionalidad de las precipitaciones en la región de los Andes Peruanos no están relacionadas con las anomalías del mar en el Pacífico ecuatorial durante los años con anomalías del mar con intensidad hasta moderada, excepto en el extremo norte de la sierra norte cuando el calentamiento del mar se manifiesta frente a la costa norte, y en la sierra central y sur cuando el calentamiento se manifiesta en la región del Pacífico ecuatorial central y occidental. Durante los años con eventos El Niño el escenario descrito en líneas arriba se intensifica y la relación con la sierra



sur se desplaza en el tiempo de febrero a marzo. Durante los años con eventos fríos, la relación no es coherente ni en espacio ni en el tiempo.

El comportamiento de las lluvias varían de subregión en subregión, la máxima precipitación del ciclo anual ocurre en enero en la subregión sur, en febrero en la subregión centro y en marzo en la subregión norte. Las variaciones de las precipitaciones en la región de los Andes Peruanos no están relacionadas con las variaciones de la TSM en el Pacífico ecuatorial, excepto en el extremo norte y extremo sur de la sierra durante años con moderadas y fuertes anomalías de la TSM. Existe un desplazamiento temporal de un mes entre la respuesta climática de la subregión sur al calentamiento o enfriamiento moderado en el Pacífico ecuatorial, que se observa en febrero, y la respuesta a los eventos cálidos y fríos que se observa en marzo.

- **SENAMHI - PACC (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología,** en su informe del Programa de Adaptación al Cambio Climático (2012). Caracterización climática de las regiones Apurímac y Cusco. Este estudio muestra el comportamiento promedio estacional y anual de las principales variables climáticas, como son la precipitación, las temperaturas máximas y mínimas del aire, para lo cual se consideró la línea de base climática 1971-2000 y además se desarrolló un análisis de los eventos extremos, como El Niño/Oscilación del Sur (ENSO), ocurridos durante la línea base climática sobre las regiones de estudio, tales como El Niño 1997- 1998 y La Niña 1999-2001. El estudio ha permitido identificar un fuerte gradiente térmico asociado a la diversidad de climas derivado de sus características topográficas variando desde un clima cálido húmedo a muy húmedo en su región selva norte y central oriental, caracterizados por temperaturas que varían entre 20 a 32°C con precipitaciones de 3000 a 8000 mm, hasta climas fríos y semisecos en sus regiones de cordilleras, zona de sierra sur, con temperaturas de -4 a 12°C con precipitaciones de 200 a 1000 mm.

En relación a la temperatura máxima, se determinó que en Otoño y Primavera son las estaciones con mayores valores y distribución espacial de temperatura máxima en ambas regiones. Siendo la primavera más cálida en Cusco que en Apurímac., Invierno es la estación en la que los valores de la



temperatura máxima disminuyen con respecto a otoño. En verano los valores de temperatura máxima disminuyen de manera más acentuada en forma general con respecto a los demás trimestres. Y la distribución de temperaturas mínimas multianual es similar a las máximas observadas en Cusco y Apurímac, igualmente los mayores rangos se encuentran sobre la región Cusco, Verano es la estación con valores de temperaturas mínimas más altas con un rango máximo de 20 y 24°C y un mínimo entre -4 y 0°C, Otoño es la estación donde las temperaturas mínimas inician su decrecimiento, llegando a valores entre -8 y -4°C en Cusco, Invierno es la estación más fría en estas regiones, los valores de temperatura mínima registran valores entre -12 y -8°C.

En relación a la precipitación espacial multianual presenta una distribución diferenciada entre ambas regiones. Mientras que en Cusco la precipitación disminuye de noroeste a sureste, en Apurímac presenta una distribución espacial irregular asociada a sus características geográficas accidentadas. Sobre la región andina de Cusco y Apurímac se presentan menores valores de precipitación de 200 a 1000 mm. Verano es la estación más lluviosa del año tanto en Cusco y Apurímac, las precipitaciones alcanzan valores de hasta los 2000-3000 mm en Cusco y 700-1000 mm en Apurímac. Otoño es la estación de transición al periodo de bajas precipitaciones, los valores más altos llegan entre 1000-1500 mm en la selva de Cusco y en la parte altoandina de Apurímac y Cusco de 200 a 500 mm. Invierno es la estación más seca del año en ambas regiones. La primavera coincide con el inicio del periodo de lluvias, donde se produce un aumento general de las precipitaciones respecto a la estación de invierno. La precipitación en Cusco y Apurímac, en general muestra claramente dos periodos estacionales bien marcados: el periodo lluvioso (verano) y seco o de bajas precipitaciones (invierno).

El fenómeno El Niño y La Niña analizados muestran un marcado impacto sobre las regiones Cusco y Apurímac en relación a los incrementos o disminución de sus temperaturas extremas y la afectación en las cantidades de lluvias totalizadas. • El Niño de 1997-1998 ocasionó el incremento de la temperatura máxima (hasta en 2°C en verano) y mínima

(hasta en 3°C en verano) multianual en general, principalmente en la zona sur este de Cusco y Apurímac, paralelamente las zonas con rangos mínimos de temperatura disminuyen su ámbito en relación a su patrón climático. Las precipitaciones disminuyeron en forma general, tanto en Cusco como en Apurímac.

La tendencia de la precipitación en los últimos cuarenta y cuatro años, viene siendo positiva (aumento) con valores del orden de 0.75 a 6.32 mm/año, en la región Apurímac (Curahuasi y Abancay), y del orden de 0.22 a 2.20 mm/año, en la región Cusco (Urubamba y Cay Cay). La tendencia lineal de la temperatura máxima, en los últimos cuarenta y cuatro años en el periodo anual y las estaciones de otoño y primavera, es positiva o de calentamiento, aunque con valores pequeños variando entre 0.007 y 0.05 °C/año, en Curahuasi, Urubamba, Acomayo, Sicuani, siendo marcadamente significativa en Granja Kcayra,. Mientras que tendencias negativas o de enfriamiento, pero con valores muy pequeños del orden de -0.07 a -0.0002 °C/año se presentan que en Ccatcca, Chalhuanca, siendo significativa en Abancay. La tendencia lineal de la temperatura mínima en los últimos cuarenta y cuatro años en la escala temporal anual y estacional es positiva (calentamiento) en Cusco (Urubamba, Granja Kcayra y Acomayo) con valores del orden de 0.003 a 0.04 °C/año, a excepción de Sicuani (-0.04°C/año). En la región Apurímac (Abancay y Chalhuanca), presenta tendencia negativa (enfriamiento) del orden de -0.06 a -0.01 °C/año, siendo significativa en Abancay.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1 BASES TEORICAS DEL FENOMENO EL NIÑO

2.2.1.1 Ciclo El Niño Oscilación del Sur (ENSO)

Es un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico tropical. En periodos que van de tres a siete años, las aguas superficiales de una gran franja del Océano Pacífico tropical, se calientan o enfrían entre 1 ° C y 3 ° C, en comparación a la normal. Este calentamiento oscilante y el patrón



de enfriamiento, es conocido como el ciclo ENOS (o ENSO por sus siglas en Ingles), afectando directamente a la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y puede tener una fuerte influencia sobre el clima en las otras partes del mundo. El Niño y La Niña son las fases extremas del ciclo ENOS, entre estas dos fases existe una tercera fase llamada Neutral. El ciclo ENOS entero dura generalmente entre 3 y 7 años, y la fase cálida de El Niño suele durar aproximadamente entre 8-10 meses y con frecuencia incluye una fase fría denominada La Niña, que puede ser igualmente fuerte, así también se presenta algunos años que no son anormalmente fríos ni cálidos. Sin embargo, el ciclo no es una oscilación regular como el cambio de estaciones, pudiendo ser muy variable en tanto en la intensidad como en su duración. (Fagan, 2010)

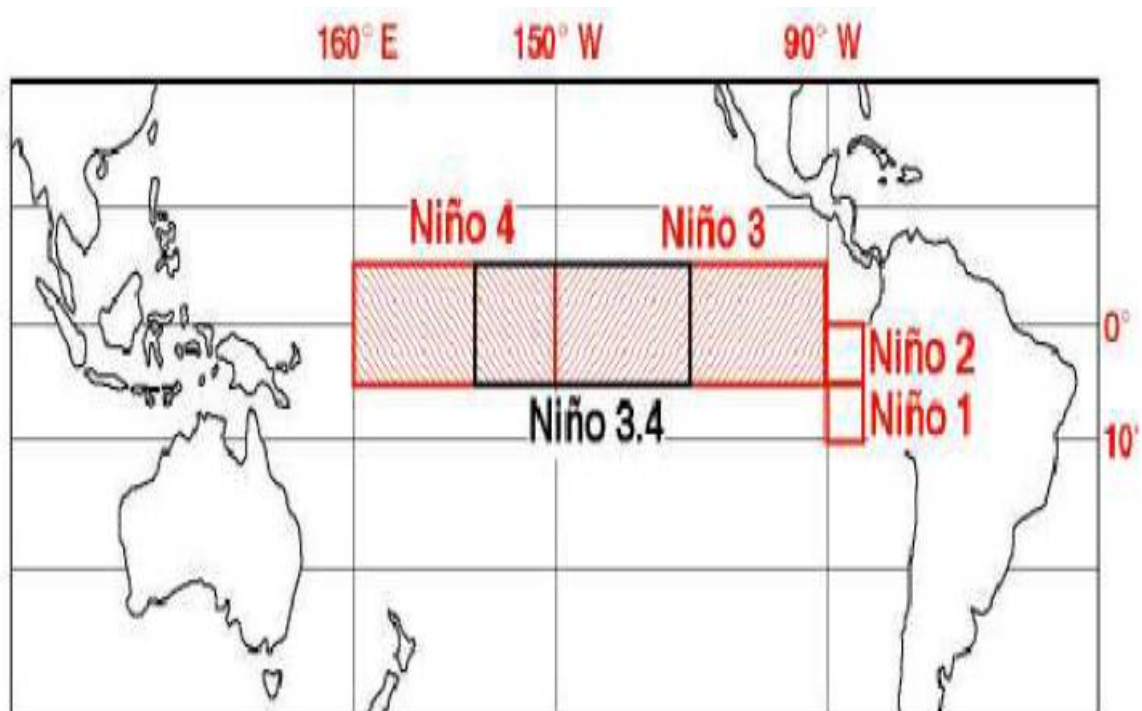
2.2.1.2. El niño

Se denomina "El Niño" a la fase cálida del ciclo ENSO, y se debe distinguir del proceso anual que normalmente se presenta en las proximidades de la Navidad durante la estación de verano austral y se materializa mediante el avance de una corriente de aguas cálidas tropicales de norte a sur a lo largo de la costa norte, a la cual los navegantes del área de Paita, denominaron "Corriente de El Niño" (Lagos, 2008:1). Por lo tanto, se define a El Niño, como el modo dominante del acoplado atmósfera-oceano que se presenta interanualmente, presentándose de diferentes formas, cada evento tiene algo diferente y un carácter distinto.

El término "El Niño", actualmente denominado Evento empezó a utilizarse en la década de 1960, por los investigadores locales de Perú y Ecuador al tenerse disponible una mayor información de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región ecuatorial del Pacífico y a partir de ello Bjerknes en sus estudios presentó evidencias del calentamiento del Pacífico ecuatorial que relacionó con el calentamiento de la costa peruana y los cambios a escala planetaria de la atmósfera, la "Oscilación del Sur" (Lagos, 2004).

El Niño ha dejado de ser considerado como un evento que ocurre a escala local o regional, para ser considerado como evento de macro escala

cuando se refiere a la conexión de este con la Oscilación del Sur, conduciendo a una confusión en su uso (Lagos, 2004). Para aclarar esta situación, el Comité Científico para la Investigación del Océano (SCOR), en 1982, formó un grupo de trabajo SCOR WG 55 y según este grupo definió a El Niño como la aparición de agua anormalmente cálida a lo largo de la costa de Ecuador y Perú hasta el sur de Lima (12° S). Esto significa que la TSM presenta una anomalía superior a una desviación estándar por lo menos cuatro (4) meses consecutivos. Esta anomalía TSM normalizada debe ocurrir al menos en tres (3) de cinco (5) estaciones costeras del Perú".



**Figura 1: Regiones Niño en el Pacífico Ecuatorial
(Lagos, 2004)**

EL ENOS es estudiado y cuantificado en términos de índices simples en base al promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) en el océano Pacífico ecuatorial en las regiones Niño 3 (se extiende por el este del Pacífico ecuatorial entre 5° N – 5° S y 150° O – 90° O) y Niño 3.4 (se extiende por el Pacífico ecuatorial centro-oriental entre 5° N- 5° S y 170° O- 120° O) (ver Figura N° 1), que son suficientes para producir efectos perceptibles en países del Pacífico, pero no discriminan entre grandes, moderados y leves



episodios, ni determinan el carácter de los eventos individuales en términos de diferentes patrones de TSM en el resto de la zona tropical del Pacífico.

Un índice de promedio de la TSM en una región no puede adecuadamente caracterizar la naturaleza del evento. Aunque El Niño tiende a ser encasillado en la fase del ciclo anual y en los picos en la amplitud en el invierno del hemisferio norte (Trenberth 1997), la evolución de los eventos El Niño ha cambiado sustancialmente. Antes de 1976-77, cuando hubo un cambio abrupto en el régimen climático, observado principalmente en la circulación del Pacífico centrada en los Trópicos, los eventos El Niño tendían a desarrollarse primero a lo largo de la costa de América del Sur y luego se extendían hacia el oeste. Eventos más recientes se desarrollan primero en el Pacífico central y luego se extienden hacia el este (Trenberth 1997).

En 1983, el Comité científico para la investigación del Océano en base a las anomalías de temperatura superficial del mar observadas en ciertas estaciones de la costa peruana consideró eventos Niño durante el siglo XX a los eventos ocurridos en los años 1925/26, 1940/41, 1957/58, 1965, 1972/73, 1975/76, 1982/83 y 1987. Dentro de éstos se considera a los años 1925 y 1982/83 como Muy Fuertes (MF), los otros eventos son considerados Fuertes (F) y un grupo adicional de eventos (1930, 1943, 1948, 1951, 1953 y 1969) son considerados moderados (Macharé y Ortlieb, 1993). En base a registros históricos se tiene que en el siglo XVI ocurrió un evento muy fuerte MF en 1578, dos eventos fuertes F en 1593 y 1596 y un moderado M en 1574. Para el siglo XVII se dio un evento muy fuerte en 1728, y cuatro eventos F en 1701, 1720/21, 1747/48 y 1791. Para el siglo XIX sucedió un evento MF en 1891, cuatro F en 1828, 1871, 1877/78 y 1884, y cuatro de intensidad M en 1803/04, 1814, 1844/45 y 1864 (Macharé y Ortlieb, 1993). Además de los eventos mencionados otros estudios consideran como eventos extraordinarios durante este siglo a los años 1911/12, 1917/18, 1929, 1932, 1992 y 1997/98 (Ramírez P, 2008:2). Según la clasificación de la NOAA, se considera también eventos Niño a los años 1958/59, 1963/64, 1968/69, 1969/70, 1977/78, 1979/80, 1990/91, 1991/92, 1992/93, 1993/94, 1994/95 y 2002/03 (Lagos et ál., 2004).

2.2.1.3. El niño asociado a precipitaciones y a la temperatura superficial del mar (tsm)

El Niño en el Perú está asociado con fuertes precipitaciones en la costa norte durante el calentamiento anómalo estacional del agua superficial del mar en el extremo oriental del océano Pacífico y contiguo a la costa norte del Perú (Lagos, 2004). Los efectos de El Niño debido al incremento de la temperatura del mar originan el incremento de la actividad convectiva, es decir la formación de nubes de lluvia, y en consecuencia el aumento de las precipitaciones, sobre todo en la zona Norte del Perú; mientras que en la Sierra Sur del Perú se producen sequías. En los Andes del Perú, un estudio realizado por Lagos (2004) correlacionó las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en el océano Pacífico Ecuatorial con una serie de tiempo de 1950 a 2003 y encontró que las precipitaciones tienden a ser moderadamente mayores/menores que sus promedios multianuales en el extremo norte de la Sierra Norte, durante los meses de diciembre a enero, neutra en la Sierra Central y ligeramente menores/mayores que sus promedios en la Sierra Sur, principalmente en el mes de febrero, cuando las anomalías de la TSM son positivas/negativas en la región Niño 1+2 (cubre el extremo oriental del Pacífico ecuatorial entre los 0°S-10°S y los 90°O-80°O) (figura 1). Esta relación se atenúa en la subregión norte cuando se considera sucesivamente las regiones Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4 (cubre el área 5°N-5°S y 160°E-150°O) (ver Figura N° 1), mientras que la relación se acentúa en la Sierra Central y Sur cuando se considera sucesivamente las anomalías positivas/negativas de la TSM en las regiones Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4, principalmente en febrero. Para los años con eventos El Niño, los coeficientes de correlación entre las lluvias en la región andina y los índices para la región Niño 3.4 se asemeja al caso en que se consideran todos los años y la región Niño 1+2, excepto que los índices de correlación son mayores en las sierras norte y sur. Para el caso de la Sierra Sur, los máximos valores de correlación ocurren en el mes de marzo. Para los años con eventos fríos, no existe una relación coherente. En el análisis de correlación también se incluyeron los datos de precipitación de la Costa Norte, encontrándose que la precipitación en esta región está altamente correlacionada con las anomalías de la TSM en la región Niño 1+2,

confirmando los resultados de otros investigadores) que realizaron estudio sobre las posibilidades de pronóstico de las precipitaciones en la Costa Norte del Perú, por ser una zona especial debido a su alta variabilidad en las precipitaciones y su alta correlación con las condiciones y fase del fenómeno ENOS, en específico con la TSM frente a sus costas.

2.2.1.4. Fases del fenómeno del niño

Aunque todos los eventos El Niño son diferentes, el canon de normalidad presenta 5 fases: preludio, inicio, clímax, transición y madurez. En la fase de inicio, en todo el Pacífico Sur (10°S) se da un debilitamiento de los vientos alisios del Sur-Este y del surgimiento de agua fría, y un descenso de las altas presiones de la isla de Pascua.

En la fase de clímax una amplia faja de temperaturas superficiales del mar (TSM) con anomalías positivas (cubre el Pacífico Ecuatorial, desde el Sur América hasta 180°, con anomalías en los vientos del Norte (110° y 160° Este). En la fase de madurez las teleconexiones con regiones extratropicales del Hemisferio Norte están en su punto máximo, las anomalías positivas de la TSM (+2°C) abarcan el Pacífico Ecuatorial central y este.

2.2.1.5. Modos el niño: Canónico y Modoki

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), 2014, la mayoría de los estudios de gestión de riesgos analizan los impactos de los eventos “El Niño Extraordinario” de 1982/83. Hasta antes de El Niño de 1982/83, se había documentado varios eventos conocidos como “Niño Canónico” (Rasmusson y Carpenter, 1982), en función de su evolución temporal, es decir, cuando el calentamiento del mar se inicia en la costa peruana durante el otoño y se extiende hacia el oeste, con un máximo calentamiento en el Pacífico central-oriental durante el verano siguiente.

Investigaciones recientes (Ashok y Yamagata, 2009); muestran de otro patrón de anomalías de temperatura superficial en el Pacífico central que no necesariamente llega a acoplarse con el Pacífico oriental, constituyéndose en el segundo modo dominante de variabilidad interanual en el Pacífico



tropical, y se le conoce como “Niño Modoki”, cuyas características incluyen el escaso efecto en las temperaturas del agua, del aire y en las lluvias en la costa peruana, aun cuando pueden seguir generando impactos remotos en otras partes del Perú y del mundo. Pero El Niño no actúa solo, sobre él se acopla otro fenómeno conocido como la “Oscilación Decadal del Pacífico” (PDO), la cual es una fluctuación natural que alterna fases de calentamiento y de enfriamiento cada 20 o 30 años, detectable a través de la medición de la temperatura superficial del Pacífico norte. Estudios indican que esta oscilación natural, determinaría la frecuencia e intensidad de El Niño.

2.2.1.6. Características del niño en el Perú.

El Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño – ENFEN, ha determinado un índice para definir la ocurrencia y magnitud del fenómeno El Niño en la región costera del Perú, denominado ICEN (Índice Costero El Niño). Por ello, El Niño del ENFEN puede o no coincidir con los diagnósticos de la NOAA, debido a que ella se basa en el monitoreo de las anomalías térmicas del Pacífico ecuatorial central en la Región Niño 3.4.

El ICEN está basado en una media de tres meses consecutivos de anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar en la región denominada Niño 1+2. Es decir, se denomina “Evento El Niño en la región costera del Perú” (o expresión similar) al periodo en el cual el ICEN indique “condiciones cálidas” durante al menos tres (3) meses consecutivos. (SENAMHI, 2014). En la tabla 1 se aprecia las características de El niño en el Perú en su episodio extraordinario y en la tabla 2 las manifestaciones generales que se dan en presencia de El Niño.

Tabla 1:

Características de dos episodios extraordinarios de El Niño en el Perú.

Episodio El Niño	Anomalías de temperatura mínima	Anomalías de precipitación
1982 - 1983	+ 8.0 °C (Chiclayo) +10.0 °C (Chimbote)	En la costa norte: 3000mm entre setiembre y mayo En la sierra sur: déficit severo de precipitación
1997 - 1998	+ 8.0 °C desde Chiclayo al Norte Chico.	En la costa norte: 3000mm entre setiembre y mayo, incrementos de alrededor 2000% en algunas estaciones costeras norteñas: Miraflores, Talara (Piura), Tumbes, lluvias intensas en Lambayeque, lluvias en Lima. En la sierra sur: déficit severo de precipitación

Fuente: SENAMHI, 2014

Tabla 2:

Manifestaciones generales de El Niño.

En el Océano	En la atmósfera
<ul style="list-style-type: none">▪ Incremento de la temperatura superficial y sub-superficial del mar.▪ Incremento del nivel del mar en la zona de calentamiento.▪ Disminución del afloramiento de las aguas frías y nutrientes hacia la superficie.▪ Variación de la salinidad de las aguas costeras.▪ Incremento del contenido de oxígeno.	<ul style="list-style-type: none">▪ Debilitamiento de los vientos alisios a lo largo de la Costa.▪ Incremento de la temperatura del aire en las zonas costeras adyacentes al mar caliente y en toda la troposfera.▪ Incremento del contenido de humedad en el aire.▪ Incremento de la nubosidad en la estación de verano y primavera.▪ Disminución de la presión atmosférica.

Fuente: SENAMHI, 2014

2.2.1.7. Índices climáticos de El Niño

- a. **Índice oscilación sur (SOI):** Este valor se calcula desde el siglo XIX y es la diferencia entre la presión atmosférica estandarizada, medida al nivel del mar, entre Tahití (Polinesia Francesa) y en Darwin (Australia). Este índice se utiliza para determinar las fluctuaciones de la masa atmosférica entre los sectores centro-oriental y occidental del pacífico.(Jiménez, 2011)

Las presiones atmosféricas están determinadas al nivel del mar en Tahití (Polinesia francesa, 150 ° Oeste, 18 ° Sur) y Darwin (norte Australia, 130 ° Este, 13 ° Sur). Los SOI mensuales son proporcionados (el 10 del mes siguiente) por el NOAA.

- b. **Índice multivariado ENSO (MEI):** Este índice es una combinación lineal de seis variables atmosféricas y marinas medidas sobre el Pacífico tropical o región Niño 3, estos son presión atmosférica a nivel del mar, componente zonal (este-oeste) y meridional (norte-sur) del viento en superficie, temperatura de la superficie del mar, temperatura del aire en superficie, y cantidad total de nubosidad.. Los valores positivos del MEI representan la fase cálida de ENOS (EL Niño). (Jiménez, 2011)

- c. **Índice Oceánico de El Niño (ONI):** La Administración Nacional para el Océano y la Atmósfera de los Estados Unidos de Norteamérica - NOAA, utiliza el Índice Oceánico El Niño para la identificación de El Niño y La Niña. Es una serie de tiempo de las anomalías de la temperatura superficial marina calculada como la media móvil de tres puntos de la serie mensual de anomalías de la temperatura de la superficie del mar medidas en el Pacífico tropical en la Región El Niño 3-4 (5 °N-5 °S, 120-170 °O), (Jiménez, 2011). La temperatura utilizada para calcular el índice pertenece al banco de datos Extended Reconstructed Sea Surface Temperatura (ERSST.v2) del National Climatic Data Center de la NOAA.

Tabla 3:

Categorías de la magnitud de El Niño y La Niña, según ONI

CATEGORIA	INDICE OCEANICO EL NIÑO (ONI)
Cálido fuerte	Mayor o igual a +1,4
Cálido moderado	Mayor que +0,9 y menor que +1,4
Cálido débil	Mayor que +0,5 y menor que +1,0
Neutro	Mayor que -0,5 y menor que +0,5
Frio débil	Mayor que -0,9 y menor que -0,5
Frio Moderado	Mayor que -1,5 y menor que -1,0
Frio fuerte	Menor o igual a -1,5

Fuente: Jiménez, 2011

- d. **Índice Costero El Niño (ICEN):** Está basado en una media de tres meses consecutivos de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región denominada Niño 1 y 2. La fuente de datos para este índice son las TSM absolutas del producto ERSST v3b de la NOAA (EEUU) para la región Niño 1+2, que se pueden obtener de internet de: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst3b.nino.mth.ascii>. A cada mes se le asignará una categoría; la categoría de "Condiciones Frías" incluye las magnitudes de "Débil", "Moderada", y "Fuerte" y de "Condiciones Cálidas" incluye las magnitudes de "Débil", "Moderada", "Fuerte" y "Extraordinaria". Las categorías y magnitudes de estas se asignan de acuerdo al valor correspondiente del ICEN según lo indicado en la Tabla 4. (ENFEN, 2012).

Considerando este índice se denomina "Evento El Niño en la región costera de Perú" al periodo en la cual el ICEN indica condiciones cálidas durante al menos tres (3) meses consecutivos, siendo la magnitud del evento la mayor alcanzada o excedida en al menos tres (3) meses durante el evento.

Tabla 4:**Categorías de la magnitud de El Niño, según ICEN.**

CATEGORIA	INDICE COSTERO EL NIÑO (ICEN)
Frio fuerte	Menor que -1.4
Frio Moderado	Mayor o igual que -1.4 y menor que -1.2
Frio Débil	Mayor o igual que -1.2 y menor que -1.0
Neutro	Mayor o igual que -1.0 y menor o igual que 0.4
Cálido Débil	Mayor que 0.4 y menor o igual que 1.0
Cálido Moderado	Mayor que 1.0 y menor o igual que 1.7
Cálido Fuerte	Mayor que 1.7 y menor o igual que 3.0
Cálido Extraordinaria	Mayor que 3.0

Fuente: Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN, 2012)

Las temperaturas de superficie del mar a partir del cual se definen los índices climáticos de El Niño están determinadas en 4 zonas significativas:

- Niño 1 + 2 (0-10°S) (90°O-80°O)
- Niño 3 (5°N-5°S) 150°O-90°O)
- Niño 4 (5°N-5°S) (160°E-150°O)
- Niño 3, 4 (5°N-5°S) (170°O-120°O)

En la figura 2, se puede ver las anomalías de temperaturas desde 1950 en las 4 zonas 1+2, 3, 4 y 3,5. El comportamiento de las anomalías de la temperatura superficial del mar, en las distintas regiones de El Niño que permiten definir los diferentes índices SOI, MEI, ONI, ICEN se muestra en la figura 2:

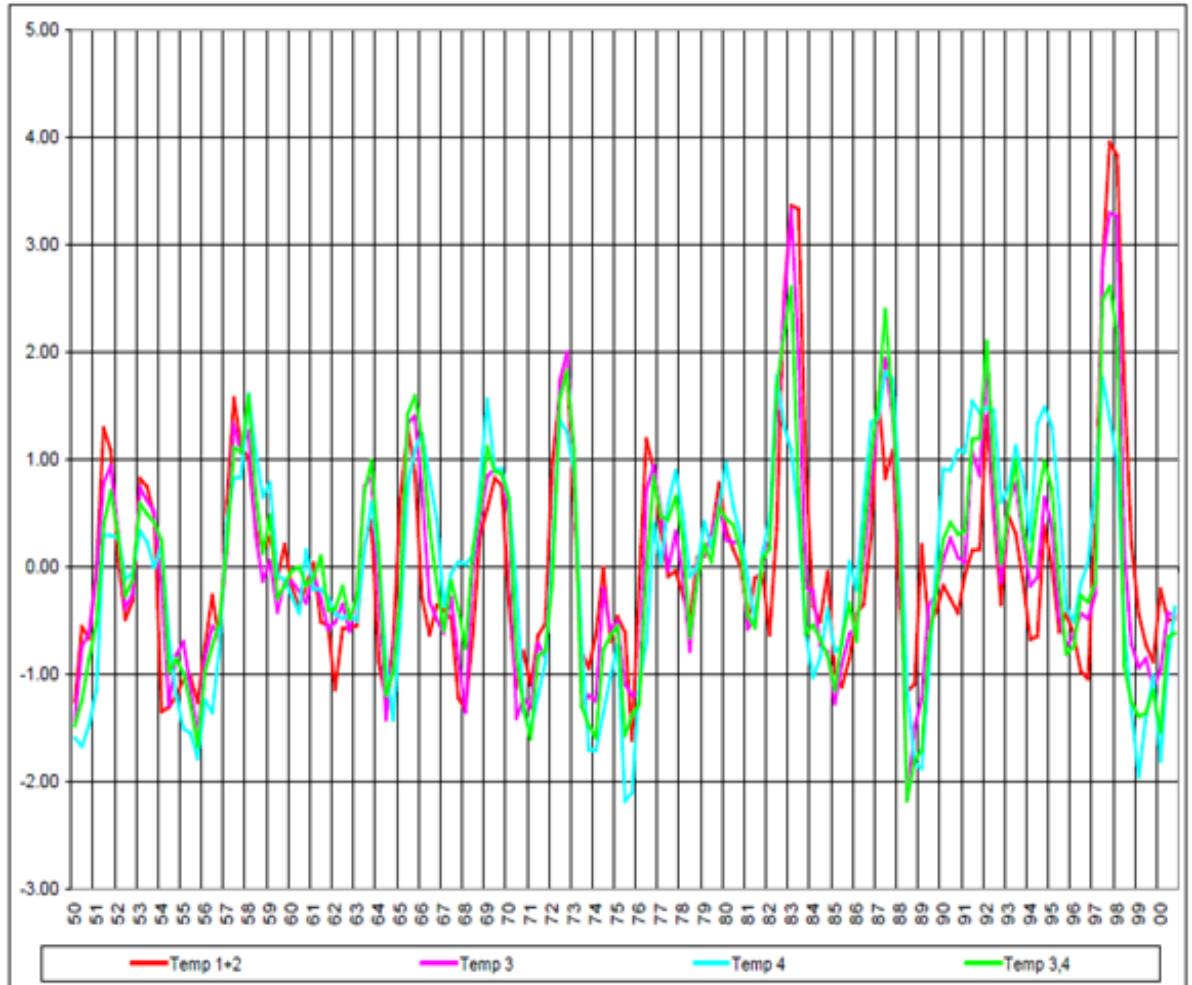


Figura 2: Anomalías de la TSM en las Regiones Niño.
Fuente: SENAMHI, 2014

2.2.1.8. Impactos del niño de intensidad fuerte a extraordinaria

Las variaciones del clima que se manifiesta en el Perú de un año a otro, conocido como variabilidad interanual, están en gran medida determinadas por la presencia de El Niño. Los eventos extremos asociados a éste son los que causan impactos, afectando las condiciones de vida de la población. Al fenómeno El Niño de 1972/73 le llaman “El Niño olvidado” (Glantz, 1996), ya que si es comparado con los eventos extraordinarios de 1982/83 y 1997/98, pareciera ser cierta la afirmación; sin embargo, el Perú no lo olvida. Es en el contexto de este Niño que se produce en el país el colapso de la industria pesquera. Además, similares efectos ocurrían en el mundo: Rusia registró una caída severa en la producción de granos, que la obligó a importar grandes cantidades de trigo y maíz de Estados Unidos, lo que significó una escasez de estos productos a escala mundial. La soya, un alimento para consumo animal, reemplazaría al trigo en un momento de crisis alimenticia global.

El Perú muestra gran vulnerabilidad ante las variaciones climáticas drásticas, como episodios extremos de lluvia y de altas temperaturas asociadas a El Niño. Una evidencia de ello es las pérdidas económicas que implicaron eventos como El Niño 1982/83 (pérdidas por US\$ 3283 millones) y El Niño 1997/98 (causó daños estimados en US\$ 3500 millones), pérdidas equivalentes al 11,6% y 6,2% del PBI anual de 1983 y 1998, respectivamente. En la Tabla 5 se resumen los impactos positivos y negativos de El Niño, asociados al incremento de las temperaturas del aire y a las intensas lluvias que se presentan durante episodios El Niño de intensidad fuerte a extraordinaria, (SENAMHI, 2014).

Tabla 5:

Impactos positivos y negativos de El Niño.

Positivos	Negativos
<ul style="list-style-type: none">▪ Aparición de otras especies pelágicas.▪ El incremento de lluvias y temperatura del aire favorece el desarrollo de cultivo de arroz en la costa.▪ Las lluvias intensas, en eventos de El niño de fuerte a extraordinario, favorecen la regeneración natural de los bosques secos en la costa norte.▪ La aparición de praderas temporales en la costa norte es importante para la ganadería.▪ El exceso de lluvias favorece la recarga de acuíferos.▪ Las altas temperaturas del mar durante el otoño e invierno, favorecen la disminución de la intensidad de las heladas en la sierra central y norte.	<ul style="list-style-type: none">▪ Aceleración del retroceso glaciar.▪ Pérdida de terrenos agrícolas.▪ Colmatación de reservorios▪ Salinización de suelos.▪ Destrucción de la infraestructura productiva (canales de irrigación, bocatomas, compuertas, etc).▪ Destrucción de vías de comunicación (carreteras y puentes colapsados).▪ Muerte y migración de algunas especies vegetales y animales.▪ Altas probabilidades de que se produzcan incendios forestales, debido a las altas temperaturas.▪ Las altas temperaturas generan impacto en la producción pecuaria (baja producción de carne y leche).▪ Disminución de la producción de papa en la costa y sierra, por altas temperaturas y exceso de humedad.▪ En algunos cultivos el ciclo vegetativo se acorta; ausencia de inducción floral.▪ Destrucción de infraestructura de saneamiento básico.▪ Incremento de enfermedades como el cólera, la malaria, infecciones estomacales, conjuntivitis.

Fuente: SENAMHI, 2014

2.2.1.9. Variabilidad de la TSM en el mar peruano

En la costa peruana la Temperatura Superficial del Mar (TSM) cambia continuamente, estos cambios se dan en diferentes escalas temporales. Como variaciones de la TSM de unos cuantos días (variabilidad sub-

mensual) donde se observa que la mayor variabilidad se presenta en toda la franja costera, pero con una magnitud relativamente débil ($\sim 0.4^{\circ}\text{C}$) que son típicamente inducidas por el forzante local atmosférico y en las zonas del afloramiento costero, son asociadas, en gran medida, a la variabilidad sinóptica del viento (Renault et al., 2009; Goubanova et al., 2013; Illig et al., 2014; Aguirre et al., 2014).

Las variaciones de la TSM de año en año (variabilidad interanual) en el mar peruano, son principalmente relacionadas a El Niño- Oscilación del Sur (ENOS), presentan una mayor magnitud, especialmente en la costa norte donde se observan los valores que exceden 1°C (Figura 1c). La estructura espacial de la variabilidad interanual refleja la influencia del forzante remoto oceánico asociado a las ondas Kelvin oceánicas ecuatoriales (Clarke, 2008; Dewitte et al., 2012). Por ejemplo, las anomalías de la TSM durante eventos El Niño vienen inducidas por la supresión del afloramiento costero o el desplazamiento (*advección*) de aguas cálidas ecuatoriales a lo largo de la costa del Perú debido al efecto de las ondas Kelvin (Mosquera, 2014).

2.2.2 BASES TEORICAS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

2.2.2.1 Cambio Climático

Con relación al término cambio climático existen diferentes definiciones. El IPCC en su Informe Especial (“Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático” IPCC, 2012) define que el cambio climático es el cambio en el estado del clima que puede ser identificado (por ejemplo con pruebas estadísticas) por los cambios en el promedio del clima y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste por un periodo extenso de tiempo, normalmente por décadas o periodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos naturales internos o forzantes externas como las modulaciones del ciclo solar o erupciones volcánicas, o también a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra.

Esta definición difiere de la establecida por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC , 1992) que define el



cambio climático como el cambio de 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 periodos comparables de tiempo.

De esta manera, la Convención diferencia el cambio climático atribuible a las actividades humanas, de la atribuible a causas naturales que alteran la composición atmosférica. Las actividades humanas generadoras de gases de efecto invernadero (GEI), producción energética, transporte, agricultura, deforestación, industria, han elevado las concentraciones de dichos gases en la atmósfera de la Tierra, aumentando su capacidad de retener radiación terrestre. El ritmo con que se emite energía hacia el espacio es más lento que con el que entra, provocándose una acumulación de energía. Sin embargo también hay cambios atribuibles a causas naturales que se da cuando el sistema climático presenta variaciones sin necesidad de forzamientos externos, debido a que sus componentes no están en equilibrio.

2.2.2.2. El sistema climático.

Es una entidad compuesta por cinco componentes interactuantes entre sí (atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera) que, en conjunto, funcionan complejamente como un todo que presentan retroalimentaciones y respuestas no lineales. El sistema climático en general se asume como un sistema cerrado, pues permite la existencia de un flujo de energía con el espacio pero no un intercambio de materia (Chapter 2.1, Peixoto and Oort, 1992).

Ocurren varias interacciones a través de procesos físicos, químicos y biológicos a diversas escalas de tiempo y espacio, volviendo el sistema muy complejo. A pesar de las diferencias en su composición, estructura, comportamiento y propiedades físicas y químicas, los componentes están íntimamente vinculados por flujos de masa, calor y momentos, ya que todos los subsistemas son abiertos e interrelacionados, ej.: en el sub-sistema acoplado atmósfera-océano, se da intercambio de vapor de agua y calor a través de la evaporación y el intercambio de gases (ej.: CO₂).



2.2.2.3. Variabilidad climática.

Según Montealegre, E.; Vasquez, N. ;Silva, 2007 citado por Vergara Karla, (2007) A pesar de su característica usual de estabilidad, el clima presenta fluctuaciones durante periodos o escalas relativamente cortas. Estas fluctuaciones son referidas como variabilidad climática, la cual se analiza con el registro de datos de una variable meteorológica por encima o por debajo de las normales climatológicas (Montealegre, 2004). La Normal Climatológica o valor *normal*, se utiliza para definir y comparar el clima y generalmente representa el valor promedio de una serie continua por lo menos 10 años de mediciones de una variable climatológica (temperatura, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, humedad, y otros parámetros). Según recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), se debe tomar una serie o periodo promedio de 30 años a más, lo suficientemente largo para considerarlo normal; por ejemplo considerar los periodos: 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010. A partir de este promedio, que se llama "climatología", se calcula la variación del parámetro con respecto de su promedio, llamada anomalía. La anomalía es la desviación de alguna variable con respecto a su promedio histórico o multianual, el cual se considera como su condición normal. En general, las condiciones van a ser normales si es que las anomalías van a estar dentro del intervalo de una desviación estándar. La desviación estándar indica qué tanta variabilidad existe en el parámetro analizado.

Por tanto, la variabilidad climática es entendida como intrínseca al clima y comprende variaciones en el estado medio del clima en todas las escalas temporales y espaciales comprendiendo eventos meteorológicos extremos que ocurren con cierta periodicidad como las sequías prolongadas, devastadores eventos lluviosos, años extraordinariamente cálidos, inundaciones y condiciones que resultan de eventos periódicos El Niño y La Niña, entre otros (Torres y Gómez, 2008; Muller, 2007).

Se entiende que, las variaciones del clima suceden en todas la escalas espaciales y temporales, teniendo impactos relevantes para nuestras actividades (Montealegre, 2004). En la escala temporal, las fluctuaciones más significativas son: de orden diario, intraestacional, estacional o anual,



interanual e interdecadal. Cada una de ellos presenta fenómenos asociados (Silva, 2007).

La variabilidad diurna es una variabilidad temporal de muy corta duración. Se define como el “cambio de una variable meteorológica entre el día y la noche, producido por las diferencias de calentamiento y enfriamiento [amplitud térmica] que experimenta la Tierra” (Ahrens, 2003). Este tipo de variabilidad origina las brisas tierra-mar y de valle-montaña, así las heladas.

Por otro lado, existe la variabilidad intraestacional que tiene escalas de tiempo menor a la de las estaciones; es decir, se presentan oscilaciones dentro de las estaciones que determinan condiciones de tiempo durante decenas de días o de uno a dos meses, pero es mayor que las de eventos meteorológicos específicos (tormentas, heladas, entre otros. (Montealegre, 2004; Silva, 2007).

En una escala temporal mayor a la señalada líneas arriba, se encuentra la variabilidad estacional o anual que es la fluctuación del clima a nivel mensual. En latitudes medias está asociada con la secuencia de las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño; mientras que en las latitudes tropicales está relacionada a la alternancia de temporadas lluviosas y temporadas secas, producto principalmente de la migración de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que es una de las más importantes fluctuaciones climáticas asociadas a esta escala (Montealegre, 2009).

La variabilidad interanual es “la variabilidad climática en escalas de tiempo de unos cuantos años. Así por ejemplo, en algunos años tenemos que las lluvias son más intensas que otros, lo mismo puede suceder con las temporadas secas. También pueden encontrarse años más cálidos o fríos que otros, a esta escala de variabilidad se encuentra por ejemplo El Niño/La Niña” (Silva, Y. 2007). En sí, la variabilidad interanual se expresa como las diferencias o variaciones climatológicas del clima entre un año y otro.

El Evento El Niño es característico de la variabilidad interanual en el Perú. El Niño históricamente ha sido asociado con un impacto local de un fenómeno más complejo conocido como ENSO (El Niño Southern Oscillation). Estudios recientes indican que El Niño es la componente

oceanográfica del ENSO, cuyos procesos de interacción océano atmosférico tienen como escenario principal el océano Pacífico tropical, pero con impactos notorios a nivel global y su presentación es tan irregular como sus consecuencias (Macharé y Ortlieb, 1993). Para ver fluctuaciones o variaciones del clima a escalas mayores de tiempo que las señaladas anteriormente, se utiliza la escala de variabilidad climática interdecadal (20-40 años) (Silva, 2007). Debido a la amplitud de la variabilidad, muchas veces pasa desapercibida para las personas. Sin embargo, estas oscilaciones a largo plazo son las que influyen en las actividades humanas en ciclos interdecadales y son fundamentales para la determinación de posibles tendencias en las variables climáticas.

2.2.2.4 Fenómenos relacionados con la variabilidad climática.

- a. EL NIÑO:** El fenómeno El Niño es una de las fases extremas dentro del ciclo ENOS, que es la causa de la mayor señal de la variabilidad climática interanual, en la zona tropical. Este componente oceánico del ciclo el niño Oscilación Sur ENOS se caracteriza por el debilitamiento de los alisios y el calentamiento de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial se conoce como El Niño, un nombre que proviene del uso local en las costas peruanas y ecuatorianas de referirse a la aparición de aguas cálidas cerca de la época navideña como la Corriente del Niño. Los episodios de el Niño suelen durar entre 9 y 15 meses. Laing, A; Louise, J (2011).
- b. LA NIÑA:** La Niña, es la fase extrema contraria al fenómeno El Niño, en la Oscilación del Sur. Se manifiesta con temperaturas más bajas de lo normal en las aguas superficiales del Pacífico Tropical Central hasta las costas de Perú, Ecuador y sur de Colombia. La Niña se refiere a las condiciones frías extremas que recurrentemente, pero de manera irregular, se presentan durante por lo menos seis meses. La Niña está asociada con un régimen de los alisios más intenso de lo normal y la temperatura superficial del mar (TSM) anormalmente frías. En promedio, La Niña es una anomalía menos extrema que El Niño, pero tiende a durar más tiempo, entre uno y tres años. Laing, A; Louise, J (2011)

- c. OSCILACIÓN DE MADDEN Y JULIAN (MJO):** Se define como una célula zonal de la circulación que se propaga al Oriente, con vientos zonales de signos opuestos en la baja y alta tropósfera y con un período de 40 a 60 días. La señal en el viento zonal ecuatorial está presente a lo largo del cinturón tropical en la tropósfera superior, mientras que en la baja tropósfera, se confina a los océanos Pacífico occidental e Índico. La rama ascendente de la célula de la circulación está asociada con el fortalecimiento de la convección sobre el océano Índico, posteriormente se intensifica e inicia su propagación hacia el océano Pacífico occidental con una velocidad cercana a los 5 m/s. (Reed, R. & D. G. Rogers, 1962)
- d. OSCILACIÓN CUASIBIENAL (QBO):** Es una oscilación de largo plazo en el viento zonal de la baja y media estratósfera ecuatorial, con un período irregular que varía entre un poco menos de dos años (20 meses) y hasta casi tres años (35 meses), con una duración media de 28 meses, que por lo general se miden en el nivel de 30 a 50 hPa. La dirección del viento oscila del este al oeste y viceversa de acuerdo con un ciclo de aproximadamente dos años y por lo general, los vientos del este son más intensos que los del oeste y los vientos del oeste duran más tiempo que los del este en los niveles más altos, mientras los vientos del este duran más tiempo en los niveles inferiores. La señal característica de la OCB en el viento zonal se propaga hacia abajo con el tiempo desde el nivel cerca de 10 hPa hasta el de 100 hPa o más bajo. (Laing, A y Louise, J; 2011).

2.2.2.5 Factores climáticos.

a. LA TEMPERATURA

La temperatura es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. Formalmente, la temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia, cuanto mayor agitación presenten éstas, mayor será la temperatura. (Zavala, J; 2012)

En Meteorología es habitual referirse a temperaturas máximas y mínimas, los valores más altos y más bajos registrados en un periodo de



tiempo, por ejemplo, un día. Para medir estas temperaturas extremas se utilizan los denominados termómetros de máxima y mínima:

- **El termómetro de máxima** consta de un termómetro ordinario, cuyo tubo tiene interiormente cerca del depósito una estrangulación: cuando la temperatura sube, la dilatación del mercurio del depósito empuja con suficiente fuerza para vencer la resistencia opuesta por la estrangulación. En cambio, cuando la temperatura baja y la masa de mercurio se contraen, la columna se rompe, quedando, por consiguiente, su extremo libre en la posición más avanzada que haya ocupado durante todo el intervalo. (Zavala, J; 2012)

- **El termómetro de mínima** es de alcohol y lleva en su interior un índice de esmalte sumergido en el líquido. Cuando la temperatura sube, el alcohol pasa entre las paredes del tubo y el índice, y éste no se mueve; en cambio cuando la temperatura disminuye, el alcohol arrastra en su movimiento de retroceso dicho índice porque éste encuentra una resistencia muy grande a salir del líquido. La posición del índice, indica, por tanto, la temperatura más baja alcanzada. (Zavala, J; 2012)

La Organización Meteorológica Mundial da las pautas sobre cómo se deben colocar los termómetros: deben estar ventilados, protegidos de la precipitación y de la radiación solar directa, y a una determinada altura del suelo (para que la energía que durante el día absorbe la tierra no modifique las medidas). Además existen otros factores que influyen en la determinación de la temperatura del aire, como la existencia de viento o la presencia de humedad.

b. LA PRECIPITACIÓN

La precipitación es la cantidad de agua que cae a la superficie terrestre y proviene de la humedad atmosférica, ya sea en estado líquido (llovizna y lluvia) o en estado sólido (escarcha, nieve, granizo). Siendo la evaporación de la superficie del océano la principal fuente de humedad para la precipitación, se puede decir que es el 90% de la precipitación que cae en el continente.



Formación de la Precipitación:

Según Zavala, J. (2012), debida al calentamiento de la masa de aire o vapor de agua que va ascendiendo, se va enfriando y el agua se condensa de un estado de vapor a un estado líquido, formando la niebla, las nubes o los cristales de hielo. Para que esta formación se lleve a cabo, generalmente se requiere la presencia de núcleos de condensación, alrededor de los cuales las moléculas del agua se pueden unir. Existen diversas partículas que pueden actuar como núcleos de condensación, con tamaños que varían desde 0.1 (aerosoles) hasta 10 μm de diámetro; entre estas partículas tenemos: algunos productos de la combustión como óxidos de nitrógeno y sulfuro, partículas de sal producto de la evaporación de la espuma marina y algunas partículas de polvo que flotan en el aire. En las nubes pueden existir gotas de agua a temperaturas por debajo del punto de congelamiento hasta -40°C y es sólo en presencia de tales gotas sobrecongeladas que el núcleo helado natural es activado. Las gotas o cristales de hielo crecen rápidamente debido a la nucleación, pero el crecimiento después de esto es lento. Mientras que las partículas que constituyen las nubes tienden a asentarse, los elementos promedio pesan tan poco que sólo un leve movimiento hacia arriba del aire es necesario para soportarlo.

Dependiendo del tamaño de las gotas que lleguen al suelo y de cómo caigan tendremos distintos tipos de precipitación líquida: llovizna (gotas pequeñas que caen uniformemente), chubasco (gotas de mayor tamaño y que caen de forma violenta e intensa. Las gotitas alcanzarán mayor tamaño cuanto más tiempo pasen dentro de la nube ascendiendo y descendiendo y cuanto mayor sea el contenido de agua líquida de la misma.

Tipos de precipitación

Las precipitaciones convectivas causadas por el ascenso de aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores. Las diferencias de temperatura pueden ser sobre todo el resultado de calentamientos diferenciales en la superficie o en la capa superior de la capa de aire, la precipitación convectiva es puntual y su intensidad puede variar entre aquella correspondiente a lloviznas ligeras y aguaceros.

Las precipitaciones orográficas resultan del ascenso del aire cálido hacia una cadena de montañas. Las regiones que quedan del otro lado de las montañas pueden sufrir la ausencia de lluvias puesto que todas las nubes son interceptadas y precipitadas en el lado de donde ellas provienen. Es el caso de la Selva Alta de nuestro país, la región más lluviosa, donde las nubes provienen de la Selva Baja.

Las precipitaciones ciclónicas se producen cuando hay un encuentro de nubes de diferentes temperaturas: las más calientes son impulsadas a las partes más altas donde precipitan. Los valores medios característicos están relacionados al conjunto de datos que se recopilan mensualmente en las estaciones meteorológicas, relativos a lluvias, y corresponden a:

- Precipitación total mensual en cada pluviómetro.
- Precipitación para un intervalo de 24 horas en cada pluviómetro.
- Precipitación máxima mensual en 24 horas en cada pluviómetro.
- Número de días de lluvia, nieve o granizo, durante el mes, en cada estación.
- Bandas con las inscripciones de los pluviógrafos o registros equivalentes computarizados.

2.2.2.6. Normal climatológica.

Según el *Reglamento Técnico* y la *Guía de Prácticas Climatológicas se define*: La Normal Climatológica o valor *normal*, para definir y comparar el clima y generalmente representa el valor promedio de una serie continua de por lo menos 10 años de mediciones de una variable climatológica (temperatura, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, humedad, y otros parámetros).

La normal climatológica estándar: Por recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), se debe tomar una serie o periodo promedio de 30 años disponible más reciente, que finalizara en el año más próximo que terminara en 0 (que en aquel momento era 1921 – 1950), lo suficientemente largo para considerarlo normal. Siendo en la actualidad el periodo de 1981-2010.



A partir de este promedio, se calcula la variación del parámetro climatológico con respecto de su promedio y es la diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio se le conoce como *Anomalía*. La anomalía es la desviación de alguna variable con respecto a su promedio histórico o multianual, el cual se considera como su condición normal.

En general, las condiciones van a ser normales si es que las anomalías van a estar dentro del intervalo de una desviación estándar que indica qué tanta variabilidad existe en el parámetro analizado. La secuencia de estas oscilaciones alrededor de los valores normales, se conoce como variabilidad climática y su valoración se logra mediante la determinación de las anomalías.

2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

▪ FENÓMENO

Todo lo que ocurre en la naturaleza, que puede ser percibido por los sentidos y ser objeto del conocimiento. Puede ser de origen natural o inducido por el hombre (Compendio Estadístico del INDECI en la atención de emergencias y desastres NOV 2012)

▪ FENÓMENO EL NIÑO

Fenómeno océano atmosférico caracterizado por el calentamiento de las aguas superficiales del océano Pacífico ecuatorial desde el centro del océano hasta las costas de Sudamérica, con abundante formación de nubes cumuliformes principalmente en la región tropical (Ecuador y Norte del Perú), con intensa precipitación y cambios ecológicos marinos y continentales. (Compendio Estadístico del INDECI en la atención de emergencias y desastres NOV 2012)

▪ EL TIEMPO

El tiempo se refiere al estado de la atmósfera (precipitación, nubosidad, vientos, temperatura, humedad) en un cierto instante y lugar dado. (Martin V. 2017;).



- **CLIMA**

Es la agrupación de fenómenos meteorológicos (temperatura humedad, presión atmosférica, precipitaciones y vientos) que caracterizan el estado medio de la atmósfera, en un lugar determinado de la superficie de la Tierra, basado en observaciones prolongadas.(IPCC, 2012)

- **VARIABILIDAD CLIMÁTICA**

La variabilidad climática es definida como las variaciones del estado promedio y otros datos estadísticos del clima en escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos puntuales. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático, lo que se conoce como variabilidad interna, o a procesos influenciados por fuerzas externas naturales o antropogénicas, lo que se denomina variabilidad externa. (Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, 2008)

- **ÍNDICES CLIMATICOS**

Un índice climático es un valor que puede ser usado para describir el estado y los cambios en el sistema climático. (Jiménez, M. - 2011).

- **PRECIPITACIÓN**

Representa la caída de agua en cualquier forma (líquida o sólida) de la atmósfera a la superficie del suelo. Todas las formas de agua o hielo en la atmósfera se conocen como hidrometeoros, pero solo aquellos que caen a la superficie son la precipitación. (Agencia Estatal de Meteorología - 2015).

- **TEMPERATURA**

Una medida de la energía cinética de un cuerpo ó substancia. Se puede medir en grados Kelvin, Fahrenheit o centígrado. (Agencia Estatal de Meteorología - 2015).

- **TEMPERATURA DEL AIRE**

Se define la temperatura del aire como la temperatura leída en un termómetro que está expuesto al aire y protegido de la radiación solar. (Agencia Estatal de Meteorología - 2015).



- **ELEMENTO**

Aspecto del clima que se puede describir de forma estadística, como la temperatura diaria máxima o mínima, la precipitación o la presión de vapor. (OMM, 2007)

- **PARÁMETRO**

Indicador estadístico de un elemento climático. En la mayoría de los casos se trata de la media aritmética, aunque también puede incluir valores tales como la desviación típica, los puntos de percentil el número de veces que se excede un umbral o los valores extremos. (OMM, 2007)

- **MEDIAS**

Valor medio de los valores mensuales de los datos climatológicos (que pueden ser valores medios o totales mensuales) durante cualquier periodo de tiempo especificado (OMM, 2007)

- **MEDIAS DE UN PERIODO**

Medias de los datos climatológicos calculadas para cualquier periodo de por lo menos diez años que comience el 1 de enero de un año que acabe en 1. (OMM, 2007)

- **NORMALES**

Medias calculadas tomando un periodo uniforme y relativamente largo que comprende por lo menos tres periodos consecutivos de diez años. (OMM, 2007)

- **NORMALES CLIMATOLÓGICAS ESTÁNDARES**

Medias de datos climatológicos calculadas para periodos consecutivos de 30 años, por decir desde el 1 de enero de 1901 hasta el 31 de diciembre de 1930, desde el 1 de enero de 1931 hasta el 31 de diciembre de 1960, etc. (OMM, 2007)

2.4. HIPOTESIS DE ESTUDIO

De acuerdo a los objetivos y variables de estudio, se plantea las siguientes hipótesis.

2.4.1. HIPOTESIS GENERAL

Existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la variabilidad climática en la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014.

2.4.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS

1. El comportamiento del índice costero de El Niño en el periodo: 1964 – 2014 no es estacionario.
2. Existen diferencias significativas de la precipitación fluvial con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014.
3. Existen diferencias significativas de la temperatura con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014.
4. Existe relación significativa entre el índice costero de El Niño y la precipitación en la provincia de Cusco, periodo 1964 – 2014.
5. Existe relación significativa entre el índice costero de El Niño y la temperatura de la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014.

2.5. VARIABLES DE ESTUDIO

2.5.1 IDENTIFICACION DE VARIABLES

Variable de estudio 1:

Fenómeno de El Niño

Indicador : Índice Costero del fenómeno de El Niño (ICEN)2007)

Variable de estudio 2:

Variabilidad Climática

Indicadores : - Temperatura máxima mensual.
- Temperatura mínima mensual,
- Temperatura media mensual,
- Precipitación total mensual

2.5.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 6:

Operacionálización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
FENOMENO EL NIÑO.		
CONCEPTUAL		
Se denomina "Evento El Niño en la región costera del Perú al periodo en el cual el ICEN indique "condiciones cálidas" durante al menos tres (3) meses consecutivos. La magnitud de este evento es la mayor alcanzada o excedida en al menos tres (3) meses durante el evento.(Rasmusson y Carpenter, 1982).	El ENFEN ha determinado un índice para definir la ocurrencia y magnitud del fenómeno El Niño en la región costera del Perú, denominado ICEN o índice costero El Niño como la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2.	Índice Costero El Niño (ICEN)
VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
VARIABILIDAD CLIMATICA	OPERACIONAL	
A pesar de su característica usual de estabilidad, el clima presenta fluctuaciones durante periodos o escalas relativamente cortas. Estas fluctuaciones son referidas como variabilidad climática, la cual se analiza con el registro de datos de una variable meteorológica por encima o por debajo de las normales climatológicas. (Montealegre, 2004:3; Vásquez, 2007).	Es una medida del rango en que los elementos climáticos, como temperatura o lluvia, varían de un año a otro. Incluso puede incluir las variaciones en la actividad de condiciones extremas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura mínima mensual. ▪ Temperatura máxima mensual. ▪ Temperatura media mensual. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Precipitación total mensual.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III

METODO

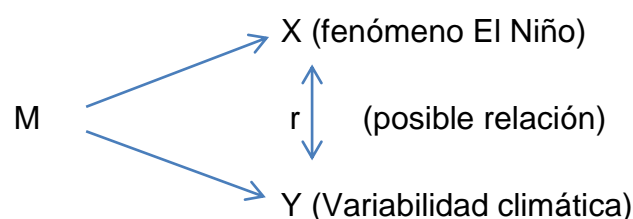
3.1. ALCANCE DE ESTUDIO.

Por la naturaleza del problema y los propósitos del estudio, tomando en cuenta la propuesta de Hernández y colaboradores (2014) la investigación que se desarrollará es la investigación cuantitativa porque se utilizará la recolección y análisis de datos, instrumentos que tienen medición numérica y así como el uso de la estadística con la finalidad de probar las hipótesis previamente establecidas.

El presente trabajo es de enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y correlacional, puesto que se analiza la relación entre el índice costero El Niño y los indicadores de la variabilidad climática en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la presente investigación es de tipo *no experimental* puesto que no se manipula variables. La información documental del índice costero El Niño y los valores de la precipitación fluvial y temperatura del aire en su ambiente natural es recopilada, éstas no fueron provocadas intencionalmente. Este estudio a su vez es de tipo longitudinal, ya que la recolección de información se realiza en varios momentos desde 1964 al 2014; además es *ex post facto* puesto que se recopila información histórica. El diseño presenta el siguiente esquema:





Dónde:

M: Muestra de Estudio (Medición promedio mensual)

X: Observación a la variable 1: índice costero El Niño (ICEN)

Y: Observación a la variable 2: Variabilidad climática
(Precipitación y temperatura)

r: Relación entre las variables estudiadas

3.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

3.3.1 POBLACIÓN

La población de estudio está constituida por las mediciones históricas mensuales de la temperatura máxima mensual, la temperatura mínima mensual, temperatura media mensual, precipitación total mensual y del índice costero El Niño (ICEN) desde 1964 al 2014; puesto que la unidad de estudio cronológico es el mes.

3.3.2 MUESTRA

En el estudio se consideró todas las mediciones históricas correspondientes al periodo de estudio, por lo tanto la muestra es no probabilística de tipo censal.

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 TECNICA

Las técnicas son procedimientos de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento. La técnica empleada es documental pues los datos de tomó de los reportes de temperatura y precipitación de SENAMHI del observatorio de Kayra y de los reportes del ICEN del Instituto Geofísico del Perú.

3.4.2 INSTRUMENTOS

El instrumento para la recolección documental de datos de temperatura, precipitación e ICEN es la ficha de registro de datos.



3.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS

Las fichas técnicas de registros de precipitación fluvial, temperatura del aire, tienen validez y confiabilidad puesto que son utilizados para diversos trabajos de investigación del servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI), similarmente sucede con la ficha de registros de datos del ICEN empleado por el Instituto Geofísico del Perú.

3.6. PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos del registro documental de índice costero El Niño se usó para para determinar la presencia o no de este fenómeno, así mismo para determinar su modalidad y nivel de El Niño. La precipitación fluvial total mensual y los valores de la temperatura media mensual, máxima mensual y mínima mensual se usó para para determinar su variabilidad y anomalías para ellos estos datos fueron organizados y resumidos mediante uso de tablas y gráficos.

Estos datos fueron evaluados en su primera fase utilizando técnicas de estadística descriptiva y para la comparación de medias se usó la prueba t-student. En su segunda fase se realizó el análisis y correlación para determinar la relación entre el ICEN y los parámetros de precipitación fluvial y temperatura, para ello se analizó el coeficiente de Pearson, según las bases teóricas. Los gráficos y estadísticos se realizaron con ayuda del software IBM SPSS STATISTIC versión 23 y Excel.

En la tabla se muestra las pruebas estadísticas para contrastar las hipótesis de investigación formuladas.

Tabla 7:
**Hipótesis estadísticas formuladas según la hipótesis específicas
planteadas**

Hipótesis de investigación	Hipótesis estadísticas	Nivel de confianza	Prueba estadística	Criterios de decisión
Hipótesis Específica 1: El comportamiento del índice costero El Niño en el periodo: 1964 – 2014 no es estacionario.	No requiere		Gráficos de barras	
Hipótesis Específica 2: Existen diferencias significativas de la precipitación con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014.	Ho: No existe diferencias significativas de la precipitación con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014. Ha: Existe diferencias significativas de la precipitación con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014.	95%	Prueba t- student de diferencia de medias	Si p-valor<0,05 se acepta Ha Si p-valor>0,05 se acepta Ho
Hipótesis Específica 3: Existen diferencias significativas de la temperatura con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014.	Ho: No existe diferencias significativas de la temperatura con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014. Ha: Existe diferencias significativas de la temperatura con y sin presencia del fenómeno de El Niño en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014.	95%	Prueba t- student de diferencia de medias	Si p-valor<0,05 se acepta Ha Si p-valor>0,05 se acepta Ho
Hipótesis Específica 4: Existe relación significativa entre el índice costero El	Ho: No existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la precipitación en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014.	95%	Análisis de regresión y Correlación de	Si p-valor<0,05 se acepta Ha Si p-



Niño y la precipitación en la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014.	Ha: Existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la precipitación en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014.	pearson	valor>0,05 se acepta Ho
Hipótesis Especifica 5: Existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la temperatura en la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014.	Ho: No existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la temperatura en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014. Ha: Existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la temperatura en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014.	95%	Análisis de regresión y Correlación de pearson Si p-valor<0,05 se acepta Ha Si p-valor>0,05 se acepta Ho
Hipótesis General: Existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la variabilidad climática en la provincia de Cusco, periodo: 1964 – 2014.	Ho: No Existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la variabilidad climática en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014. Ha: Existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la variabilidad climática en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014.	95%	Análisis de regresión y Correlación de pearson Si p-valor<0,05 se acepta Ha Si p-valor>0,05 se acepta Ho

Fuente: Elaboración propia



CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 ANALISIS DEL FENOMENO EL NIÑO

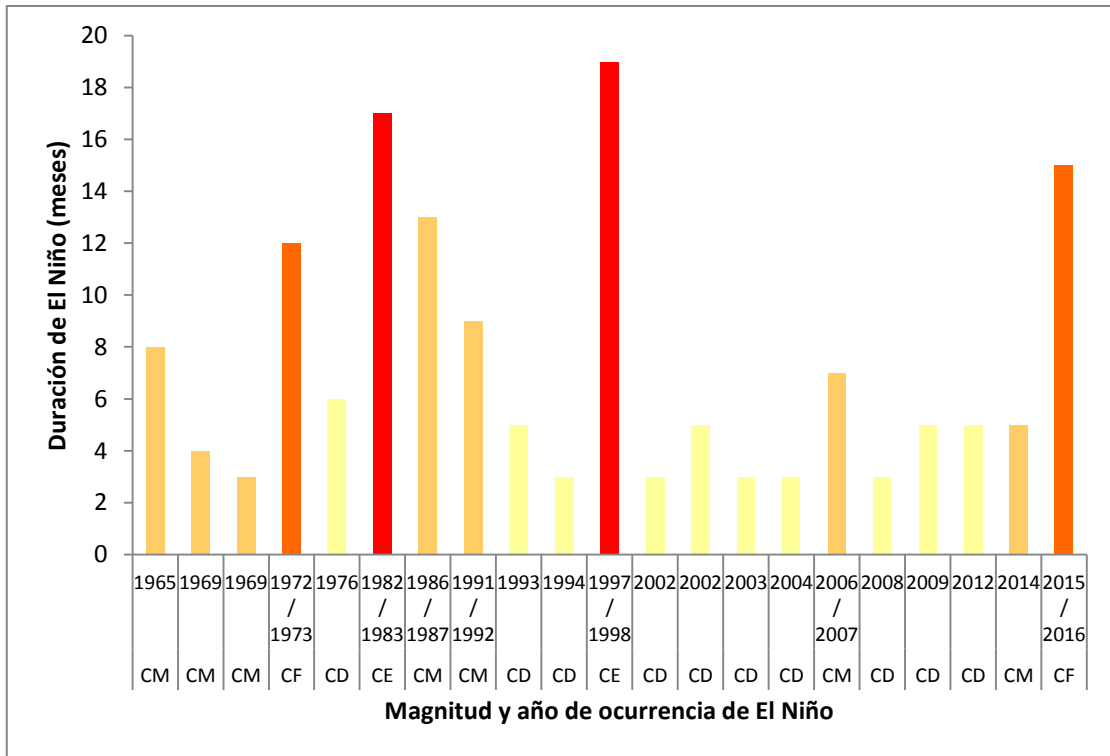
4.1.1 COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE COSTERO EL NIÑO (ICEN) EN EL PERIODO: 1964 – 2014.

De acuerdo a los valores del ICEN registrados por el Instituto Geofísico del Perú y tomando en cuenta la definición del Evento el Niño en la región costera de Perú según el comité técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), en la cual se considera la presencia de este evento cuando los valores del ICEN indiquen "condiciones cálidas" durante al menos tres meses consecutivos y su magnitud de este evento es la mayor alcanzada o excedida en al menos tres meses durante el evento, se resume en la tabla 8 las ocurrencias de El Niño en sus diferentes categorías con su duración, año y meses en los que ocurrió.

Tabla 8:
Ocurrencia de El Niño desde 1964 al 2014 de acuerdo al ICEN

	Año	Meses	Duración (meses)
Cálido débil	1976	Mayo - Octubre	6
	1993	Marzo - Julio	5
	1994	Noviembre - Diciembre	3
	2002	Marzo – Mayo	3
	2002	Setiembre - Enero	5
	2003	Noviembre - Enero	3
	2004	Octubre -Diciembre	3
	2008	Julio - Setiembre	3
	2009	Mayo - Setiembre	5
	2012	Marzo – Julio	5
Cálido moderado	1965	Marzo - Octubre	8
	1969	Abril – Julio	4
	1969	Octubre - Diciembre	3
	1986 / 1987	Diciembre - Diciembre	13
	1991 / 1992	Octubre - Junio	9
	2006 / 2007	Agosto - Febrero	7
	2014	Junio - Octubre	5
Cálido Fuerte	1972 / 1973	Marzo - Febrero	12
	2015 / 2016	Abril - Junio	15
Cálido Extraordinario	1982 / 1983	Julio - Noviembre	17
	1997 / 1998	Marzo - Setiembre	19

Fuente: Instrumento aplicado.



CE CF CM CD

Figura 3: Ocurrencia y duración de El Niño desde 1964 al 2016.

Fuente: Instrumento aplicado

De la tabla 8 y figura 3, se aprecia que El Niño, se ha manifestado 20 veces de las cuales el 50% son de magnitud débil, el 35% de magnitud moderada, el 5% de magnitud fuerte y el 10% de magnitud extraordinaria. En el año 2015/16 se presentó un niño cálido fuerte con una duración de quince meses, iniciado en abril del 2015. Así mismo el comportamiento que manifiesta el fenómeno de El Niño, es que a mayor magnitud en su condición cálida mayor será su duración. Es así que los eventos cálido extraordinario han sido de mayor duración entre 17 a 19 meses, las de magnitud fuerte con duración de 12 a 15 meses, las de magnitud moderada con duración entre 5 a 13 meses y las de magnitud débil con duración de 3 a 6 meses. Por tanto se puede concluir que a mayor magnitud de este evento el periodo de duración será mayor y a menor magnitud menor duración.

La ocurrencia de períodos cálidos en ciclos recurrentes desde 1964 hasta 1991 oscilan desde 2 años dos meses hasta 3 años y nueve meses, a excepción de antes de manifestarse El Niño de 1982-83 en el que hubo una

tregua de seis años. Desde 1991 los ciclos recurrentes disminuyeron y oscilan de 3 meses a 3 años y cinco meses, sin embargo estos últimos años El Niño costero se ha manifestado consecutivamente desde el 2014 al 2017, a distintas magnitudes desde débil a Fuerte.

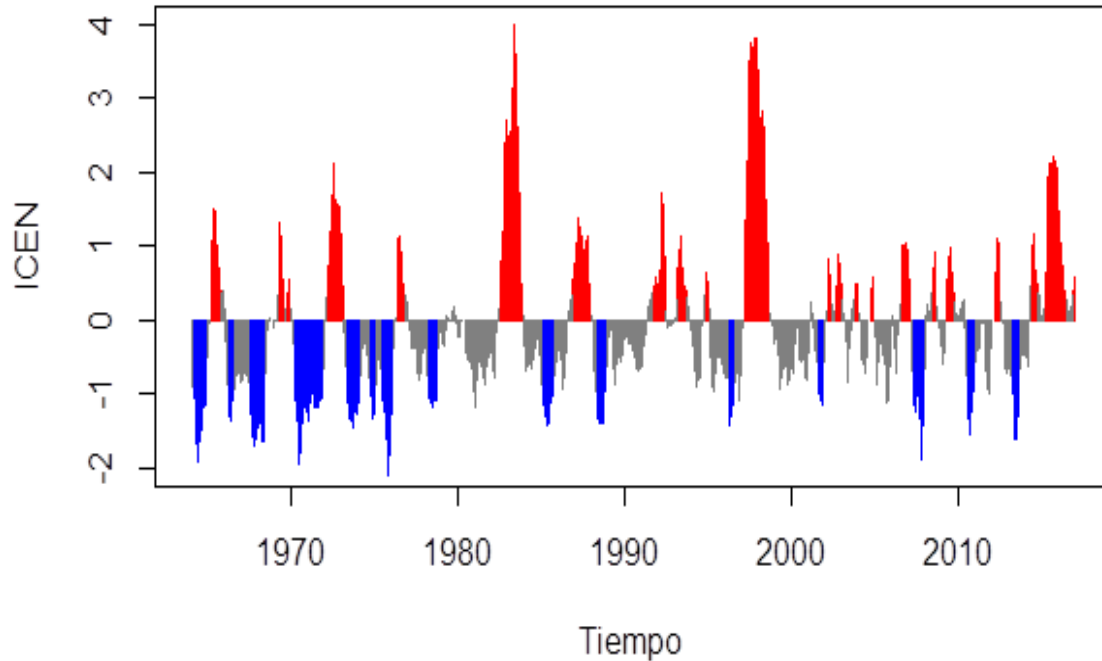


Figura 4: Comportamiento del ICEN desde 1964 al 2016.
Rojo: Condición cálida. Azul: Condición fría, Plomo: Condición Neutra.
Fuente: Instrumento aplicado.

La figura 4 muestra los valores del ICEN durante el periodo mencionado, diferenciando las categorías cálida (color rojo) que indica la presencia de El Niño Costero, fría (color azul) y neutra (color plomo). Donde claramente se aprecia los picos correspondientes a dos eventos cálidos extraordinarios (de 1982/83 y 1997/98) y dos fuertes (del 1972/73 y 2015/16). También se aprecia que los eventos El Niño en las últimas décadas han sido más frecuentes.

Los valores promedios del ICEN en sus categorías neutras y cálidas débiles, cálidas moderadas, cálidas fuerte y cálido extraordinario, en el periodo 1964 - 2016 se muestra en la tabla 9.

Tabla 9:
Valores promedios del ICEN en sus diferentes categorías de El Niño desde 1964 al 2014

	Neutro	Cálido débil	Cálido Moderado	Cálido Fuerte	Cálido Extraordinario
ICEN	-0,381066	0,698776	0,973043	1,44704	2,42194

Fuente: Instrumento aplicado.

Los valores promedios mensuales del ICEN, con niño y condición neutra, se muestra en la figura 5. Tal que los valores máximos corresponden a mayo, junio y julio, siendo el pico en junio. Su valor mínimo se da en marzo y octubre

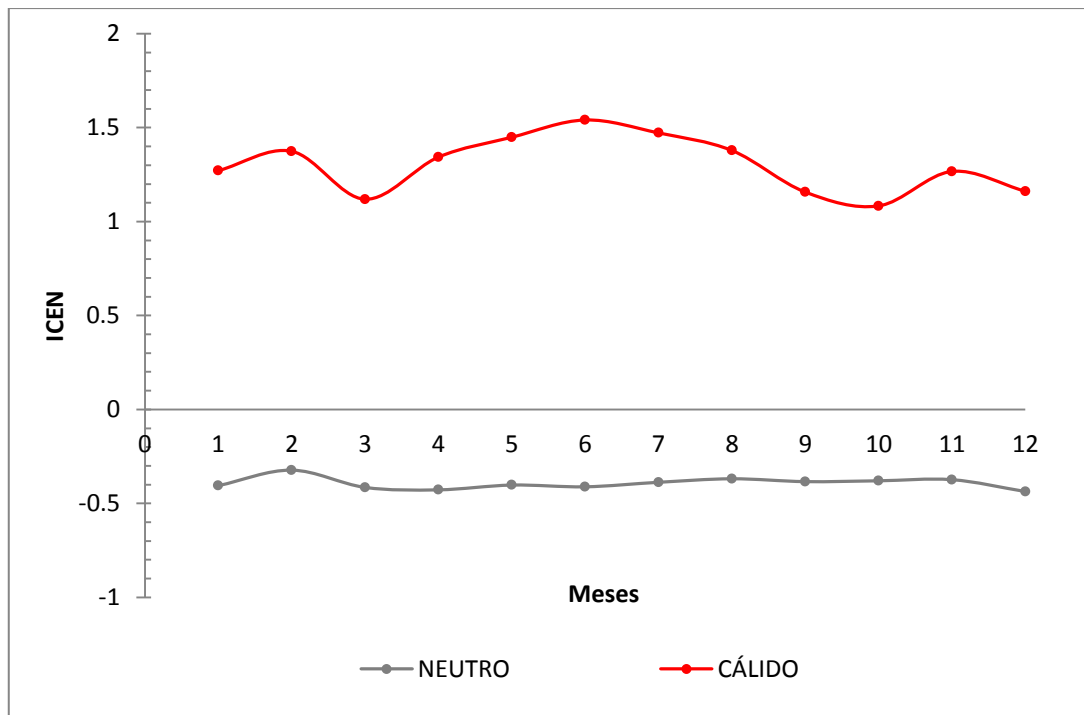


Figura 5: ICEN con in presencia de El Niño y condición neutra, desde 1964 al 2016. Rojo: Con niño, Plomo Neutro.

Fuente: Instrumento aplicado.

4.2. VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA PROVINCIA DE CUSCO, 1964 – 2014.

4.2.1. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN CON Y SIN PRESENCIA DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO: 1964 – 2014.

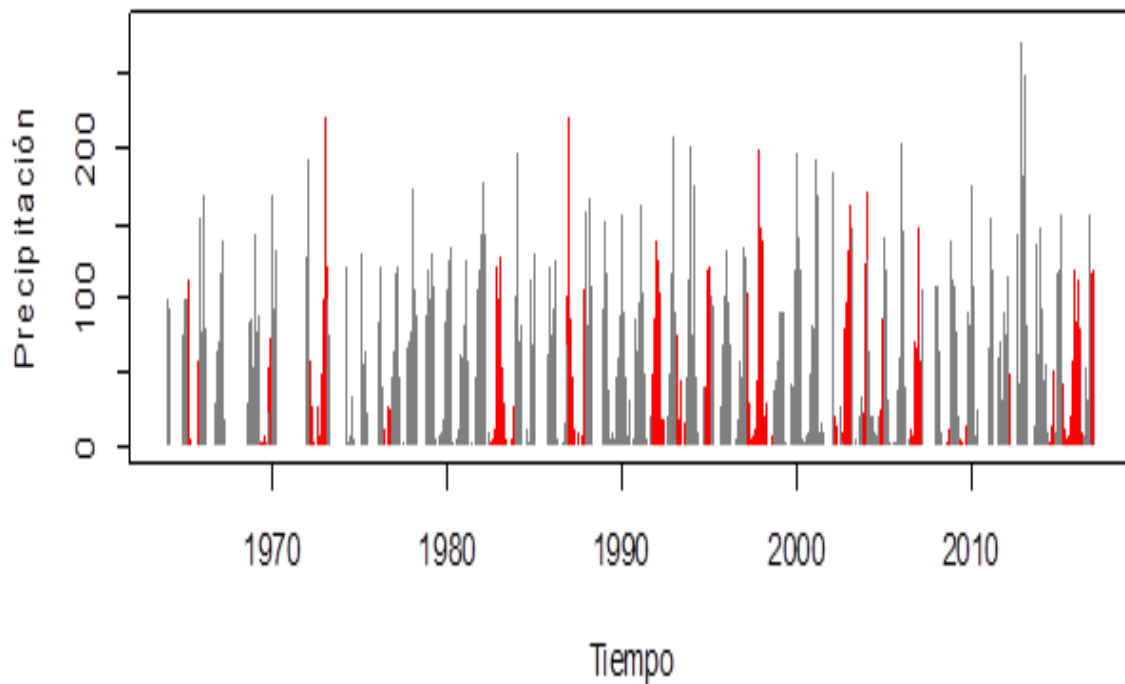


Figura 6: Precipitación total mensual con y sin presencia de El Niño de la provincia de Cusco desde 1964 al 2016. Rojo: Con niño, Plomo Neutro. Fuente: Instrumento aplicado.

La Figura 6 muestra el comportamiento de la precipitación total mensual de la provincia de Cusco en mm, registrados desde 1964 al 2016, del cual se aprecia que las precipitaciones en presencia del fenómeno El niño (en rojo) en la mayoría de los casos disminuye en intensidad que cuando no se produce este fenómeno (en plomo), la disminución de la precipitación en algunos casos es indicador de sequía.

Tabla 10:
Comparación de promedios para la precipitación con Niño y condición neutra.

Presencia	Media	Intervalos de confianza
Neutro	65,8378 +/- 5,92247	[59,9153; 71,7602]
Niño	45,8717 +/- 8,11921	[37,7525; 53,9909]
Prueba t para comparar medias		
Hipótesis nula: media1 = media2		
Hipótesis Alt.: media1 <> media2		
t = 3,75253 valor-P = 0,000194696		

Fuente: Instrumento aplicado.

La tabla 10, muestra los resultados de la prueba t- student en la prueba de hipótesis de comparación de medias suponiendo varianzas iguales y para determinar el intervalo de confianza de la precipitación. De ello se obtiene:

- El valor medio de la precipitación Sin Niño (condición Neutra) es de 65,8378 mm con una variabilidad de +/- 5,92247 mm, vale decir que el intervalo promedio de precipitación en la provincia del Cusco desde 1964 al 2016 en periodos sin niño fluctúa en el 95 % de los casos entre [59,9153; 71,7602] mm.
- Así mismo con esta prueba y con un intervalo de confianza del 95%, se obtiene que el valor medio de la precipitación Con Niño es de 45,8717 mm con una variabilidad de +/- 8,11921mm, vale decir que el intervalo promedio de precipitación en la provincia del Cusco desde 1964 al 2016 en periodos con niño fluctúa entre [37,7525; 53,9909] mm.
- De estos resultados suponiendo varianzas iguales y con un nivel de confianza del 95,0% se obtiene una diferencia de medias para la precipitación sin y con Niño de (19,9661 +/- 10,4526)]mm es decir fluctúa entre [9,51342; 30,4187] mm.
- Se obtiene un valor de t = 3,75253 y un valor-p = 0,000194696 < 0,05, en consecuencia se rechaza la hipótesis nula, es decir las medias de las

precipitaciones con y sin niño son diferentes, tal que con El Niño la precipitación es menor que sin El Niño como muestra la figura 5.

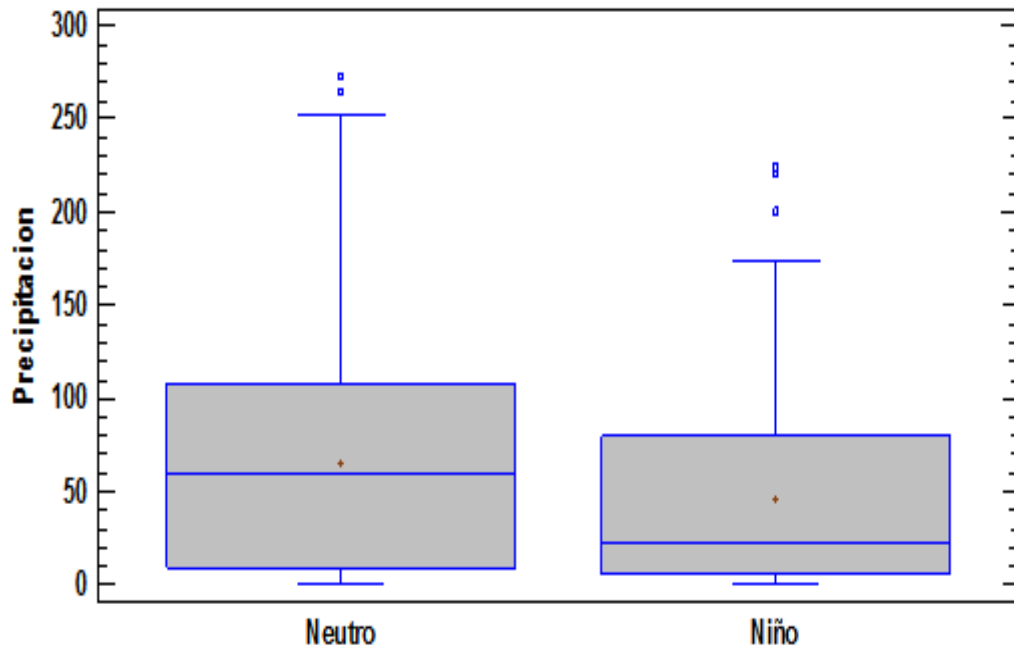


Figura 7: Diagrama de cajas para la precipitación con y sin presencia de El niño (neutro) desde 1964 al 2016.

Fuente: Instrumento aplicado.

La figura 7, muestra de forma general la comparación de la precipitación en condición neutra y en condición cálida, de la cual se observa que la precipitación disminuye en los periodos en los que hubo presencia de El Niño en relación a los periodos en los que no hubo el fenómeno de El Niño. Por otra parte se evidencia una distribución no homogénea en el comportamiento de la precipitación sin niño, habiendo 2 muestras atípicas que corresponden a noviembre del 2012 y febrero del 2013 y tres atípicas en periodos con niño que corresponden a enero de 1973, noviembre de 1997 y enero de 1987, años en los que El Niño se manifestó de forma extraordinaria.

Los valores promedios de la precipitación total mensual en la condición neutra y en la condición cálida (con Niño) en sus diversas magnitudes débil, moderada, fuerte y extraordinaria, sus desviaciones y la determinación de grupos homogéneos al 95% de confianza usando el método de diferencia

mínima significativa (LSD), en el periodo 1964 - 2014 se muestra en la tabla 11,

Tabla 11:
Valores promedios de las precipitaciones en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.

<i>Categoría de El Niño</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cálido						
Débil	49	44,6729	49,3052	33,5516	55,7941	X
Extraordinario	36	42,7194	53,8299	29,7447	55,6942	X
Fuerte	27	46,9089	52,4897	31,9269	61,8908	XX
Moderado	46	49,007	53,4366	37,5288	60,4851	XX
Neutro	366	65,8378	57,6172	61,7686	69,907	X

Fuente: Instrumento aplicado.

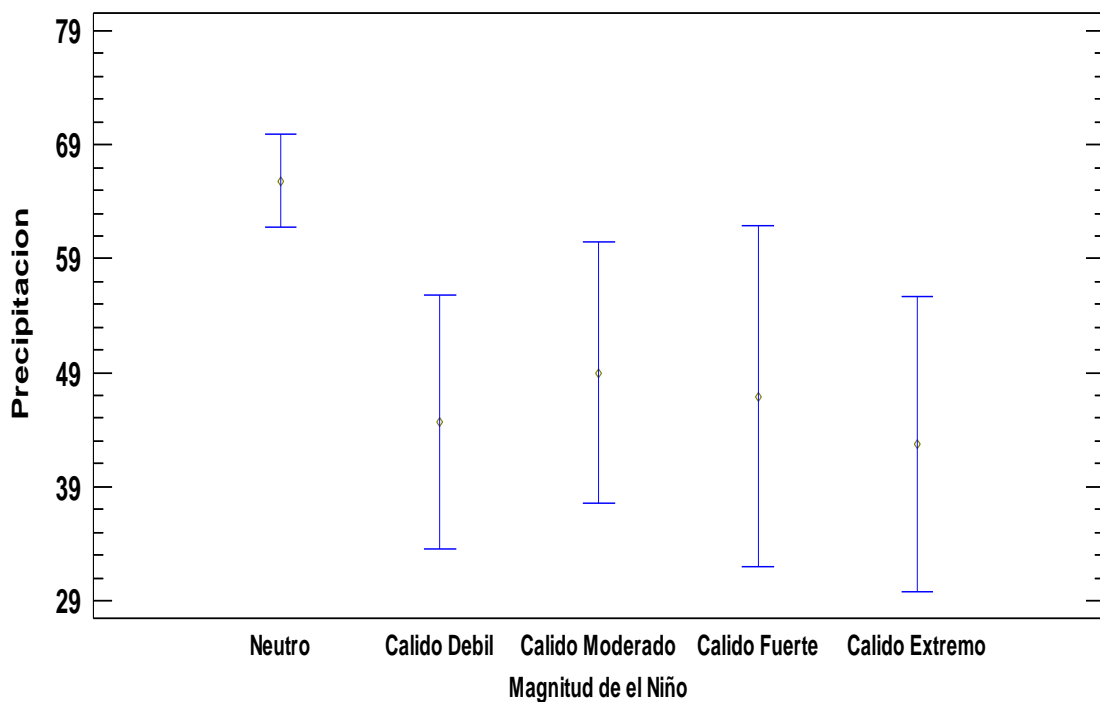


Figura 8: Precipitación total Promedio con y sin presencia de El niño de acuerdo a sus diversas magnitudes, desde 1964 al 2016.

Fuente: Instrumento aplicado.

De la tabla 11 y figura 8, en el 95% de los casos donde se manifestó la condición Neutra la precipitación total promedio: es de 65,8378 y oscila entre [61,7686; 69,907]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida débil la precipitación total promedio: es de 44,6729 y oscila entre [33,5516 ; 55,7941]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida moderado la precipitación total promedio: es de 49,007 y oscila entre [37,5288; 53,4366]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida fuerte la precipitación total promedio: es de 46,9089y oscila entre [31,9269; 52,4897]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida extraordinaria la precipitación total promedio: es de 42,7194 y oscila entre [29,7447; 53,8299]. Siendo todos los valores promedios en la condición cálida inferior al promedio de la precipitación en condición neutra, por lo que se puede afirmar que la presencia de El Niño trae por consecuencia la disminución de la precipitación.

En cuanto a los grupos homogéneos determinados son 2 : Niño en condición cálida débil con cálido extraordinaria y Niño en la condición cálida moderada con cálido fuerte.

Tabla 12:

Prueba de Tukey de comparación de promedios de las precipitaciones en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Neutro - Cálido Débil	*	21,1649	16,7475
Neutro - Cálido Moderado		16,8308	17,2224
Neutro - Cálido Fuerte		18,9289	21,9553
Neutro - Cálido Extraordinario	*	23,1183	19,2303
Cálido Débil - Cálido Moderado		-4,3341	22,6022

Fuente: Instrumento aplicado.

La tabla 12, muestra que existe diferencia significativa en las precipitaciones con niño en la modalidad cálido débil con las precipitaciones sin niño (condición neutra), siendo la diferencia de 21,1649mm. También existe diferencia significativa en la las precipitaciones con niño en la

modalidad cálido extraordinario con las precipitaciones sin niño (condición neutra), siendo la diferencia de 23,11839 mm.

4.2.1.1 ANALISIS DE ANOMALIAS

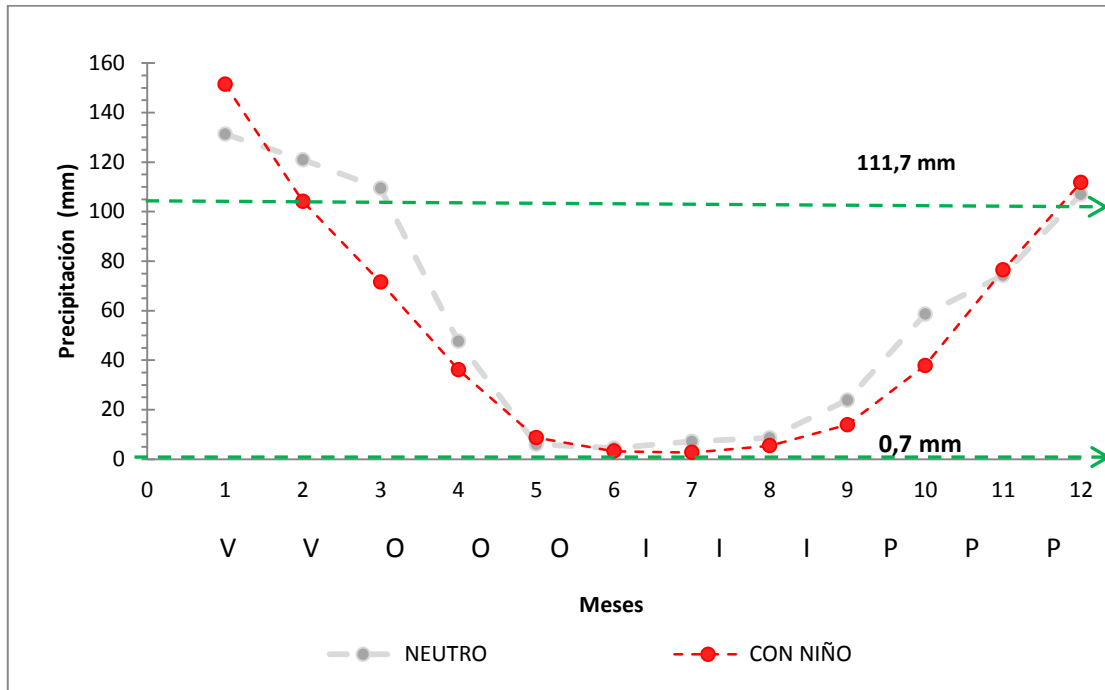


Figura 9: Precipitación Multianual Mensual Sin y con Presencia de El Niño.

1:enero, 2:febrero, 3:marzo, 4:abril, 5:mayo, 6:junio, 7:julio, 8:agosto, 9:setiembre, 10: octubre, 11:noviembre, 12:diciembre, P: primavera, V: verano, O: otoño, I: invierno

Fuente: Instrumento aplicado.

La figura 9 muestra el comportamiento multianual de los valores promedios de la precipitación total mensual de enero a diciembre en la condición neutra y en la condición cálida (con Niño). De la cual se observa que el comportamiento general con Niño (línea roja) y en condición neutra (línea ploma) manifiesta una curva similar, sin embargo si El Niño ocurre en los meses de febrero a noviembre existe una disminución de precipitación en referencia a los valores en condición neutra o sin Niño y si El Niño se presenta en los meses de enero y diciembre hay un incremento de precipitación. Las diferencias de precipitaciones con Niño en relación a la condición neutra son mayores en los meses de marzo, enero, febrero y octubre.



Considerando las etapas estacionales de primavera (meses 9,10,11), verano (12,1,2), otoño (3,4,5) e invierno (6,7,8), sucede que la precipitación en la provincia de Cusco toma valores menores si El Niño ocurre en los meses de Invierno (junio, julio, agosto). Sin embargo no todos los valores de la precipitación en presencia de El Niño diferentes a los valores en condiciones normales son tomados como anómalos. Por ello se consideró determinar el valor normal estándar (VNE) para la precipitación, tal como recomienda la OMM y el Reglamento Técnico y la Guía de Prácticas Climatológicas, cuyo valor es

$$VNE \text{ (precipitación)} = 56,2 \text{ mm}$$

Con una desviación estándar de: $S_{VNE} = 55,53 \text{ mm}$

El valor se obtuvo de una serie de 30 años disponible más reciente, que para este estudio fue el periodo de 1981-2010. En general, se considera que las condiciones de la precipitación van a ser normales si es que sus valores están dentro del intervalo de una desviación estándar.

$$(VNE \pm s) = [0,7 ; 111,7)mm.$$

A partir del VNE de la precipitación se calculó las anomalías, que es la diferencia entre el valor registrado de la variable y su VNE, que indica qué tanta variabilidad existe en el parámetro analizado, y sus condiciones van a ser normales si es que las anomalías van a estar dentro del intervalo de una desviación estándar $[-55,53; 55,53]$ que indica qué tanta variabilidad existe en el parámetro analizado.

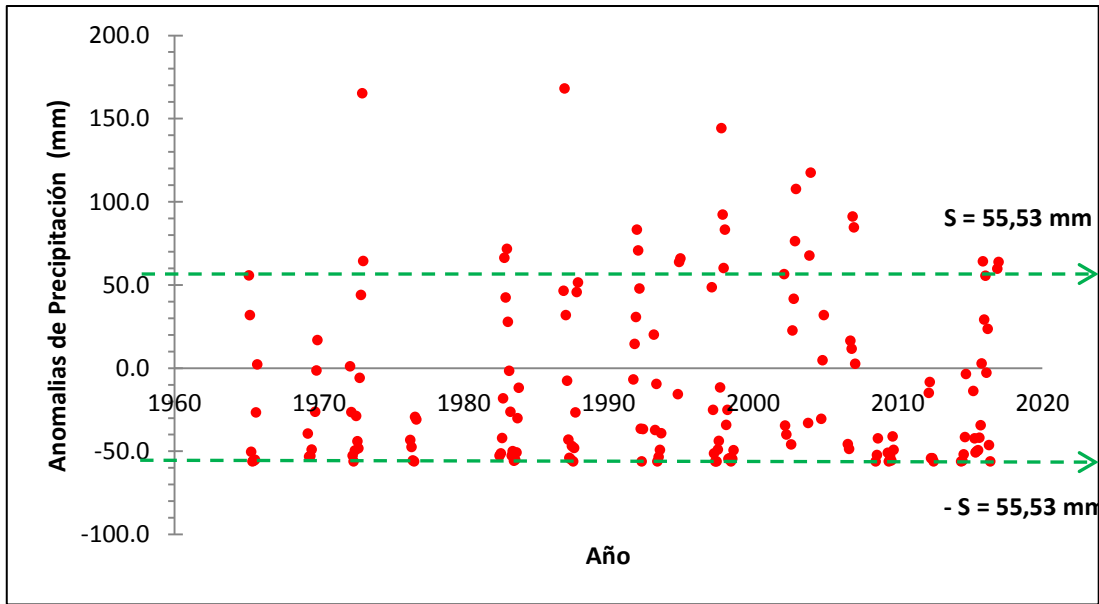


Figura 10: Anomalías de la Precipitación en presencia de El Niño desde 1964.

Fuente: Instrumento aplicado.

Un análisis multianual del comportamiento mensual de las anomalías de la precipitación desde 1964 al 2016 en presencia de El Niño y en condición neutra, se aprecia en la figura 11.

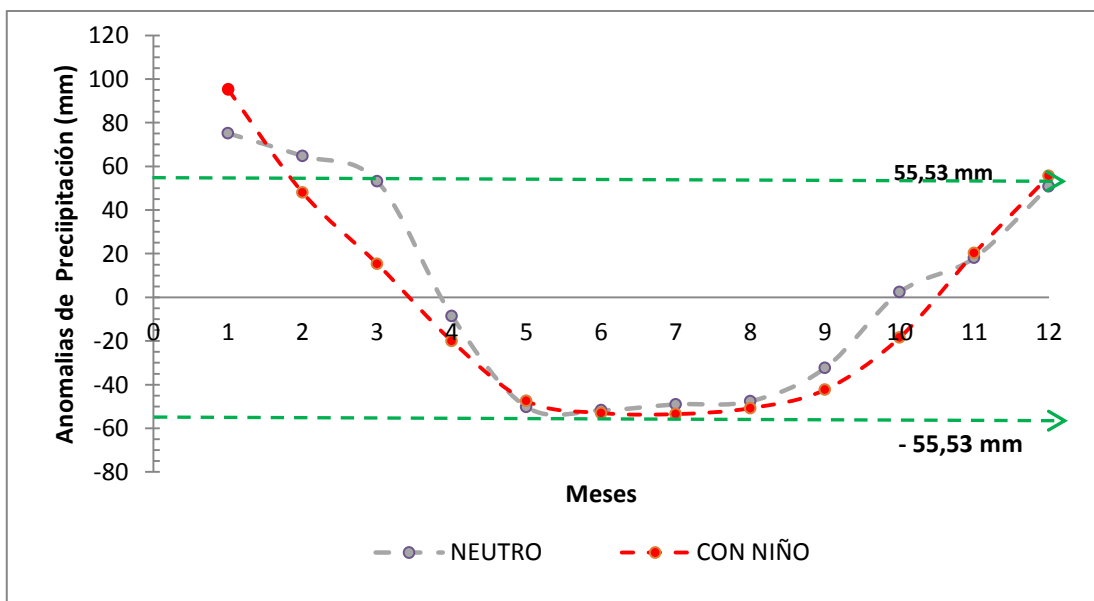


Figura 11 Comportamiento mensual de las anomalías de la Precipitación multianual en presencia de El Niño.

1:enero, 2:febrero, 3:marzo, 4:abril, 5:mayo, 6:junio, 7:julio, 8:agosto, 9:setiembre, 10: octubre, 11:noviembre, 12:diciembre.

Fuente: Instrumento aplicado.



La figura 8, muestra los valores de las anomalías de la precipitación desde 1964, tal que los valores fuera de lo normal se visualiza por encima de $S = 55,53$ mm, es decir es positivo y corresponde a meses en los que hubo exceso de precipitación, tal que al 2016 se han manifestado 24 casos mensuales y de la figura 9 estos excesos de precipitación sucede por usual en los meses de enero y diciembre que corresponden a las estación de verano.

Es de esperarse que ante la presencia de El Niño, la precipitación en la provincia del Cusco disminuya en forma general, sin embargo si el fenómeno se da en los meses de diciembre y enero la precipitación presentara anomalías positivas, es decir un exceso de precipitación con relación a lo normal, lo que implicaría en nuestra sociedad posible deslizamientos en las zonas urbano marginales donde se ubica un buen porcentaje de la población, trayendo posibles pérdidas humanas y de viviendas.

4.2.2. COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA CON Y SIN PRESENCIA DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO: 1964 – 2014

Para este análisis se tomó en cuenta como indicadores de la temperatura: la temperatura media, temperatura máxima y temperatura mínima.

4.2.2.1 TEMPERATURA MEDIA.

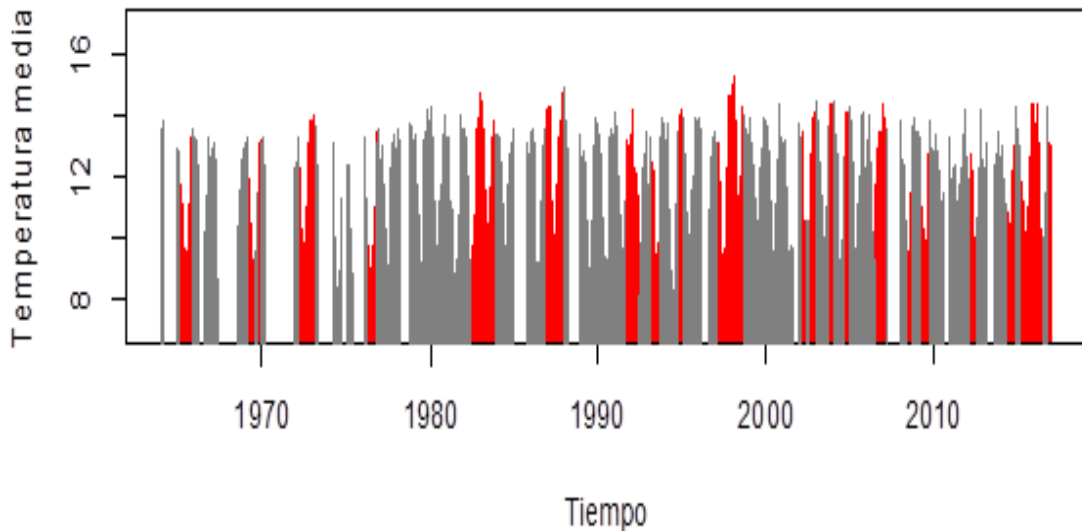


Figura 12: Temperaturas Medias mensuales de la provincia de Cusco Con y Sin presencia de El niño desde 1964 al 2016. Rojo: Con niño. Plomo: Neutro

Fuente: Instrumento aplicado.

La Figura 12 muestra los valores de la temperatura media mensual de la provincia de Cusco en °C, registrado desde 1964 al 2016, en rojo con presencia de El Niño (condición cálida) y con plomo sin Niño (condición neutra). Del cual se aprecia que la magnitud de las temperaturas medias con presencia de El Niño en algunos casos es ligeramente superior a las temperaturas medias en condición neutra o sin presencia del fenómeno El niño.

Tabla 13: Comparación de promedios para la Temperatura Media con Niño y condición neutra.

Presencia	Media	Intervalos de confianza
Neutro	12,2338 +/- 0,158674	[12,0751; 12,3924]
Niño	12,2715 +/- 0,275016	[11,9964; 12,5465]
Prueba t para comparar medias		
Hipótesis nula: media1 = media2		
Hipótesis Alt.: media1 <> media2		
: t = -0,246113 valor-P = 0,805691		

Fuente: Instrumento aplicado.



La tabla 13, muestra los resultados de la prueba t- student en la prueba de hipótesis de comparación de medias suponiendo varianzas iguales y la determinación del intervalo de confianza de la temperatura media. De ello se obtiene:

- El valor promedio de la temperatura media en condición Neutra es de $12,2338\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una variabilidad de $\pm 0,158674\text{ }^{\circ}\text{C}$, vale decir que el intervalo promedio en la provincia del Cusco desde 1964 al 2016 en periodos en condición neutra fluctúa en el 95 % de los casos entre $[12,0751; 12,3924]\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Así mismo con esta prueba y con un intervalo de confianza del 95%, se obtiene que el valor promedio de las temperaturas medias Con Niño es de $12,2715\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una variabilidad de $\pm 0,275016\text{ }^{\circ}\text{C}$, vale decir que el intervalo para el promedio de las temperaturas medias en la provincia del Cusco en periodos Con Niño fluctúa entre $[11,9964; 12,5465]\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- De estos resultados suponiendo varianzas iguales y con un nivel de confianza del 95,0% se obtiene una diferencia de medias para la temperatura media sin y con Niño de $(0,0376852 \pm 0,30081)\text{ }^{\circ}\text{C}$ es decir fluctúa entre $[-0,338496; 0,263125]\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- En esta prueba se obtiene un valor de $t = -0,246113$ y un valor- $P = 0,805691 > 0,05$. En consecuencia se acepta la hipótesis nula, lo que significa que las medias de las temperaturas medias mensuales con y sin niño son iguales.

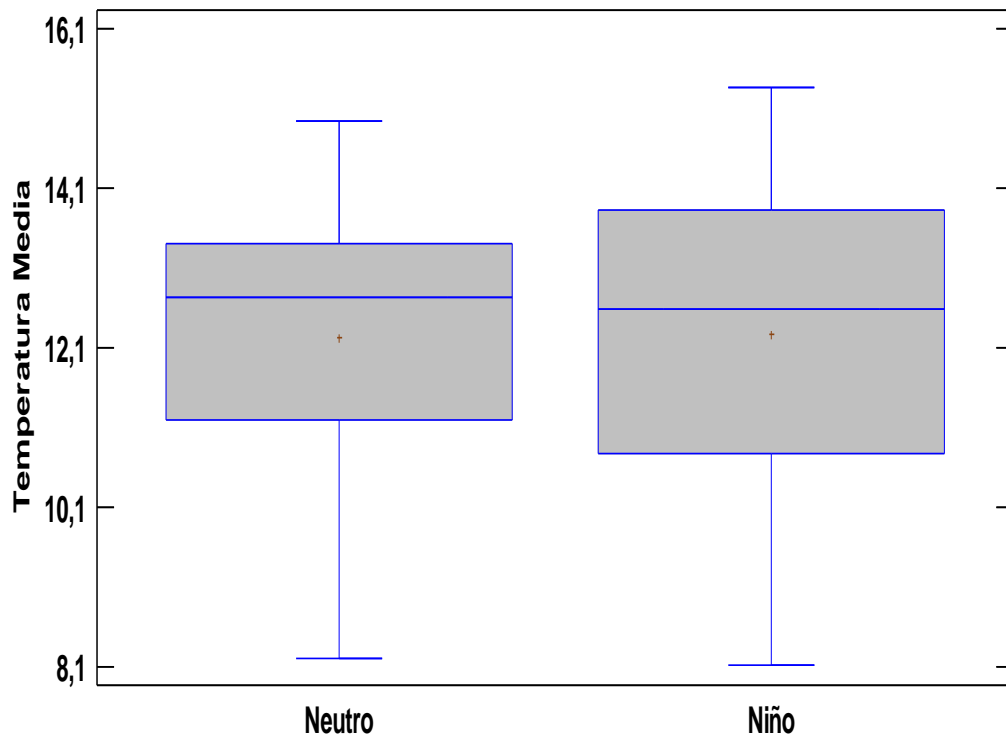


Figura 13: Diagrama de cajas para el promedio de temperaturas medias con Niño y condición Neutra.

Fuente: Instrumento aplicado.

De la figura 13, se observa que el valor promedio de las temperaturas medias con Niño es similar al valor promedio de la temperatura media en condición Neutra. Por otra parte se evidencia una distribución no homogénea en el comportamiento de la temperatura media con y sin Niño.

Los valores promedios de la temperatura media mensual en la condición neutra y en la condición cálida (con Niño) en sus diversas magnitudes débil, moderada, fuerte y extraordinaria, sus desviaciones y la determinación de grupos homogéneos al 95% de confianza usando el método de diferencia mínima significativa (LSD), en el periodo 1964 - 2014 se muestra en la tabla 14 y figura 11.

Tabla 14:
Valores promedios de las temperaturas medias en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.

<i>Categoría de El Niño</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cálido						
Débil	49	12,1722	1,71159	11,8531	12,4914	X
Extraordinario	36	12,6756	1,75576	12,3032	13,0479	X
Fuerte	27	12,2322	1,63795	11,8022	12,6622	X
Moderado	46	12,0839	1,85361	11,7545	12,4133	X
Neutro	366	12,2338	1,54367	12,117	12,3506	X

Fuente: Instrumento aplicado.

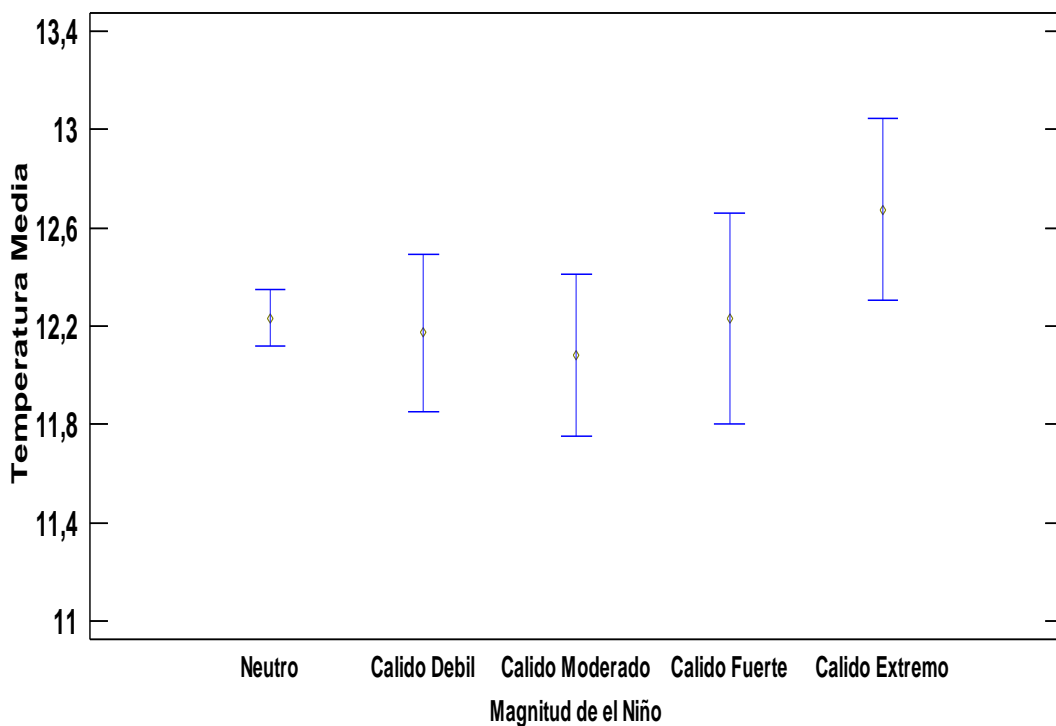


Figura 14: Promedio de Temperaturas medias, con Niño y condición neutra.

Fuente: Instrumento aplicado.

De la tabla 14 y figura 14, se tiene que en el 95% de los casos donde se manifestó la condición Neutra el promedio de la temperatura media es 12,2338°C y oscila entre [12,117; 12,3506]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida débil el promedio de la temperatura media

es 12,1722 °C y oscila entre [11,8531; 12,4914]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida moderado el promedio de la temperatura media es 12,0839 °C y oscila entre [11,7545; 12,4133]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida fuerte el promedio de la temperatura media es 12,2322 y oscila entre [11,8022; 12,6622]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida extraordinaria el promedio de la temperatura media es 12,6756 °C y oscila entre [12,3032; 13,0479]. Siendo todos los valores promedios en la condición cálida similares al promedio en condición neutra, tal que se determinó solo un grupo homogéneo conformado por Niño en condición cálido débil, cálido moderado, cálido fuerte y neutro.

Tabla 15:
Prueba de Tukey de comparación de promedios de las temperaturas medias en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Neutro - Cálido Débil		0,0615256	0,480669
Neutro - Cálido Moderado		0,149857	0,494299
Neutro - Cálido Fuerte		0,00154827	0,630136
Neutro - Cálido Extraordinario	*	-0,441785	0,551927

Fuente: Instrumento aplicado.

La tabla 15, muestra que existe diferencia significativa en el promedio de la temperatura media con niño en la modalidad cálido extraordinario con el promedio de la temperatura media en condición neutra, siendo la diferencia de -0,441785 °C.

ANALISIS DE ANOMALIAS

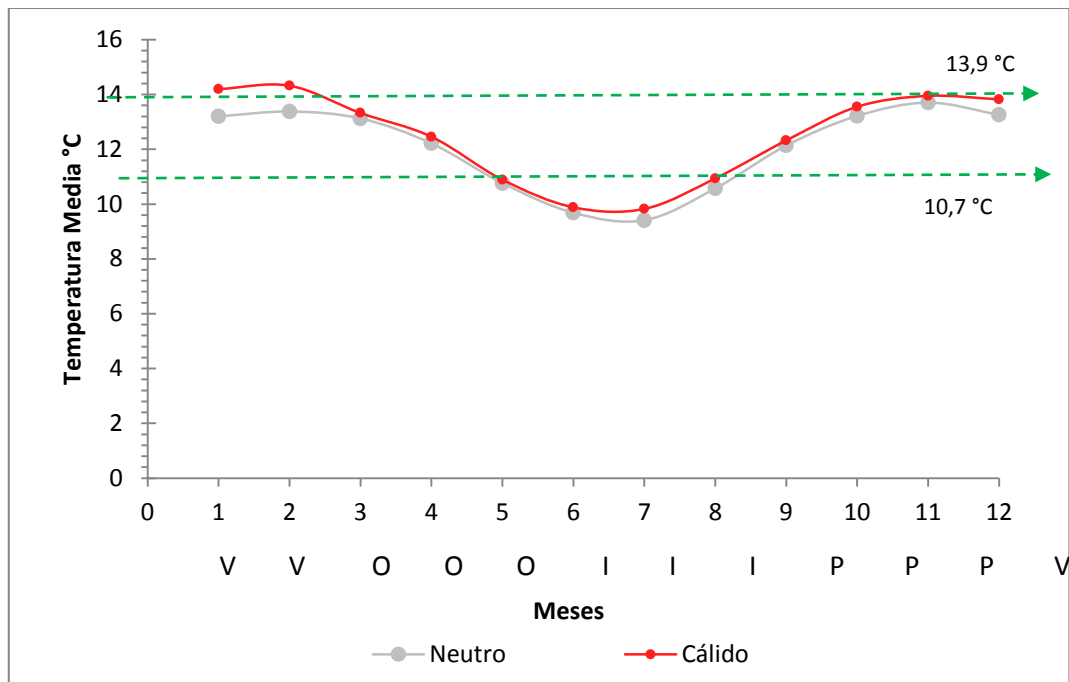


Figura 15: Temperatura media multianual mensual en condición neutra y con Presencia de El Niño.

1:enero, 2:febrero, 3:marzo, 4:abril, 5:mayo, 6:junio, 7:julio, 8:agosto, 9:setiembre, 10: octubre, 11:noviembre, 12:diciembre, P: primavera, V: verano, O: otoño, I: invierno

Fuente: Instrumento aplicado.

La figura 15 muestra un comportamiento similar de los valores promedios de la temperatura media de enero a diciembre en la condición neutra y en la condición cálida (con Niño). Sin embargo cuando ocurre El Niño existe un aumento de la temperatura media en referencia a los valores en condición neutra para todos los meses del año, siendo mayores estos aumentos en los meses de enero, febrero y diciembre.

En presencia de El Niño y considerando las etapas estacionales de primavera (meses 9,10,11), verano (12,1,2), otoño (3,4,5) e invierno (6,7,8), sucede que la temperatura media en la provincia de Cusco empieza a elevar sus temperaturas desde setiembre hasta febrero, siendo el pico en febrero. Empezando a decaer en mayo tal que los menores valores ocurre en los meses de invierno (junio, julio, agosto), en especial en junio y julio.

Sin embargo para determinar si los valores de la temperatura media en presencia de El Niño (línea roja) son anómalos o no, se determina el valor

normal estándar (VNE) para la temperatura media, tal como recomienda la OMM y el Reglamento Técnico y la Guía de Prácticas Climatológicas, cuyo valor es:

$$VNE (\text{temperatura media}) = 12,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Con una desviación estándar de: $S_{VNE} = 1,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$

El valor se obtuvo de una serie de 30 años disponible más reciente, que para este estudio fue el periodo de 1981-2010. En general, se considera que las condiciones de la temperatura media van a ser normales si es que sus valores están dentro del intervalo de una desviación estándar.

$$(VNE \pm s) = [10,7 ; 13,9] \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

A partir del VNE de la temperatura media se calculó las anomalías, que es la diferencia entre el valor registrado de la variable y su VNE, que indica qué tanta variabilidad existe y sus condiciones van a ser normales si es que las anomalías están dentro del intervalo de una desviación estándar $[-1,6; 1,6] \text{ }^{\circ}\text{C}$.

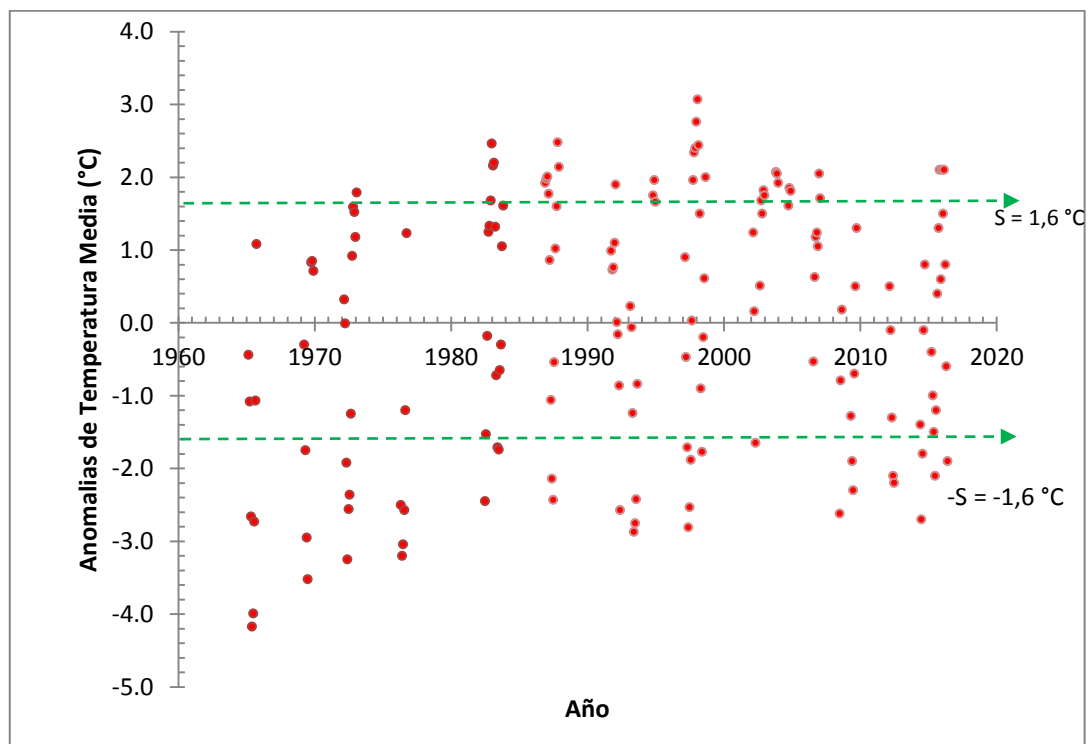


Figura 16: Anomalías de la Temperatura Media en presencia de El Niño desde 1964.

Fuente: Instrumento aplicado.

Un análisis multianual del comportamiento mensual de las anomalías de la temperatura media desde 1964 al 2016 en presencia de El Niño y en condición neutra, se aprecia en la figura 14.

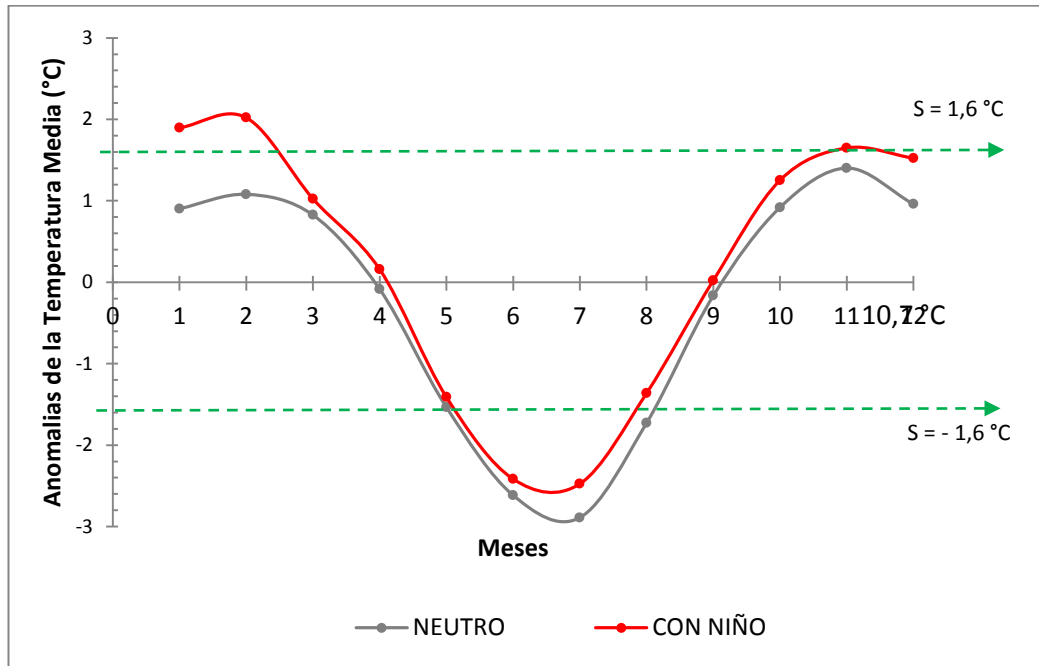


Figura 17: Comportamiento mensual de las anomalías de la Temperatura Media multianual en presencia de El Niño.

1:enero, 2:febrero, 3:marzo, 4:abril, 5:mayo, 6:junio, 7:julio, 8:agosto, 9:setiembre, 10: octubre, 11:noviembre, 12:diciembre.

Fuente: Instrumento aplicado.

La figura 16, muestra los valores de las anomalías de la temperatura media desde 1964 al 2016, tal que los valores fuera de lo normal se visualiza por encima y por debajo de $S = \pm 1,6 \text{ }^\circ\text{C}$, tal que al 2016 se han manifestado 83 casos mensuales y de la figura 17 estos valores anómalos en presencia de El Niño se registra por usual en los meses de enero, febrero, junio y julio que corresponden a parte de la estación de verano e invierno.

4.2.2.2 TEMPERATURA MÁXIMA

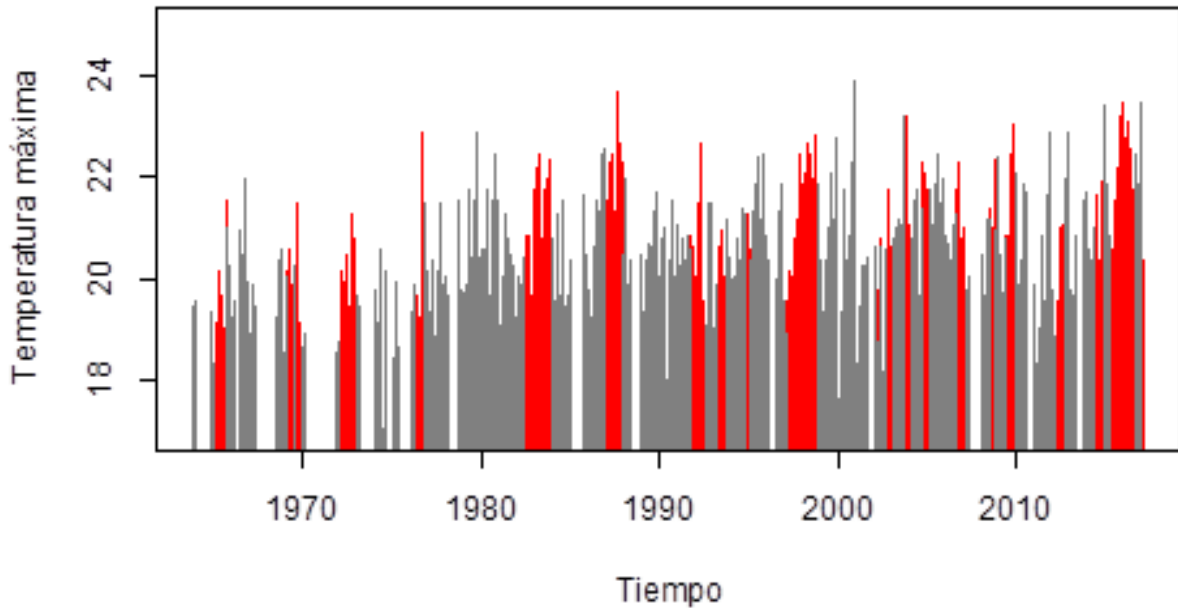


Figura 18: Temperatura Máximas mensuales de la provincia de Cusco Sin y Con presencia de El niño desde 1964 al 2016. Rojo: Con niño, Plomo: Neutro

Fuente: Instrumento aplicado

La Figura 18 muestra los valores de la temperatura máxima mensual de la provincia de Cusco en °C, registrado desde 1964 al 2016, en rojo con presencia de El Niño (condición cálida) y con plomo Sin Niño (condición Neutra). Del cual se aprecia que la magnitud de las temperaturas máximas con presencia de El Niño en algunos casos es superior a las temperaturas máximas sin presencia del fenómeno El niño.

Tabla 16:
Comparación de promedios para la Temperatura Máxima con Niño y condición neutra.

Presencia	Media (°C)	Intervalos de confianza (°C)
Neutro	20,4126 +/- 0,113615	[20,299; 20,5262]
Niño	21,0342 +/- 0,181846	[20,8523; 21,216]
Prueba t para comparar medias		
Hipótesis nula: media1 = media2		
Hipótesis Alt.: media1 <> media2		
t = -5,82432 y un valor-P = 1,00339E-8.		

Fuente: Instrumento aplicado.



La tabla 13, muestra los resultados de la prueba t- student en la prueba de hipótesis de comparación de medias suponiendo varianzas iguales y la determinación del intervalo de confianza de la precipitación. De ello se obtiene:

- El valor promedio de la temperatura máxima en condición Neutra es de $20,4126$ °C con una variabilidad de $\pm 0,113615$ °C, vale decir que el intervalo promedio en la provincia del Cusco desde 1964 al 2016 en periodos en condición neutra fluctúa en el 95 % de los casos entre $[20,299; 20,5262]$ °C
- Así mismo con esta prueba y con un intervalo de confianza del 95%, se obtiene que el valor promedio de las temperaturas máximas Con Niño es de $21,0342$ °C con una variabilidad de $\pm 0,181846$ °C, vale decir que el intervalo para el promedio de las temperaturas máximas en la provincia del Cusco en periodos Con Niño fluctúa entre $[20,8523; 21,216]$ °C.
- De estos resultados suponiendo varianzas iguales y con un nivel de confianza del 95,0% se obtiene una diferencia de medias para la temperatura máxima sin y con Niño de $(-0,621609 \pm 0,209667)$ °C es decir fluctúa entre $[-0,831275; -0,411942]$ °C.
- En esta prueba se obtiene un valor de $t = - 5,82432$ y un valor-P = $1,00339E-8$. $< 0,05$. En consecuencia se acepta la hipótesis alterna, lo que significa que las medias de las temperaturas máximas mensuales con y sin niño son diferentes.

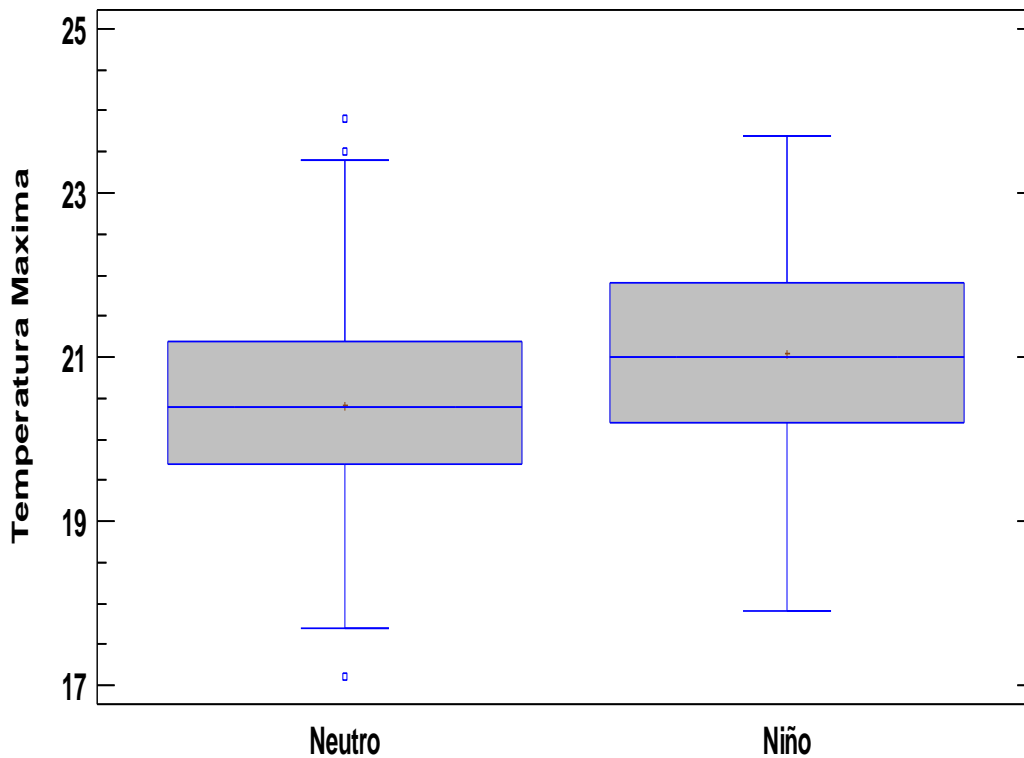


Figura 19: Diagrama de cajas para la temperatura máxima con y sin presencia de El niño desde 1964 al 2016.
Fuente: Instrumento aplicado.

De la figura 19, se observa que el promedio de la temperatura máxima aumento en presencia de El Niño en relación a los periodos en condición neutra. Por otra parte existen 3 muestras atípicas en la condición Neutra o Sin Niño, que corresponden a agosto de 1974, noviembre del 2000 y noviembre del 2016.

Los valores promedios de la temperatura máxima mensual en la condición neutra y en la condición cálida (con Niño) en sus diversas magnitudes débil, moderada, fuerte y extraordinaria, sus desviaciones y la determinación de grupos homogéneos al 95% de confianza usando el método de diferencia mínima significativa (LSD), en el periodo 1964 - 2014 se muestra en la tabla 17 y figura 17.

Tabla 17:
Valores promedios de las temperaturas máximas en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.

<i>Categoría de El Niño</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cálido						
Débil	49	20,8184	1,09633	20,5965	21,0403	X
Extraordinario	36	21,3861	0,91812	21,1272	21,645	X
Fuerte	27	21,1	1,39394	20,801	21,399	XX
Moderado	46	20,95	1,20513	20,721	21,179	XX
Neutro	366	20,4126	1,10531	20,3314	20,4938	X

Fuente: Instrumento aplicado.

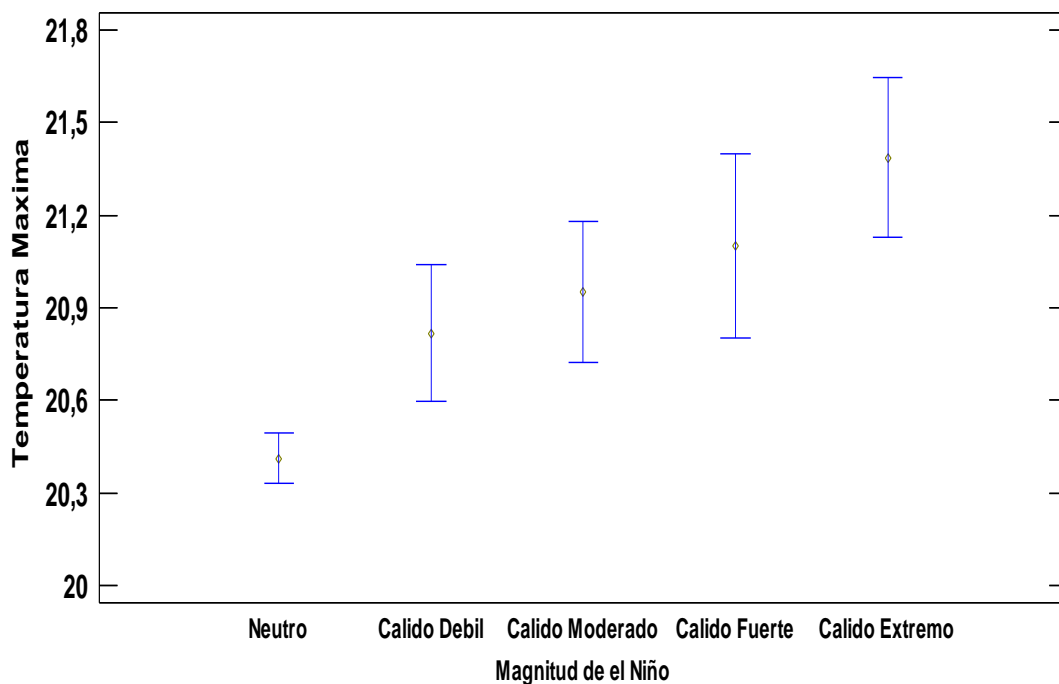


Figura 20: Promedio de las Temperaturas Máximas Sin y Con presencia del fenómeno de El niño en sus diversas magnitudes, desde 1964 al 2016.

Fuente: Instrumento aplicado.

De la tabla 17 y figura 20, se tiene que en el 95% de los casos donde se manifestó la condición Neutra el promedio de la temperatura máxima es 20,4126 °C y oscila entre [20,3314; 20,4938]. En el 95% de los casos

donde se manifestó la condición cálida débil el promedio de la temperatura máxima es 20,8184°C y oscila entre [20,5965; 21,0403]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida moderado el promedio de la temperatura media es 20,95 °C y oscila entre [20,721; 21,179]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida fuerte el promedio de la temperatura media es 21,1 y oscila entre [20,801; 21,399]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida extraordinaria el promedio de la temperatura media es 21,3861 °C y oscila entre [21,1272; 21,645]. Siendo todos los valores promedios en la condición cálida mayores al promedio en condición neutra, además presenta un comportamiento creciente en sus valores de acuerdo a su magnitud débil, moderado, fuerte y extraordinario siendo de 20,8184; 20,95; 21,1; 21,3861 respectivamente. Así mismo se determinó solo un grupo homogéneo conformado por Niño en condición cálida moderado y cálido fuerte.

Tabla 18:**Prueba de Tukey de comparación de promedios de las temperaturas máximas en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Neutro - Cálido Débil	*	-0,405799	0,334183
Neutro - Cálido Moderado	*	-0,537432	0,34366
Neutro - Cálido Fuerte	*	-0,687432	0,4381
Neutro - Cálido Extraordinario	*	-0,973543	0,383726

* indica una diferencia significativa.

Fuente: Instrumento aplicado.

La tabla 18 muestra que existe diferencia significativa en el promedio de las temperaturas máximas Con Niño en todas sus magnitudes en comparación a la temperatura máxima en condición neutra, siendo estas diferencias de -0,405799 °C entre neutro y cálido débil; -0,537432 °C entre neutro y cálido moderado y ; -0,687432 °C entre neutro y cálido fuerte; -0,973543 °C entre neutro y cálido extraordinario; siendo esta última la que presenta mayor diferencia.

ANALISIS DE ANOMALIAS

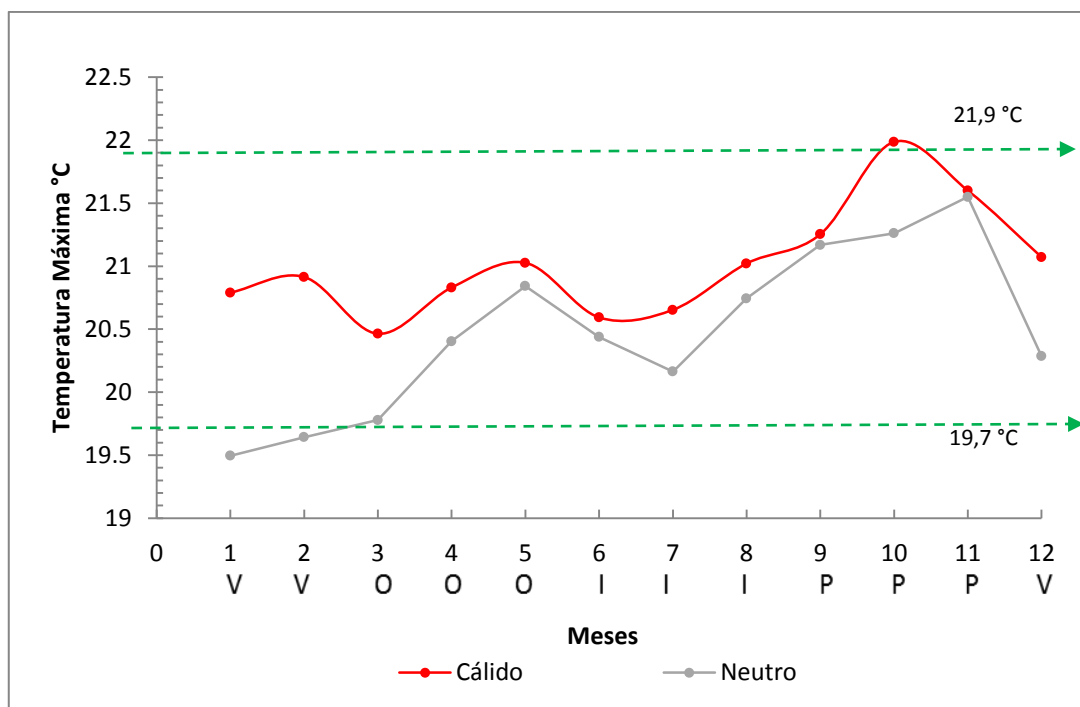


Figura 21: Temperatura máxima multianual mensual en condición neutra y con Presencia de El Niño.

1:enero, 2:febrero, 3:marzo, 4:abril, 5:mayo, 6:junio, 7:julio, 8:agosto, 9:setiembre, 10: octubre, 11:noviembre, 12:diciembre, P: primavera, V: verano, O: otoño, I: invierno

Fuente: Instrumento aplicado.

La figura 21 muestra un comportamiento similar de los valores promedios de la temperatura máxima de enero a diciembre en la condición neutra y en la condición cálida (con Niño). Sin embargo cuando ocurre El Niño existe un aumento de la temperatura máxima en referencia a los valores en condición neutra para todos los meses del año, estos aumentos son mayores en los meses de enero, febrero, marzo, octubre y diciembre.

En presencia de El Niño y considerando las etapas estacionales de primavera (meses 9,10,11), verano (12,1,2), otoño (3,4,5) e invierno (6,7,8), sucede que la temperatura máxima en la provincia de Cusco empieza a elevar sus temperaturas desde julio hasta octubre, siendo el pico en octubre y mayo. Empezando a decaer en noviembre tal que el menor valor se da en el mes de junio.

Sin embargo para determinar si los valores de la temperatura máxima en presencia de El Niño (línea roja) son anómalos o no, se determina el valor normal estándar (VNE) para la temperatura máxima, tal como recomienda la OMM y el Reglamento Técnico y la Guía de Prácticas Climatológicas, cuyo valor es:

$$VNE (\text{temperatura máxima}) = 20,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Con una desviación estándar de: $S_{VNE} = 1,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$

El valor se obtuvo de una serie de 30 años disponible más reciente, que para este estudio fue el periodo de 1981-2010. En general, se considera que las condiciones de la temperatura máximas van a ser normales si es que sus valores están dentro del intervalo de una desviación estándar.

$$(VNE \pm s) = [19,7 ; 21,9] \text{ }^{\circ}\text{C}$$

A partir del VNE de la temperatura media se calculó las anomalías, que es la diferencia entre el valor registrado de la variable y su VNE, que indica qué tanta variabilidad existe y sus condiciones van a ser normales si es que las anomalías están dentro del intervalo de una desviación estándar $[-1,1; 1,1] \text{ }^{\circ}\text{C}$.

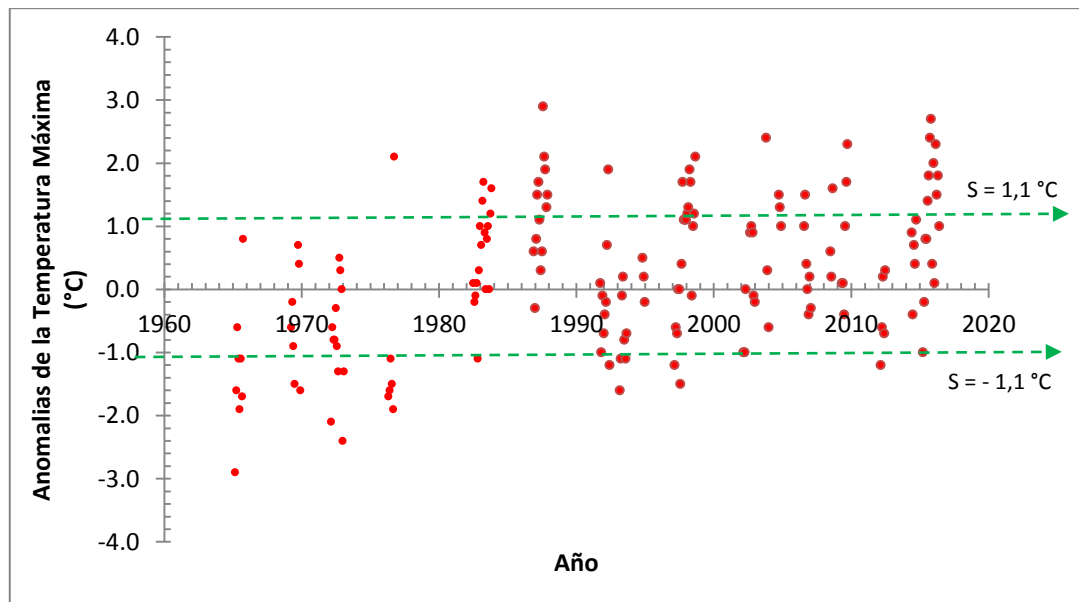


Figura 22: Anomalías de la Temperatura Media en presencia de El Niño desde 1964.

Fuente: Instrumento aplicado.

Un análisis multianual del comportamiento mensual de las anomalías de la temperatura media desde 1964 al 2016 en presencia de El Niño y en condición neutra, se aprecia en la figura 23.

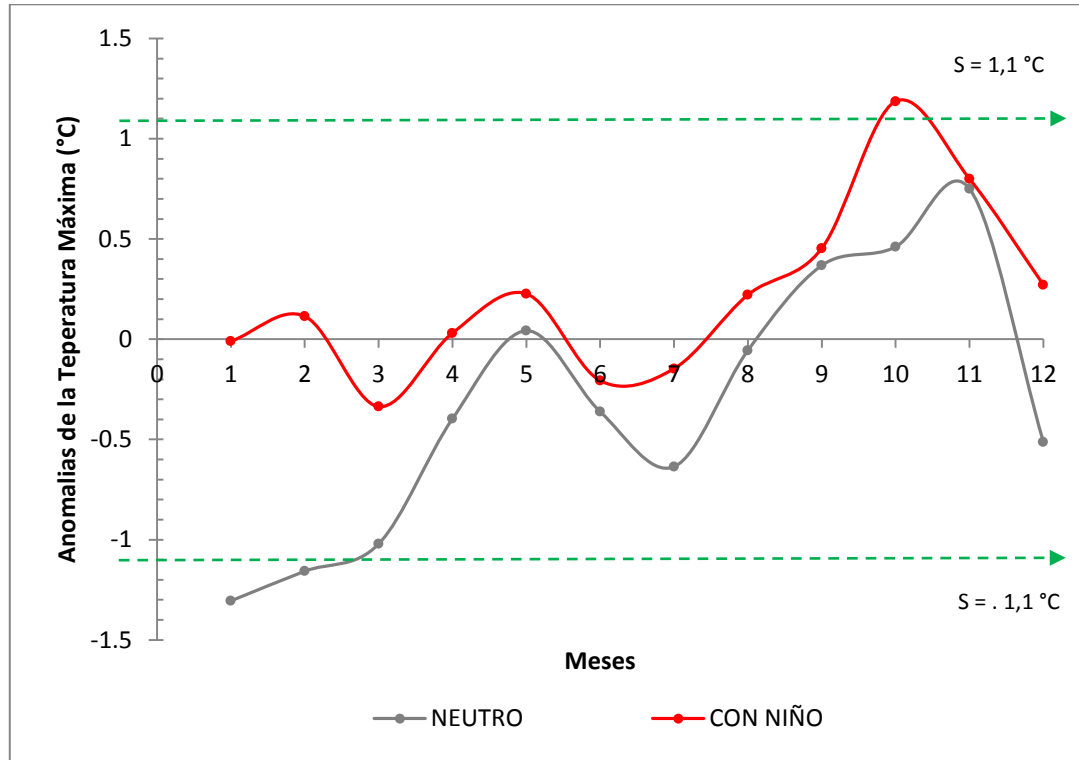


Figura 23: Comportamiento mensual de las anomalías de la Temperatura Máxima multianual en presencia de El Niño.
Fuente: Instrumento aplicado.

La figura 22, muestra los valores de las anomalías de la temperatura máxima desde 1964 al 2016, tal que los valores fuera de lo normal se visualiza por encima y por debajo de $S = \pm 1,1 \text{ } ^\circ\text{C}$, tal que al 2016 se han manifestado 60 casos mensuales y de la figura 23 estos valores anómalos en presencia de El Niño se registra por lo usual en el mes de octubre.

4.4.4.3 TEMPERATURA MINIMA

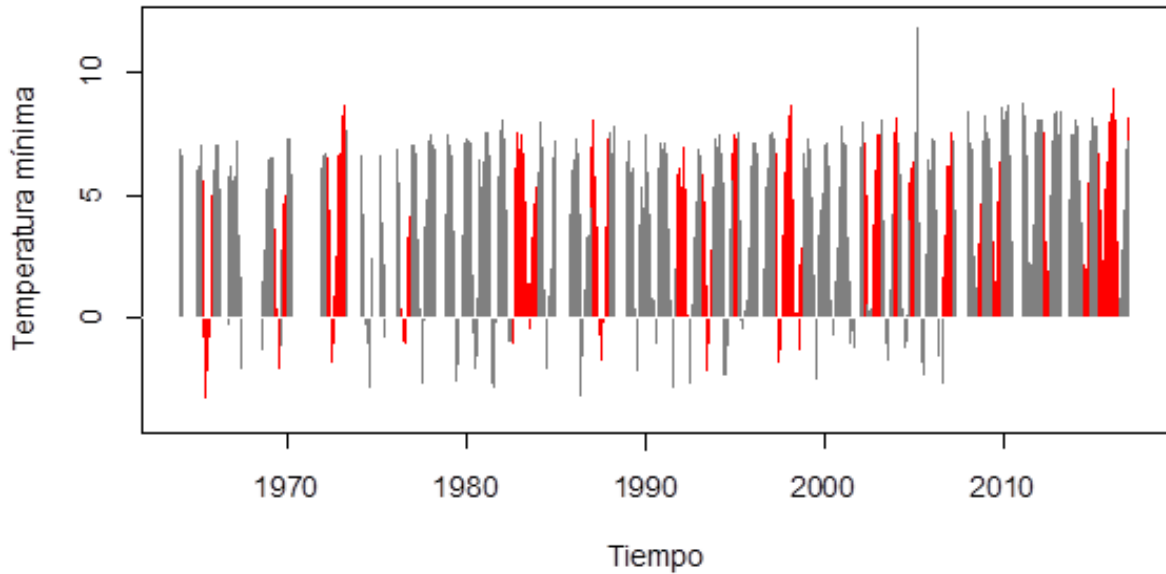


Figura 24: Temperaturas Mínimas Absolutas mensuales de la provincia de Cusco Con y Sin presencia de El niño desde 1964 al 2016. Rojo: Con niño, Plomo: Neutro
Fuente: Instrumento aplicado.

La Figura 24 muestra los valores de la temperatura mínima mensual de la provincia de Cusco en °C, registrado desde 1964 al 2016, en rojo con presencia de El Niño (condición cálida) y con plomo en condición Neutra. Del cual se aprecia que la magnitud de las temperaturas mínimas con presencia de El Niño por lo usual es inferior a las temperaturas mínimas sin presencia del fenómeno El niño.

Tabla 19:
Comparación de promedios para la Temperatura Mínima con Niño y condición neutra.

Presencia	Media (°C)	Intervalos de confianza (°C)
Neutro	4,45738 +/- 0,337975	[4,1194; 4,79535].
Niño	3,97785 +/- 0,494441	[3,48341; 4,47229
Prueba t para comparar medias		
Hipótesis nula: media1 = media2		
Hipótesis Alt.: media1 <> media2		
t = 1,55187 y un valor-P = 0,1213.		

Fuente: Instrumento aplicado.

La tabla 19, muestra los resultados de la prueba t- student en la prueba de hipótesis de comparación de medias suponiendo varianzas iguales y la determinación del intervalo de confianza de la temperatura mínima. De ello se obtiene:

- El valor promedio de la temperatura mínima en condición Neutra es de $4,45738$ °C con una variabilidad de $\pm 0,337975$ °C, vale decir que el intervalo promedio en la provincia del Cusco desde 1964 al 2016 en periodos en condición neutra fluctúa en el 95 % de los casos entre $[4,1194; 4,79535]$ °C.
- Así mismo con esta prueba y con un intervalo de confianza del 95%, se obtiene que el valor promedio de las temperaturas mínimas Con Niño es de $3,97785$ °C con una variabilidad de $\pm 0,494441$ °C, vale decir que el intervalo promedio de temperatura mínima en periodos con niño fluctúa entre $[3,48341; 4,47229]$ °C.
- De estos resultados suponiendo varianzas iguales y con un nivel de confianza del 95,0% se obtiene una diferencia de medias para la temperatura mínima sin y con Niño es de $(0,479529 \pm 0,60704)$ °C es decir fluctúa entre $[-0,127511; 1,08657]$ °C.
- En esta prueba se obtiene un valor de $t = 1,55187$ y un valor- $P = 0,1213 > 0,05$ por ende se acepta la hipótesis nula, lo que significa que las medias de las temperaturas mínimas con y sin niño en condición neutra son iguales,

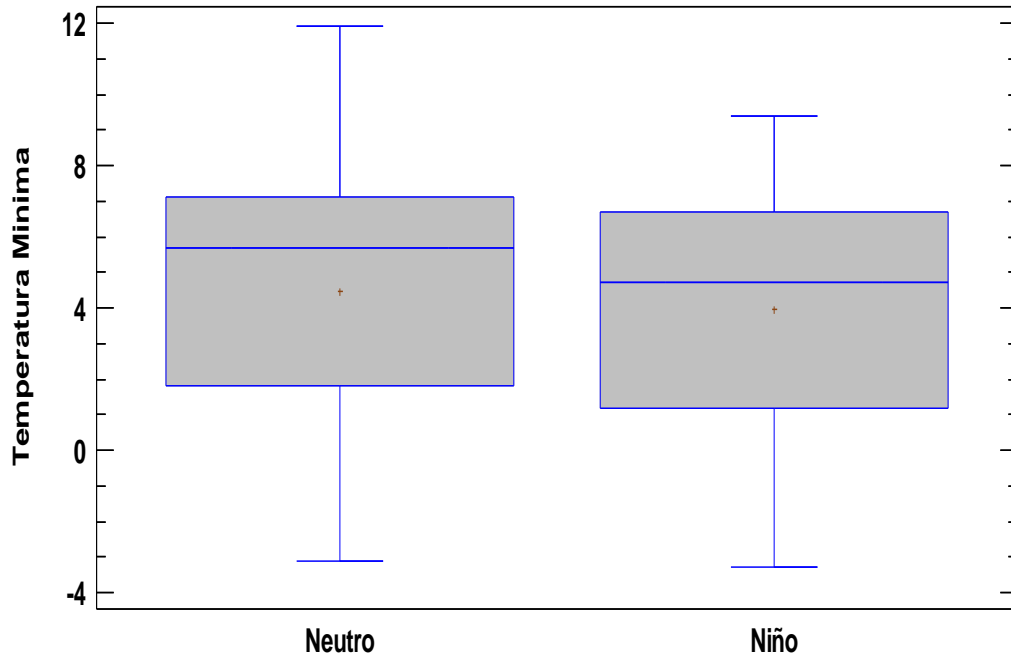


Figura 25: Diagrama de cajas para la temperatura mínima con y sin presencia de El niño desde 1964 al 2016.

Fuente: Instrumento aplicado.

De la figura 25, muestra que el promedio de las temperaturas mínimas en presencia de El Niño disminuyó en relación a los periodos en los que no hubo el fenómeno de El Niño.

Los valores promedios de la temperatura mínima mensual en la condición neutra y en la condición cálida (con Niño) en sus diversas magnitudes débil, moderada, fuerte y extraordinaria, sus desviaciones y la determinación de grupos homogéneos al 95% de confianza usando el método de diferencia mínima significativa (LSD), en el periodo 1964 - 2014 se muestra en la tabla 20 y figura 26.

Tabla 20:
Valores promedios de las temperaturas mínimas en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.

<i>Categoría de El Niño</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Cálido						
Débil	49	4,16531	2,92821	3,52118	4,80944	X
Extraordinario	36	3,75833	3,23228	3,00685	4,50982	X
Fuerte	27	4,78519	3,21232	3,91745	5,65292	X
Moderado	46	3,47609	3,25318	2,81129	4,14089	X
Neutro	366	4,45738	3,28802	4,22169	4,69306	X

Fuente: Instrumento aplicado.

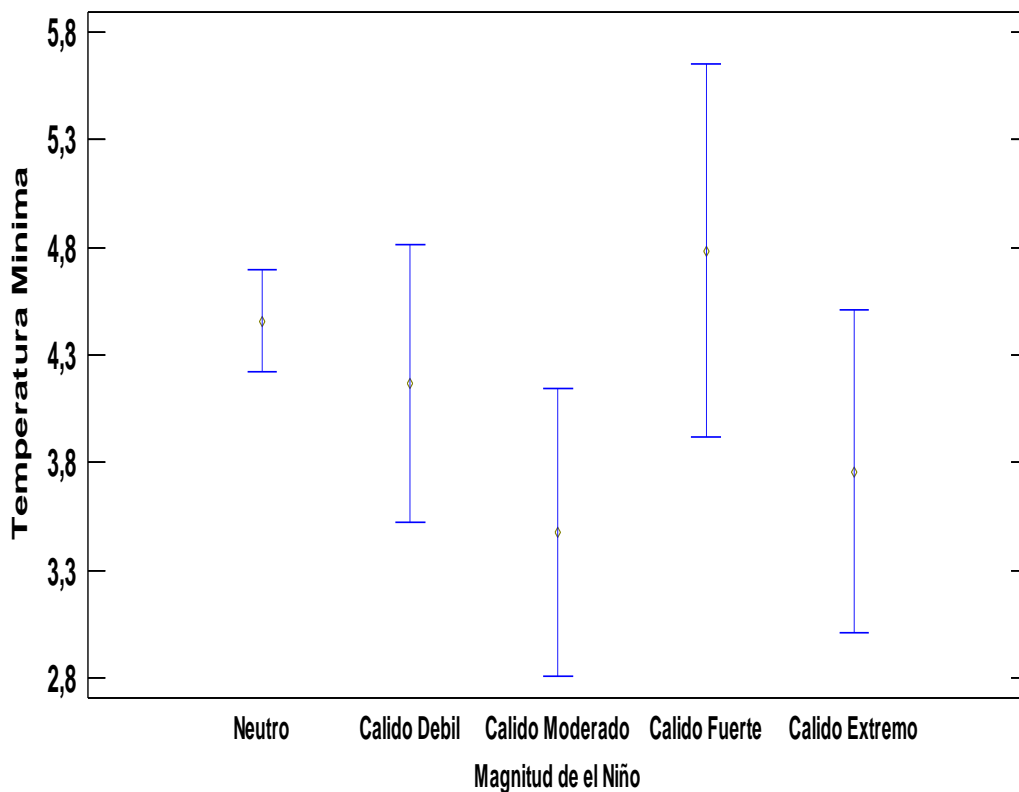


Figura 26: Promedio de las Temperaturas Mínimas Sin y Con presencia del fenómeno de El niño desde 1964 al 2016.
Fuente: Instrumento aplicado.

De la tabla 20 y figura 26, se tiene que en el 95% de los casos donde se manifestó la condición Neutra el promedio de la temperatura mínima es 4,45738 °C y oscila entre [4,22169; 4,69306]. En el 95% de los casos

donde se manifestó la condición cálida débil el promedio de la temperatura mínima es 4,16531 °C y oscila entre [3,52118; 4,80944]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida moderado el promedio de la temperatura mínima es 3,47609°C y oscila entre 2,81129; 4,14089]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida fuerte el promedio de la temperatura mínima es 4,78519 °C y oscila entre [3,91745; 5,65292]. En el 95% de los casos donde se manifestó la condición cálida extraordinaria el promedio de la temperatura mínima es 3,75833°C y oscila entre [3,00685; 4,50982]. Siendo los valores promedios en la condición cálida débil, moderado y extraordinario menores al promedio en condición neutra. Así también se determinó solo un grupo homogéneo conformado por Niño en condición cálido débil, cálido moderado, cálido fuerte, cálido extraordinario y neutro.

Tabla 21:
Prueba de Tukey de comparación de promedios de las temperaturas máximas en sus diferentes magnitudes con Niño y condición neutra.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Neutro - Cálido Débil		0,292071	0,969999
Neutro - Cálido Moderado		0,98129	0,997505
Neutro - Cálido Fuerte		-0,327808	1,27163
Neutro - Cálido Extraordinario		0,699044	1,1138
Cálido Débil - Cálido Moderado		0,689219	1,30909

Fuente: Instrumento aplicado.

La tabla 21 muestra que no existe diferencia significativa en la variabilidad de los valores promedios de las temperaturas mínimas con niño o sin niño. La mayor diferencia en la temperatura mínima promedio es de 0,98129 °C y se da en el caso de la presencia de un niño de magnitud cálido moderado en relación a la condición neutra.

ANALISIS DE ANOMALIAS

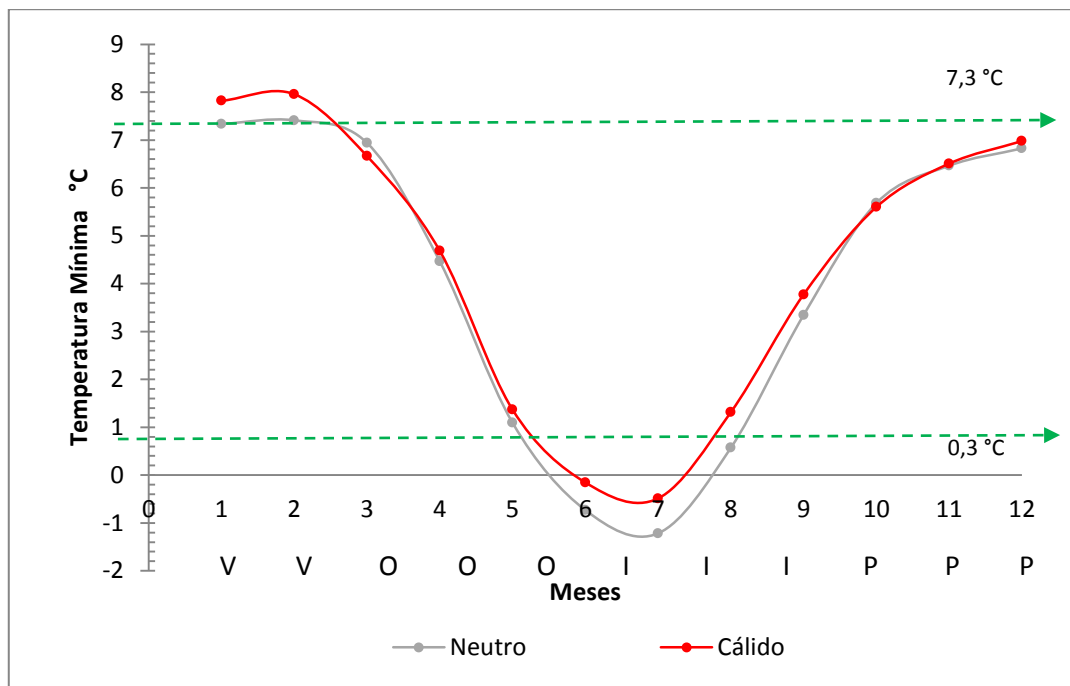


Figura 27: Temperatura mínima multianual mensual en condición neutra y con Presencia de El Niño.

1:enero, 2:febrero, 3:marzo, 4:abril, 5:mayo, 6:junio, 7:julio, 8:agosto, 9:setiembre, 10: octubre, 11:noviembre, 12:diciembre. P: primavera, V: verano, O: otoño, I: invierno

Fuente: Instrumento aplicado.

La figura 27 muestra un comportamiento similar de los valores promedios de la temperatura mínima de enero a diciembre en la condición neutra y en la condición cálida (con Niño). Sin embargo cuando ocurre El Niño en los meses de enero, febrero, junio, julio y agosto existe un aumento de la temperatura mínima en referencia a los valores en condición neutra. En los otros meses los valores son muy similares.

En presencia de El Niño y considerando las etapas estacionales de primavera (meses 9,10,11), verano (12,1,2), otoño (3,4,5) e invierno (6,7,8), sucede que la temperatura mínima en la provincia de Cusco empieza a elevar sus temperaturas mínimas desde agosto hasta febrero, siendo el pico en febrero. Empezando a decaer desde marzo tal que menor valor ocurre en los meses de invierno en especial en junio y julio.

Sin embargo para determinar si los valores de la temperatura mínima en presencia de El Niño (línea roja) son anómalos o no, se determina el valor

normal estándar (VNE) para la temperatura mínima tal como recomienda la OMM y el Reglamento Técnico y la Guía de Prácticas Climatológicas, cuyo valor es:

$$VNE (\text{temperatura mínima}) = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Con una desviación estándar de: } S_{VNE} = 3,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El valor se obtuvo de una serie de 30 años disponible más reciente, que para este estudio fue el periodo de 1981-2010. En general, se considera que las condiciones de la temperatura media van a ser normales si es que sus valores están dentro del intervalo de una desviación estándar.

$$(VNE \pm s) = [0,7 ; 7,3)^\circ\text{C}.$$

A partir del VNE de la temperatura m se calculó las anomalías, que es la diferencia entre el valor registrado de la variable y su VNE, que indica qué tanta variabilidad existe y sus condiciones van a ser normales si es que las anomalías están dentro del intervalo de una desviación estándar $[-3,3; 3,3]$ $^\circ\text{C}$.

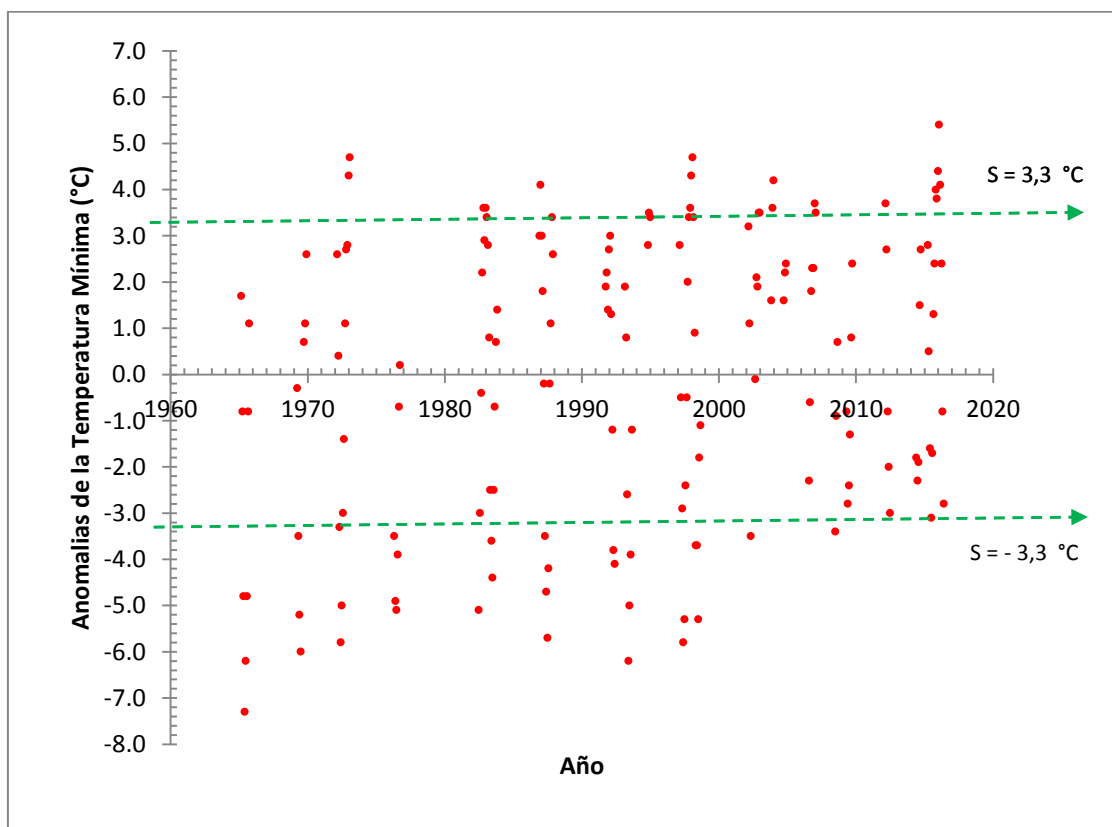


Figura 28: Anomalías de la Temperatura Mínima en presencia de El Niño desde 1964.

Fuente: Instrumento aplicado.

Un análisis multianual del comportamiento mensual de las anomalías de la temperatura mínima desde 1964 al 2016 en presencia de El Niño y en condición neutra, se aprecia en la figura 29.

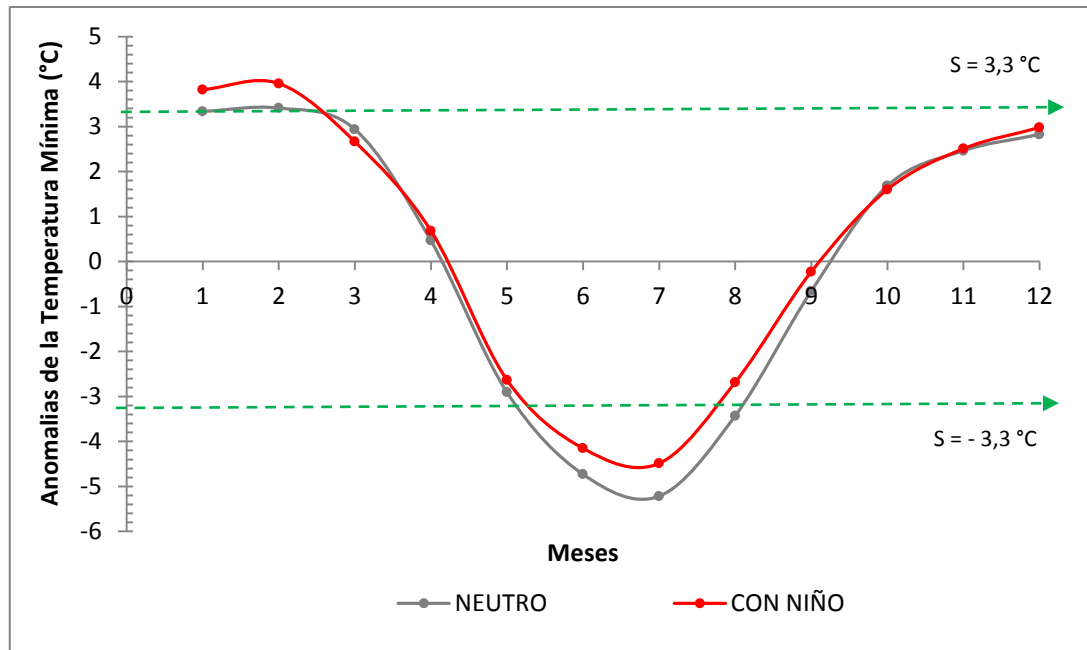


Figura 29: Comportamiento mensual de las anomalías de la Temperatura Mínima multianual en presencia de El Niño.

Fuente: Instrumento aplicado.

La figura 28, muestra los valores de las anomalías de la temperatura mínima desde 1964 al 2016, tal que los valores fuera de lo normal se visualiza por encima y por debajo de $S = \pm 3,3 \text{ }^\circ\text{C}$, tal que al 2016 se han manifestado 53 casos mensuales y de la figura 29 estos valores anómalos en presencia de El Niño se registra por lo usual en los meses de enero, febrero, junio y julio que corresponden a parte de la estación de verano e invierno.

En general del comportamiento del análisis de temperatura (media, máxima, y mínima) correspondiente a la provincia del Cusco es de esperarse que ante la presencia de El Niño costero se manifieste incrementos de temperatura, lo que significaría en nuestra sociedad posibles migraciones de especies, un ejemplo de ello y que ya se ha manifestado es la aparición de hormigas Formicidae (invasoras, pequeñas y ágiles, que se alimentan de sustancias dulces como miel y azúcar).

4.3. RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE COSTERO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO Y LA PRECIPITACIÓN FLUVIAL EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO 1964 – 2014

Para analizar la relación entre estas variables se tomó en cuenta los datos correspondientes a los meses y años en los que se manifestó El Niño, obteniéndose los valores medios del ICEN para cada una de sus categorías (débil, moderado, fuerte y extraordinario) con sus respectivos valores medios de la precipitación. Luego se realizó un análisis de varianza con modelo de regresión lineal y con las siguientes hipótesis:

Nula (H_0) : No existe relación entre el ICEN con la precipitación

Alternativa (H_1): Existe relación entre el ICEN con la precipitación

Obteniéndose la siguiente tabla:

Tabla 22:
Análisis de Varianza para el ICEN y la precipitación

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	7,8463	1	7,8463	1,09	0,025
Residuo	14,4257	2	7,21287		
Total (Corr.)	22,272	3			

Coefficiente de Correlación = -0,593543 y R-cuadrada = 35,2294 por ciento
Fuente: Instrumento aplicado.

Del análisis de regresión, al 95% de confianza con un valor-P $0,025 < 0,05$ se acepta la hipótesis alternativa es decir existe relación lineal inversa entre el ICEN y la precipitación. El grado de correlación entre el ICEN y la precipitación es de 59,35 %.

Tabla 23:
Coefficientes del modelo de regresión para el ICEN y la precipitación

<i>Parámetro</i>	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	48,7859	3,13864	15,5436	0,0041
Pendiente	-2,13602	2,04799	-1,04299	0,025

Fuente: Instrumento aplicado.

La tabla 23 muestra los coeficientes de la regresión lineal entre el ICEN y la precipitación, siendo el intercepto de 48,7859 y la pendiente -2,13602, vale decir que a medida que el ICEN aumenta en 1 unidad la precipitación decae en 2,13mm. Obteniéndose la relación lineal de:

$$\text{Precipitación} = 48,7859 - 2,13602 * \text{ICEN}$$

La figura 30 muestra la relación de la precipitación en mm con el valor del ICEN en periodos con Niño en sus diferentes magnitudes débil, moderado, fuerte y extraordinario, sucedidos desde 1964 al 2016.

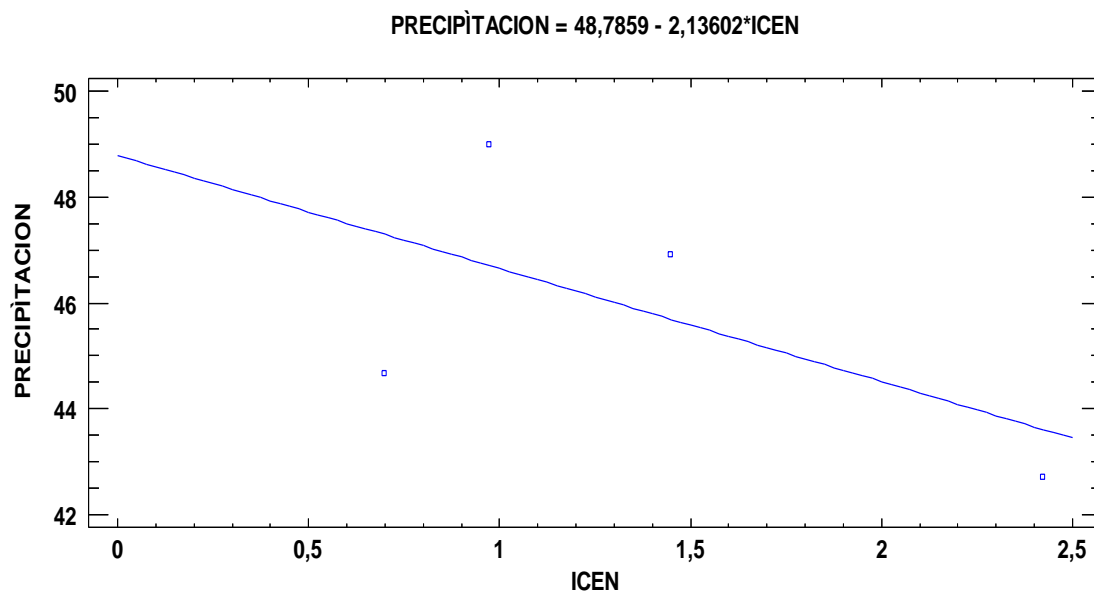


Figura 30: Ajuste de relación lineal entre la precipitación y el ICEN (Neutro, Cálido débil, moderado, fuerte y extraordinario).
Fuente: Instrumento aplicado.

Ante tal situación, es de esperarse que la precipitación disminuya en la provincia del Cusco ante la presencia de El Niño costero, tal que la disminución será mayor si la magnitud del fenómeno se hace más intensa, lo que significa posibles sequias ante un fenómeno de El Niño sobre todo extraordinario.

4.4. RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE COSTERO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO Y LA TEMPERATURA EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO 1964 – 2014.

Con el propósito de analizar la relación entre estas variables se tomó en cuenta los datos correspondientes a los meses y años en los que se manifestó El Niño, obteniéndose los valores medios del ICEN de cada una de sus categorías (débil, moderado, fuerte y extraordinario) con sus respectivos valores medios de la temperatura media, temperatura máxima y temperatura mínima. Luego se realizó un análisis de varianza con modelo de regresión lineal y con sus respectivas hipótesis:

4.4.1 RELACION ENTRE EL ICEN Y TEMPERATURA MEDIA.

Para evaluar la relación entre el ICEN y la temperatura media se formuló las siguientes hipótesis:

Nula (H_0) : No existe relación entre el ICEN con la temperatura media

Alternativa (H_1) : Existe relación entre el ICEN con la temperatura media.

Obteniéndose la siguiente tabla:

Tabla 24:
Análisis de Varianza para el ICEN y temperatura media

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,183661	1	0,183661	14,86	0,012
Residuo	0,0247175	2	0,0123587		
Total (Corr.)	0,208378	3			

Coefficiente de Correlación = 0,9388; R-cuadrada = 88,1382 por ciento

Fuente: Instrumento aplicado.

Del análisis de regresión, al 95% de confianza con un valor-P $0,012 < 0,05$ se acepta la hipótesis alterna es decir existe relación entre el ICEN y la temperatura media. El grado de correlación entre el ICEN y la temperatura media es de 93,88 %.

Tabla 25:

Coefficientes del modelo de regresión para el ICEN y temperatura media

<i>Parámetro</i>	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	
Intercepto	11,8383	0,129919	91,1202	0,0001
Pendiente	0,3268	0,0847735	3,85497	0,012

Fuente: Instrumento aplicado.

La tabla 25 muestra los coeficientes para una regresión lineal entre el ICEN y la temperatura media, siendo el intercepto de 11,8383 y una pendiente de 0,3268, vale decir que a medida que el ICEN aumenta en 1 unidad la temperatura media aumenta en 0,3258. Obteniéndose la ecuación de una relación lineal de:

$$\text{Temperatura media} = 11,8383 + 0,3268 \cdot \text{ICEN}$$

La figura 31 muestra la relación de las temperaturas medias mensuales en °C con el valor del ICEN en periodos con Niño en sus diferentes magnitudes débil, moderado, fuerte y extraordinario, sucedidos desde 1964 al 2016.

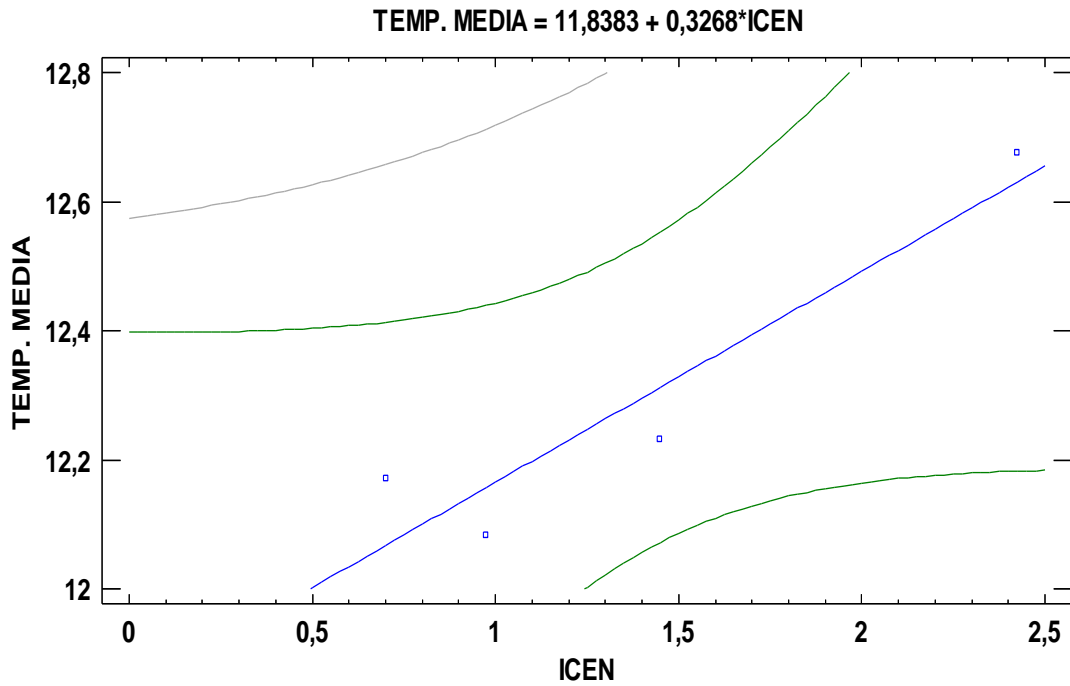


Figura 31: Ajuste de relación lineal entre la temperaturas medias y el ICEN

Fuente: Instrumento aplicado.

4.4.2 RELACION ENTRE EL ICEN Y TEMPERATURA MÁXIMA.

Para evaluar la relación entre el ICEN y la temperatura máxima se formuló las siguientes hipótesis:

Nula (Ho) : No existe relación entre el ICEN con la temperatura máxima.

Alternativa (H1): Existe relación entre el ICEN con la temperatura máxima.

Obteniéndose la siguiente tabla:

Tabla 26:

Análisis de Varianza para el ICEN y la temperatura máxima

	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,177012	1	0,177012	262,73	0,0038
Residuo	0,00134748	2	0,00067374		
Total (Corr.)	0,178359	3			

Coefficiente de Correlación = 0,9962; R-cuadrada = 99,2445 por ciento

Fuente: Instrumento aplicado.

Del análisis de regresión, al 95% de confianza con un valor-P $0,0038 < 0,05$ se acepta la hipótesis alterna es decir hay relación entre el ICEN y la temperatura máxima. El grado de relación entre el ICEN y la temperatura máxima es de 99,62% existiendo un tipo de relación lineal directa.

Tabla 27
Coefficientes del modelo de regresión para el ICEN y la temperatura máxima

	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	20,6192	0,0303343	679,733	0,0000
Pendiente	0,320829	0,0197933	16,2089	0,0038

Fuente: Instrumento aplicado.

La tabla muestra los coeficientes para una regresión lineal entre el ICEN y la temperatura máxima, siendo el intercepto de 20,6192 y una pendiente de 0,320829, vale decir que a medida que el Icen aumenta en 1 unidad la temperatura máxima aumenta en 0,320829. Obteniéndose la relación lineal de:

$$\text{Temperatura máxima} = 20,6192 + 0,320829 \cdot \text{ICEN}$$

La figura 32 muestra la relación de la temperatura máxima en °C con el valor del ICEN en periodos con Niño en sus diferentes magnitudes débil, moderado, fuerte y extraordinario, sucedidos desde 1964 al 2016.

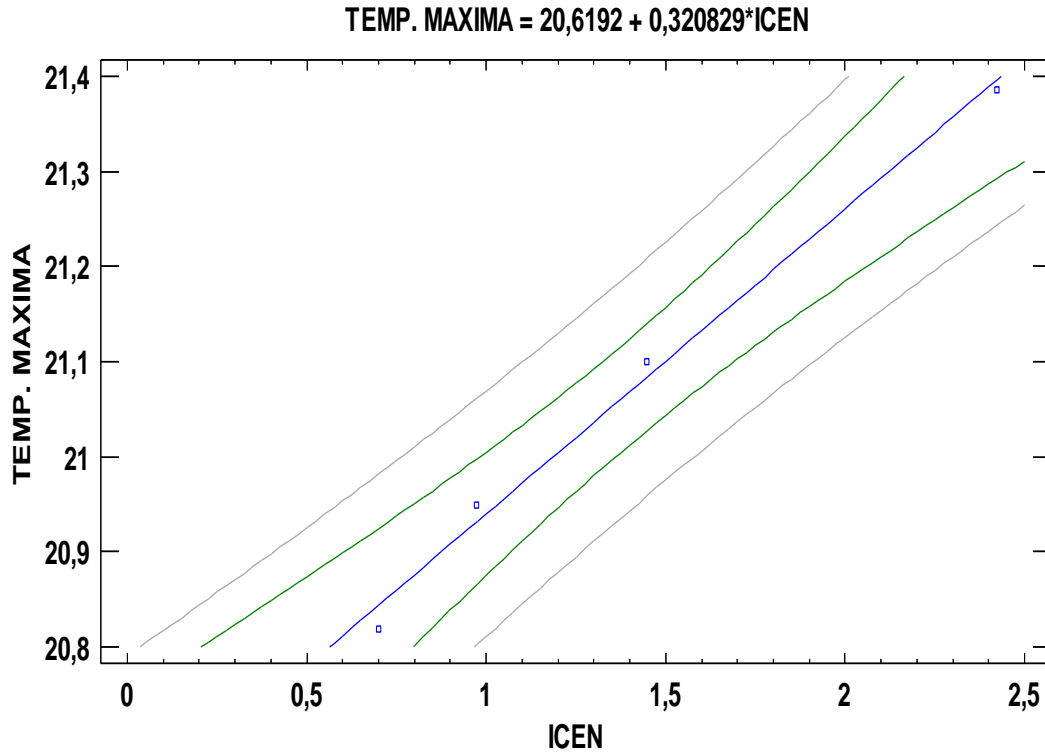


Figura 32: Ajuste de relación lineal entre la temperatura máxima y el ICEN
 Fuente: Instrumento aplicado.

4.4.3 RELACION ENTRE EL ICEN Y TEMPERATURA MÍNIMA

Para evaluar la relación entre el ICEN y la temperatura media se formuló las siguientes hipótesis:

Nula (H_0) : No existe relación entre el ICEN con la temperatura mínima.

Alternativa (H_1): Existe relación entre el ICEN con la temperatura mínima

Obteniéndose la siguiente tabla:

Tabla 28:

Análisis de Varianza para el ICEN y la Temperatura Mínima.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	0,00576069	1	0,00576069	0,01	0,9229
Residuo	0,962427	2	0,481214		
Total (Corr.)	0,968188	3			

Coefficiente de Correlación = -0,077136 Y R-cuadrada = 0,594997 por ciento
 Fuente: Instrumento aplicado.

Del análisis de regresión, al 95% de confianza con un valor-P 0,9229 > 0,05 se acepta la hipótesis nula es decir no existe relación lineal entre el ICEN y temperatura mínima. El grado de correlación entre el ICEN y la precipitación es de 7,71 %.

Tabla 29:
Coefficientes del modelo de regresión para el ICEN y la Temperatura Mínima

	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	4,1264	0,810692	5,08997	0,0365
Pendiente	-0,0578776	0,528983	-0,109413	0,9229

Fuente: Instrumento aplicado.

La tabla muestra los coeficientes para una regresión lineal entre el ICEN y la temperatura mínima, siendo el intercepto de 4,1264 y pendiente de -0,0578776, vale decir que a medida que el ICEN aumenta en 1 unidad la temperatura mínima decae en -0,05781, cuya ecuación es:

$$\text{Temperatura Mínima} = 4,1264 - 0,0578776 \cdot \text{ICEN}$$

La figura 33 muestra la relación de la temperatura mínima en °C con el valor del ICEN en periodos con Niño en sus diferentes magnitudes débil, moderado, fuerte y extraordinario, sucedidos desde 1964 al 2016.

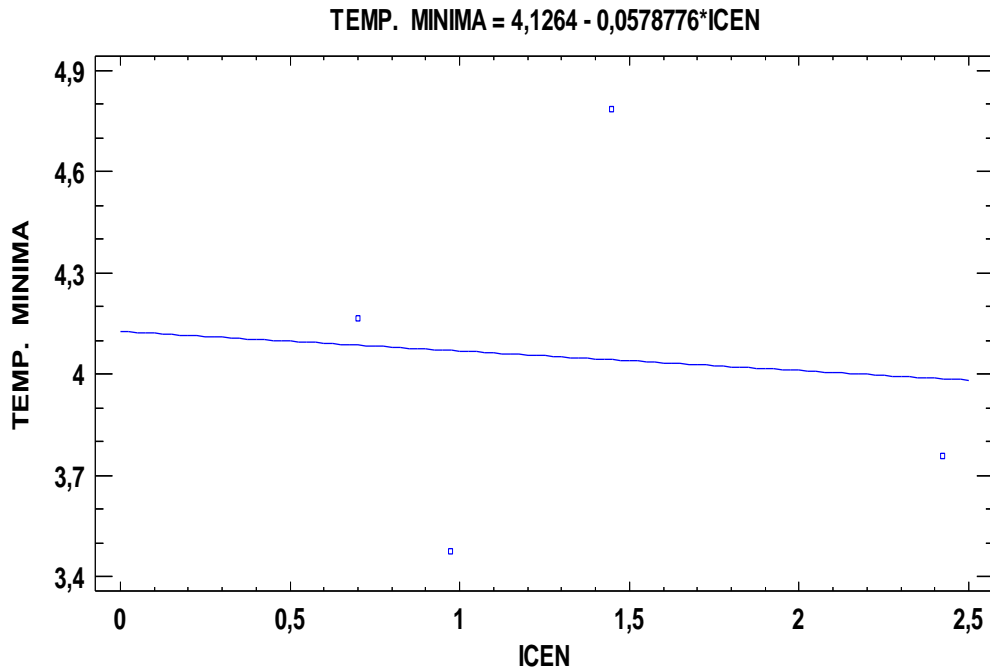


Figura 33: Ajuste de relación lineal entre la temperatura mínima y el ICEN.

Fuente: Instrumento aplicado.

Vista la existencia de una relación positiva de la temperatura media y máxima de la provincia del Cusco con la magnitud de la presencia de El Niño costero, implica que puede ser aprovechada para la captación de mayor energía solar mediante celdas fotovoltaicas, que trae beneficios como generar electricidad de forma limpia, sin contaminar el aire y contribuye a frenar el cambio climático.

DISCUSION

En el presente trabajo se tiene los siguientes hallazgos:

En relación al comportamiento del ICEN:

- a. De acuerdo al valor del ICEN se ha manifestado 20 veces El Niño en este periodo, diez veces de magnitud débil, siete de magnitud moderada, uno de magnitud fuerte y dos extraordinarias. Tal que a mayor magnitud en su condición cálida de El Niño mayor es su tiempo de duración, siendo los valores máximos correspondientes a mayo, junio y julio, siendo el pico en junio y los mínimos se da en marzo y octubre. La ocurrencia de períodos cálidos en ciclos recurrentes oscila de dos años dos meses a seis años hasta 1991, a partir de ese año los ciclos recurrentes oscila de 3 meses a tres años y 5 meses.

En relación al comportamiento de la precipitación:

- b. Con la prueba t- student de comparación de medias e intervalos de confianza se obtuvo que los valores promedios con Niño y condición neutra son diferentes tal que en condición Neutra es $[65,8378 \pm 5,92247]$ mm, y con Niño es $[45,8717 \pm 8,11921]$ mm, tal que la magnitud de la precipitación disminuye en periodos con Niño en todas sus magnitudes (débil, moderada, fuerte, extraordinaria), existiendo diferencia significativa de las precipitaciones promedios con Niño en la modalidad cálida débil de 21,1649 y en la modalidad cálido extraordinario de 23,1183 en relación a las precipitaciones en condición neutra.
- c. El comportamiento multianual mensual de la precipitación con Niño y condición neutra es similar, tal que los periodos húmedos empiezan en setiembre hasta Enero alcanzando un pico máximo en Enero a partir del cual las precipitaciones disminuyen hasta el inicio del periodo seco de Junio a Agosto que corresponde a invierno, con la particularidad de que si se manifiesta la presencia de El Niño en los meses de Febrero a Noviembre existe una disminución de precipitación y si se manifiesta El Niño en los meses de Enero y Diciembre hay un incremento de precipitación. Sin embargo las diferencias mes a mes entre Niño

y condición neutra son mayores en los meses de marzo, enero, febrero y octubre.

- d. El valor normal estándar de la precipitación es 56,2 mm con un rango de [0,7 ; 111,7) mm. Tal que los valores fuera de lo normal corresponde al exceso de precipitación mayormente en los meses de enero y diciembre.

En relación al comportamiento de la temperatura media:

- e. Con la prueba t- student de comparación de medias e intervalos de confianza se obtuvo que los valores promedios de la temperatura media con Niño y condición neutra son iguales, tal que en condición Neutra es [12,2338 +/- 0,158674] °C, y con Niño es [12,2715 +/- 0,275016] °C. Existiendo diferencia significativa entre la modalidad cálido extraordinario y la condición neutra,
- f. El comportamiento multianual mensual de la temperatura media con Niño y condición neutra es similar, empezando a aumentar desde julio a octubre, ocurriendo una estacionalidad de noviembre a febrero correspondiente la mayoría de los meses a invierno, siendo el valor pico en febrero, a partir del cual empieza a decaer. Sin embargo cuando ocurre El Niño existe un aumento de la temperatura media en referencia a los valores en condición neutra para todos los meses del año, siendo mayores estos aumentos en los meses de diciembre, enero y febrero.
- g. El valor normal estándar de la temperatura media es 12,3°C, con un rango de [10,7 ; 13,9) °C. Tal que los valores fuera de lo normal corresponde a un exceso de temperatura fuera de lo normal dado en los meses de junio, julio, enero y febrero.

En relación al comportamiento de la temperatura máxima:

- h. Con la prueba t- student de comparación de medias e intervalos de confianza se obtuvo que los valores promedios de la temperatura máxima con Niño [21,0342 +/- 0,181846] y condición neutra [20,4126 +/- 0,113615] °C son diferentes, siendo las temperaturas máximas con Niño superiores en cualquiera de sus magnitudes débil, moderada, fuerte y extraordinaria en relación a la condición Neutra, tal que a mayor magnitud de El Niño mayor es

la temperatura máxima. Existiendo diferencia significativa entre las diferentes magnitudes de la condición cálido con la condición neutra,

- i. El comportamiento multianual mensual de la temperatura máxima con Niño y condición neutra no es similar, con Niño empieza a elevar sus temperaturas desde julio hasta octubre, alcanza un pico máximo en octubre y otro pico en mayo, su menor valor se da en marzo y junio. En condición neutra el pico se da en noviembre y su menor valor en enero. Sin embargo cuando ocurre El Niño existe un aumento de la temperatura máxima en referencia a los valores en condición neutra para todos los meses del año, siendo mayores estos aumentos en los meses de octubre, enero, febrero y marzo.
- j. El valor normal estándar de la temperatura máxima es $20,8^{\circ}\text{C}$, con un rango de $[19,7 ; 21,9)^{\circ}$, tal que los valores fuera de lo normal para las anomalías están por encima de $+ 1,1^{\circ}\text{C}$ y en el estudio corresponde por lo usual a un exceso de temperatura dado en el mes de octubre.

En relación al comportamiento de la temperatura mínima:

- k. Con la prueba t- student de comparación de medias e intervalos de confianza se obtuvo que los valores promedios de la temperatura mínima con Niño $[3,97785 \pm 0,494441]$ y condición neutra $[4,45738 \pm 0,337975]^{\circ}\text{C}$ son iguales, presentando una ligera disminución conforme aumenta la condición cálida, no existiendo diferencia significativa de ellas con la condición neutra,
- l. El comportamiento multianual mensual de la temperatura mínima con Niño y condición neutra es similar, tal que sus valores empiezan a aumentar desde julio hasta febrero mes en el que alcanza su pico, y empieza a disminuir desde marzo. Sin embargo cuando ocurre El Niño sólo en algunos meses existe un aumento de la temperatura mínima en referencia a los valores en condición neutra, esto se da en enero, febrero, junio, julio y agosto.
- m. El valor normal estándar de la temperatura mínima es 4°C , con un rango de $[0,7 ; 7,3)^{\circ}\text{C}$. tal que los valores fuera de lo normal para las anomalías están por encima y debajo de $\pm 3,3^{\circ}\text{C}$, en el estudio corresponde por lo usual a los meses de enero, febrero, junio y julio.

Para la determinación de una posible relación entre el ICEN y la precipitación se obtuvo como resultado:

n. Del análisis de regresión al 95% de confianza con un valor de $p < 0,025$, se determina que si hay relación entre el ICEN y la precipitación en eventos con Niño, siendo el grado de correlación de 59,35%. El tipo de relación es lineal inversa: $\text{Precipitación} = 48,7859 - 2,13602 * \text{ICEN}$

Para la determinación de una posible relación entre el ICEN y la temperatura media, máxima y mínima se obtuvo como resultado:

o. Del análisis de regresión al 95 % de confianza se acepta la existencia de una relación entre la temperatura media y el ICEN, con un grado de correlación del 93,88%. Siendo la relación lineal: $\text{Temperatura media} = 11,8383 + 0,3268 * \text{ICEN}$

p. Del análisis de regresión, al 95% de confianza se afirma que hay relación entre el ICEN y la temperatura máxima, con un grado de correlación de 99,62% con un tipo de relación lineal directa: $\text{Temperatura máxima} = 20,6192 + 0,320829 * \text{ICEN}$

q. Del análisis de regresión, al 95% de confianza se afirma que no hay relación entre el ICEN y la temperatura mínima.

Según Muñoz Erith A y colaboradores: en su investigación determinó que la presencia de El Niño del año 82-83, 97-98 generó una incidencia de aumento de tasa de precipitación media mensual en las Micro-cuencas Cristal, Potosí, Pechiche y Balsas del Ecuador Quito, Tal que las precipitaciones mensuales acumuladas en las micro cuencas entre enero y abril para el niño del 82/83 presentaron un aumento superior al 66,6% respecto a la tendencia histórica registrada por la estación. En referencia al Niño 97-98 los niveles de precipitación mostraron un comportamiento anómalo en aumento de precipitación durante noviembre del 97 a mayo del 98. Lo contrario al encontrado en esta tesis, donde se manifiesta una disminución de precipitación en presencia de El Niño (acápite b). Esto se debe, de que a pesar de que ambos territorios están sometidos al mismo fenómeno, no tienen las mismas condiciones geográficas como altitud,



latitud, cordilleras alterando el clima de diversas formas. Sin embargo que la presencia de El Niño influya positiva o negativamente en la precipitación es un indicador de la presencia de una relación entre estas variables, la que se muestra en el acápite n.

El régimen de precipitaciones observado por Muñoz presenta un comportamiento principalmente monomodal, caracterizado por un pico de precipitación en marzo, donde el período húmedo inicia en octubre con crecimiento monótono hasta marzo, a partir de donde disminuyen los eventos de precipitación hasta el inicio del período seco en julio. Este comportamiento presentado por Muñoz se da en este estudio con un corrimiento para la provincia del Cusco, que se manifiesta en el acápite c, donde el pico se da en Enero, el periodo húmedo empieza en Setiembre con crecimiento hasta Enero y el seco inicia en Junio.

Así mismo Muñoz determina que el patrón de estacionalidad presenta anomalías positivas para el mes de septiembre donde aparece un pico. Algo similar ocurre en la Provincia del Cusco (acápites c y d) donde la mayor anomalía se da en el mes de enero y es positiva es decir hay aumento de la precipitación por encima de lo normal.

En relación a la temperatura Muñoz determina a partir del análisis de las gráficas que en los años 1982/83, 1998 y 2012 donde se manifestó El Niño se presentaron 3 períodos distinguibles, en el primer periodo la temperatura media disminuye monótonamente, la temperatura máxima no presentó mayores desviaciones respecto a la máxima histórica, al igual que la mínima. En el segundo período de mayo a agosto, hay incremento constante y atípico de la temperatura media, crecimiento suave de la temperatura máxima, y decrecimiento de la temperatura mínima, resaltando el hecho de que en los tres casos se registraron valores superiores a los valores históricos. El tercer período corresponde al cuatrimestre final del año, en el cual la temperatura media y máxima no presentaron diferencias relevantes respecto a las tendencias históricas, a diferencia de la temperatura mínima que presentó un incremento constante hasta alcanzar en diciembre valores superiores a la temperatura máxima histórica. En el estudio para la provincia del Cusco se determina (acápites o, p y q) que la presencia de el Niño tiene incidencia sólo en la temperatura



media y máxima. Sin embargo se distingue que el comportamiento de la temperatura máxima y mínima es similar presentando dos periodos distinguibles, un incremento de temperatura desde julio a febrero y un descenso desde marzo (acápites f y l)

Según Montealegre J. y colaboradores en su estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de Meso y Gran escala, se determinó que las alteraciones que se producen en el régimen de lluvias en Colombia son causadas, en parte, por la variabilidad climática interanual, asociada con el ciclo El Niño, La Niña - Oscilación del Sur (ENSO), en términos generales, identificó que cuando se presenta el fenómeno hay una clara tendencia hacia la disminución generalizada de los volúmenes de precipitación de las regiones Andina, Caribe y la parte norte de la región Pacífica. En este estudio de tesis al igual que Montealegre se determinó que las precipitaciones guardan relación con la presencia de El Niño (acápites n) y que las precipitaciones para la provincia del Cusco que pertenece a la parte Andina del Perú (acápites b)

Así también Montealegre determinó que el ciclo anual de la temperatura superficial del mar en el Pacífico tropical central y oriental se caracteriza por una fuerte componente estacional, con valores máximos a finales de marzo y mínimos a finales de septiembre y se refleja la ocurrencia de períodos cálidos y fríos en ciclos recurrentes que oscilan entre tres y siete años. En este trabajo de tesis a través del ICEN se determinó que el ciclo anual de la temperatura superficial del mar en el Pacífico tropical oriental que los valores máximos corresponden a mayo, junio y julio, siendo el pico en junio, y su valor mínimo se da en marzo y octubre y que la ocurrencia de períodos cálidos se ha ido acortando en los últimos años entre algunos meses y casi cuatro años (acápites a).

Según Paolin J. y colaboradores, determina que si hay Influencia del fenómeno El Niño - La Niña / Oscilación Sur (ENOS) en los caudales del Río Caura - Venezuela. Encontrándose un coeficiente de correlación r de Pearson negativos entre - 4,5% a - 89 % para los diferentes eventos cálidos indicando una relación decreciente entre los caudales y el índice ONI. Este resultado es semejante al detallado en el acápites n, en el que se determina la existencia de una relación

entre los eventos cálidos de El Niño (ICEN) y la precipitación, con un coeficiente de correlación del 59,35% ya que los caudales están relacionado con la precipitación, solo que en lugar de usar el índice ICEN correspondiente a la zona 1 y 2, Paolin usó el ONI correspondiente a la zona 3 y 4.

Según Puertas Olga y colaboradores determinaron que al centro, norte y occidente del país de Colombia El Niño (fase cálida) trae disminución de precipitación o lluvias (relación inversa: coeficiente r negativo) obteniéndose una correlación de Pearson promedio de -12% para las zonas Niño 1-2, obteniéndose mayor correlación del -32% con el índice IMENSO. El resultado de Puertas concuerda con el resultado del acápite b y n, donde se determina que si hay relación lineal negativa entre la presencia de El Niño medido con el ICEN y la precipitación, es decir a mayor ICEN menor precipitación.

Así mismo este autor determinó que a la vez que se presenta una disminución en la precipitación durante eventos El Niño, de manera consistente se registra un incremento en la temperatura media del aire, siendo las correlaciones con la variable NIÑO 1- 2 en un promedio de 0.30 o 30%. Resultado semejante al acápite "o" en la cual se determina la existencia de relación entre la Temperatura media y el ICEN indicador de la presencia de El Niño con un coeficiente de correlación del 93,88%

Según Avalos G. Concluye que hay relación entre las precipitaciones en las regiones de la zona Sur de la Cuenca del Urubamba con la TSM, tal que la correlación para la estación de la granja Kayra entre la TSM de la región Niño-3 y las precipitaciones registradas es de -20% ; es decir, mayores valores de TSM están asociados a menores precipitaciones en la cuenca. Resultado que concuerda con el hallado y descrito con el acápite b y n, que determina menor precipitación ante la presencia de El Niño y la existencia de una relación entre el ICEN que depende de la TSM en la región 1-2 y la precipitación, con una correlación negativa del 59,35%

Avalos también determina al 2010, que durante el año se obtiene que la temperatura máxima presentar dos máximos, uno en mayo y otro en octubre, mientras que los valores mínimos se dan en verano (enero y febrero), para la



granja Kayra corresponde una anomalía en la temperatura máxima de +1,3 y de la temperatura mínima de +1,1 °C. Estos resultados guardan relación con los descritos en el acápite i, tal que al 2016 se presenta un pico máximo en octubre seguido de otro pico en mayo, y el valor mínimo se da en marzo. La anomalía para la temperatura máxima es de +1,1 (acápite j) y para la mínima de $\pm 3,3$. (Acápite m)

Lagos Pablo, en el estudio El niño y la precipitación en los andes del Perú, determino que en la sierra sur cuando las anomalías de la TSM son positivas en la región Niño 1+2 las precipitaciones en la sierra sur tienden a ser moderadamente ligeramente menores que sus promedios principalmente en el mes de febrero y la máxima precipitación del ciclo anual ocurre en enero en la subregión sur. Este resultado de Lagos es corroborado con lo mostrado en el acápite b en donde también se determina una disminución de la precipitación en presencia de El Niño y en el acápite c se enuncia una disminución de precipitación desde febrero y que se alcanza el máximo pico en Enero.

Según SENAMHI en su reporte de Caracterización climática de las regiones Apurímac y Cusco, la cual consideró la línea de base climática 1971-2000 determinó que en Cusco en relación a la temperatura máxima que en Otoño y Primavera son las estaciones con mayores valores, en el estudio de esta tesis de determina al 2016 que en primavera (setiembre, octubre y noviembre) se presentan los valores más altos (acápite i). Para SENAMHI al 2010 en invierno es la estación en la que los valores de la temperatura máxima disminuyen con respecto a otoño, en el estudio de esta tesis de determina al 2016 que en otoño e invierno (de marzo a agosto) los valores son similares figura (21). Para SENAMHI al 2010 en verano los valores de temperatura máxima disminuyen de manera más acentuada en forma general con respecto a los demás trimestres, en el estudio de esta tesis de determina al 2016 que los valores promedios anuales para verano, otoño e invierno son similares.

Para SENAMHI verano es la estación con valores de temperaturas mínimas más altas, otoño es la estación donde las temperaturas mínimas inician su decrecimiento, invierno es la estación más fría en esta región, lo que se manifiesta también en este estudio (figura 27).



En relación a la precipitación en Cusco, verano (diciembre a febrero) es la estación más lluviosa del año. Otoño (marzo a mayo) es la estación de transición al periodo de bajas precipitaciones, invierno (junio a agosto) es la estación más seca del año, La primavera coincide con el inicio del periodo de lluvias, donde se produce un aumento general de las precipitaciones respecto a la estación de invierno. Estos resultados corroboran los obtenidos y mostrados en la figura 7.

De forma general se confirma que:

Las precipitaciones guardan relación y está asociada con El Niño y que su comportamiento depende de la ubicación y geografía del lugar donde se analiza, tal que las precipitaciones disminuyen en la sierra sur como es la provincia del Cusco.

La temperatura media guardan relación y está asociada con El Niño y que su comportamiento depende de la ubicación y geografía del lugar donde se analiza.

Lo nuevo hallado es:

A mayor magnitud de El Niño costero mayor es su tiempo de duración, tal que la ocurrencia de este fenómeno es más frecuente, es decir oscila desde tres meses hasta tres años cinco meses desde 1991.

Usando el ICEN se obtiene la existencia de una relación entre El Niño costero y la temperatura máxima y media; sin embargo no hay relación con la temperatura mínima.

Los grados de correlación entre la precipitación, temperatura media y temperatura máxima de la provincia del Cusco con el fenómeno de El Niño mejora usando el índice ICEN, correspondiente a la zona 1-2 (niño costero), en comparación de usar la correspondiente TSM en las regiones Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4 y el ONI.

CONCLUSIONES

Primera. Del estudio realizado se determinó con el 95% de confianza del análisis de regresión que existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la precipitación, que existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la temperatura media, que existe relación significativa entre el índice costero El Niño y la temperatura máxima. Por tanto existe relación entre el fenómeno El Niño y la variabilidad climática en la provincia del Cusco.

Segunda. Tomando como referencia el valor del ICEN en su condición cálida, se tiene que durante el periodo 1964 – 2014, El Niño se ha manifestado 20 veces: diez veces de magnitud débil, siete de magnitud moderada, uno de magnitud fuerte y dos extraordinarias. Tal que a mayor magnitud en su condición cálida de El Niño, mayor es su tiempo de duración.

Tercera. De forma general la precipitación disminuye en los periodos en los que hubo presencia de El Niño, solo en enero y diciembre hay exceso de precipitación. Sin embargo su comportamiento mensual de la precipitación con o sin Niño es similar, es así que los periodos húmedos empiezan en Setiembre hasta Enero alcanzando un pico máximo en Enero a partir del cual las precipitaciones disminuyen hasta el inicio del periodo seco de Junio a Agosto. En presencia de El Niño, los valores anómalos en la precipitación se dan usualmente en diciembre y enero, meses en los que hay exceso de precipitación

Cuarta. Los comportamientos mensuales de la temperatura media y mínima, con y sin Niño son similares elevándose sus valores desde julio hasta febrero y disminuyendo desde marzo hasta junio. Sin embargo la temperatura media con Niño son superiores en la mayoría de casos a la condición neutra y las temperaturas máximas con Niño son superiores en cualquiera de sus magnitudes débil, cálida, fuerte o extraordinaria en relación a la temperatura máxima en condición Neutra. En relación a las temperaturas mínimas no hay diferencia significativa con Niño o sin El Niño.



Quinta. El tipo de relación encontrado entre el índice costero del fenómeno de El Niño y la precipitación fluvial en la Provincia de Cusco, periodo 1964 – 2016., es de tipo lineal inversa: $Precipitación = 48,7859 - 2,13602 * ICEN$, con un grado de correlación de 59,35%

Sexta. El tipo de relación encontrado entre el índice costero del fenómeno de El Niño y la temperatura máxima, es de tipo lineal: $Temperatura\ máxima = 20,6192 + 0,320829 * ICEN$ con un grado de correlación de 99,62 %. Así mismo existe una relación lineal entre la temperatura media y el ICEN de $Temperatura\ media = 11,8383 + 0,3268 * ICEN$, con grado de correlación de 93,88%. No se encontró relación entre el ICEN y la temperatura mínima.



SUGERENCIAS

Primera. A las autoridades del ministerio de Agricultura, se sugiere tomar en cuenta el incremento de temperaturas máximas y disminución de precipitación en eventos EL Niño, para búsqueda y toma de acciones que mitigue sus efectos en la agricultura.

Segunda. Al Ministerio del Ambiente (MINAM) y al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), intensificar la difusión en los informes en relación a la variabilidad climática y el Niño, no solo de los años en los que ocurrió con mayor magnitud. Ya que estos organismos cumplen un rol clave en el sistema de gestión de riesgos y en la planificación del desarrollo del Perú. Así mismo incrementar el número de estaciones meteorológicas en el Departamento del Cusco, en especial en la provincia del Cusco para determinar una posible variabilidad de las variables meteorológicas en la provincia.

Tercera. Al municipio de la provincia del Cusco, se sugiere tomar en cuenta que si la presencia de El Niño se da en enero se presentará un incremento de precipitación fuera de lo normal, para ello una limpieza de canales y descolmatación del río Cachimayo y Huatanay serían muy convenientes. Además se le sugiere tomar medidas de prevención y mitigación ante la presencia del Niño.

Cuarta. A las Universidades, participar en la formación de profesionales conscientes sobre el medio ambiente y sobre las consecuencias y desastres de los fenómenos que alteran nuestro medio.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Ahrens, D. C. (2003). *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment* (Séptima edición ed.). Australia: Thomson.
- 2 Agencia Estatal de Meteorología (2015). *Manual de uso de términos meteorológicos–España*
- 3 Avalos G., Oria C., Cubas F., Díaz A., Acuña D., Quispe N., Rosas G., Cornejo A., Solís O. y Guerra S. (2011). *Atlas climático de precipitación y temperatura del aire en la cuenca del río Urubamba - SENAMHI.*
- 4 ASHOK, K., y T. YAMAGATA, 2009. *The El Niño with a difference.* Nature.
- 5 Benavente R., Fernandez C. y Gomez A. (2004). *Estudio del Mapa de Peligros de la Ciudad del Cusco.*
- 6 ENFEN, (2012). *Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño Definición operacional de los eventos el niño y la niña y sus magnitudes en la costa del Perú*
- 7 Fagan, B. (2010). *La corriente del El Niño y el destino de las civilizaciones.* Barcelona.
- 8 GLANTZ, M. (1996). *Currents of change: El Niño's impact on climate and society.* Cambridge University Press.
- 9 *Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC. (2008). Cambio Climático. Ginebra, Suiza: © Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2008.*
- 10 IPCC. (2012). *Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático". USA.*
- 11 Jiménez, M. (2011). *Anexo del Informe Técnico: Elaboración de un boletín con información hidroclimática de los mares de México - Indicadores climáticos. Una manera para identificar la variabilidad climática a escala global*
- 12 Lagos, P., Silva, Y., & Nickl, E. (2004). *El Niño y la precipitación en los Andes del Perú.*

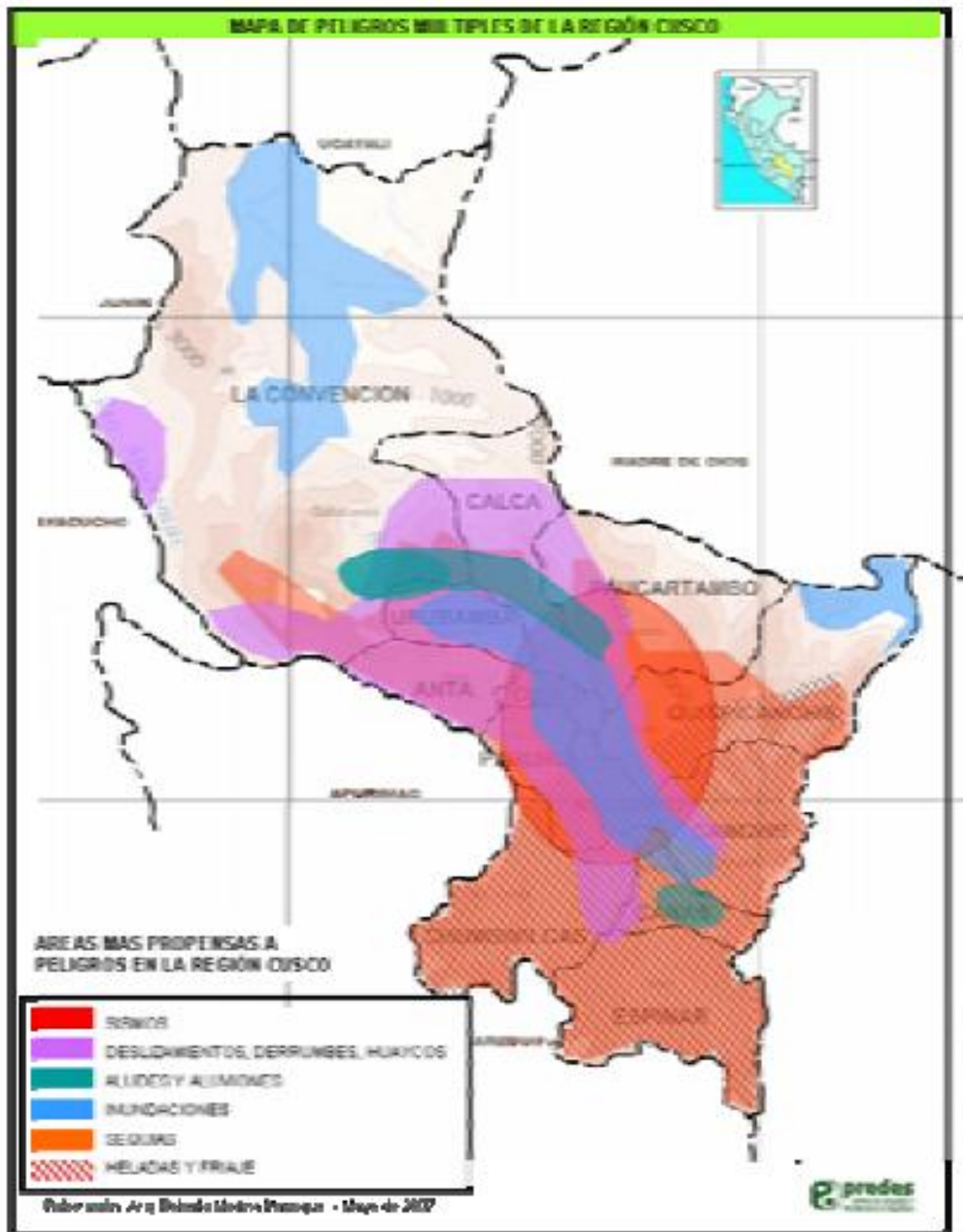


- 13 Laing, A. (2016). Introducción a la meteorología tropical, University Corporation for Atmospheric Research.
- 14 Lousie, E. (2011). The COMET Program y el National Center for Atmospheric Research, The Pennsylvania State University
- 15 Macharé, J., & Ortlieb, L. (1993). Registros del Fenómeno El Niño en el Perú.
- 16 Martin V. (2017); El sistema climático de la tierra.
- 17 MINAM - SENAMHI (2014), Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - El fenómeno EL NIÑO en el Perú.
- 18 Montealegre, J. (2009). Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala., Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM),
- 19 Muller, D. (2007). Adapting to Climate Variability and Change: A Guidance Manual for Development Planning. Washington, DC: U.S. Agency for International Development.
- 20 Muñoz Erith A, F. M. (2015). Escenarios Climáticos en presencia de Fenómeno El Niño (FEN) en las Micro-cuencas cuencas Cristal, Potosí, Pechiche y Balsas del Ecuador. Quito, Instituto Espacial Ecuatoriano, Venezuela, Instituto Geografico Militar, Ecuador: Revista de Climatología Vol 15, 7-25 ISSN 1578-8768.
- 21 OMM-Organización Mundial Meteorológica (2007). Función de las normales climatológicas en un clima cambiante wcdmp-nº. 61 omm-td nº. 1377
- 22 Paolin, J., Felipe, J., & Sureda, B. y. (2012). Influencia del fenómeno El Niño - La Niña / Oscilación Sur (ENOS) y de la temperatura del Atlántico norte en los caudales del Río Caura, Guayana Venezolana. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, Universidad Nacional Experimental de Guayana
- 23 Paz, L., Pérez, R., López, C., Lapinel, B., Centella, A., Pajón, J., y otros. (2008). Curso Cambio Climático. Academia.
- 24 Peixoto, J. P., & Oort, A. H. (1992). Physics of climate.



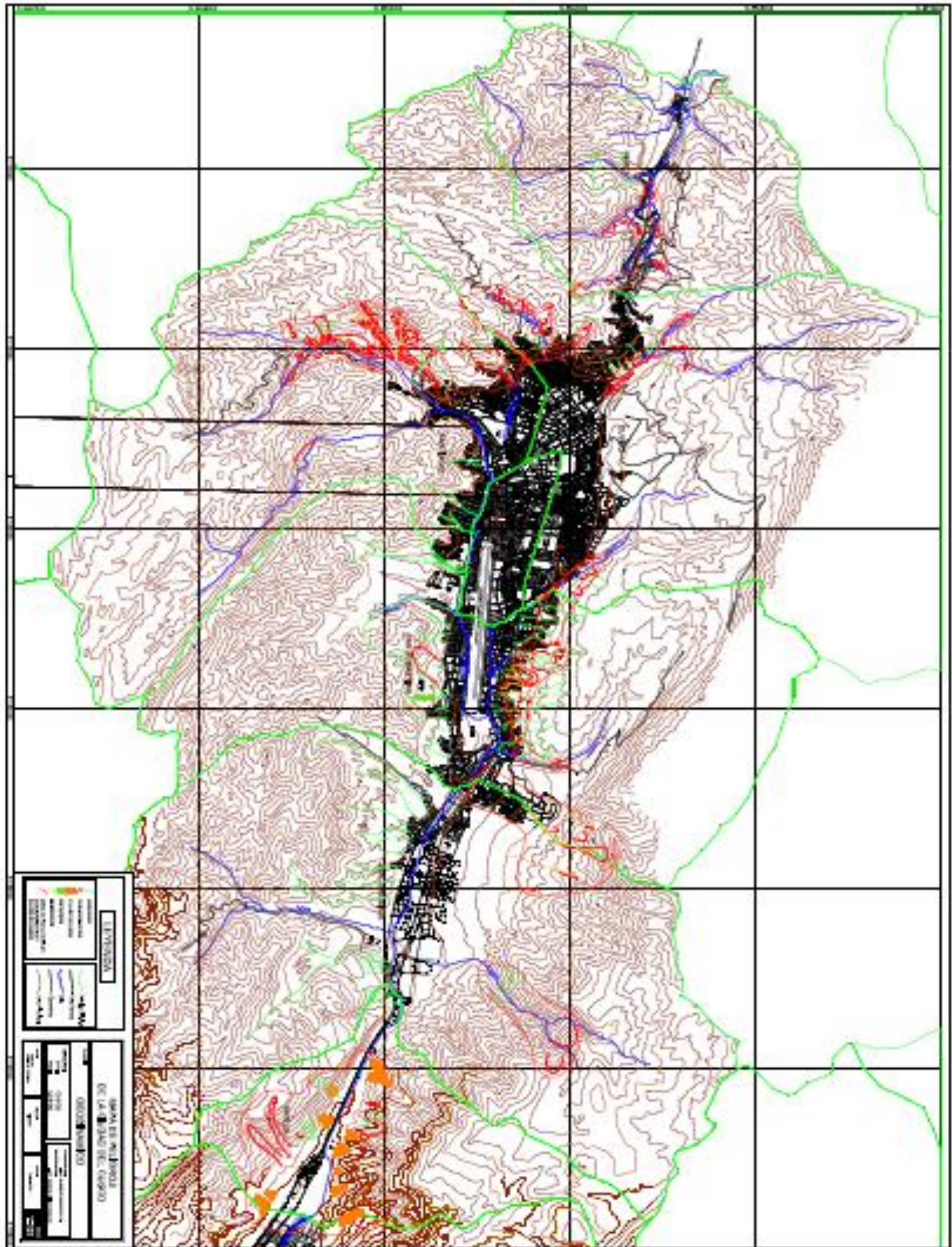
- 25 Puertas Olga, Carvajal Yesid (2008). Incidencia de El Niño-Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer - Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, No 23
- 26 Rasmusson, E.M. y Carpenter, T. H. (1982). Variations in tropical sea surface temperatura and surface wind fields associated with the Southern Oscillation El Niño, Mon Weather Rev. 110.
- 27 Reed, R. & D. G. Rogers, (1962). Circulation of the tropical atmosphere in the years 1954-1960
- 28 SENAMHI-PACC, (2012). Caracterización climática de las regiones Apurímac y Cusco. Programa de Adaptación al Cambio Climático (2012). Caracterización climática de las regiones Apurímac y Cusco.
- 29 Silva, Y. (2007). Capítulo 21. Variabilidad Climática. Material de enseñanza . Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 30 Torres, J., & Gómez, A. (2008). Adaptación al cambio climático: de los fríos y los calores en los Andes. (J. Torres, & A. Gómez, Edits.) Lima: Soluciones Prácticas-ITDG.
- 31 Trenberth, K.E. (1997). The Definition of El Niño. Bull. Amer. Met. Soc.
- 32 UNFCCC (1992), Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- 33 Vargas, P (2009). El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú.
- 34 Vásquez, N. (2007). La variabilidad, una constante en nuestro clima, Colombia
- 35 Vergara, K (2011). Percepción ambiental y estrategias de adaptación de la comunidad campesina de Conchucos, Ancash, Pontificia Universidad Católica del Perú.

ANEXO I: MAPA DE MULTIPELIGROS DE CUSCO



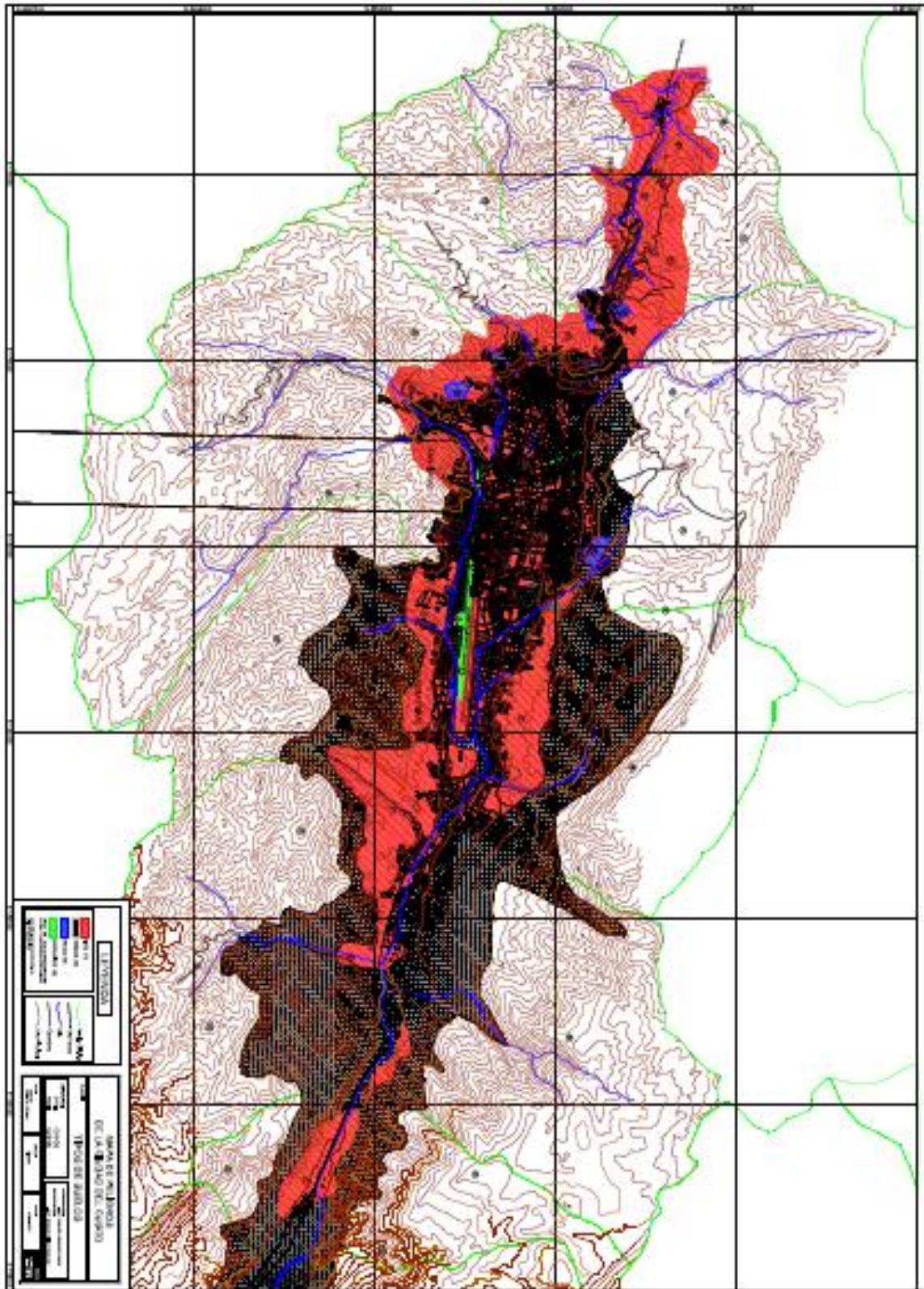
Fuente: Centro de Estudios y Prevención de Desastres PREDES

**ANEXO II: ZONAS CON DESLIZAMIENTOS Y FLUIDOS DE LODO EN LA
PROVINCIA DE CUSCO**



Fuente: PNUD - INDECI

ANEXO III: TIPOS DE SUELOS EN LA PROVINCIA DE CUSCO



Fuente: PNUD - INDECI



ANEXO IV: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

FICHAS DE REGISTROS DE VARIABILIDAD CLIMATICA, INDICADOR: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL

MES AÑO	OBSERVATORIO: Granja Kayra – 113129												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
.													
.													
.													
2014													
2015													
2016													
PROM													



FICHAS DE REGISTROS DE VARIABILIDAD CLIMATICA, INDICADOR: TEMPERATURA MÍEDIA MENSUAL Y ANUAL

MES \ AÑO	OBSERVATORIO: Granja Kayra – 113129												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
.													
.													
.													
2014													
2015													
2016													
PROM													



FICHAS DE REGISTROS DE VARIABILIDAD CLIMATICA, INDICADOR: TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL Y ANUAL

MES \ AÑO	OBSERVATORIO: Granja Kayra – 113129												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
.													
.													
.													
2014													
2015													
2016													
PROM													



FICHAS DE REGISTROS DE VARIABILIDAD CLIMATICA, INDICADOR: TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL Y ANUAL

MES \ AÑO	OBSERVATORIO: Granja Kayra – 113129												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
1964													
1965													
1966													
1967													
1968													
.													
.													
.													
2014													
2015													
2016													
PROM													



FICHAS DE REGISTROS DE VARIABILIDAD CLIMATICA, INDICADOR: ICEN

AÑO	MES	Índice Costero el Niño (ICEN)
1964	1	
1964	2	
1964	3	
1964	4	
1964	5	
1964	6	
1964	7	
1964	8	
1964	9	
1964	10	
1964	11	
1964	12	
1965	1	
1965	2	
.		
.		
2016	11	
2016	12	

ANEXO V: BASE DE DATOS

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL, Granja Kayra – 113129

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964	100.80	92.50	101.60	26.00	6.50	0.00	0.00	0.00	11.40	36.50	41.50	75.60
1965	101.80	100.50	111.90	88.00	5.80	0.00	0.40	1.00	29.40	58.30	42.50	153.00
1966	78.30	171.20	79.90	18.30	19.80	0.00	0.00	1.70	29.90	59.70	65.20	71.40
1967	59.10	118.40	140.30	19.00	1.80	0.60	11.00	19.00	32.80	70.90	57.20	125.60
1968	149.90	106.60	84.50	74.60	6.30	5.30	30.90	8.60	16.30	84.60	86.70	54.40
1969	144.40	77.80	88.30	16.80	2.90	3.30	7.20	3.90	22.80	29.80	54.70	72.90
1970	170.70	92.60	132.50	86.40	2.30	1.00	3.70	3.40	42.10	46.10	48.20	177.40
1971	128.90	161.60	83.60	40.00	1.50	0.10	0.00	5.70	3.50	55.70	51.00	127.50
1972	192.10	66.80	57.20	29.70	3.40	0.00	6.50	27.30	12.20	7.90	50.20	100.20
1973	221.30	120.50	99.60	75.20	14.00	0.00	9.10	11.80	14.50	65.10	88.80	96.50
1974	102.50	157.70	121.50	34.50	3.60	8.20	1.00	34.60	5.90	43.30	60.90	108.00
1975	124.70	131.00	55.30	66.80	22.50	0.70	0.30	0.60	51.10	47.50	51.00	170.10
1976	119.60	83.10	123.10	42.90	13.00	8.70	0.70	0.00	26.80	25.30	47.80	66.80
1977	116.70	122.80	69.30	47.60	7.90	0.00	4.40	0.00	29.90	65.00	71.50	78.00
1978	175.40	106.60	88.50	48.70	11.40	0.00	3.40	0.00	10.70	12.80	88.70	117.90
1979	101.10	131.60	108.80	46.80	6.20	0.00	0.90	8.10	11.50	18.40	85.60	81.80
1980	106.20	126.40	135.00	23.20	3.70	0.00	5.30	1.00	12.60	62.90	60.20	83.10
1981	125.40	80.80	124.40	58.90	1.80	3.90	0.00	9.80	45.90	106.90	120.80	144.30
1982	178.90	115.50	143.10	58.80	0.00	9.20	3.40	4.90	14.00	37.90	122.50	98.60
1983	127.80	84.00	54.50	29.80	3.40	6.20	0.50	0.90	5.50	26.00	44.30	100.20
1984	198.60	142.40	71.00	82.80	0.00	2.00	1.30	11.40	4.20	114.60	69.40	102.80
1985	129.10	119.40	74.20	33.20	15.60	11.60	0.90	0.00	43.30	62.10	116.50	122.40
1986	76.40	92.20	125.70	65.50	6.20	0.00	1.80	4.20	7.50	17.30	69.60	102.70
1987	224.30	87.90	48.60	13.10	2.10	1.30	9.20	0.00	8.20	29.50	101.80	107.60
1988	159.20	84.30	166.50	108.90	4.60	0.00	0.00	0.00	9.90	36.20	39.60	93.40
1989	151.40	126.80	119.30	38.60	6.40	9.10	0.00	6.10	30.70	48.70	60.70	88.50
1990	157.60	90.40	60.70	47.40	7.50	31.80	0.00	5.80	13.30	73.70	87.00	65.10
1991	97.60	163.60	105.10	49.60	10.10	5.10	1.50	0.00	20.20	49.30	70.60	86.80
1992	139.30	126.80	104.00	19.70	0.00	19.40	0.00	21.40	8.00	50.70	117.40	57.20
1993	208.50	90.40	76.20	18.80	46.60	0.00	2.70	6.90	17.00	46.20	111.90	201.50
1994	76.40	163.60	173.90	45.50	11.80	0.00	0.00	0.00	25.70	40.20	40.50	119.90
1995	122.00	102.40	94.40	17.80	0.00	0.00	0.60	1.20	28.80	26.70	70.20	102.60
1996	131.90	98.00	70.50	32.30	11.00	0.00	0.00	6.30	19.60	58.40	49.00	133.20
1997	123.30	127.70	104.80	31.00	4.80	0.00	0.00	7.10	12.30	44.40	200.40	148.40
1998	116.30	139.30	22.00	31.00	1.60	1.90	0.00	1.60	6.80	38.30	45.20	58.90
1999	90.20	91.50	92.00	42.80	1.30	3.40	1.00	0.00	43.10	18.40	39.70	119.50
2000	197.40	141.50	119.50	10.90	2.60	5.80	2.70	6.60	10.70	49.30	27.00	82.00
2001	79.30	194.70	170.40	36.40	11.50	0.00	17.40	10.20	20.10	19.90	92.60	89.40
2002	134.50	184.60	112.70	21.60	16.20	2.50	27.10	3.20	10.30	78.70	97.80	132.40
2003	163.90	132.40	147.90	56.50	2.00	6.40	0.00	21.30	3.70	34.60	23.10	123.80
2004	173.70	125.80	66.50	20.20	2.40	20.50	12.00	9.00	21.70	25.60	60.90	87.90
2005	141.00	130.60	120.20	33.10	3.20	0.40	1.20	4.00	4.50	39.10	59.30	101.20
2006	203.40	155.50	145.90	40.90	0.20	4.90	0.00	10.50	7.50	72.50	67.80	147.20
2007	140.80	58.70	107.30	93.60	5.80	0.00	4.00	0.00	1.00	49.40	74.00	88.40
2008	108.80	109.20	64.40	7.60	8.70	1.80	0.00	3.90	13.90	58.90	90.20	138.60
2009	112.50	108.30	79.10	21.30	5.30	0.00	3.30	0.70	15.10	7.00	91.30	82.10
2010	176.54	100.58	108.22	7.62	24.63	0.00	1.27	23.37	3.80	109.98	41.40	138.93
2011	67.03	146.56	153.16	118.37	0.51	0.00	59.69	0.00	21.84	70.88	32.77	90.93
2012	75.21	116.35	41.15	47.75	2.03	2.04	0.00	0.00	142.75	43.42	264.16	272.56
2013	182.90	251.48	84.06	11.69	4.57	4.82	1.02	8.12	14.74	137.43	64.76	129.30
2014	147.57	93.74	44.69	56.13	9.14	0.00	0.50	4.32	14.73	52.57	11.18	117.89
2015	118.88	98.56	154.94	42.41	13.96	5.33	6.10	6.85	14.22	21.85	58.92	120.39
2016	85.35	111.74	53.34	79.77	9.91	0.00	8.89	53.85	33.53	156.72	21.09	115.83



TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, Granja Kayra – 113129

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964	13.57	13.81	12.67	12.02	9.78	8.01	7.69	10.03	11.93	12.5	12.02	12.92
1965	12.65	12.88	11.86	11.22	9.64	8.13	8.31	9.57	11.23	13.38	13.55	13.28
1966	13.13	13.28	12.49	11.27	9.82	8.83	8.76	10.3	11.4	12.84	13.35	12.7
1967	12.93	13.14	12.55	11.61	10.74	8.73	8.11	9.73	11.55	12.26	12.72	12.5
1968	12.27	13.26	12.05	10.77	8.81	8.6	8.24	10.43	11.63	12.67	12.93	13.03
1969	12.57	13.08	13.37	12	10.55	9.35	8.78	9.57	11.49	13.13	13.15	13.01
1970	13.08	13.31	12.44	12.03	10.08	9.24	7.93	9.81	11.19	12.88	12.89	12.23
1971	12.57	12.08	12.03	10.76	9.69	8.78	8.58	9.18	11.65	12.12	12.99	12.38
1972	12.44	13.27	12.62	12.29	10.38	9.05	9.74	9.94	11.05	13.22	13.89	13.82
1973	13.48	14.09	13.73	12.43	10.47	9.36	9.24	10.76	11.96	13.74	13.89	13.14
1974	12.46	12.9	13.19	11.74	10.1	8.9	8.45	9	11.33	12.61	12.93	12.83
1975	11.98	12.42	12.43	11.93	10.28	8.9	8.28	9.9	11.3	12.48	12.93	12.68
1976	12.69	13.27	12.41	11.38	9.8	9.1	9.26	9.73	11.1	13.53	13.21	13.61
1977	13.52	12.66	13.11	11.84	10.28	8.72	9.18	10.47	12.29	13.21	13.46	13.3
1978	12.95	13.61	13.3	11.99	10.78	9.18	8.2	9.15	11.96	12.94	13.72	13.66
1979	13.26	13.39	12.79	11.77	10.77	9.55	9.25	10.75	13.2	13.52	14.19	13.88
1980	14.04	14.29	13.33	11.3	10.26	9.86	9.04	11.27	11.86	13.45	13.97	14.04
1981	13.35	13.34	13.28	11.25	10.98	8.87	8.9	9.39	10.81	13	14	13.18
1982	13.55	13.56	13.33	12.1	9.74	9.33	9.85	10.77	12.12	13.55	13.63	13.98
1983	14.76	14.46	14.5	13.62	11.58	10.59	10.56	11.65	12	13.35	13.91	13.44
1984	12.91	13.43	13.32	12.59	11.21	9.8	9.48	10.56	11.78	12.75	13.22	13.4
1985	13.56	12.62	13.55	12.48	10.7	8.72	8.53	10.69	11.86	13.03	13.08	12.8
1986	13.52	13.59	13.09	12.49	10.54	9.26	9.3	11.24	12.34	13	13.59	14.22
1987	14.28	14.31	14.07	13.16	11.24	10.16	9.87	11.76	13.32	13.9	14.78	14.44
1988	14.07	14.94	13.9	12.93	11.36	9.68	9.25	11.3	12.81	13.92	14.02	13.43
1989	13.12	12.71	12.88	12.54	10.64	10.41	9.1	10.66	12.68	12.6	13.03	14.02
1990	13.79	13.41	12.81	12.67	10.75	9.44	9.33	10.31	12.41	13.27	13.62	13.42
1991	14.13	13.63	13.42	12.06	10.83	9.77	8.72	9.47	11.25	13.29	13.03	13.06
1992	13.4	14.2	12.31	12.14	11.44	9.73	8.2	9.92	12.39	12.76	13.54	13.35
1993	11.78	13.31	12.53	12.24	11.06	9.43	9.55	9.88	11.46	13.32	13.99	13.74
1994	13.25	13.73	13.42	12.52	10.93	9.01	8.44	10.18	11.15	13.51	14.05	14.26
1995	13.96	13.88	13.55	12.75	10.89	10.12	10.72	11.59	12.09	13.99	13.84	13.57
1996	13.3	13.96	13.6	12.6	11.39	9.48	9.15	11.06	12.72	13.3	13.3	12.9
1997	13.52	13.19	13.2	11.83	10.59	9.49	9.77	10.42	12.33	14.26	14.64	14.7
1998	15.06	15.37	14.74	13.8	11.4	10.53	12.1	12.91	14.3	14.05	13.62	13.44
1999	13.93	13.3	13.15	12.47	11.32	9.84	8.69	10.63	12.34	12.92	14.01	13.79
2000	13.19	13.68	12.81	12.84	11.29	9.92	9.63	11.23	12.64	13.09	14.37	13.38
2001	13.15	12.84	13.3	11.68	10.95	9.61	9.81	9.67	12.6	13.67	14.45	14.01
2002	13.83	13.38	13.54	12.46	10.65	10.63	9.31	10.53	12.81	13.98	13.8	14.12
2003	14.05	14.43	13.92	12.57	11.41	10.11	9.75	11.05	12.01	13.77	14.37	14.35
2004	14.22	14.51	13.44	12.78	11.15	9.38	9.42	10.03	12.73	13.91	14.15	14.11
2005	14.32	13.88	12.49	10.99	9.72	9.59	11.16	12.1	13.82	14.05	14.17	12.39
2006	13.24	13.97	13.45	12.54	9.81	10.2	9.34	11.77	12.93	13.48	13.54	13.35
2007	14.35	14.01	13.55	12.26	11.13	9.82	9.83	11.34	11.82	13.3	14.17	13.74
2008	13.35	13.85	12.67	12.37	10.61	9.94	9.68	11.51	12.48	13.65	13.95	13.92
2009	13.53	13.51	13.34	12.94	11.02	10.4	10	11.6	12.8	13.6	13.9	13
2010	12.9	13.2	13.4	12.9	12.2	11.3	11.5	11.6	13.1	13.5	14.2	13
2011	13.3	12	12.4	12.4	11.3	10.6	10.2	11.8	12.3	13.4	14.2	12.6
2012	12.7	12	12.8	12.2	11	10.2	10.1	10.7	12.3	13.9	14.2	12.6
2013	12.4	12.6	13.1	12.4	11.6	9.7	9.4	10.8	12.4	12.8	13.5	12.7
2014	12.8	12.7	13	12	11.2	10.9	9.6	10.5	12.2	13.1	14.3	13.6
2015	12.3	13	13	11.9	11.3	10.8	10.2	11.1	12.7	13.6	14.4	12.9
2016	14.4	13.8	14.4	13.1	11.7	10.4	10.1	11.5	12.5	12.7	14.3	13.2

TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL, Granja Kayra – 113129

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964	19.5	19.6	18.6	19.6	18.8	20.1	19.5	20.0	20.1	20.2	19.4	19.4
1965	19.0	18.4	17.9	19.2	20.2	19.7	18.9	19.7	19.1	21.6	21.0	19.5
1966	20.3	19.3	19.6	20.9	18.9	20.6	20.8	21.0	20.5	19.8	22.0	19.7
1967	20.0	19.0	18.3	19.9	19.8	19.5	18.3	18.6	19.8	19.4	20.7	18.9
1968	18.3	18.3	18.4	19.2	19.0	19.4	17.9	19.3	20.4	19.7	19.4	20.6
1969	18.6	18.9	20.1	20.2	20.6	19.9	19.3	20.3	20.2	21.5	21.2	19.2
1970	18.7	19.0	18.8	18.8	20.2	19.9	18.6	20.3	18.7	21.4	22.0	18.4
1971	19.0	17.6	19.2	19.6	20.0	19.1	19.8	20.4	21.7	20.2	21.0	18.6
1972	18.2	18.8	18.7	20.2	20.0	20.0	20.5	19.9	19.5	21.3	21.1	20.8
1973	18.4	19.5	19.7	19.5	20.1	20.0	18.7	20.1	20.1	21.6	20.9	19.4
1974	17.4	18.2	19.8	19.2	20.6	19.1	19.8	17.1	20.2	20.1	20.9	19.8
1975	17.8	18.0	18.5	20.0	18.4	18.7	19.6	20.3	19.8	20.4	20.2	19.0
1976	18.2	18.7	19.4	19.9	19.1	19.2	19.7	19.3	18.9	22.9	21.5	20.2
1977	20.2	18.2	19.4	20.4	20.0	20.3	18.9	20.2	20.7	21.5	19.6	19.9
1978	18.3	20.1	19.7	19.2	20.4	20.1	19.4	20.5	20.5	21.6	20.5	19.8
1979	19.2	19.8	18.8	19.9	21.4	21.8	20.5	21.6	22.9	22.3	21.7	20.5
1980	20.6	20.3	19.5	20.6	21.2	21.8	19.7	21.6	21.2	20.4	22.5	21.6
1981	19.0	19.1	20.1	19.2	21.3	20.4	20.8	19.1	18.9	20.5	20.3	19.3
1982	19.0	20.1	19.3	19.9	20.5	19.8	20.9	20.6	20.7	20.9	19.7	21.1
1983	21.8	21.5	22.2	22.5	21.7	20.8	21.6	21.8	20.8	22.0	22.4	20.8
1984	17.9	18.0	19.6	19.9	21.3	19.7	20.9	20.5	21.6	19.5	19.7	20.4
1985	19.8	18.9	20.2	20.0	20.2	18.8	19.6	21.3	19.8	21.7	20.0	20.1
1986	20.5	19.8	19.3	20.7	20.4	21.6	20.0	21.2	21.4	22.5	22.6	21.4
1987	20.5	21.6	22.3	22.5	21.9	21.1	21.4	23.7	22.9	22.7	22.1	22.3
1988	20.5	22.0	19.9	20.4	21.5	21.3	21.7	23.7	21.8	23.0	22.2	20.5
1989	18.9	19.4	19.6	20.4	20.7	20.4	20.3	20.7	21.4	21.4	21.5	21.7
1990	20.1	20.8	20.8	21.0	20.6	18.1	19.7	20.4	21.6	20.3	20.1	20.0
1991	21.1	20.3	20.0	20.3	20.8	20.4	20.2	20.9	20.6	20.9	19.8	20.7
1992	20.1	20.4	20.6	21.5	22.7	19.6	19.1	19.1	21.5	20.7	21.5	21.0
1993	19.1	19.9	19.2	19.7	20.7	21.0	20.0	19.7	20.1	21.2	20.5	20.0
1994	19.5	20.0	20.1	19.6	20.8	20.4	20.6	21.4	21.1	21.3	21.3	21.0
1995	20.6	20.4	19.5	21.4	21.9	20.7	21.1	22.4	21.2	22.5	21.6	20.9
1996	19.4	19.7	20.4	20.2	20.9	20.5	20.4	20.0	21.4	21.9	20.9	19.6
1997	19.4	19.0	19.6	20.2	20.1	20.8	20.8	19.3	21.2	22.5	21.9	21.9
1998	21.9	22.0	22.1	22.7	22.5	20.7	21.8	22.0	22.9	21.9	21.7	21.0
1999	20.4	19.2	19.4	20.4	20.8	21.0	19.9	22.1	21.2	21.4	22.8	20.4
2000	17.7	19.3	19.4	21.2	21.8	20.4	20.0	20.9	22.3	20.8	23.9	21.1
2001	18.4	18.5	19.5	20.0	20.3	20.3	20.1	20.5	21.7	21.7	22.0	21.4
2002	20.7	18.8	19.8	19.8	20.8	20.7	18.2	20.6	21.7	21.8	21.7	20.7
2003	20.6	20.8	19.9	21.0	21.1	21.2	21.1	20.9	21.8	23.2	23.2	21.1
2004	20.2	20.8	21.0	21.6	21.8	20.0	19.7	19.8	21.4	22.3	22.1	21.8
2005	21.0	21.8	20.7	21.1	21.9	21.2	21.4	22.5	21.5	21.2	22.0	20.9
2006	19.1	20.7	19.9	20.4	21.1	20.4	21.3	21.8	22.3	21.2	20.8	20.4
2007	21.0	20.5	19.8	20.1	20.6	21.7	20.3	22.5	21.4	21.9	22.5	20.9
2008	19.0	20.5	19.7	21.2	21.0	21.2	21.4	21.0	22.4	21.0	22.4	20.5
2009	19.7	20.1	19.8	20.8	20.9	20.9	20.4	21.8	22.5	23.1	22.1	20.7
2010	19.9	19.9	20.4	21.9	21.1	21.4	21.7	22.2	22	21.8	22.4	20.1
2011	19.9	18.4	19.1	20.1	20.7	20.9	19.6	21.7	20.6	21.9	22.9	19.8
2012	19.8	18.9	19.6	20.2	21	20.1	21.1	21.9	22	22.9	22.3	19.2
2013	19.8	19.7	20.9	22	21.7	19.7	19.8	20.2	21.6	20.2	21.7	19.8
2014	20.6	20.4	21	20.5	20.6	21.7	20.4	21.5	21.2	21.9	23.4	21.9
2015	19.7	20.6	20.9	19.8	20.6	21.6	21.6	22.2	22.6	23.2	23.5	21.2
2016	22.8	20.9	23.1	22.3	22.6	21.8	21.6	22.4	22.5	21.9	23.5	21.4

TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL, Granja Kayra – 113129

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964	6.9	6.7	6.7	4.4	0.7	-3.9	-4.0	0.0	3.4	4.7	4.7	6.1
1965	6.3	7.1	5.7	3.2	-0.8	-3.3	-2.2	-0.8	3.2	5.1	6.1	7.1
1966	6.0	7.1	5.3	1.7	0.8	-2.8	-3.2	-0.3	2.3	5.8	6.3	5.7
1967	5.8	7.3	6.8	3.4	1.7	-2.0	-1.9	0.9	3.2	5.3	4.7	6.1
1968	6.2	7.3	5.7	2.3	-1.3	-2.1	-1.3	1.6	2.8	5.3	6.4	5.8
1969	6.5	6.6	6.6	3.7	0.5	-1.2	-2.0	-1.1	2.8	4.7	5.1	6.6
1970	7.4	7.4	5.9	5.3	0.1	-1.5	-2.6	-1.3	3.0	4.3	4.1	6.2
1971	6.2	6.6	4.9	2.2	-0.5	-1.4	-2.6	0.2	1.6	4.0	5.0	6.1
1972	6.7	6.8	6.6	4.4	0.7	-1.8	-1.0	1.0	2.6	5.1	6.7	6.8
1973	8.3	8.7	7.7	5.4	0.9	-1.0	-0.1	1.4	3.8	5.8	6.9	6.8
1974	7.4	7.6	6.6	4.3	-0.3	-1.1	-2.8	0.7	2.5	5.1	4.9	5.9
1975	6.1	6.7	6.4	3.9	2.2	-0.8	-3.0	-0.4	2.8	4.5	5.8	6.3
1976	7.1	6.9	5.5	2.9	0.5	-0.9	-1.1	0.1	3.3	4.2	5.0	7.1
1977	6.8	7.1	6.8	3.3	0.5	-2.7	-1.1	-0.1	3.8	4.9	7.3	6.7
1978	7.6	7.1	6.9	4.5	1.2	-1.6	-2.9	-1.9	3.4	4.3	6.7	7.5
1979	7.1	7.1	6.7	3.6	0.2	-2.6	-1.9	0.0	3.5	4.7	6.7	7.2
1980	7.4	7.3	7.2	1.9	-0.6	-2.0	-1.5	0.9	2.5	6.5	5.4	6.5
1981	7.7	7.6	6.6	3.3	0.7	-2.6	-2.8	-0.2	2.8	5.8	7.7	7.0
1982	8.1	7.0	7.4	4.4	-1.0	-1.0	-1.1	1.0	3.6	6.2	7.6	6.9
1983	7.6	7.4	6.8	4.8	1.5	0.4	-0.4	1.5	3.3	4.7	5.4	6.0
1984	7.9	8.0	7.0	5.2	1.2	0.0	-2.0	1.0	2.1	6.6	6.7	6.3
1985	7.3	6.4	6.9	5.0	1.1	-1.4	-2.6	0.1	3.9	4.3	6.1	6.1
1986	6.5	7.4	6.8	4.3	0.6	-3.1	-1.5	1.2	3.3	3.5	4.6	7.0
1987	8.1	7.0	5.8	3.8	0.5	-0.7	-1.7	-0.2	3.8	5.1	7.4	6.6
1988	7.6	6.8	7.9	5.5	1.3	-1.9	-3.2	-1.1	3.8	4.8	5.8	6.4
1989	7.3	6.0	6.2	4.7	0.6	0.5	-2.1	0.6	3.9	5.4	4.6	6.4
1990	7.5	6.0	4.8	4.3	0.9	0.8	-1.0	0.3	3.2	6.2	7.2	6.9
1991	7.2	7.0	6.8	3.7	0.8	-0.5	-2.8	-1.9	2.1	5.9	6.2	5.4
1992	6.7	7.0	5.3	2.8	0.2	-0.1	-2.7	0.7	3.3	4.8	5.6	5.5
1993	6.9	6.7	5.9	4.8	1.4	-2.2	-1.0	0.1	2.8	5.4	7.4	7.4
1994	7.0	7.5	6.8	5.5	1.0	-2.3	-2.3	-1.1	3.7	5.7	6.8	7.5
1995	7.4	7.3	7.6	4.1	-0.1	-0.4	0.4	0.8	2.9	5.5	6.1	6.3
1996	7.2	7.2	6.8	5.0	1.9	-1.5	-2.1	2.1	4.0	5.4	6.2	7.5
1997	7.7	7.4	6.8	3.5	1.1	-1.8	-1.3	1.6	3.5	6.0	7.4	7.6
1998	8.3	8.7	7.4	4.9	0.3	0.3	-1.3	2.2	2.9	6.7	6.4	6.2
1999	7.4	7.4	6.9	5.0	1.8	-1.3	-2.5	-0.7	3.5	4.4	5.2	6.9
2000	7.1	7.2	6.3	4.5	0.8	-0.4	-0.7	1.6	3.0	5.4	4.8	5.2
2001	7.9	7.2	7.1	3.4	1.6	-1.1	-0.5	-1.2	3.5	5.6	6.9	6.6
2002	7.0	8.0	7.2	5.1	0.5	0.6	0.4	0.5	3.9	6.1	5.9	7.5
2003	7.5	8.1	7.9	4.1	1.7	-1.0	-1.7	1.2	2.3	4.3	5.6	7.6
2004	8.2	7.2	5.9	4.0	0.5	-1.2	-0.9	0.2	4.1	5.6	6.2	6.4
2005	7.7	11.9	7.1	3.9	0.0	-1.8	-2.3	0.0	2.7	6.5	6.1	7.4
2006	7.4	7.3	6.9	4.5	-1.5	0.1	-2.7	1.7	3.4	5.8	6.3	6.3
2007	7.7	7.5	7.3	4.4	1.7	-2.1	-0.6	0.2	2.2	4.7	5.8	6.2
2008	8.5	7.2	6.9	5.6	2.6	1.3	0.6	3.1	4.7	7.3	7.2	8.3
2009	8.1	7.6	7.4	6.2	3.2	1.2	1.6	2.7	4.8	6.4	8.6	8.3
2010	8.2	8.5	8.7	6.7	5	3.2	2.7	2.5	5.8	7.7	7.8	8.4
2011	8.8	8.2	8.3	6.7	3.5	2.4	2.3	3.9	6.6	7.6	8.1	7.8
2012	8.1	8.2	7.7	6.7	3.2	2	1	1.8	5	7.3	8.4	8.5
2013	7.6	8.4	8.5	5.4	3.9	1.8	1.1	3	4.9	7.5	7.5	8.1
2014	7.9	7.9	7.5	5.7	4	2.2	1.7	2.1	5.5	6.7	7.3	8.2
2015	7.9	7.9	7.9	6.8	4.5	2.4	0.9	2.3	5.3	6.4	8	7.8
2016	8.4	9.4	8.1	6.4	3.2	1.2	0.9	2.9	4.5	6.9	7.3	7.7

ICEN MENSUAL

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1964	-0.68	-0.92	-1.08	-1.56	-1.71	-1.95	-1.66	-1.52	-1.41	-1.19	-1.18	-0.86
1965	-0.53	-0.07	0.56	1.09	1.53	1.49	1.41	1.03	0.73	0.41	0.39	0.42
1966	0.19	-0.31	-0.91	-1.33	-1.38	-1.3	-1.11	-0.97	-0.82	-0.77	-0.75	-0.86
1967	-0.79	-0.85	-0.72	-0.74	-0.77	-0.86	-1.06	-1.31	-1.6	-1.72	-1.7	-1.62
1968	-1.49	-1.37	-1.42	-1.67	-1.67	-1.36	-0.75	-0.17	0.05	0.04	-0.01	0.01
1969	-0.13	0.01	0.36	1.1	1.34	1.15	0.59	0.15	0.17	0.4	0.59	0.52
1970	0.19	-0.33	-0.72	-1.1	-1.38	-1.86	-1.98	-1.83	-1.42	-1.21	-1.17	-1.27
1971	-1.38	-1.38	-1.15	-1.02	-1.09	-1.19	-1.19	-1.08	-1.2	-1.11	-1.08	-0.69
1972	-0.22	0.32	0.59	0.76	1.21	1.7	2.13	1.9	1.65	1.37	1.58	1.57
1973	1.2	0.49	-0.2	-0.65	-1.01	-1.15	-1.36	-1.39	-1.47	-1.3	-1.26	-1.26
1974	-1.3	-1.15	-0.79	-0.4	-0.33	-0.36	-0.46	-0.5	-0.81	-1.06	-1.36	-1.29
1975	-1.3	-0.91	-0.56	-0.41	-0.68	-0.96	-1.1	-1.27	-1.63	-2.05	-2.13	-1.84
1976	-1.3	-0.85	-0.42	0.06	0.73	1.13	1.17	0.94	0.66	0.5	0.36	0.28
1977	0.07	-0.15	-0.34	-0.41	-0.41	-0.42	-0.53	-0.75	-0.83	-0.73	-0.56	-0.48
1978	-0.42	-0.61	-0.78	-1.09	-1.11	-1.14	-1.2	-1.1	-1.11	-0.69	-0.42	-0.08
1979	-0.19	-0.35	-0.37	-0.17	0.09	0.04	-0.01	0.01	0.15	0.21	0.1	-0.08
1980	-0.25	-0.25	-0.11	0.03	-0.02	-0.29	-0.48	-0.56	-0.58	-0.6	-0.68	-0.99
1981	-1.2	-1.16	-0.83	-0.6	-0.58	-0.64	-0.82	-0.91	-0.83	-0.66	-0.53	-0.43
1982	-0.48	-0.71	-0.81	-0.65	-0.2	0.19	0.53	0.82	1.21	1.86	2.43	2.73
1983	2.52	2.34	2.56	3.17	3.84	4.02	3.63	2.64	1.73	0.93	0.53	0.07
1984	-0.39	-0.7	-0.65	-0.6	-0.61	-0.69	-0.56	-0.35	-0.4	-0.28	-0.42	-0.5
1985	-0.89	-1.01	-1.17	-1.33	-1.44	-1.41	-1.22	-1.15	-1.05	-0.94	-0.77	-0.58
1986	-0.37	-0.44	-0.56	-0.85	-0.96	-0.82	-0.47	-0.04	0.16	0.29	0.37	0.59
1987	0.78	1.07	1.21	1.42	1.28	1.17	0.93	0.99	1.09	1.16	0.95	0.53
1988	0.07	-0.36	-0.7	-0.99	-1.2	-1.35	-1.43	-1.43	-1.43	-1.22	-1	-0.65
1989	-0.39	-0.24	-0.15	-0.47	-0.69	-0.9	-0.63	-0.55	-0.54	-0.59	-0.49	-0.42
1990	-0.27	-0.25	-0.25	-0.36	-0.35	-0.41	-0.45	-0.54	-0.6	-0.68	-0.72	-0.68
1991	-0.65	-0.47	-0.39	-0.21	-0.08	0.21	0.3	0.35	0.39	0.48	0.61	0.55
1992	0.53	0.69	1.23	1.74	1.59	0.89	0.14	-0.13	-0.1	-0.02	-0.09	-0.07
1993	0.04	0.3	0.72	0.99	1.15	0.95	0.74	0.47	0.43	0.33	0.2	-0.01
1994	-0.17	-0.37	-0.7	-0.92	-0.93	-0.83	-0.82	-0.64	-0.09	0.35	0.67	0.66
1995	0.56	0.17	-0.52	-0.92	-1	-0.75	-0.62	-0.53	-0.53	-0.43	-0.63	-0.73
1996	-0.82	-0.56	-0.81	-1.05	-1.45	-1.33	-1.18	-0.86	-0.67	-0.73	-1.02	-1.12
1997	-0.78	-0.12	0.59	1.38	2.18	3.01	3.51	3.76	3.7	3.76	3.84	3.84
1998	3.4	2.96	2.76	2.84	2.63	2.23	1.64	1.08	0.59	0.13	-0.09	-0.29
1999	-0.35	-0.29	-0.5	-0.63	-0.95	-0.8	-0.68	-0.62	-0.66	-0.91	-0.85	-0.82
2000	-0.67	-0.75	-0.55	-0.35	-0.13	-0.27	-0.56	-0.59	-0.52	-0.56	-0.8	-0.84
2001	-0.46	-0.02	0.26	0.11	-0.14	-0.44	-0.58	-0.84	-1.02	-1.12	-1.16	-1.01
2002	-0.59	0.14	0.61	0.86	0.63	0.24	0.03	0.14	0.47	0.74	0.9	0.8
2003	0.51	0.3	0.12	-0.32	-0.77	-0.86	-0.42	-0.15	0.17	0.29	0.53	0.5
2004	0.45	0.13	-0.12	-0.57	-0.62	-0.75	-0.52	-0.36	0	0.46	0.6	0.45
2005	-0.24	-0.79	-0.9	-0.59	-0.33	-0.32	-0.49	-0.63	-0.94	-1.13	-1.11	-0.65
2006	-0.11	0.07	-0.4	-0.73	-0.72	-0.21	0.25	0.69	1.03	1.03	1.06	1.02
2007	0.99	0.58	-0.01	-0.7	-1.16	-1.26	-1.18	-1.04	-1.36	-1.64	-1.92	-1.44
2008	-0.68	0.08	0.25	0.16	0.06	0.39	0.73	0.93	0.65	0.21	-0.13	-0.29
2009	-0.39	-0.63	-0.46	-0.09	0.59	0.88	1.02	0.88	0.66	0.4	0.27	0.13
2010	0.09	0.03	0.17	0.27	0.31	-0.12	-0.77	-1.36	-1.56	-1.48	-1.27	-1
2011	-0.58	-0.54	-0.44	-0.41	-0.12	-0.07	-0.08	-0.37	-0.71	-0.97	-1.02	-0.79
2012	-0.4	-0.02	0.41	0.66	1.13	1.07	0.71	0.28	-0.08	-0.27	-0.69	-0.73
2013	-0.67	-0.56	-0.79	-1.03	-1.44	-1.62	-1.64	-1.33	-0.98	-0.68	-0.51	-0.3
2014	-0.49	-0.54	-0.64	-0.15	0.47	1.03	1.19	1.02	0.69	0.52	0.38	0.35
2015	0.08	0.01	0.18	0.68	1.36	1.96	2.15	2.15	2.07	2.23	2.18	2.07
2016	1.77	1.49	1.07	0.77	0.54	0.43	0.29	0.17	0.14	0.22	0.37	0.43



ANEXO VI: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: EL FENOMENO EL NIÑO Y SU RELACION CON LA VARIABILIDAD CLIMATICA EN LA PROVINCIA DE CUSCO, PERIODO 1964 – 2014

PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es relación entre el índice costero de El Niño y la variabilidad climática de la provincia de Cusco, 1964 – 2014?

OBJETIVO GENERAL

Analizar la relación entre el índice costero de El Niño y la variabilidad climática de la provincia de Cusco, 1964 – 2014

HIPOTESIS GENERAL

Existe relación significativa entre el índice costero de El Niño y la variabilidad climática de la provincia de Cusco, 1964 – 2014

PROBLEMAS ESPECIFICOS

1. ¿Cuál es el comportamiento del índice costero de El Niño en el periodo: 1964 – 2014?
2. ¿Existe diferencias en el comportamiento de la precipitación fluvial con y sin presencia del fenómeno de El Niño de la provincia de Cusco, 1964 – 2014?
3. ¿Existe diferencias en el comportamiento de la temperatura con y sin presencia del fenómeno de El Niño de la provincia de Cusco, 1964 – 2014?
4. ¿Qué tipo de relación existe entre el índice costero El Niño y la precipitación fluvial de la provincia de Cusco, 1964 – 2014?
5. ¿Qué tipo de relación existe entre el índice costero de El Niño y la temperatura de la provincia de Cusco, 1964 – 2014?

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir el comportamiento del índice costero de El Niño en el periodo: 1964 – 2014.
2. Establecer diferencias en el comportamiento de la precipitación fluvial con y sin presencia del fenómeno de El Niño de la provincia de Cusco, 1964 – 2014.
3. Establecer diferencias en el comportamiento de la temperatura con y sin presencia del fenómeno de El Niño de la provincia de Cusco, 1964 – 2014
4. Determinar la relación entre el índice costero El Niño y la precipitación fluvial de la provincia de Cusco, 1964 – 2014.
5. Determinar la relación entre el índice costero El Niño y la temperatura de la provincia de Cusco, 1964 – 2014.

HIPOTESIS ESPECÍFICAS

1. El comportamiento del índice costero de El Niño en el periodo: 1964 – 2014 no es estacionario.
2. Existen diferencias significativas de la precipitación fluvial con y sin presencia del fenómeno de El Niño de la provincia de Cusco, 1964 – 2014.
3. Existen diferencias significativas de la temperatura con y sin presencia del fenómeno de El Niño de la provincia de Cusco, 1964 – 2014.
4. Existe relación significativa entre el índice costero de El Niño y la precipitación fluvial de la provincia de Cusco, 1964 – 2014.
5. Existe relación significativa entre el índice costero de El Niño y la temperatura de la provincia de Cusco, 1964 – 2014.



JUSTIFICACION	METODO	VARIABLE, POBLACION Y MUESTRA
<p>CONVENIENCIA Considerando que el fenómeno de El Niño es un evento periódico que presenta cambios en su intensidad y que sus efectos repercute directamente sobre los recursos económicos de la población como la presencia de áreas de cultivo, patrimonios turísticos, y que son fuentes de ingreso de la población, se propuso realizar el estudio de como son los cambios en la variabilidad climática por efecto de la presencia del fenómeno de El Niño, dicho estudio nos proporciona una visión del comportamiento sobre la variación o cambios de la temperatura y precipitación en la zona propuesta.</p> <p>RELEVANCIA SOCIAL El estudio de como son los cambios en la variabilidad climática por efecto de la presencia del fenómeno de El Niño, nos permite elaborar programas de prevención y adaptación más acertada que ayuden a la mitigación ante los daños que los fenómenos hidrometeorológicos pudieran ocasionar a la sociedad sea en: turismo, salud y conservación.</p>	<p>ALCANCE DE ESTUDIO Por la naturaleza del problema y los propósitos del estudio, tomando en cuenta la propuesta de Hernández y colaboradores (2014) la investigación que se desarrollará es la investigación cuantitativa porque se utilizará la recolección y análisis de datos, instrumentos que tienen medición numérica y así como el uso de la estadística con la finalidad de probar las hipótesis previamente establecidas. El presente trabajo es de enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y correlacional, puesto que se analiza la relación entre el índice costero El Niño y los indicadores de la variabilidad climática en la provincia de Cusco, periodo: 1964 –2014.</p>	<p>VARIABLE DE ESTUDIO Variable de estudio 1: Fenómeno del niño Índice Costero del fenómeno El Niño (ICEN)</p> <p>Variable de estudio 2 : Variabilidad Climática Temperatura Precipitación</p> <p>POBLACION La población de estudio está constituida por las mediciones históricas mensuales de la temperatura máxima mensual, la temperatura mínima mensual, temperatura media mensual, precipitación total mensual y del índice costero El Niño (ICEN) desde 1964 al 2014; puesto que la unidad de estudio cronológico es el mes.</p> <p>MUESTRA En el estudio se consideró todas las mediciones históricas correspondientes al periodo de estudio, por lo tanto la muestra es no probabilística de tipo censal.</p>



IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

Esta información lo pueden usar los gobiernos regionales, municipales, para tomar decisiones sobre medidas preventivas y correctivas, el cual se fundamentará en estrategias planificadas orientadas a reducir los costos económicos y sociales, mitigando la serie de impactos e inconvenientes que surgen a consecuencia de las alteraciones climáticas.

VALOR TEORICO.

El desarrollo del trabajo pretende estimar una ecuación matemática que represente la relación entre el valor de la temperatura con el ICEN y del valor de la precipitación con el ICEN.

UTILIDAD METODOLOGICA

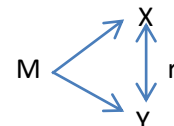
La obtención de información de la precipitación y temperatura corresponde a las estación meteorológica ubicada en la Provincia de Cusco, (observatorio de Kayra - 113129), obtenida de la base de datos del SENAMHI y los valores del ICEN corresponden al brindado por el Instituto Geofísico del Perú. La disponibilidad de estos datos ayuda a la predicción del comportamiento climatológico ante la presencia de El Niño, mediante relaciones matemáticas que pueden ser alimentados con esa información, cuyos resultados serían más confiables y servirían como herramientas para determinar si los cambios que suceden en estas zonas se pueden considerar como variaciones aleatorias naturales o si existe influencia directa de la presencia del fenómeno del niño.

*

DISEÑO DE INVESTIGACION

El diseño de la presente investigación es de tipo *no experimental* puesto que no se manipula variables. La información documental del índice costero El Niño y los valores de la precipitación fluvial y temperatura del aire en su ambiente natural es recopilada, éstas no fueron provocadas intencionalmente. Este estudio a su vez es de tipo longitudinal, ya que la recolección de información se realiza en varios momentos desde 1964 al 2014; además es *ex post facto* puesto que se recopila información histórica.

El diseño presenta el siguiente esquema:



Dónde:

- M: Muestra de Estudio (Medición promedio mensual)
- X: Observación a la variable 1: índice costero El Niño (ICEN)
- Y: Observación a la variable 2: Variabilidad climática (Precipitación y temperatura)
- r: Relación entre las variables estudiadas

TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Técnica

Las técnicas son procedimientos de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento. La técnica empleada es documental pues los datos de tomó de los reportes de temperatura y precipitación de SENAMHI del observatorio de Kayra y de los reportes del ICEN del Instituto Geofísico del Perú.

Instrumentos

El instrumento para la recolección documental de datos de temperatura, precipitación e ICEN es la ficha de registro de datos.