

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS**



**"MODELAMIENTO DE SEQUÍAS AGRÍCOLAS EN LA REGIÓN
SUR DEL PERÚ MEDIANTE EL USO DE FUNCIONES CÓPULA"**

Presentada por:

JUAN WALTER CABRERA CABRERA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN RECURSOS HÍDRICOS**

Lima – Perú

2023

Tesis doctoral - Juan Cabrera

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	revistascientificasuc.org Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	met.igp.gob.pe Fuente de Internet	<1%
6	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to London Business School Trabajo del estudiante	<1%
8	cran.r-project.org Fuente de Internet	<1%
9	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS**

**"MODELAMIENTO DE SEQUÍAS AGRÍCOLAS EN LA
REGIÓN SUR DEL PERÚ MEDIANTE EL USO DE
FUNCIONES CÓPULA"**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE**

**Presentada por:
JUAN WALTER CABRERA CABRERA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo
PRESIDENTE

Dr. Abel Mejía Marcacuzco
ASESOR

Ph.D. Eduardo Chavarri Velasrde
MIEMBRO

Dr. Edilberto Guevara Pérez
MIEMBRO

Dr. Pedro Christopher Rau Lavado
MIEMBRO EXTERNO

A mis padres y hermanos.

A mis profesores, por su paciencia.

A mis amigos, por su apoyo.

A Dios y a la vida, por todo lo logrado.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo modelar la ocurrencia de sequías agrícolas en la cuenca alta de los ríos Locumba y Caplina utilizando funciones de distribución de probabilidades multivariadas, conocidas como funciones cópula. Como primer paso, se evaluó la influencia que ejerce el ENSO, la temperatura del aire y la temperatura superficial del mar en las diferentes zonas ENSO sobre la ocurrencia de sequías agrícolas. El análisis mostró que las correlaciones existentes con los índices ENSO son bajas y muy bajas, motivo por el cual se descartó su uso; en cambio, la Temperatura superficial del mar en la zona 1+2 (SST1+2) y la temperatura del aire (T) mostraron correlación media, por lo que fueron seleccionadas para la construcción del modelo. Con las variables definidas se procedió a evaluar las familias de cópulas que mejor se ajustan a las series de datos, usando el estadístico de Cramer Von Mises, y posteriormente se estimaron los parámetros de las cópulas con mejor ajuste en base al método de máxima pseudo verosimilitud, encontrando que la familia de cópulas que representa mejor la relación entre los índices SPI3 y EMI es la cópula t-Student, mientras que las cópulas que representa mejor la relación entre SPI3 y Temperatura del aire y la relación entre SPI3 y SST1+2 es la tipo Frank. Posteriormente, se construyó una cópula tridimensional considerando las variables que presentaron mayor correlación con el índice de sequías SPI3, quedando definido de esta manera el modelo buscado. Finalmente se procedió a estimar la probabilidad de ocurrencia conjunta bajo condiciones de sequía extrema, encontrándose que estas ocurren con mayor frecuencia bajo condiciones de temperaturas medias del aire entre 10°C a 12°C, y temperaturas superficiales del mar en la zona 1+2 entre 24°C a 26°C.

Palabras Clave: Modelo probabilístico; Cópulas; Sequía agrícola; Temperatura del aire, Temperatura superficial del mar.

ABSTRACT

The present study aims to model the occurrence of agricultural droughts in the upper basin of the Locumba and Caplina rivers using multivariate probability distribution functions, known as copula functions. As a first step, the influence exerted by ENSO, air temperature and sea surface temperature in the different ENSO zones on the occurrence of agricultural droughts was evaluated. The analysis showed that the existing correlations with the ENSO indices are low and very low, which is why their use was ruled out; On the other hand, the Sea Surface Temperature in zone 1+2 (SST1+2) and the air temperature (T) showed medium correlation, so they were selected for the construction of the model. With the defined variables, the families of copulas that best fit the data series were evaluated, using the Cramer Von Mises statistic, and subsequently the parameters of the copulas with the best fit were estimated based on the maximum pseudo likelihood method. , finding that the family of copulas that best represents the relationship between the SPI3 and EMI indices is the t-Student copula, while the copulas that best represent the relationship between SPI3 and Air Temperature and the relationship between SPI3 and SST1+2 is the Frank type. Subsequently, a three-dimensional copula was constructed considering the variables that presented the greatest correlation with the SPI3 drought index, thus defining the desired model. Finally, we proceeded to estimate the probability of joint occurrence under conditions of extreme drought, finding that these occur more frequently under conditions of average air temperatures between 10°C to 12°C, and sea surface temperatures in zone 1+ 2 between 24°C to 26°C.

Keywords: Probabilistic model. copulas. Agricultural drought. Air temperature. Sea Surface temperatura.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	5
2.1. ANTECEDENTES	5
2.2. EVENTOS EXTREMOS	7
2.3. SEQUÍAS	8
2.3.1. Clases de sequía	8
a. Sequía Meteorológica	8
b. Sequía Agrícola.....	8
c. Sequía Hidrológica	9
d. Sequía Socioeconómica y Política	9
2.3.2. Estadísticas de sequía.....	9
a. Magnitud (M):	10
b. Longitud o duración (L):	10
c. Intensidad (I):	10
d. Frecuencia:.....	11
e. Velocidad de Establecimiento:	11
f. Tiempo de espaciamiento:	11
2.3.3. Evaluación de sequías	11

a.	Índice de Severidad de Palmer (PDSI):	11
b.	Índice de Precipitación Estandarizada (SPI):	12
2.4.	EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR (ENSO)	14
2.4.1.	Regiones El NIÑO	15
a.	Regiones oceánicas	15
b.	Regiones costeras	16
2.4.2.	Índices El NIÑO	16
a.	Índice ENSO 1+2	16
b.	Índice ENSO 3.4	17
c.	Índice oceánico El Niño (ONI)	17
d.	Índice costero El Niño (ICEN)	19
e.	Índice Trans-Niño (TNI)	21
f.	Índice El Niño Modoki (EMI)	22
2.5.	CÓPULAS	22
2.5.1.	Definición	23
2.5.2.	Teorema de Sklar	23
2.5.3.	Clases y familias de cópulas	24
a.	Cópulas elípticas:	24
b.	Cópulas Arquimedianas:	24
c.	Cópulas de Valores extremos:	25
2.5.4.	Estimación de cópulas	26
a.	Estimación paramétrica:	26
•	Marginales estimadas paramétricamente	27
•	Marginales estimadas no paramétricamente	28
b.	Estimación no paramétrica:	30
2.5.5.	Cópulas de supervivencia y eventos extremos	30
2.5.6.	Estimación del período de retorno usando cópulas	31
2.5.7.	Cópulas en hidrología y climatología	32

III.	MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1.	MATERIALES	33
3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO	35
3.2.1.	Principales cultivos	36
3.3.	MÉTODOS	36
3.3.1.	Recopilación de información hidroclimática	38
3.3.2.	Tratamiento de datos climáticos	38
a.	Curva doble masa	38
b.	Método de la media y desviación estándar	39
c.	Análisis de tendencia	40
d.	Completación o Relleno de datos faltantes	42
3.3.3.	Estimación del índice SPI	42
3.3.4.	Análisis de asociación entre variables	44
a.	Coefficiente de correlación de Pearson	45
b.	Coefficiente de correlación de Kendall	45
c.	Coefficiente de correlación por rangos de Spearman	46
3.3.5.	Selección de funciones cópula a analizar	47
3.3.6.	Estimación de parámetros de funciones cópula	48
3.3.7.	Estadístico de ajuste	48
3.3.8.	Estimación de probabilidades de ocurrencia	49
3.3.9.	Validación del modelo	50
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1.	CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN	52
4.2.	ÍNDICE DE PRECIPITACION ESTANDARIZADA SPI3	55
4.3.	ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN ENTRE VARIABLES	59
4.3.1.	Dependencia entre SPI3 e índices ENSO	59
4.3.2.	Dependencia entre SPI3 y temperatura del aire	63
4.3.3.	Dependencia entre SPI3 y temperatura superficial del mar	64

4.4. ESTIMACIÓN DE MARGINALES PARA LAS VARIABLES SELECCIONADAS	
68	
4.5. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE CÓPULAS A EVALUAR.....	69
4.5.1. Cópulas bidimensionales.....	70
4.5.2. Cópula tridimensional.....	81
4.6. PROBABILIDAD DE OCURRENCIA.....	82
4.6.1. Análisis bidimensional.....	82
4.6.2. Análisis tridimensional.....	87
4.7. VALIDACIÓN DEL MODELO.....	89
4.8. APLICACIÓN DEL MODELO.....	90
V. CONCLUSIONES.....	91
VI. RECOMENDACIONES.....	93
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE CUADROS

N°		Pág.
1	Categorías de sequía según el Índice de Palmer	12
2	Categorías de sequía según el SPI	13
3	Probabilidad de ocurrencia se sequías por categoría	14
4	Categorías del Índice Oceánico El Niño (ONI).	17
5	Ocurrencia de El Niño/La Niña según el Índice oceánico El Niño (ONI). Período 1951-2022.	18
6	Categorías del índice ICEN	19
7	Ocurrencia de El Niño/La Niña según el Índice Costero El Niño (ICEN). Período 1951-2022.	20
8	Definición de las cópulas elípticas bivariadas más conocidas.	24
9	Definición de cópulas Arquimedianas bivariadas más conocidas.	25
10	Ubicación de Estaciones climáticas utilizadas en el estudio	33
11	Fuente de registros de precipitaciones y temperaturas correspondientes a los puntos de evaluación considerados en el estudio.	34
12	Fuente de registros de temperaturas superficiales del mar e índices ENSO	34
13	Valores del coeficiente de correlación y su interpretación.	47
14	Definición de las funciones cópula utilizadas en este estudio.	47
15	Definición de cópulas trivariadas utilizadas para el estudio	48
16	Análisis de consistencia en media y desv. estándar. Estación Toquela	52
17	Análisis de tendencia en la media. Precipitación acumulada mensual.	53
18	Análisis de tendencia en la desviación estándar. Precipitación acumulada mensual.	54
19	Análisis de tendencia en la media. Temperaturas medias mensuales.	54
20	Análisis de tendencia en la desviación estándar. Temperaturas medias mensuales.	54

21	Análisis de tendencia en la media. Temperatura superficial del mar (SST)	55
22	Características promedio de sequías registradas en la zona en estudio	58
23	Características máximas de sequías registradas en la zona en estudio	59
24	Coeficientes de correlación entre SPI3 y los índices ENSO1+2, ENSO34, EMI, para cada una de las estaciones analizadas.	61
25	Coeficientes de correlación entre SPI3 y Temperatura del aire, para cada una de las estaciones analizadas.	63
26	Coeficientes de correlación entre SPI3 y Temperatura superficial del mar (SST), para cada una de las estaciones analizadas y cada una de las regiones ENSO.	65
27	Parámetros de las funciones marginales de temperatura para cada estación.	69
28	Parámetros de la función marginal del Índice El Niño Modoki (EMI).	69
29	Parámetros de la función marginal de la Temperatura Superficial del Mar en la zona 1+2 (SST 1+2).	69
30	Ajuste de cópulas bidimensionales entre SPI3 y EMI para cada una de las estaciones analizadas.	70
31	Ajuste de cópulas bidimensionales entre SPI3 y Temperatura del aire para cada una de las estaciones analizadas.	74
32	Ajuste de cópulas bidimensionales entre SPI3 y Temperatura Superficial del Mar en la zona 1+2 para cada una de las estaciones analizadas.	77
33	Ajuste de cópulas tridimensionales entre SPI3, Temperatura del aire (T) y Temperatura Superficial del Mar en la zona 1+2 (SST1+2) para cada una de las estaciones analizadas.	81
34	Probabilidad de ocurrencia de sequía extrema ($SPI3 \leq -2$) en función de la temperatura del aire.	83
35	Probabilidad de ocurrencia de sequía extrema ($SPI3 \leq -2$) en función del El Niño Modoki Moderado ($EMI > 1$)	85
36	Probabilidad de ocurrencia de sequía extrema ($SPI3 \leq -2$) en función de la Temperatura Superficial del mar SST1+2.	85

37	Probabilidad de ocurrencia de sequía extrema ($SPI3 \leq -2$) en función de Temperatura del aire (T) y Temperatura Superficial del mar (SST1+2).	87
38	Comparación entre probabilidades estimadas con el modelo trivariado y probabilidades empíricas	89

ÍNDICE DE FIGURAS

N°		Pág.
1	Clases de sequía según su duración temporal	9
2	Estadísticas de sequía	10
3	Fases fría y cálida del ENSO	15
4	Regiones El Niño	16
5	Regiones de evaluación para El Niño Modoki	22
6	Relación entre una Cópula y su Cópula de supervivencia asociada	31
7	Áreas agrícolas y estaciones climáticas ubicadas en la zona de estudio	35
8	Diagrama de flujo del procedimiento a seguir para el modelamiento probabilístico	37
9	Equiprobabilidades entre una Función Gamma y una Función Normal	43
10	Cuadrado unitario de probabilidades para el análisis de SPI3 y T	49
11	Hipercubo unitario de probabilidades para el análisis de SPI3, T y SST1+2	50
12	Curva doble masa para las estaciones en análisis	52
13	Curva doble masa corregida para las estaciones en análisis	53
14	SPI3 estimado para las estaciones Aricota y Cairani,	55
15	SPI3 estimado para las estaciones Candarave, Curibaya, Palca y Susapaya,	56
16	SPI3 estimado para las estaciones Talabaya, Tarata y Toquela	57
17	Análisis de correlación cruzada entre variables. Estación Aricota	60
18	Análisis de regresión entre altitudes y coeficientes de correlación	64
19	Análisis de correlación cruzada. SPI3 y Temperatura superficial del mar (SST). Estación Aricota	65
20	Función de densidad conjunta (izquierda), cópula empírica (centro) y función de probabilidad acumulada (derecha) para cada una de las estaciones en análisis. SPI3 vs EMI	72
21	Función de densidad conjunta (izquierda), cópula empírica (centro) y función de probabilidad acumulada (derecha) para cada una de las estaciones en análisis. SPI3 vs T	75

22	Función de densidad conjunta (izquierda), cópula empírica (centro) y función de probabilidad acumulada (derecha) para cada una de las estaciones en análisis. SPI3 vs SST1+2	79
23	Zonas con similar comportamiento frente a la ocurrencia de sequías extremas en función de la temperatura del aire.	88

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1	100
REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUALES COMPLETAS (mm)	100
1-1 Precipitaciones mensuales de la estación Aricota	100
1-2 Precipitaciones mensuales de la estación Cairani	102
1-3 Precipitaciones mensuales de la estación Candarave	104
1-4 Precipitaciones mensuales de la estación Curibaya	106
1-5 Precipitaciones mensuales de la estación Palca	108
1-6 Precipitaciones mensuales de la estación Susapaya	110
1-7 Precipitaciones mensuales de la estación Talabaya	112
1-8 Precipitaciones mensuales de la estación Tarata	114
1-9 Precipitaciones mensuales de la estación Toquela	116
ANEXO 2	118
REGISTRO HISTÓRICO ÍNDICES ENSO	118
2-1 Índice El Niño Costero (ICEN)	118
2-2 Índice ENSO1+2	120
2-3 Índice ENSO34	122
2-4 Índice Oceánico El Niño (ONI)	124
2-5 Índice Trans-Niño (TNI)	126
2-6 Índice El Niño Modoki (EMI)	128
ANEXO 3	130
REGISTRO HISTÓRICO DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES	130
3-1 Temperaturas mensuales de la estación Aricota	130
3-2 Temperaturas mensuales de la estación Cairani	132
3-3 Temperaturas mensuales de la estación Candarave	134
3-4 Temperaturas mensuales de la estación Curibaya	136
3-5 Temperaturas mensuales de la estación Palca	138
3-6 Temperaturas mensuales de la estación Susapaya	140

3-7	Temperaturas mensuales de la estación Talabaya	142
3-8	Temperaturas mensuales de la estación Tarata	144
3-9	Temperaturas mensuales de la estación Toquela	146
ANEXO 4		148
REGISTRO HISTÓRICO DE TEMPERATURAS SUPERFICIALES DEL MAR		148
4-1	Temperaturas superficiales del mar -Zona 1+2	148
4-2	Temperaturas superficiales del mar -Zona 3	150
4-3	Temperaturas superficiales del mar -Zona 34	152
4-4	Temperaturas superficiales del mar -Zona 4	154
ANEXO 5		156
GRÁFICOS DE CORRELACIÓN CRUZADA - SPI3 vs INDICE ENSO		156
5-1	Correlación cruzada de la estación Aricota	156
5-2	Correlación cruzada de la estación Cairani	156
5-3	Correlación cruzada de la estación Candarave	157
5-4	Correlación cruzada de la estación Curibaya	157
5-5	Correlación cruzada de la estación Palca	158
5-6	Correlación cruzada de la estación Susapaya	158
5-7	Correlación cruzada de la estación Talabaya	159
5-8	Correlación cruzada de la estación Tarata	159
5-9	Correlación cruzada de la estación Toquela	160
ANEXO 6		161
GRÁFICOS DE CORRELACIÓN CRUZADA - SPI3 vs SST		161
6-1	Correlación cruzada de la estación Aricota	161
6-2	Correlación cruzada de la estación Cairani	161
6-3	Correlación cruzada de la estación Candarave	162
6-4	Correlación cruzada de la estación Curibaya	162
6-5	Correlación cruzada de la estación Palca	163
6-6	Correlación cruzada de la estación Susapaya	163
6-7	Correlación cruzada de la estación Talabaya	164
6-8	Correlación cruzada de la estación Tarata	164
6-9	Correlación cruzada de la estación Toquela	165

ANEXO 7	166
ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE SERIES DE TEMPERATURA DEL AIRE	166
7-1 Análisis de Frecuencias. Estación Aricota	166
7-2 Análisis de Frecuencias. Estación Cairani	167
7-3 Análisis de Frecuencias. Estación Candarave	168
7-4 Análisis de Frecuencias. Estación Curibaya	169
7-5 Análisis de Frecuencias. Estación Palca	170
7-6 Análisis de Frecuencias. Estación Susapaya	171
7-7 Análisis de Frecuencias. Estación Talabaya	172
7-8 Análisis de Frecuencias. Estación Tarata	173
7-9 Análisis de Frecuencias. Estación Toquela	174
ANEXO 8	175
ANÁLISIS DE FRECUENCIA DEL “ÍNDICE EL NIÑO MODOKI” (EMI)	175
ANEXO 9	176
ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR – ZONA 1+2 (SST 1+2)	176
ANEXO 10	177
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE SEQUÍAS	177
10-1 Probabilidad de ocurrencia de sequías ($SPI_3 < -2$) en función de temperatura del aire (T) y temperatura superficial del mar (SST1+2)	177
10-2 Probabilidad de ocurrencia de sequías ($SPI_3 < -1.5$) en función de temperatura del aire (T) y temperatura superficial del mar (SST1+2)	180
ANEXO 11	183
CÓDIGO EN LENGUAJE R PARA EL ANÁLISIS DE CÓPULAS BIVARIADAS	183

I. INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de eventos extremos está siempre asociada a la ocurrencia de desastres y afectación económica (INDECI 2006); sin embargo, es usual asociar el término como sinónimo de “inundaciones”, dejando de lado eventos tan importantes como las sequías.

Las sequías representan un fenómeno extremo que se presenta de forma casi “silenciosa” pero cuyos efectos incluyen pérdidas económicas millonarias (especialmente sobre la agricultura) y afectan el normal desarrollo de actividades socioeconómicas (Knutson 2008; Salvadori *et al.* 2005; Santos Pereira *et al.* 2002; Wilhite & Glantz 1985), pudiendo ocasionar oleadas masivas de migración, como las ocurridas en la primera mitad de la década de los ochenta del siglo XX en Perú (INEI 2009). Su estudio se centra mucho en el análisis de sus efectos, lo que conlleva al desarrollo de diferentes índices de severidad de sequías (Cancelliere & Salas 2004; Knutson 2008; Yevjevich 1967), destacando especialmente, el índice de severidad de Palmer - PDSI (Nkemdirim 2015) y, más recientemente, el índice de precipitación estandarizada - SPI (Mckee *et al.* 1993).

Debido a la alta complejidad de estos fenómenos, y con el fin de realizar pronósticos de su ocurrencia, en los últimos cincuenta años se ha desarrollado una tendencia muy marcada hacia el uso de modelos estocásticos. Los trabajos de Salas (Antonino Cancelliere & Salas 2004; Chung & Salas 2000; Tabios & Salas 1985), Cancellieri (Cancelliere *et al.* 2007; Serinaldi *et al.* 2009) sobre el análisis de la aplicación de técnicas como modelos AR, ARMA, Cadenas de Markov, entre otras, e incluyendo series no estacionarios, representan un intento por reproducir y pronosticar la ocurrencia del fenómeno. Más recientemente, la comunidad científica ha empezado a ensayar nuevos procedimientos, como el uso de funciones cópula para el estudio de sequías basados en el teorema de Sklar (Rüschendorf 2013). Los estudios realizados por (Dupuis 2007; Kole *et al.* 2007; Madadgar & Moradkhani 2013; Salvadori *et al.* 2005; Serinaldi *et al.* 2009; Shiau 2006), muestran que este método es eficiente para realizar análisis multivariados de frecuencias sobre diferentes descriptores de sequía.

El impulso por el desarrollo de nuevos métodos para el análisis de sequías cubre un vacío que actualmente se presenta en Perú en esta temática, ya que los estudios sobre sequías desarrollados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) se centran casi exclusivamente en monitorear y evaluar el índice de precipitación estandarizada a varias escalas con fines de pronóstico. El caso más crítico se encuentra en la Región Tacna, donde la escasez del agua es tan alta que el Gobierno Central ha declarado en diferentes oportunidades el estado de “estrés hídrico”.

Esta situación requiere reconocer los agentes que intervienen como detonantes y/o que caracterizan la cercanía de un evento extremo para poder proponer un plan de prevención y/o contingencia ante la ocurrencia de sequías. En este contexto, se propone evaluar la ocurrencia de sequías agrícolas en base a un análisis de probabilidad conjunta utilizando funciones tipo cópula en la cuenca alta de los ríos Locumba y Caplina.

Para este fin se evalúan variables meteorológicas y geomorfológicas como la precipitación acumulada mensual, temperatura media mensual, velocidad de viento, y algunos índices El Niño, y se contrastan con el índice SPI3, seleccionado como indicador de ocurrencia de sequías, con la finalidad de definir el nivel de influencia entre estas. Luego, se procede a estimar los parámetros de diferentes familias de funciones cópula seleccionando la que se ajuste mejor a los datos observados.

Ya que no existen experiencias previas en el país en la aplicación de esta técnica y es poca la investigación relacionada a la ocurrencia de sequías; el principal aporte de esta investigación es convertirse en referente para futuros trabajos relacionados, los cuales podrían usarse como insumo para modelos más complejos de predicción de sequía.

En el capítulo I se presentan los objetivos y la justificación de la investigación. En el capítulo II se resumen los antecedentes de investigación relevantes y relacionados con la presente investigación, a nivel nacional e internacional; asimismo, en este capítulo se presenta conceptos relacionados con las variables y métodos que forman parte del estudio, haciendo especial énfasis en la teoría de las funciones cópula. En el capítulo III se explica la metodología a seguir para la construcción del modelo probabilístico propuesto, desde el tratamiento inicial de los datos meteorológicos hasta el análisis de correlación para seleccionar variables dependientes y, finalmente, el procedimiento para encontrar las

funciones cópula y evaluar su bondad de ajuste. En el capítulo IV se presenta los resultados obtenidos, incluyendo las funciones cópula que muestran un mejor ajuste entre el SPI3 y las variables meteorológicas analizadas, así como el análisis e interpretación correspondiente a los resultados. En el capítulo V se presenta las conclusiones de la investigación. En el capítulo VI se incluyen recomendaciones propuestas para complementar o mejorar futuras investigaciones relacionadas. Finalmente, en el capítulo VII se presenta las diferentes fuentes y referencias bibliográficas utilizadas en el texto.

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 Objetivo general

Modelar la ocurrencia de sequías agrícolas en la región sur del Perú en base a funciones de distribución de probabilidades multivariadas, conocidas como funciones cópula.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analizar desde el punto de vista probabilístico las variables hidrometeorológicas que intervienen en la ocurrencia de sequías agrícolas en la región en estudio.
- Construir un modelo de cópula para estimar la probabilidad de ocurrencia de sequías agrícolas en la región sur del Perú.
- Calibrar y validar el modelo de cópulas desarrollado.

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Región Tacna es probablemente la más seca del país. Según el mapa climático de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), más del 80 por ciento corresponde a clima que van desde áridos a semiáridos y el 20 por ciento presenta lluvias en época húmeda que no permiten desarrollar caudales importantes en los ríos Locumba y Caplina, los principales ríos de la región.

La emisión del Decreto Supremo N°089-2016-PCM declarando una vez más el peligro inminente de estrés hídrico y la prohibición por parte de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en 2015 de nuevos usos de aguas superficiales y subsuperficiales para fines mineros, se puso en evidencia la escasez del recurso en toda la región, la cual es considerada como la cabecera del desierto de Atacama, el más seco del mundo. Esta situación de estrés afecta en

mayor o menor medida a los 346 mil habitantes que viven en Tacna (según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI), y se pronostica que este efecto negativo se incremente en los próximos años como consecuencia del cambio climático.

Si a lo mencionado se añade que las sequías son un fenómeno recurrente en esta región de economía principalmente agrícola, cualquier intento de manejo del recurso hídrico requerirá contar con un plan de control y/o mitigación de los efectos de sequías, y éste a su vez requerirá el conocimiento pleno de los procesos asociados que intervienen en su desencadenamiento.

Bajo ese escenario se justifica cualquier esfuerzo que se requiera para llevar a cabo una evaluación de la ocurrencia de sequías y reconocer las variables que intervienen en su ocurrencia. Estos son justamente los objetivos trazados para la presente investigación.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Serinaldi *et al.*(2009) aplicaron funciones cópulas para construir un modelo probabilístico de sequías, basado en la dependencia entre duración, SPI máximo, SPI mínimo, y área de afectación. Para ellos utilizaron el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) con una escala temporal de 6 meses, y en base a los eventos secos detectados, estimaron los cuatro descriptores mencionados. El análisis fue realizado en Sicilia, y los resultados del modelo arrojaron una buena correspondencia entre los períodos de retorno empíricos y teóricos conjuntos, validando el modelo para simular conjuntamente las características de sequía y estimar probabilidades de excedencia este tipo de eventos.

Azam *et al.*(2018) realizaron un análisis regional de sequías en Corea del Sur, diferenciando cuatro regiones homogéneas y estimando los principales estadísticos de sequías (duración, severidad e intensidad) en base al Índice de Precipitación Estandarizado (SPI). Los resultados indican que las distribuciones marginales Pearson III y Kappa, así como las cópulas de Gauss y Frank, se adaptan mejor para simular las variables de sequía en cada región.

Hangshing y Dabral (2018) realizaron un análisis multivariado de frecuencia de sequías meteorológica en Agartala (India) utilizando el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) a la escala de tiempo de 1, 3, 6 y 12 meses. En base a este índice se estimaron la duración, severidad y tiempo de espaciamento para cada escala de tiempo. Con estas variables se construyeron distribuciones conjuntas bivariadas y trivariadas usando cópulas Arquimediaas y metaelípticas. La mejor cópula se seleccionó con base en el criterio de información de Akaike (AIC) de valor mínimo y el criterio de información de Schwarz (SIC). Los resultados mostraron que las cópulas que mejor se ajustan a estos datos en un modelo bivariado o trivariado son la cópula de Clayton, Normal y Frank, resaltando la preponderancia de la cópula Normal para una escala temporal de 3 meses.

Vega (2018) estudió la influencia del ENSO en la ocurrencia de sequías en el Perú, encontrando que el peligro de sequías se incrementa en el sur de la vertiente del pacífico, en la vertiente del Titicaca y al sur y norte de la Vertiente del Amazonas bajo anomalías positivas del Índice Oceanográfico del Niño (ONI).

Cabrera y Mejía (2019) evaluaron la relación entre el ENSO y la ocurrencia de sequías agrícolas en el sur del Perú, desarrollando un modelo probabilístico bivariado usando copulas. Para este fin, se evaluó la correlación entre las anomalías de temperatura del agua superficial del océano en las zonas 1+2 (ENSO1+2) y 34 (ENSO34), índice costero El Niño (ICEN), respecto al índice de sequías SPI3 en dos zonas agrícolas de la región Tacna: Candarave y Cairani. En una primera evaluación, se encontró que el único índice que mostraba una correlación aceptable es el ENSO34 para la estación Cairani, mientras que para la región Candarave no se encontraron correlaciones aceptables; posteriormente se procedió a construir la cópula bivariada en conjunto con el índice SPI3. Los resultados mostraron que el modelo que mejor se ajusta a estas variables climáticas es la cópula Gumbel; sin embargo, teniendo en cuenta los resultados limitados, se recomienda incrementar el número de índices ENSO y la zona de estudio para mejorar el análisis. El artículo constituye el primer avance de la tesis doctoral que se presenta.

Cabrera *et al.* (2021) analizaron la posible relación entre el ENSO y la ocurrencia de sequías agrícolas en el sur del Perú, desarrollando un modelo probabilístico trivariado usando copulas. Para este fin, se evaluó la correlación entre las anomalías de temperatura del agua superficial del océano en las zonas 1+2 (ENSO1+2) y 34 (ENSO34), índice oceánico El Niño (ONI), índice costero El Niño (ICEN), índice El Niño Modoki (EMI), índice de evolución El Niño (TNI) respecto al índice de sequías SPI3 en tres zonas agrícolas de la región Tacna: Candarave, Cairani y Quilahuani. En una primera evaluación, se encontró que los índices que mostraban mejor correlación son el ENSO34 y EMI en las tres zonas en estudio, y se procedió a la construcción de la cópula trivariada en conjunto con el índice SPI3. Los resultados mostraron que el modelo que mejor se ajusta a estas variables climáticas es la cópula t-Student. El artículo constituye el segundo avance de la tesis doctoral que se presenta.

Cabrera y Mejia (2021) relacionaron la temperatura del aire y la ocurrencia de sequías agrícolas en el sur del Perú, desarrollando un modelo probabilístico usando copulas

bivariadas en la región Tacna. Para este fin, se analizaron correlaciones entre tres zonas agrícolas de la región Tacna: Candarave, Cairani y Quilahuani, encontrándose una correlación mayor a 0.3 en la estación con menor cota, correlación que se reduce al aumentar la altitud. El estudio mostró que las cópulas Normal y Frank son que presentan mejor ajuste para este tipo de variables climáticas, culminando con la estimación de probabilidades de ocurrencia de sequías extremas. El artículo constituye el tercer avance de la tesis doctoral que se presenta.

2.2. EVENTOS EXTREMOS

Se denomina eventos extremos a aquellos eventos de ocurrencia inusual cuyas características exceden ciertos valores considerados como normales. Dentro de este grupo pueden incluirse todos los eventos naturales conocidos, como terremotos, huracanes, inundaciones sequías, principalmente (Salvadori *et al.* 2005). Cada uno de ellos es consecuencia de la combinación de diferentes condiciones de diferentes variables como, por ejemplo, la temperatura, la presión atmosférica, la velocidad del viento y las precipitaciones en el caso de las sequías. El número de variables involucradas y su variabilidad definen una alta complejidad que es difícil de reproducir y que finalmente conducen a simplificaciones del problema y a un incremento de la incertidumbre en el estudio y análisis de este tipo de eventos.

Dentro del ámbito de la Hidrología, se consideran como eventos extremos aquellos eventos relacionados con el fuerte incremento y la fuerte disminución del recurso hídrico; es decir, las inundaciones y las sequías (Chow *et al.* 1994). Otros eventos relacionados, como El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y las heladas, escapan al ámbito de la hidrología y su estudio y análisis es usualmente asignado a la meteorología y/o la climatología.

La ocurrencia de eventos extremos puede generar grandes pérdidas económicas y humanas si no se toman las medidas de prevención adecuadas, evidenciando la necesidad de desarrollar estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (INDECI 2006). Dentro de las medidas de prevención resalta los sistemas de alerta temprana, que buscan predecir la ocurrencia de un evento en base a los registros de otras variables relacionadas.

2.3. SEQUÍAS

Las sequías pueden considerarse como desviaciones climáticas respecto a condiciones consideradas normales de una región (Knutson 2008). Esta condición de humedad insuficiente es causada por un déficit en la precipitación o un retraso en su inicio sobre un cierto período de tiempo.

Yevjevich define sequía como “una secuencia de consecutivos intervalos donde la variable abastecimiento de agua se mantiene por debajo de una demanda de agua límite, precedida y sucedida por valores por sobre dicho límite” (Yevjevich 1967). Esta definición permite caracterizar estos eventos usando estadísticas simples, como la magnitud, intensidad y duración, las cuales se discutirán más adelante.

2.3.1. Clases de sequía

Las sequías pueden presentarse en zonas de alta o de baja precipitación (Wilhite 2005; Wilhite & Glantz 1985). Dependiendo de la duración temporal sus efectos pueden afectar en mayor o menor medida diferentes componentes del ciclo hidrológico, la disponibilidad hídrica y las condiciones y actividades asociadas del entorno. Dependiendo de estos efectos, éstas pueden clasificarse en:

a. Sequía Meteorológica

Se presenta cuando las precipitaciones caen por debajo de valores considerados normales. Esta definición no implica la no ocurrencia de precipitaciones sino solamente una reducción en sus valores por debajo de lo considerado normal.

b. Sequía Agrícola

Se define en base a la disponibilidad hídrica en el suelo necesaria para el crecimiento de los cultivos; es decir, se dice que ocurre sequía agrícola si la humedad del suelo se reduce por debajo de lo normal y afecta el normal crecimiento de las plantas. La disponibilidad hídrica hace alusión a todos los componentes del ciclo hidrológico: escorrentía, infiltración, precipitación, humedad de suelo, evapotranspiración, etc. Sobre la base de esta definición se definen algunos índices de ocurrencia de sequías, como el Índice de Severidad de Palmer (Nkemdirim 2015).

c. Sequía Hidrológica

Si el déficit hídrico continúa por un tiempo prolongado, el almacenamiento subterráneo y los flujos subterráneos se verán afectados, afectando todo el ciclo hidrológico. Se dice entonces que se presenta una sequía hidrológica (Wilhite 2005).

d. Sequía Socioeconómica y Política

Se define cuando el período de déficit se extiende hasta afectar la oferta y la demanda de un bien económico afectado por la ocurrencia de la sequía meteorológica, hidrológica y agrícola.

En la Figura 1 se resume las características de cada uno de los tipos de sequía mencionados.

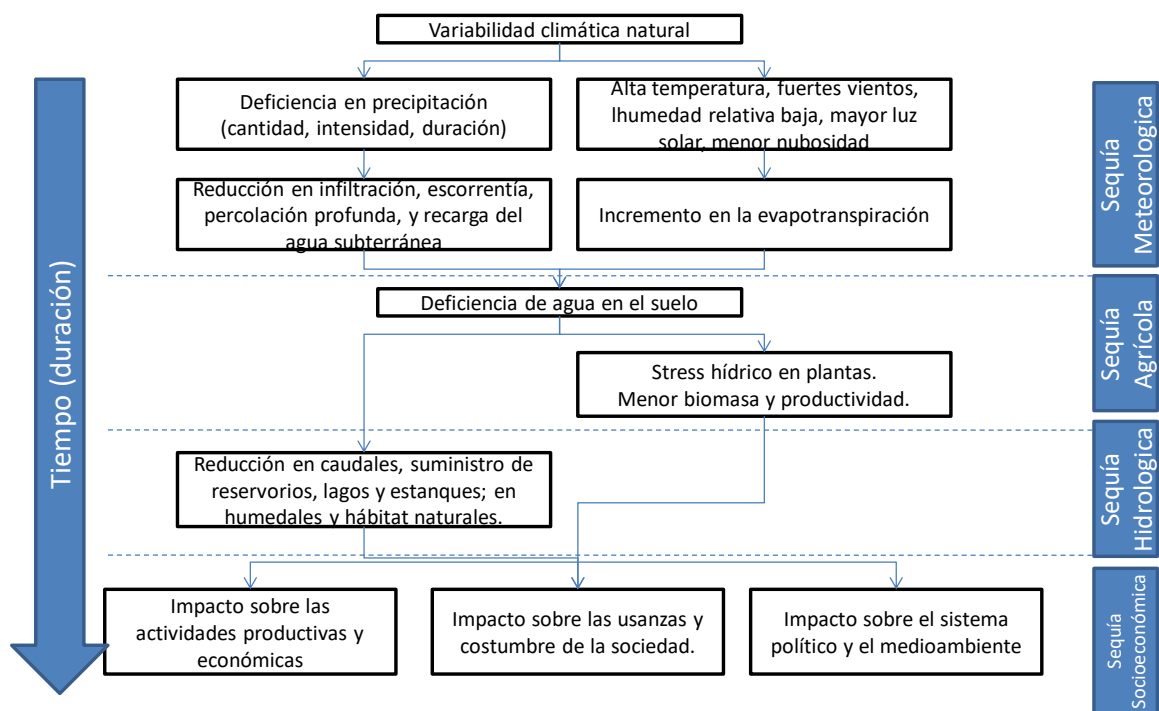


Figura 1: Clases de sequía según su duración temporal

Fuente: Elaborado por el autor, en base a Knutson (2008).

2.3.2. Estadísticas de sequía

Con el fin de caracterizar una sequía, es necesario definir descriptores o estadísticos que permitan realizar comparaciones entre eventos. Los principales descriptores de sequía son a tres: magnitud, longitud e intensidad (Maidment 1993).

a. Magnitud (M):

Es el déficit de precipitación acumulado de los meses que definen el evento de sequía o período seco. En la Figura 2, la línea punteada representa los niveles normales de precipitación (d) y las áreas sombreadas representan los eventos de sequía (conformados por uno o más meses consecutivos de déficit hídrico), observándose un total de seis (6) eventos de sequía. El déficit hídrico mensual es la columna faltante necesaria para que la precipitación de un mes alcance el nivel normal de precipitación; y, la magnitud de la sequía es la suma de los déficits correspondientes a los meses que configuran un evento de sequía.

b. Longitud o duración (L):

La longitud de una sequía es el número de meses consecutivos con precipitaciones por debajo del nivel considerado normal. En la Figura 2, la duración de los seis eventos de sequía mostrados son 2, 1, 1, 4, 5, y 6 meses respectivamente.

c. Intensidad (I):

Es la relación entre la magnitud y duración. Representa el déficit promedio para cada mes o período de tiempo componente del evento sequía. Matemáticamente puede expresarse como:

$$I_i = \frac{M_i}{L_i} \quad (1)$$

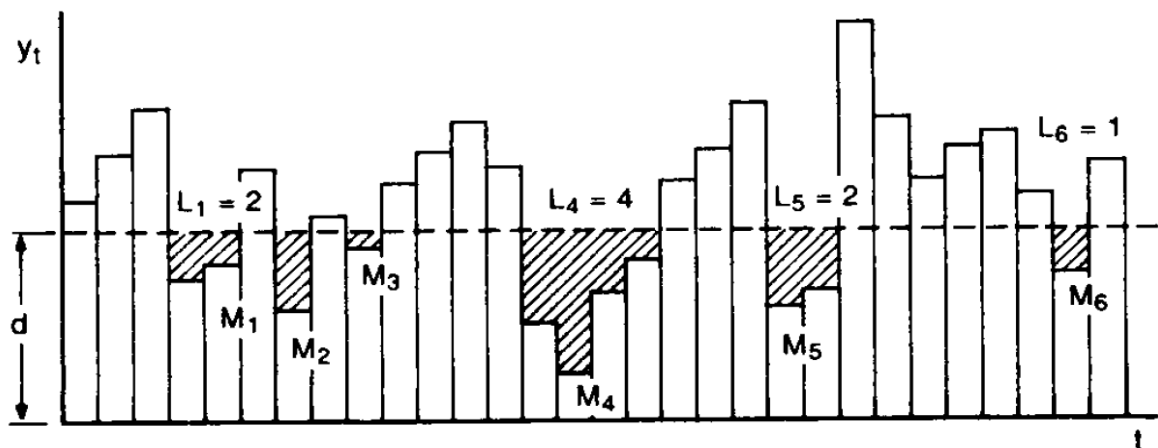


Figura 2: Estadísticas de sequía

Fuente: Maidment (1993)

Otros descriptores importantes de sequía a considerar son:

d. Frecuencia:

Es el número de eventos ocurridos en un período de tiempo definido.

e. Velocidad de Establecimiento:

Es el período de tiempo entre el inicio y el máximo déficit de una sequía.

f. Tiempo de espaciamiento:

Es el tiempo medio entre el inicio de dos eventos de sequía.

2.3.3. Evaluación de sequías

Evaluar una sequía implica definir su ocurrencia en base a condiciones consideradas “normales” y a sus efectos sobre precipitación, disponibilidad hídrica, agricultura, actividades socio-económicas, etc. Estos efectos son evaluados usualmente usando índices de sequía, definidos en base a los componentes del ciclo hidrológico. Para la evaluación de sequías agrícolas, se recomienda el uso de índices basados en la precipitación acumulada mensual (Cancelliere *et al.* 2007b), como el Índice de Severidad de Palmer (PDSI) o el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI).

a. Índice de Severidad de Palmer (PDSI):

Es un algoritmo de la humedad del suelo para áreas relativamente homogéneas, basado en la precipitación, temperatura y volumen de agua disponible localmente. Se calcula utilizando la siguiente fórmula recursiva:

$$PDSI_i = 0.897PDSI_{i-1} + \frac{Z_i}{3} \quad (2)$$

con $i = 12(y-1)+j$; $j = 1, \dots, 12$; $y = 1, \dots, n$

donde:

$$Z_i = (P_i - \hat{P}_i)K_j \quad (3)$$

donde:

Z_i es la diferencia entre la precipitación actual P_i y la precipitación requerida para mantener el suministro promedio sobre el área;

K_j es el factor de estandarización mensual; y

\hat{P}_i es la suma ponderada de la evapotranspiración potencial (PE_i), la recarga potencial de la humedad de suelo (PR_i), la escorrentía potencial (PRO_i) y la pérdida potencial de humedad de suelo (PL_i):

$$\hat{P}_i = \alpha_j PE_i + \beta_j PR_i + \gamma_j PRO_i - \delta_j PL_i \quad (4)$$

Los factores de ponderación son función de los valores medios mensuales de los términos del balance de agua en el suelo durante el período de calibración

El índice utiliza un modelo de balance hídrico mensual con dos capas de suelo y expresa las condiciones de humedad en forma estandarizada con una escala que va aproximadamente de -6 a 6 (Santos Pereira *et al.* 2009) como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Categorías de sequía según el Índice de Palmer

Índice Palmer	Categoría
0.49 a -0.49	Condiciones casi normales
-0.50 a -0.99	Sequía incipiente
-1.00 a -1.99	Sequía leve
-2.00 a -2.99	Sequía moderada
-3.00 a -3.99	Sequía severa
-4.00 o menos	Sequía extrema

Fuente: Santos Pereira *et al.* (2009)

El alto requerimiento de información, muchas veces no disponible, ha reducido el uso del Índice de Palmer en favor de otros mucho más simples, como el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI).

b. Índice de Precipitación Estandarizada (SPI):

Con el fin de simplificar y facilitar la evaluación y ocurrencia de sequías, McKee propone un nuevo índice definido sobre la base de una precipitación normalizada o estandarizada, definida como una variable normal estándar (Mckee *et al.* 1993).

Operativamente, el SPI queda definido como:

$$SPI = \frac{y-\mu}{\sigma} \quad (5)$$

donde,

y es la precipitación acumulada mensual correspondiente a una escala temporal predefinida;

μ es la media de la variable precipitación acumulada mensual; y

σ es la desviación estándar de la variable precipitación acumulada mensual.

Las escalas temporales consideradas para acumular precipitaciones pueden ser mensual, trimensual, semestral, anual o bianual, definiendo de esta manera los llamados SPI1, SPI3, SPI6, SPI12 y SPI24. Las escalas temporales cortas, de un mes o tres meses, reflejan mejor las variaciones en la humedad de suelo, mientras que las escalas temporales largas reflejan mejor los cambios ocurridos en almacenamientos subterráneos y en el ciclo hidrológico en general. Para el caso de la sequía agrícola se asocia su ocurrencia al índice SPI3.

En forma similar al PDSI, las categorías de sequía definidas en base al SPI son cuatro, leve, moderada, severa y extrema, y se resumen en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Categorías de sequía según el SPI

SPI	Categoría
0.00 a -0.99	Sequía leve
-1.00 a -1.49	Sequía moderada
-1.50 a -1.99	Sequía severa
-2.00 o menos	Sequía extrema

Fuente: Mckee *et al.* (1993)

Ya que el SPI es una variable normal estándar, y teniendo en cuenta que las características de esta función de probabilidad son bien conocidas, se puede estimar la probabilidad de ocurrencia para diferentes valores del SPI. El Cuadro 3 resume las probabilidades de ocurrencia correspondientes a cada categoría de sequía.

En la práctica, la precipitación no suele ajustarse a una distribución normal sino a una distribución gamma, haciendo necesario el uso de transformaciones basadas en equiprobabilidades (Cancelliere *et al.* 2007). Estas transformaciones convierten los valores

de la función de distribución acumulada gamma, más usual de encontrar, en sus correspondientes de la distribución normal (Abramowitz *et al.* 1988).

Cuadro 3: Probabilidad de ocurrencia de sequías por categoría

SPI	Probabilidad (porcentaje)
0.00 a -0.99	34.1
-1.00 a -1.49	9.2
-1.50 a -1.99	4.4
-2.00 o menos	2.3

Fuente: Mckee *et al.* (1993)

2.4. EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR (ENSO)

El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) es un fenómeno natural caracterizado por la fluctuación de las temperaturas del océano en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial, asociada a cambios en la atmósfera y cuyos efectos se manifiestan como cambios en el clima alrededor del planeta (Organización Meteorológica Mundial 2014). Estas fluctuaciones pueden ser positivas (incremento de temperatura superficial del mar), o negativas (reducción de la temperatura), definiendo de esta forma dos fases dentro de un mismo fenómeno: la fase cálida, conocida como “El Niño”, y la fase fría, conocida como “La Niña”. En la Figura 3 muestra los cambios en la temperatura superficial del mar durante ambas fases del ENSO. Los efectos de este fenómeno natural se sienten con mayor fuerza en la zona norte de Perú, pero, al producir cambios globales también se manifiesta en otros lugares del continente (y del planeta) con diferentes magnitudes y efectos.

Las fluctuaciones de la temperatura del mar no se producen en forma uniforme ni presentan la misma magnitud en cada evento. Sin embargo, diversos estudios han determinado cuatro zonas bien definidas donde la presencia de estas fluctuaciones se asocia con la ocurrencia de diferentes eventos, húmedos o secos, que se presentan especialmente en la región de la costa oeste del continente americano (Sarachik & Cane 2010).

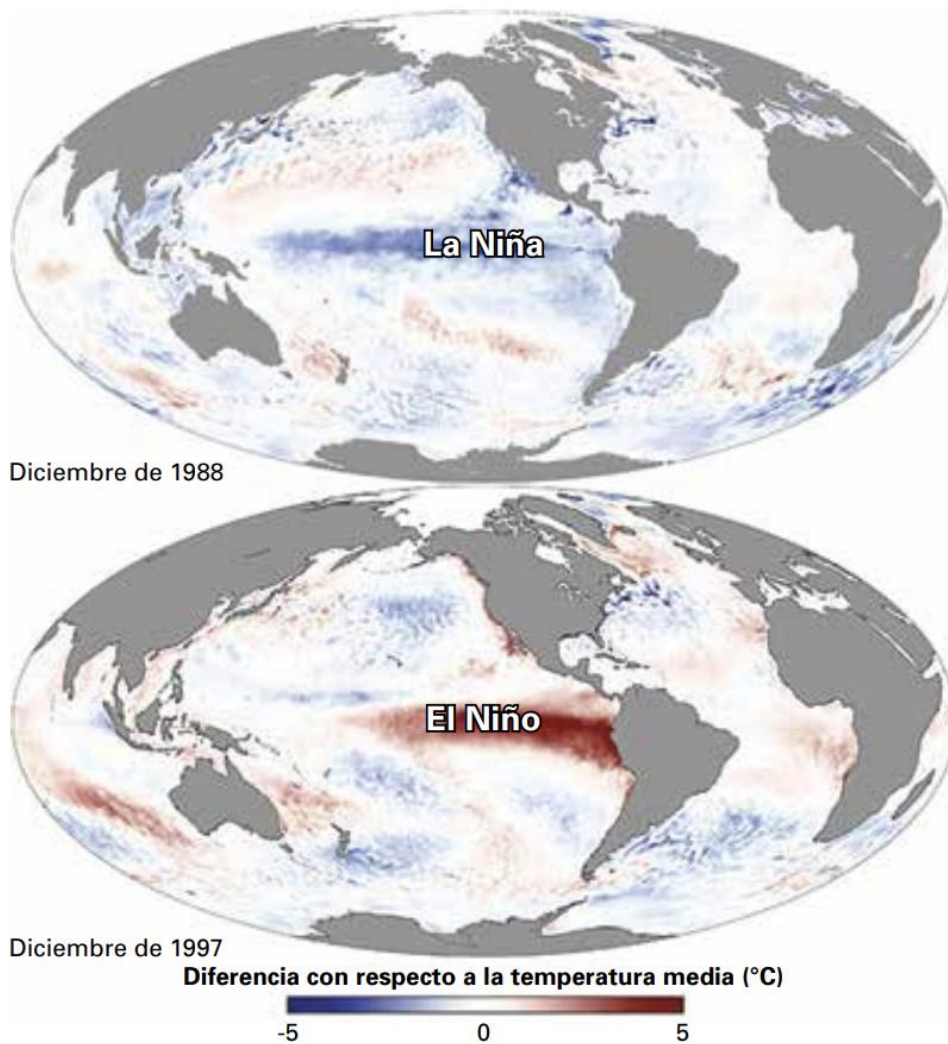


Figura 3: Fases fría y cálida del ENSO

Fuente: Organización Meteorológica Mundial (2014)

2.4.1. Regiones El NIÑO

a. Regiones oceánicas

Las fluctuaciones en estas zonas, ocasionan los eventos El Niño o La Niña propiamente dichos, también llamados canónicos o globales (Sarachik & Cane 2010). Se distinguen las siguientes regiones:

- Niño 4: Se sitúa en la Polinesia, y queda delimitada por los meridianos 150°O a 160°E y los paralelos 5°N a 5°S.
- Niño 3: Está delimitada por los meridianos 90°O - 150°O y los paralelos 5°N - 5°S, ubicada en una región deshabitada del Pacífico ecuatorial centro-oriental.
- Niño 3.4: Delimitada por los meridianos 120°O - 170°O y los paralelos 5°N - 5°S. Está conformada por parte de Niño 3 y Niño 4, de donde toma su nombre.

b. Regiones costeras

Ubicadas en la cercanía de la costa sudamericana. Las fluctuaciones ocurridas en esta zona definen la presencia del llamado “Niño costero” o “Niña costera”. Se distinguen las siguientes regiones:

- Niño 2: Ubicada en el Pacífico ecuatorial oriental costero: Está delimitada por los meridianos 80°O - 90°O y los paralelos 0° - 5°S.
- Niño 1: En el mar frente a las costas de Perú y delimitada por los meridianos 80°O - 90°O y 5°S - 10°S.
- Niño 1+2: Está conformada por las regiones Niño 1 y Niño 2.

La Figura 4 muestra las regiones ENSO antes descritas.

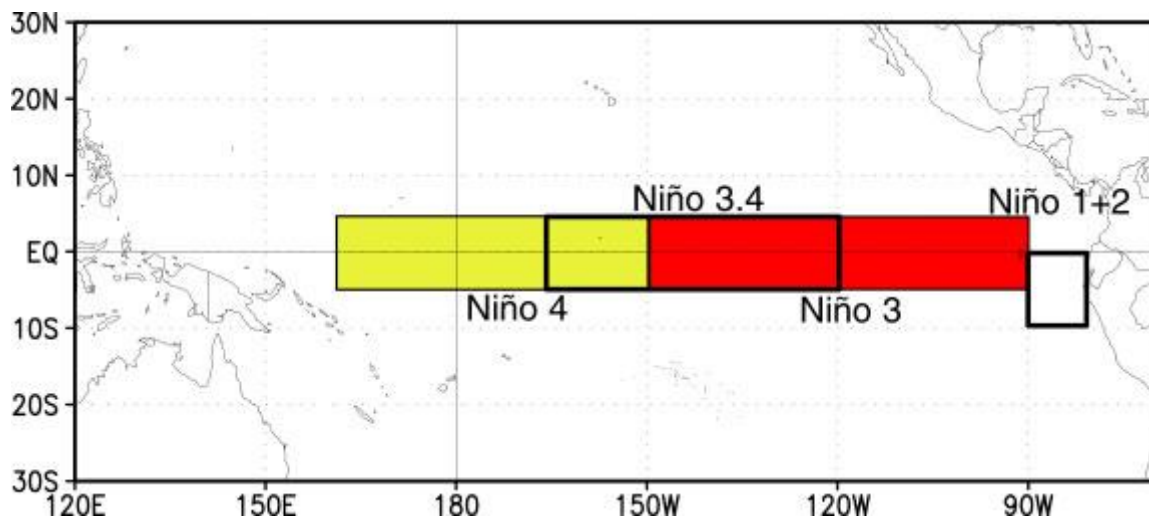


Figura 4: Regiones El Niño

Fuente: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/nino_regions.html

2.4.2. Índices El NIÑO

a. Índice ENSO 1+2

El índice de anomalía de temperaturas superficiales del mar (SSTA) Niño 1+2 es un indicador de las condiciones de El Niño en la región del Pacífico tropical oriental, frente a las costas de Perú y Chile. La anomalía se calcula en referencia al promedio de la temperatura superficial del mar en la zona ENSO 1+2 para el período base de treinta años correspondiente a 1991-2020. El período base suele tomarse como las últimas tres décadas completas antes del año de evaluación; por ejemplo, para evaluar las anomalías del año 2022, se usa el período base 1991-2020, sin que esta sea una regla absoluta pues algunas bases de datos

(como HadSST4, del Met Office Hadley Centre, en Inglaterra) usan períodos base arbitrarios para la evaluación de anomalías (HadSST4 utiliza 1961-1990 como periodo base) (<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>).

b. Índice ENSO 3.4

El índice de anomalía de temperaturas superficiales del mar (SSTA) Niño3.4 es un indicador de las condiciones de El Niño en la región del Pacífico central. La anomalía se calcula en referencia al promedio de la temperatura superficial del mar en la zona ENSO 3.4 para el período base 1991-2020 (<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>).

c. Índice oceánico El Niño (ONI)

El Índice Oceánico El Niño (ONI), es el índice standard que usa la NOAA para identificar los fenómenos de calentamiento (El Niño) y enfriamiento (La Niña) en el Pacífico tropical. Se define como el promedio de la anomalía de tres meses consecutivos de la temperatura de la superficie del mar (TSM) en el sector 3.4, que es el comprendido entre los paralelos 5°N y 5°S y los meridianos 120°O y 170°O.

Un evento cálido se produce cuando durante 5 meses consecutivos la temperatura superficial del mar (TSM) presenta una anomalía mayor o igual que +0.5 °; se dice entonces que se está frente a un evento llamado “El Niño”. Si la TSM presenta una anomalía menor o igual que -0.5° durante 5 meses consecutivos, se trata de un evento frío llamado La Niña. En base a los valores alcanzados por el índice, se establecen las categorías descritas en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Categorías del Índice Oceánico El Niño (ONI)

Categorías	ONI 3.4
Niño fuerte	Mayor que 1.4
Niño moderado	1,0 < ONI < 1,4
Niño débil	0,5 < ONI < 0,9
Neutro	-0,5 < ONI < 0,4
Niña débil	-1,0 < ONI < -0,6
Niña moderada	-1,4 < ONI < -1,1
Niña fuerte	Menor que -1.4

Fuente: Elaboración propia, en base a información de www.noaa.gov

La categoría de un evento Niño/Niña es definida por la mayor alcanzada durante tres meses consecutivos durante la ocurrencia del evento. Esta definición y las categorías serán asumidas para el análisis de los índices ENSO1+2, ENSO 34, EMI Y TNI.

El Cuadro 5 resume los eventos El Niño y La Niña registrados en base a este índice para el período 1951-2022. Como se observa, solamente se ha registrado un total de 04 eventos El Niño Fuertes y 06 La Niña Fuertes. El limitado número de eventos fuertes registrados sugiere que no se podrá llegar a conclusiones importantes respecto a esta categoría de eventos y que es preferible analizar la serie histórica completa del índice.

Cuadro 5: Ocurrencia de El Niño/La Niña según el Índice oceánico El Niño (ONI). Período 1951-2022

Evento	Año inicial	Mes inicial	Año final	Mes final	Duración	Magnitud
El Niño	1951	6	1952	1	8	Moderado
	1953	2	1954	2	13	Débil
	1957	4	1958	7	16	Fuerte
	1958	11	1959	3	5	Débil
	1963	6	1964	2	9	Moderado
	1965	5	1966	4	12	Fuerte
	1968	10	1969	5	8	Moderado
	1969	8	1970	1	6	Débil
	1972	5	1973	3	11	Fuerte
	1976	9	1977	2	6	Débil
	1977	9	1978	1	5	Débil
	1979	10	1980	2	5	Débil
	1982	4	1983	6	15	Fuerte
	1986	9	1988	2	18	Moderado
	1991	5	1992	6	14	Fuerte
	1994	9	1995	3	7	Moderado
	1997	5	1998	5	13	Fuerte
	2002	6	2003	2	9	Moderado
	2004	7	2005	2	8	Débil
	2006	9	2007	1	5	Débil
2009	7	2010	3	9	Moderado	
2014	10	2016	4	19	Débil	
2018	9	2019	6	10	Débil	
La Niña	1954	5	1956	9	29	Débil
	1964	5	1965	1	9	Débil
	1970	7	1972	1	19	Moderado
	1973	5	1974	7	15	Fuerte
	1974	10	1976	4	19	Fuerte

Cuadro 5: Ocurrencia de El Niño/La Niña según el Índice oceánico El Niño (ONI). Período 1951-2022 (continuación)

Evento	Año inicial	Mes inicial	Año final	Mes final	Duración	Magnitud
La Niña	1983	9	1984	1	5	Débil
	1984	10	1985	8	11	Débil
	1988	5	1989	5	13	Fuerte
	1995	8	1996	3	8	Moderado
	1998	7	2001	2	32	Fuerte
	2005	11	2006	3	5	Débil
	2007	6	2008	6	13	Fuerte
	2008	11	2009	3	5	Débil
	2010	6	2011	5	12	Fuerte
	2011	7	2012	4	10	Moderado
	2016	8	2016	12	5	Débil
	2017	10	2018	4	7	Débil
	2020	8	2021	5	10	Moderado
2021	8	2023	1	18	Moderado	

Fuente: Elaboración propia, en base a información de www.noaa.gov

d. Índice costero El Niño (ICEN)

Es un índice propuesto por el ENFEN (Estudio Nacional para el Fenómeno El Niño); se basa en la temperatura superficial del mar para la zona 1+2. La definición formal establece que es “la media cabalgante de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2. Estas anomalías se calculan usando los datos climatológicos mensuales calculados para el periodo base 1981-2010 (30 años). 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” (ENFEN, 2012).

Cuadro 6: Categorías del índice ICEN

Categorías	ICEN
Fría fuerte	Menor que -1.4
Fría moderada	Mayor o igual que -1.4 y menor que -1.2
Fría débil	Mayor o igual que -1.2 y menor que -1.0
Neutras	Mayor o igual que -1.0 y menor o igual que 0.4
Cálida débil	Mayor que 0.4 y menor o igual que 1.0
Cálida moderada	Mayor que 1.0 y menor o igual que 1.7
Cálida fuerte	Mayor que 1.7 y menor o igual que 3.0
Cálida extraordinaria	Mayor que 3.0

Fuente: ENFEN (2012).

La magnitud de un evento Niño/Niña es la mayor alcanzada o excedida por al menos tres (3) meses durante la ocurrencia del evento. Las categorías definidas para el índice ICEN se presentan en el Cuadro 6.

El Cuadro 7 resume los eventos El Niño y La Niña registrados en base al ICEN para el período 1951-2022. A diferencia de los eventos registrados con el ONI, ICEN registra un total de 09 eventos La Niña fuertes; sin embargo solamente registra 02 eventos El Niño fuertes y 02 eventos extraordinarios. El limitado número de eventos fuertes y/o extraordinarios confirma la necesidad de no realizar un análisis por evento sino que es preferible analizar la serie histórica completa del índice.

Cuadro 7: Ocurrencia de El Niño/La Niña según el Índice Costero El Niño (ICEN). Período 1951-2022

Evento	Año inicial	Mes inicial	Año final	Mes final	Duración	Magnitud
El Niño	1951	5	1951	11	7	Moderado
	1953	3	1953	6	4	Débil
	1957	3	1957	12	10	Fuerte
	1965	3	1965	9	7	Moderado
	1969	4	1969	7	4	Débil
	1972	3	1973	1	11	Moderado
	1976	5	1976	11	7	Moderado
	1982	7	1983	11	17	Extraordinario
	1986	12	1987	12	13	Moderado
	1991	7	1992	6	12	Moderado
	1993	3	1993	9	7	Moderado
	1994	11	1995	1	3	Débil
	1997	3	1998	9	19	Extraordinario
	2002	3	2002	5	3	Débil
	2002	10	2002	12	3	Débil
	2006	8	2007	1	6	Débil
	2008	3	2008	9	7	Débil
	2009	5	2009	9	5	Débil
	2012	3	2012	7	5	Débil
	2014	5	2014	11	7	Débil
2015	4	2016	7	16	Fuerte	
2016	12	2017	5	6	Moderado	
2018	11	2019	3	5	Débil	

Cuadro 7: Ocurrencia de El Niño/La Niña según el Índice Costero El Niño (ICEN). Período 1951-2022 (continuación)

Evento	Año inicial	Mes inicial	Año final	Mes final	Duración	Magnitud
La Niña	1950	2	1950	12	11	Fuerte
	1952	6	1952	9	4	Débil
	1954	1	1956	2	26	Fuerte
	1956	10	1956	12	3	Débil
	1960	5	1960	7	3	Débil
	1961	6	1961	9	4	Débil
	1962	2	1962	7	6	Fuerte
	1964	2	1964	12	11	Fuerte
	1966	3	1966	8	6	Fuerte
	1967	7	1968	6	12	Fuerte
	1970	4	1971	11	20	Fuerte
	1973	5	1974	2	10	Moderado
	1974	11	1975	1	3	Moderado
	1975	6	1976	1	8	Fuerte
	1978	6	1978	9	4	Débil
	1985	3	1985	9	7	Moderado
	1988	5	1988	11	7	Moderado
	1996	4	1996	7	4	Moderado
	2001	9	2001	11	3	Débil
	2007	4	2007	12	9	Moderado
	2010	8	2010	11	4	Moderado
	2013	4	2013	8	5	Fuerte
	2017	11	2018	3	5	Débil
2021	11	2022	7	9	Débil	
2022	9	2022	11	3	Débil	

Fuente: Elaboración propia, en base a <http://met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>

e. Índice Trans-Niño (TNI)

El índice Trans-Niño (TNI) se define como la diferencia entre las anomalías normalizadas de la temperatura superficial del mar promediadas en las regiones Niño1+2 y Niño 4 (Trenberth & Stepaniak 2001); es decir, representa el gradiente en las anomalías de la TSM entre el Pacífico ecuatorial central (zona 4) y oriental (zona 1+2). (<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>). Si la gradiente es muy grande, indica la ocurrencia de un calentamiento (o enfriamiento) en el Pacífico central, evento que suele denominarse “El Niño Modoki”.

f. Índice El Niño Modoki (EMI)

En años recientes, se ha identificado un fenómeno similar a ENSO canónico, asociado con fluctuaciones de temperatura superficial del mar pero que alcanza sus mayores valores en la zona central del Pacífico tropical. Este tipo de eventos se ha denominado “El Niño Modoki” (Ashok *et al.* 2007). Para evaluar su ocurrencia, se ha definido el Índice El Niño Modoki (EMI, por sus siglas en inglés):

$$\text{EMI} = [\text{SSTA}]_A - 0.5 * [\text{SSTA}]_B - 0.5 * [\text{SSTA}]_C \quad (6)$$

donde:

$[\text{SSTA}]_A$ es la anomalía promedio de la temperatura superficial del mar en la región A (165°E – 140°W , 10°S – 10°N), para el período de referencia 1991-2020;

$[\text{SSTA}]_B$ es la anomalía promedio de la temperatura superficial del mar en la región B (110°W – 70°W , 15°S – 5°N), para el período de referencia 1991-2020;

$[\text{SSTA}]_C$ es la anomalía promedio de la temperatura superficial del mar en la región C (125°E – 145°E , 10°S – 20°N), para el período de referencia 1991-2020.

La Figura 5 ilustra la ubicación de las zonas A, B y C mencionadas.

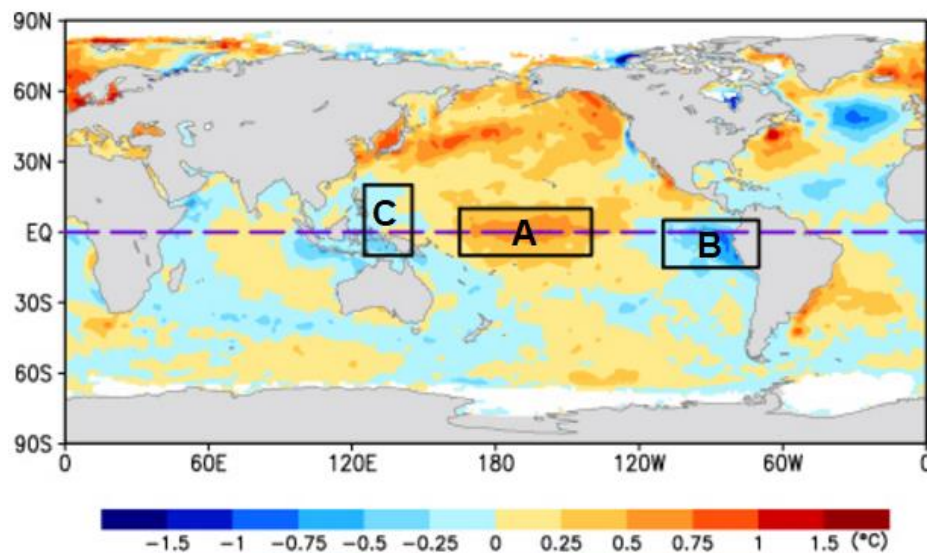


Figura 5: Regiones de evaluación para El Niño Modoki

Fuente: http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/enmodoki_home_s.html.en

2.5. CÓPULAS

Una cópula es una función que une o acopla funciones de distribución multivariante a sus funciones de distribución marginal unidimensionales (Rayens & Nelsen 2000). El concepto

fue introducido por Sklar (Rüschendorf 2013), quien propuso que toda función de distribución n-dimensional F puede descomponerse en dos partes, una función de distribución marginal F_i y una cópula C , que representa la dependencia de la distribución.

2.5.1. Definición

Ya que una función de probabilidad acumulada F está definida sobre un conjunto $I=(0, 1)$; se puede definir una cópula bidimensional como una función bivariada C definida de $I \times I \rightarrow I$ que cumple las siguientes condiciones (Rayens & Nelsen, 2000):

- Condición de márgenes uniformes:

Para todo (u,v) en I

$$C(u,0) = C(0,v) = 0$$

$$C(u,1) = u$$

$$C(1,v) = v \quad (7)$$

- Condición bi-creciente:

Para todo u_1, u_2, v_1, v_2 en I , tal que $u_1 \leq u_2$ y $v_1 \leq v_2$,

$$C(u_2, v_2) - C(u_2, v_1) - C(u_1, v_2) + C(u_1, v_1) \geq 0 \quad (8)$$

Esta definición puede generalizarse para definir cópulas n-dimensionales definidas de $I^n \rightarrow I$.

2.5.2. Teorema de Sklar

Sklar (1959), citado por (Salvadori *et al.* 2005) estableció la relación entre una función de densidad acumulada conjunta F_{XY} y una cópula mediante el llamado Teorema de Sklar. Este teorema propone que, para una función de distribución acumulada conjunta F_{XY} con distribuciones marginales F_X y F_Y , existe una cópula bidimensional C tal que:

$$F_{XY}(x, y) = C(F_X(x), F_Y(y)) \quad (9)$$

El teorema puede generalizarse para cópulas n-dimensionales, sin modificar la definición, como:

$$F_X(x_1, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) \quad (10)$$

Sklar también demostró que, si las distribuciones marginales son continuas, la cópula es única.

2.5.3. Clases y familias de cópulas

Hofert *et al.* (2018) clasifican a las familias de cópulas en tres grandes grupos: cópulas elípticas, cópulas de Arquímedes (o Arquimedeanas), y cópulas de valores extremos. A continuación, se describe cada uno de ellos.

a. Cópulas elípticas:

Se denomina cópulas elípticas a aquellas que están asociadas a distribuciones de probabilidad que generalizan la distribución normal multivariada (llamadas usualmente “distribuciones elípticas”) mediante el Teorema de Sklar (Jaramillo-Elorza & Lozano, n.d.).

Las cópulas elípticas tienen la siguiente forma:

$$C(u_1, u_2, \dots, u_d) = F(F_1^{-1}(u_1), F_2^{-1}(u_2), \dots, F_d^{-1}(u_d)) \quad (11)$$

donde F es una función de distribución acumulada (F.D.A.) de una distribución elíptica multivariada y F_i es la F.D.A. de la i -ésima distribución marginal, y F_i^{-1} su respectiva función inversa.

Algunas de las cópulas elípticas más utilizadas se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Definición de las cópulas elípticas bivariadas más conocidas

Copula	Cópulas bivariadas $C_\theta(u, v)$	Parámetro θ
Normal	$\int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(u)} \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(v)} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-r^2}} \exp\left(-\frac{u^2 - 2r uv + v^2}{2(1-r^2)}\right) du dv$	Φ^{-1} es la inversa de la Distribución Normal univariada
T Student	$\int_{-\infty}^{t_\theta^{-1}(u)} \int_{-\infty}^{t_\theta^{-1}(v)} \frac{1}{2\pi\sqrt{(1-r^2)}} \left\{1 + \frac{x^2 - 2rxy + y^2}{\theta(1-r^2)}\right\}^{-\frac{\theta+2}{2}} dx dy$	$\theta > 2; r \in (0, 1)$

Fuente: Rayens y Nelsen (2000)

b. Cópulas Arquimedeanas:

Las cópulas arquimedeanas tienen la siguiente forma:

$$C(\mathbf{u}) = \psi(\psi^{-1}(u_1) + \dots + \psi^{-1}(u_d)) \quad (12)$$

para $u_i \in (0, 1)$; donde $u_i = F_i(x_i)$ es la probabilidad acumulada, y ψ es llamada “función generadora”.

Toda cópula arquimediana C cumple las siguientes propiedades:

- C es simétrica; es decir, $C(u,v) = C(v,u)$ para todo u,v en I ;
 - C es asociativa, es decir, $C(C(u,v),w) = C(u,C(v,w))$ para todo u,v,w en I ;
 - Si $c > 0$ es cualquier constante, entonces $c\psi$ también es función generadora de C .
- Algunas de las cópulas arquimedias más utilizadas se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Definición de cópulas Arquimedias bivariadas más conocidas

Copula	Cópulas bivariadas $C_\theta(u,v)$	Parámetro θ
Ali-Mikhail-Haq	$\frac{uv}{1 - \theta(1-u)(1-v)}$	$\theta \in [-1, 1]$
Clayton	$[\max\{u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1; 0\}]^{-1/\theta}$	$\theta \in (-1, \infty) \setminus \{0\}$
Frank	$-\frac{1}{\theta} \log \left[1 + \frac{(\exp(-\theta u) - 1)(\exp(-\theta v) - 1)}{\exp(-\theta) - 1} \right]$	$\theta \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$
Gumbel	$[-((-\log(u))^\theta + (-\log(v))^\theta)^{1/\theta}]$	$\theta \in (1, \infty)$
Joe	$1 - [(1-u)^\theta + (1-v)^\theta - (1-u)^\theta(1-v)^\theta]^{1/\theta}$	$\theta \in (1, \infty)$

Fuente: Rayens y Nelsen (2000)

El nombre de “cópula Arquimediana” se debe a que esta clase de cópulas cumple con una propiedad análoga a la propiedad arquimediana de los números reales; es decir, para una cópula C definida en el intervalo $I \times I$ (para el caso bidimensional), si $u_1 \leq u_2$ y $v_1 \leq v_2$, se cumple que $C(u_1, v_1) \leq C(u_2, v_2)$ (Rayens & Nelsen 2000)

c. Cópulas de Valores extremos:

Las llamadas “cópulas de valores extremos” son funciones cópula correspondientes a una función de valores extremos generalizada multivariada, donde para “ n ” dimensiones estará conformada por vectores $\mathbf{u} = (u_1, u_2, \dots, u_d)$ que corresponden a una función de valores extremos generalizada multivariada. Por ejemplo, si se cuenta con las series de tiempo de precipitaciones diarias de “ d ” estaciones en una región determinada para “ n ” años, se puede definir el vector $\mathbf{u} = (u_1, u_2, \dots, u_d)$ conformado por las precipitaciones máximas anuales para cada año del registro; cada vector, correspondiente a cada año, agrupará valores máximos de precipitaciones y corresponden a una función de valores máximos generalizados multivariada (Hofert *et al.* 2018).

Estrictamente, se dice que una cópula C d -dimensional es una cópula de valor extremo si existe una cópula C^* tal que:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} C^*(u_1^{1/n}, u_2^{1/n}, \dots, u_d^{1/n})^n = C(u_1, u_2, \dots, u_d) = C(\mathbf{u}) \quad (13)$$

donde la cópula C^* recibe el nombre de “dominio de atracción máximo de C ”.

Este tipo de cópulas está asociado al concepto de max-estabilidad, donde se dice que una cópula C es max-estable si se cumple que:

$$C(u_1, u_2, \dots, u_d) = C(u_1^{1/m}, u_2^{1/m}, \dots, u_d^{1/m})^m \quad (14)$$

donde “ m ” es un entero tal que $m \geq 1$ y los vectores $\mathbf{u} = (u_1, u_2, \dots, u_d) \in (0,1)^d$

De esta manera se concluye que una cópula es una cópula de valor extremo si y solo si se verifica que es max-estable (Rayens & Nelsen 2000).

2.5.4. Estimación de cópulas

Si bien el Teorema de Sklar, planteado en la Ecuación (8), propone que una función cópula C depende de las marginales unidimensionales F_1, F_2, \dots, F_n , en la práctica estas marginales son desconocidas y las copulas deben estimarse en base a las variables x_1, x_2, \dots, x_n (Hofert *et al.* 2018). Esta estimación puede hacerse considerando que la cópula C pertenece a una familia paramétrica de cópulas, como las cópulas arquimedianas, elípticas, etc, o considerando que son cópulas no paramétricas.

a. Estimación paramétrica:

Sea una familia de cópulas paramétricas \mathcal{C} , tal que:

$$\mathcal{C} = \{C_\theta; \theta \in \Theta\} \quad (15)$$

donde Θ es el espacio parametral, subconjunto de \mathbb{R}^p .

Sea una cópula C , que se supone pertenece a la familia de cópulas \mathcal{C} ; entonces, su vector de parámetros θ_0 deben pertenecer también al espacio parametral Θ . Luego, para encontrar la cópula C bastará con estimar el vector de parámetros θ_0 . Sin embargo, para encontrar estos parámetros, se necesita al menos una muestra conocida de C , $U_i = (F_1, F_2, F_3, \dots)$, y aplicar técnicas usuales como el método de máxima verosimilitud. La práctica muestra que las distribuciones marginales no siempre son conocidas y por tanto no se puede conocer una muestra U_i (Hofert *et al.* 2018). De esta manera, la estimación de cópulas se reduce a la

estimación de las distribuciones marginales F_i , que puede realizarse también de forma paramétrica o no paramétrica.

- **Marginales estimadas paraméricamente**

Si se asume que el conjunto de funciones marginales F_1, F_2, \dots, F_d pertenecen a una familia de funciones de probabilidad univariadas paramétricas $\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2, \dots, \mathcal{F}_d$, respectivamente, la estimación de la cópula desconocida C se reduce a encontrar la función de probabilidad desconocida H , tal que:

$$\mathcal{H} = \{C(F_1, \dots, F_d) / C \in \mathcal{C} \text{ y } F_j \in \mathcal{F}_j \text{ para todo } j \in \{1, \dots, d\}\} \quad (16)$$

Derivando esta ecuación, se obtiene:

$$h(x) = c_{\theta}(F_{1,\gamma_1}(x_1), \dots, F_{d,\gamma_d}(x_d)) \prod_{j=1}^d f_{j,\gamma_j}(x_j) \quad (17)$$

donde h es la función de densidad de \mathcal{H} , c_{θ} es la función de densidad de C_{θ} , y f_{j,γ_j} es la función de densidad de F_{j,γ_j} , donde $j \in \{1, \dots, d\}$. Los vectores γ_j representan los parámetros de cada función de probabilidad, y pueden ser estimados usando el estimador de máxima verosimilitud (MLE, por sus siglas en inglés), definido como:

$$L_n(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2, \dots, \mathbf{Y}_d, \boldsymbol{\theta}) = \sum_{i=1}^n \log. c_{\theta}(F_{1,\gamma_1}(x_{i1}), \dots, F_{d,\gamma_d}(x_{id})) + \sum_{j=1}^d \sum_{i=1}^n \log. f_{j,\gamma_j}(x_{ij}) \quad (18)$$

El problema se reduce a aplicar entonces el conocido método de máxima verosimilitud para estimar los parámetros de la cópula, que a su vez implica conocer los parámetros de las funciones de probabilidad F_i . maximizar esta función puede requerir una alta capacidad de cómputo. Joe & Xu (1996) proponen el uso de las llamadas funciones de inferencia para el estimador de marginales (IFME, por sus siglas en inglés).

El método propone estimar los parámetros de cada una de las funciones marginales maximizando:

$$\mathbf{Y}_{n,j} = \operatorname{argmax}_{\gamma_j \in \mathcal{F}_j} \left(\sum_{i=1}^n \log. f_{j,\gamma_j}(X_{ij}) \right) \quad (19)$$

Conocidos todos los parámetros de las marginales, los parámetros de la función cópula pueden estimarse de forma similar:

$$\theta_n = \operatorname{argmax}_{\theta \in \Theta} \left(\sum_{i=1}^n \log \cdot c_{\theta} \left(F_{1,\gamma_{n,1}}(X_{i1}), \dots, F_{d,\gamma_{n,d}}(X_{id}) \right) \right) \quad (20)$$

Si se denomina $\mathbf{U}_{1,\gamma_n} = \left(F_{1,\gamma_{n,1}}(X_{i1}), \dots, F_{d,\gamma_{n,d}}(X_{id}) \right)$, entonces:

$$\theta_n = \operatorname{argmax}_{\theta \in \Theta} \left(\sum_{i=1}^n \log \cdot c_{\theta}(\mathbf{U}_{1,\gamma_n}) \right) \quad (21)$$

En un caso real, es poco probable aplicar este método pues se desconoce las familias de cópulas y las distribuciones probabilísticas que permitirían usar el estimador mencionado. Asimismo, (Hofert *et al.* 2018) menciona dos deficiencias relevantes del método: la primera es la asunción de que todas funciones F_i son paramétricas; si alguna de estas funciones no lo es, la estimación de los parámetros de la cópula θ tendrá un sesgo. La segunda deficiencia está relacionada a la capacidad computacional: el número de parámetros a evaluar usualmente es tan alto que puede requerir una alta capacidad de procesamiento, lo que representa otro inconveniente en su aplicación. Una alternativa a estos inconvenientes es realizar un análisis no-paramétrico.

- **Marginales estimadas no paraméricamente**

Si las funciones de densidad marginales univariadas F_1, F_2, \dots, F_d son desconocidas, pueden estimarse usando funciones de densidad empíricas, estimadas en base a una muestra $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_n$, de forma tal que cualquier marginal F_j puede estimarse por:

$$F_{n,j}(x) = \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^n \mathbf{1}(X_{ij} \leq x) \quad (22)$$

Las marginales encontradas se usan luego para construir una muestra de pseudo-observaciones, definidas como:

$$\mathbf{U}_{i,n} = \left(F_{n,1}(X_{i1}), F_{n,2}(X_{i2}), \dots, F_{n,d}(X_{id}) \right) \quad (23)$$

donde $i \in \{1, \dots, n\}$.

A partir de la muestra de pseudo-observaciones se procede a estimar θ_0 .

El uso de pseudo observaciones permite simplificar de forma importante el cálculo de las funciones marginales; por ejemplo, la ecuación (22) puede reescribirse como:

$$F_{n,j}(x) = \frac{R_{ij}}{n+1} \quad (24)$$

donde R_{ij} representa el rango cada dato. De esta manera, las pseudo observaciones pueden reformularse como:

$$\mathbf{U}_{i,n} = \frac{1}{n+1} (R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{id}) \quad (25)$$

donde $i \in \{1, \dots, n\}$.

El método planteado puede utilizarse para estimar las marginales de forma no paramétrica; sin embargo, el método no se puede aplicar a las familias de cópulas elípticas. En este caso se prefiere el método de momentos.

- Método de Momentos

La aplicación del método de momentos a la estimación de parámetros de cópulas reemplaza los momentos de las variables aleatorias por momentos de la cópula, como el τ de Kendall o la ρ de Spearman.

Para el caso bivariado, Rayens & Nelsen (2000) muestran que:

$$\rho = \rho_s(C) = 12 \int_{[0,1]^2} C(\mathbf{u}) d\mathbf{u} - 3 \quad (26)$$

$$\tau = \tau(C) = 4 \int_{[0,1]^2} C(\mathbf{u}) dC(\mathbf{u}) - 1 \quad (27)$$

Sea una familia de cópulas de un parámetro $C_\theta / \theta \in \Theta$, donde Θ es el espacio de parámetros $\in \mathbb{R}$, para muchas de estas familias se cumple que las funciones

$$\left. \begin{aligned} g_{\rho_s}(\theta) &= \rho_s(C_\theta) \\ g_\tau(\theta) &= \tau(C_\theta) \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

son inyectivas. Si las funciones son conocidas, como es el caso de:

$$\left. \begin{aligned} - \text{ Clayton : } & \quad g_\tau(\theta) = \frac{\theta}{\theta+2}, \theta \in (0, \infty); \\ - \text{ Gumbel-Hougaard: } & \quad g_\tau(\theta) = 1 - \frac{1}{\theta}, \theta \in [1, \infty); \\ - \text{ Normal: } & \quad g_{\rho_s}(\theta) = \left(\frac{6}{\pi}\right) \arcseno\left(\frac{\theta}{2}\right), \theta \in [-1, 1]. \\ & \quad g_\tau(\theta) = \left(\frac{2}{\pi}\right) \arcseno \theta, \theta \in [-1, 1]. \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

es suficiente con estimar las funciones inversas $g_{\rho_s}^{-1}$ y g_{τ}^{-1} , para obtener el valor del parámetro θ ; es decir:

$$\left. \begin{aligned} \theta_n &= g_{\tau}^{-1}(\tau_n) \\ \theta_n &= g_{\rho_s}^{-1}(\rho_{s,n}) \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

donde el subíndice “n” indica que el coeficiente de correlación corresponde a una muestra de “n” datos.

- Método de Máxima Pseudo Verosimilitud

La ecuación (19) presenta el estimador de máxima verosimilitud para un conjunto de marginales conocidas. Si las marginales no fueran conocidas, se puede reemplazar la muestra U_i por la muestra de pseudo-observaciones $U_{i,n}$ definidas en la ecuación (23), y resolver el llamado estimador máximo de pseudoverosimilitud (MPLE, por sus siglas en inglés):

$$\theta_n = \operatorname{argmax}_{\theta \in \Theta} \left(\sum_{i=1}^n \log \cdot c_{\theta}(\mathbf{U}_{1,n}) \right) \quad (31)$$

De esta forma, el método propone estimar las pseudo observaciones y luego proceder a maximizar la función MPLE para estimar los parámetros de la cópula deseada.

b. Estimación no paramétrica:

Para estimar parámetros de una cópula de forma no paramétrica, suelen usarse métodos basados en ondeletas (Hofert *et al.* 2018); sin embargo, el estimador más simple y más usado se basa en el concepto de la llama cópula empírica, que se define como:

$$C_n(\mathbf{u}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 1(\mathbf{U}_{i,n} \leq \mathbf{u}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^d 1(U_{ij,n} \leq u_j) \quad (32)$$

donde $\mathbf{U}_{1,n} = (U_{i1,n}, \dots, U_{id,n})$, $i \in \{1, \dots, n\}$ son pseudo observaciones.

La investigación presentada se centra en el uso de métodos paramétricos, especialmente el de pseudo verosimilitud, para la estimación de parámetros de las funciones cópula.

2.5.5. Cópulas de supervivencia y eventos extremos

Una cópula de supervivencia o de excesos $\bar{C}(\mathbf{u}, \mathbf{v})$ es definida en base a otra cópula $C(\mathbf{u}, \mathbf{v})$, de manera que capture los excesos o complementos de probabilidades $1-u$, y $1-v$. Estrictamente se define como:

$$\bar{C}(u, v) = u + v - 1 + C(1 - u, 1 - v) \quad (33)$$

donde \bar{C} es llamada cópula bidimensional de supervivencia de U y V (Salvadori *et al.* 2005).

Geoméricamente, esta cópula representa el área de vértice opuesto definida sobre la diagonal del plano IxI, como se puede observar en la Figura 6.

Esta cópula permite estimar el período de retorno conjunto en base a la estimación de una Función de Supervivencia Conjunta definida como:

$$\bar{F}_{UV}(u, v) = P(U > u, V > v) = \bar{C}(\bar{F}_U(u), \bar{F}_V(v)) \quad (34)$$

donde $\bar{F}_U(u), \bar{F}_V(v)$ son Funciones de Supervivencia Marginal definidas como:

$$\begin{aligned} \bar{F}_U(u) &= P(U > u) = 1 - u \\ \bar{F}_V(v) &= P(V > v) = 1 - v \end{aligned} \quad (35)$$

Si bien el concepto está aplicado a cópulas bidimensionales y a un cuadrado unitario de probabilidades de 1x1; puede generalizarse a cópulas n-dimensionales sobre la base del concepto de probabilidad total.

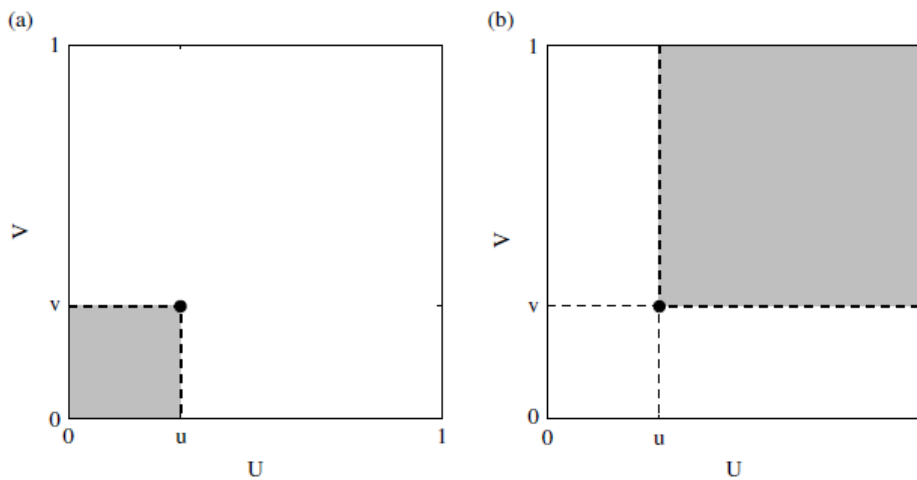


Figura 6: Relación entre una Cópula y su Cópula de supervivencia asociada. Izquierda, cópula $C(u,v)$. Derecha, Cópula de supervivencia $\bar{C}(1-u,1-v)$
Fuente: Salvadori *et al.* (2005)

2.5.6. Estimación del período de retorno usando cópulas

Si en una región ocurre una precipitación de 10mm, con una temperatura del aire de 20°C, la probabilidad de que se repita este evento combinado puede evaluarse usando cópulas (Rayens & Nelsen 2000; Salvadori *et al.* 2005) en base a las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}\widetilde{\tau}_{u,v} &= \frac{\mu_T}{\widetilde{P}_{u,v}} \\ \widehat{\tau}_{u,v} &= \frac{\mu_T}{\widehat{P}_{u,v}}\end{aligned}\quad (36)$$

donde

μ_T es el tiempo promedio entre dos eventos sucesivos; y

las probabilidades P están definidas como:

$$\begin{aligned}\widetilde{P}_{u,v} &= P(U > u \cup V > v) = 1 - C(u, v) \\ \widehat{P}_{u,v} &= P(U > u \cap V > v) = \bar{C}(1 - u, 1 - v)\end{aligned}\quad (37)$$

Esta definición permite evaluar ocurrencias conjuntas de diferentes eventos que pueden estar relacionados o no.

2.5.7. Cópulas en hidrología y climatología

De acuerdo con Chen & Guo (2019), las cópulas más usuales implementadas para su aplicación e Hidrología y Recursos Hídricos son las cópulas Gumbel, Frank, Clayton, Normal y t-Student. Éstas se aplican con buenos resultados al análisis de descargas y análisis de riesgo por inundaciones; también presentan buena performance para simular la dependencia entre duración (D), magnitud o severidad (M), e intensidad (I) de sequías; sin embargo, el análisis de series del SPI respecto a otras variables hidrometeorológicas no ha mostrado preferencias. A pesar de ello, para fines del estudio se tomará en cuenta las cinco cópulas ya mencionadas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

La data utilizada corresponde a registros históricos de precipitaciones de nueve (09) estaciones climáticas pertenecientes al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) para el período 1964-2020 (ver Cuadro 10), ubicadas en las cercanías de las zonas agrícolas en evaluación (ver Figura 8). Los registros de temperaturas corresponden a dos fuentes: estaciones climáticas de SENAMHI e información grillada del Proyecto PISCO 1.2 (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations) en su versión 1.2, según se resume en el Cuadro 11. La información grillada del Proyecto PISCO 1.2 se descargó de la página https://figshare.com/collections/High-resolution_grids_of_daily_air_temperature_for_Peru_-_the_PISCOt_v1_2_dataset/5959863.

Cuadro 10: Ubicación de Estaciones climáticas utilizadas en el estudio

NOMBRE	Latitud	Longitud	E (m)	N (m)	Z (m.s.n.m.)
Aricota	17°19'44.9" S	70°14'14.3" W	368520	8083610	2843
Cairani	17° 16' 59.7" S	70° 21' 44.3" W	355200	8088600	3205
Candarave	17° 15' 52.3" S	70° 15' 0.9" W	367100	8090750	3415
Curibaya	17° 23' 11.5" S	70° 20' 51.1" W	356850	8077180	2350
Palca	17° 46' 16.9" S	69° 57' 23.7" W	398600	8034850	3142
Susapaya	17° 20' 47.7" S	70° 7' 59.4" W	379600	8081750	3399
Talabaya	17° 32' 51.9" S	69° 58' 59.5" W	395650	8059580	3400
Tarata	17° 28' 30.0" S	70° 1' 52.0" W	390520	8067600	3068
Toquela	17° 38' 28.8" S	69° 56' 15.0" W	400550	8049250	3650

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe>

Cuadro 11: Fuente de registros de precipitaciones y temperaturas correspondientes a los puntos de evaluación considerados en el estudio

NOMBRE	Precipitación	Temperaturas
Aricota	SENAMHI	PISCO 1.2/SENAMHI
Cairani	SENAMHI	SENAMHI
Candarave	SENAMHI	SENAMHI
Curibaya	SENAMHI	PISCO 1.2/SENAMHI
Palca	SENAMHI	SENAMHI
Susapaya	SENAMHI	SENAMHI
Talabaya	SENAMHI	PISCO 1.2/SENAMHI
Tarata	SENAMHI	SENAMHI
Toquela	SENAMHI	PISCO 1.2/SENAMHI

Fuente: Elaboración propia.

La información correspondiente a las temperaturas superficiales del mar y a los índices El Niño se descargó de la base de datos del Centro de Clima del Asia Pacífico (APCC, por sus siglas en inglés), de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) y el ICEN, del Instituto Geofísico del Perú (IGP). El detalle de la información descargada de cada base de datos se resume en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Fuente de registros de temperaturas superficiales del mar e índices ENSO

NOMBRE	Fuente	Link de descarga
Temperatura superficial del mar – Región 1+2	NOAA	https://psl.noaa.gov/enso/data.html
Temperatura superficial del mar – Región 3	NOAA	https://psl.noaa.gov/enso/data.html
Temperatura superficial del mar – Región 4	NOAA	https://psl.noaa.gov/enso/data.html
Temperatura superficial del mar – Región 34	NOAA	https://psl.noaa.gov/enso/data.html
ICEN	IGP	http://met.igp.gob.pe/datos/icen.txt
Anomalías SST - ENSO1+2	APCC	https://apcc21.org/ser/indic.do?lang=en#grap1
Anomalías SST - ENSO34	APCC	https://apcc21.org/ser/indic.do?lang=en#grap1
ONI	NOAA	https://psl.noaa.gov/enso/data.html
TNI	APCC	https://apcc21.org/ser/indic.do?lang=en#grap1
EMI	APCC	https://apcc21.org/ser/indic.do?lang=en#grap1

Fuente: Elaboración propia.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

La zona de estudio corresponde al cuadrángulo definido por las coordenadas 345000 - 410000 Este y 8025000 - 8095000 Sur, Zona 19S - Datum WGS 84, y abarca las cuencas altas de los ríos Locumba, Sama y Caplina, los principales de la región Tacna, con altitudes que varían entre 2350 y 3800 msnm (Figura 7). Políticamente, la zona en estudio abarca las provincias de Candarave y Tarata, y los distritos de Pachia y Palca, correspondientes a la provincia de Tacna.

La zona de estudio involucra las áreas agrícolas de la cuenca alta de los ríos Locumba-Sama y Caplina reportadas en el Atlas de la Superficie Agrícola del Perú, publicado por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2021). En estas zonas, la actividad agrícola se abastece principalmente de las precipitaciones en época húmeda y es complementada por pequeños sistemas de irrigación, mientras que en estiaje la actividad agrícola es casi nula. Las áreas agrícolas de la cuenca baja no son tomadas en cuenta pues la precipitación es casi nula, haciendo ineficiente el uso del índice SPI para la evaluación de sequías.

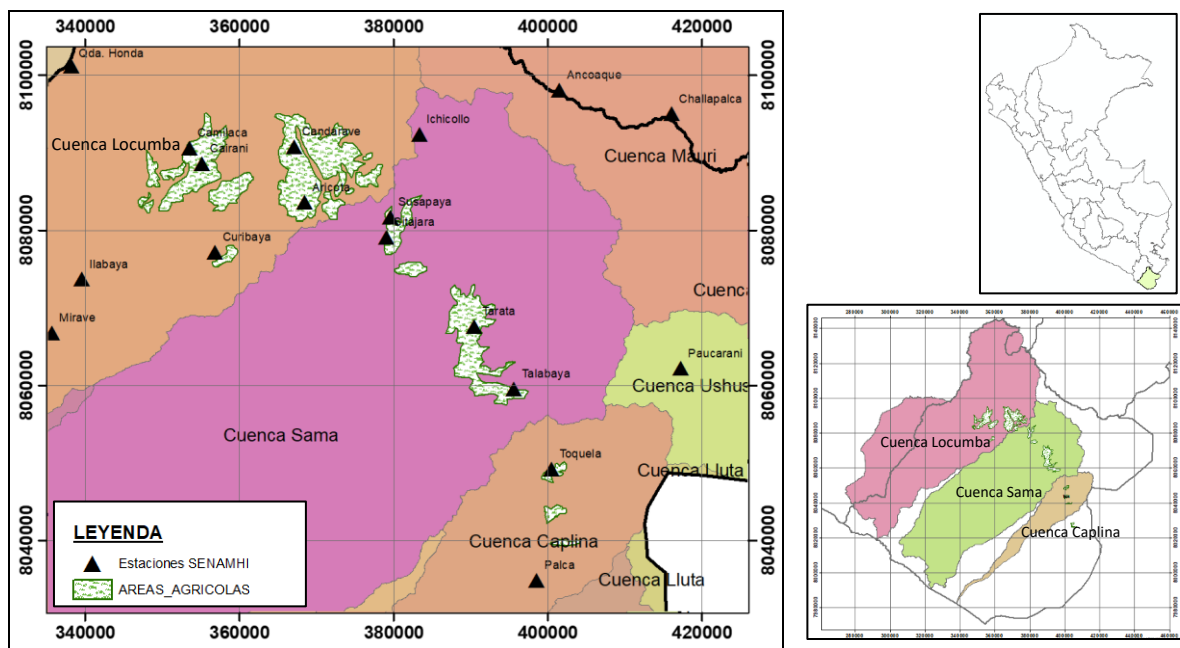


Figura 7: Áreas agrícolas y estaciones climáticas ubicadas en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Principales cultivos

Las principales actividades económicas en la zona de estudio son la agrícola y la pecuaria. Según (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección General de Estadística *et al.* 2021), la primera representa el 72 por ciento mientras la segunda el 28 por ciento de la economía de la región.

Los principales cultivos desarrollados en la zona de estudio son la alfalfa, maíz amiláceo, papa, ajo, maíz choclo, habas, trigo y orégano (Dirección de Estadística Agraria Tacna 2021), totalizando un área agrícola de alrededor de 15000 Hectáreas que representan el 20 por ciento del área agrícola total de la Región Tacna.

3.3. MÉTODOS

La construcción del modelo probabilístico se resume en los siguientes pasos:

- Recopilación y tratamiento de información hidrometeorológica;
- Estimación del índice SPI para cada estación;
- Análisis de asociación y/o correlación con otras variables climáticas;
- Selección de variables/índices a incluir en el modelo;
- Selección de cópula;
- Estimación de parámetros; y
- Estimación de probabilidades de ocurrencia.

El procedimiento se resume en la Figura 8.

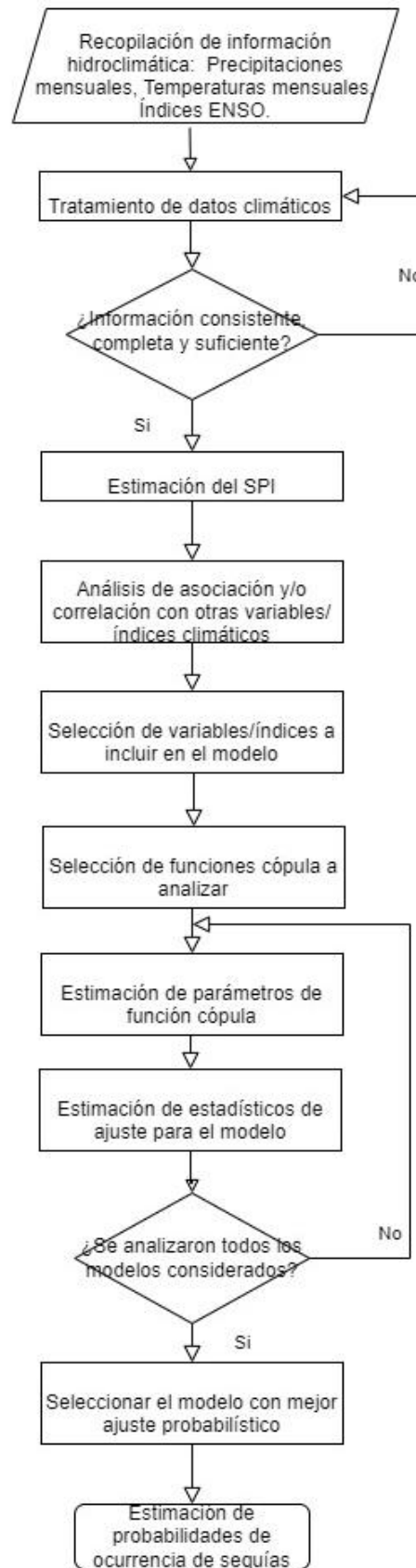


Figura 8: Diagrama de flujo del procedimiento a seguir para el modelamiento probabilístico

3.3.1. Recopilación de información hidroclimática

Los datos recopilados para la construcción del modelo son las precipitaciones acumuladas mensuales, temperaturas medias mensuales del aire, temperaturas superficiales del mar en las zonas ENSO 1+2, 3, 4 y 34, y las anomalías de temperatura superficial del mar en las zonas 1+2 (ENSO1+2) y 34 (ENSO34), el índice oceánico El Niño (ONI), el índice costero El Niño (ICEN), el índice El Niño Modoki (EMI), y el índice Trans-Niño (TNI). Los datos correspondientes a todas las variables mencionadas se resumen en el Anexo 1. Las fuentes correspondientes se resumen en los Cuadros 9 y 10.

3.3.2. Tratamiento de datos climáticos

Los registros de temperaturas medias mensuales corresponden principalmente a estaciones climáticas de SENAMHI, verificando la no existencia de tendencias y rellenando los datos faltantes por correlación espacial. Para definir los registros de las estaciones Aricota, Curibaya, Talabaya y Toquela, que no poseen registros SENAMHI, se procedió a establecer una correlación espacial entre estas estaciones y la estación Candarave, usando la información grillada PISCO 1.2. Asumiendo estas correlaciones como válidas, se aplicaron a los registros históricos de la estación Candarave para estimar los registros deseados.

Los registros de precipitaciones acumuladas mensuales fueron analizados para verificar la no existencia de saltos, la no existencia de tendencias, y para completar los datos faltantes. El análisis de saltos se realizó mediante los métodos de curva doble masa y de la media y desviación estándar; el análisis de tendencia se realizó aplicando el estadístico t-Student, mientras que el relleno de datos faltantes se realizó principalmente por correlación espacial.

Asimismo, los registros de los índices ENSO están completos y no requieren tratamiento adicional.

a. Curva doble masa

En el método de curva doble masa se considera que, en una zona meteorológica homogénea, las precipitaciones registradas en diferentes puntos guardan una relación de proporcionalidad (Chow *et al.* 1994). Esta relación puede representarse gráficamente y la proporcionalidad se manifestará como una línea recta (o cercana a una recta). De esta manera, el análisis de doble masa consiste en comparar volúmenes de precipitación acumulada (anuales) y compararlos

gráficamente con los correspondientes a una estación patrón, que consiste en el promedio de varias estaciones índice. Si el gráfico obtenido muestra un quiebre, esto sugiere la presencia de un salto o inconsistencia y se hace necesaria la corrección del período más antiguo. Si los quiebres que presenta el gráfico corresponden a períodos menores a cinco años, se desprecian y se consideran parte de la variabilidad climática natural.

b. Método de la media y desviación estándar

Utiliza las pruebas t-Student y F Fisher para la media y desviación estándar respectivamente (Maidment 1993). Para su aplicación, se divide la longitud de registro en dos períodos: antes del salto y después del salto, y se procede a estimar los parámetros S_p y S_d definidos como:

$$S_p = \left[\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \right]^{1/2} \quad (38)$$

$$S_d = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2} \quad (39)$$

donde n_1 y n_2 son las longitudes de registro de los períodos antes del salto y después del salto, y S_1 y S_2 son las desviaciones estándar de cada uno de dichos períodos, respectivamente.

En base a estos parámetros, se estima el estadístico T_c definido como:

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_d} \quad (40)$$

donde \bar{X}_1, \bar{X}_2 son las medias de los periodos antes y después del posible salto.

El valor calculado (T_c) se compara con el valor teórico (T_t), extraído de las Tablas de la distribución t-Student, con $\alpha=0.05$ y $GL=n_1+n_2-2$.

La hipótesis $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ es aceptada si $abs(T_c) < T_t$; esto significa que no hay salto en la media; en caso contrario, si $abs(T_c) > T_t$ se considera que sí hay salto.

Asimismo, se estima el estadístico F_c definido como:

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad ; \text{ si } (S_1)^2 > (S_2)^2$$

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2} \quad ; \text{ si } (S_1)^2 < (S_2)^2 \quad (41)$$

Este valor se compara con el valor teórico (F_c), extraído de las Tablas de la distribución F-Fisher, con $\alpha=0.05$, $GLN=n_1 - 1$ y $GLD=n_2-1$.

La hipótesis $S_1 = S_2$ es aceptada si $F_c < F_t$; esto significa que no hay salto en la desviación estándar; en caso contrario, si $F_c > F_t$ se considera que sí hay salto.

Si existe salto, se corrige el período más antiguo usando la expresión:

$$X'_t = \left[\frac{X_t - \bar{X}_1}{S_1} \right] S_2 + \bar{X}_2 \quad (42)$$

c. Análisis de tendencia

Se denomina tendencia al cambio continuo, ascendente o descendente, que afecta los parámetros de la media o la desviación estándar de una muestra con información hidrometeorológica (Villón 2002). Por lo general, se manifiesta en la media si la información es anual, y en la media y la desviación estándar si la información es mensual o diaria.

Las tendencias pueden tener forma lineal o no lineal. Si tienen forma lineal, pueden expresarse como:

$$T_{mt} = A_m + B_m t \quad (43)$$

Estadísticamente, una tendencia puede ser significativa o no. Para determinar su significancia, se analiza el coeficiente de correlación “r” en base al estadístico “t” de Student, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$t_c = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (44)$$

donde:

t_c : Estadístico calculado “t” de Student

r: Coeficiente de correlación de Pearson, estimado entre los datos y su orden en la serie $i = 1, 2, 3 \dots n$.

n: Número de datos analizados

El valor calculado (t_c) se compara con el valor teórico (t_t), extraído de las Tablas de la distribución t-Student, con $\alpha=0.05$ y $GL= n - 2$. Si $\text{abs}(t_c) < t_t$ significa que no hay tendencia en la media; en caso contrario, si $\text{abs}(t_c) > t_t$ se considera que sí hay tendencia y debe

corregirse los datos.

Para corregir datos con tendencia en la media, se debe restar la tendencia a la serie de datos inicial (que debe estar libre de saltos); es decir:

$$Y_t = X_t - T_{mt} \quad (45)$$

donde:

Y_t : serie libre de tendencia, con esperanza $E(Y_t) = 0$.

X_t : serie inicial, libre de saltos.

T_{mt} : tendencia en la media, $T_{mt} = A_m + B_{mt}$.

Si la serie analizada es anual, la serie corregida se encuentra añadiendo la media de la serie original de manera tal que se preserva el estadístico:

$$X_{corregida} = Y_t + \bar{X} \quad (46)$$

donde:

$X_{corregida}$: serie corregida libre de tendencia, con esperanza $E(X_{corregida}) = \bar{X}$.

\bar{X} : media de la serie original.

Si la serie analizada es mensual, la serie sin tendencia en la media Y_t será evaluada para detectar una posible tendencia en la desviación estándar S . Para este fin, se calcula la desviación estándar para cada año de datos S_t , y se estima el coeficiente de correlación “r” y el estadístico “t” de Student, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$t_c = \frac{r\sqrt{p-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (47)$$

donde:

t_c : Estadístico calculado “t” de Student

r: Coeficiente de correlación de Pearson, estimado entre las desviaciones estándar S_t y el orden del año correspondiente $t = 1, 2, 3 \dots p$.

p: Número de años.

El valor calculado (t_c) se compara con el valor teórico (t_t), extraído de las Tablas de la distribución t-Student, con $\alpha=0.05$ y $GL= p - 2$. Si $abs(t_c) < t_t$ significa que no hay tendencia en la desviación estándar; en caso contrario, si $abs(t_c) > t_t$ se considera que sí hay tendencia y debe corregirse los datos.

Para eliminar la tendencia, se aplica la siguiente relación:

$$Z_t = \frac{Y_t}{T_{st}} \quad (48)$$

donde:

Z_t : serie libre de tendencia en la media y la desviación estándar, con esperanza $E(Z_t) = 0$ y $V(Z_t) = 1$.

Y_t : serie libre de tendencia.

T_{st} : tendencia en la desviación estándar, $T_{st} = A_s + B_{st}$.

Finalmente, a la serie libre de tendencias Z_t se le agrega la media y desviación estándar de los datos originales para preservar los estadísticos, obteniendo la serie corregida:

$$X_{corregida} = \bar{X} + S * T_s \quad (49)$$

En la presente investigación se analizará la tendencia en series de precipitación acumulada mensual, evaluando la tendencia en la media y la desviación estándar.

d. Completación o relleno de datos faltantes

Para completar datos faltantes de precipitación se correlacionaron registros de dos estaciones mes a mes, seleccionando estaciones índice cercanas y con cota similar. En aquellos casos en que los datos faltantes eran comunes y no se podía completar, se usaron algunos criterios prácticos como:

- En meses de estiaje, donde la precipitación usualmente es “cero”, se asumió el mismo valor para no alterar las estadísticas de la serie mensual.
- Promediando el registro del año anterior y posterior correspondientes a dicho mes.
- En casos con más dos años o más que no presentan registro y no se puede completar, se utilizaron las medias mensuales, con el fin de no alterar las estadísticas de las series correspondientes.

3.3.3. Estimación del índice SPI

El Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) parte del supuesto que las series de precipitaciones mensuales tienen una distribución normal (Mckee *et al.* 1993); sin embargo, esta afirmación usualmente es incorrecta: las series de precipitaciones mensuales suelen ajustarse mejor a una distribución gamma. Para superar este inconveniente, se hace uso de equiprobabilidades para transformar la distribución gamma en una normal.

El término “equiprobabilidad” hace referencia a valores similares de probabilidad correspondientes a dos distribuciones de probabilidad distintas, en este caso se busca la equiprobabilidad de la función gamma con la función normal. La Figura 9 ilustra este concepto.

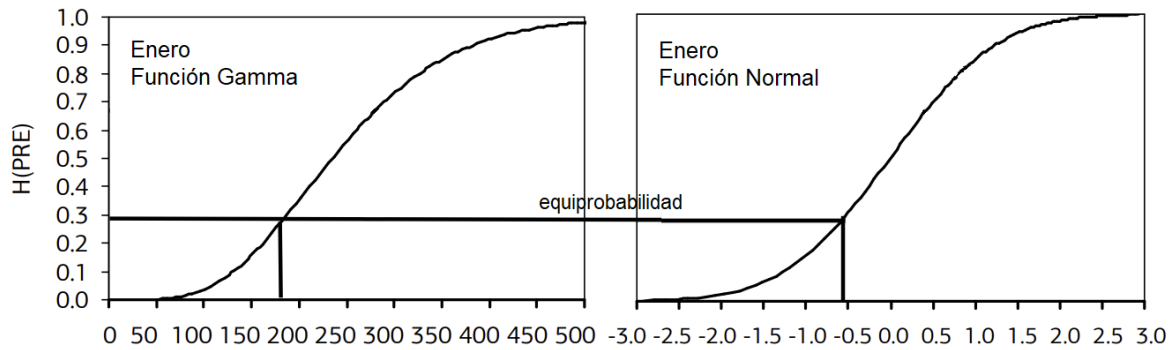


Figura 9: Equiprobabilidades entre una Función Gamma y una Función Normal
Fuente: Constantino Blain (2012)

El procedimiento para el cálculo del SPI es el siguiente:

- Formar series de precipitación acumulada de acuerdo a la escala temporal predefinida; por ejemplo, para una escala trimensual (SPI3), la serie acumulada se forma de la siguiente manera: EFM – FMA – MAM – AMJ, etc, para toda la serie de precipitaciones. La suma representa al último mes de la suma; para el ejemplo mostrado: M, A, M, J, etc.
- La serie se subdivide en doce series, una por cada mes.
- Retirar los “ceros” de cada una de las doce series obtenidas. Este paso es necesario previamente a ajustar cada serie a la función gamma pues ésta no está definida para el valor nulo; de esta manera de tendrá una función gamma incompleta. Si el total de datos es “n” y el número de ceros es “m”, la probabilidad de ocurrencia de un “cero” será $q = m/n$.
- Cada una de las series se ajusta a la distribución gamma $G(x)$:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad (50)$$

Ya que la distribución gamma no incluye los ceros, la probabilidad total será “1- q”. De esta forma, la probabilidad acumulada para cada dato será:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (51)$$

- Reintroducir los “ceros” a cada una de las series, con su probabilidad $q = m/n$.
- Transformar las probabilidades $H(x)$ a Normal Estándar usando equiprobabilidades. Para este fin se recomienda utilizar las ecuaciones de transformación provistas por (Abramowitz *et al.* 1988):

$$\left. \begin{aligned} Z = SPI &= - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) && \text{para } 0 < H(x) \leq 0.5 \\ Z = SPI &= + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) && \text{para } 0.5 < H(x) \leq 1 \end{aligned} \right\} (52)$$

$$\left. \begin{aligned} t &= \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)} && \text{para } 0 < H(x) \leq 0.5 \\ t &= \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-H(x))^2}\right)} && \text{para } 0.5 < H(x) \leq 1 \end{aligned} \right\} (53)$$

Donde los coeficientes c_i y d_i son:

$$c_0 = 2.515517$$

$$c_1 = 0.802853$$

$$c_2 = 0.010328$$

$$d_1 = 1.432788$$

$$d_2 = 0.189269$$

$$d_3 = 0.001308$$

- Juntar las doce series en una sola.

3.3.4. Análisis de asociación entre variables

La asociación entre el índice SPI3, considerado como indicador de sequía agrícola, y los índices ENSO indicados se analizó en aplicando enfoques cualitativos y cuantitativos. La dependencia cualitativa se evaluó mediante un gráfico de correlaciones, y fue utilizado también para eliminar variables que no presentan muestran dependencia entre sí. La dependencia cuantitativa se evaluó mediante el coeficiente de correlación de Kendall, de acuerdo a lo sugerido por (Serinaldi *et al.* 2009); sin embargo, para llevar un mejor control, también se evaluaron el coeficiente lineal r de Pearson y el coeficiente de correlación de rango de Spearman.

a. Coeficiente de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson se define como el cociente de la covarianza muestral entre las dos variables y el producto de las dos desviaciones estándar (Wilks 2019); es decir:

$$r_{x,y} = \frac{\text{Cov}(x, y)}{s_x s_y} = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2} \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}} \quad (54)$$

Los valores del coeficiente oscilan entre 1 y -1, donde un $r = 1$ representa una asociación lineal positiva perfecta y, un $r = -1$ representa una asociación lineal negativa perfecta. Los coeficientes de correlación varían entre el rango -1 y +1

El coeficiente de correlación de Pearson es recomendado para evaluar correlaciones entre datos que muestran una relación lineal; sin embargo, si la relación es no lineal, el coeficiente pierde confiabilidad. Asimismo, el coeficiente no es robusto frente a la presencia de puntos dispersos (conocidos como “outliers”), pues su valor se ve fuertemente afectado por la presencia de éstos, perdiendo también confiabilidad.

Dos coeficientes de correlación más robustos frente a la no linealidad y a los outliers son los llamados τ de Kendall y ρ de Spearman.

b. Coeficiente de correlación de Kendall

Sea un conjunto de “n” pares de datos; si se selecciona el par $(x_i; y_i)$, éste puede compararse con los “n -1” pares restantes de manera tal que se pueden hacer un total de $\binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2}$ comparaciones entre todos los pares involucrados. Si al hacer la comparación de dos pares cualesquiera $(x_a; y_a)$, $(x_b; y_b)$ se encuentra que: $(x_a - x_b)(y_a - y_b) > 0$, se dice que dichos pares son “concordantes”; por otro lado, si $(x_a - x_b)(y_a - y_b) < 0$, se dice que dichos pares son “discordantes”.

El coeficiente de correlación de Kendall (τ) se define como la relación entre la diferencia de pares concordantes (N_C) y discordantes (N_D) respecto al número total de comparaciones (Wilks 2019); es decir:

$$\tau = \frac{N_C - N_D}{n(n-1)/2} \quad (55)$$

Si todos los pares de datos son concordantes, $N_C = \frac{n(n-1)}{2}$ y $N_D = 0$; es decir, $\tau = 1$. En el caso opuesto, si todos los datos son discordantes, $N_D = \frac{n(n-1)}{2}$, $N_C = 0$, y $\tau = -1$; valores que definen el rango de valores posibles que puede tomar este coeficiente de correlación. Por otro lado, si los datos que se manejan no están relacionados, se espera que el número de concordancias y discordancias sean aproximadamente igual, y el valor de $\tau \sim 0$.

c. Coeficiente de correlación por rangos de Spearman

El coeficiente de correlación por rangos de Spearman se define en forma similar al coeficiente de correlación de Pearson pero no se aplica a los datos sino a los rangos de ellos (Genest & Favre 2007), quedando definida como:

$$\rho_n = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}} \quad (56)$$

donde

$$\left. \begin{aligned} \bar{R} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i = \frac{n+1}{2} \\ \bar{S} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = \frac{n+1}{2} \end{aligned} \right\} \quad (57)$$

y, $(R_i ; S_i)$ es el par de rangos del i -ésimo par de valores de datos.

Los valores del coeficiente de Spearman (también conocido como el “ ρ de Spearman”), pueden variar entre -1 y 1, donde $\rho = \pm 1$ indica que las variables son “funcionalmente dependientes”, a diferencia del coeficiente de Pearson en donde sus valores indican cercanía a un modelo lineal.

La interpretación de los valores calculados de un coeficiente de correlación varía según los autores y los criterios que éstos propongan. En esta investigación se tomará en cuenta las

categorías propuestas por (Corder & Foreman 2009) mostradas en el siguiente cuadro.

Cuadro 13: Valores del coeficiente de correlación y su interpretación

Coeficiente de correlación para una relación directa	Coeficiente de correlación para una relación inversa	Fuerza de la relación
0.0	0.0	Nula/trivial
0.1	-0.1	Débil/pequeña
0.3	-0.3	Moderada/media
0.5	-0.5	Fuerte/grande
1.0	-1.0	Perfecta

Fuente: Corder & Foreman (2009)

3.3.5. Selección de funciones cópula a analizar

Para el presente estudio se seleccionaron un total de cinco familias de cópulas, dos elípticas (normal y t), y tres arquimedianas (Clayton, Frank y Gumbel), por ser las más usadas en Hidrología y Climatología (Chen & Guo 2019; Serinaldi *et al.* 2009). Los Cuadros 14 y 15 resumen las definiciones de cada una de las cópulas seleccionadas para los casos bivariado y trivariado, respectivamente.

Cuadro 14: Definición de las funciones cópula utilizadas en este estudio

Cópula	Cópulas bivariadas $C_{\square}(u,v)$	Parámetros
Clayton	$[\max\{u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1; 0\}]^{-1/\theta}$	$\theta \in (-1, \infty) \setminus \{0\}$
Frank	$-\frac{1}{\theta} \log \left[1 + \frac{(\exp(-\theta u) - 1)(\exp(-\theta v) - 1)}{\exp(-\theta) - 1} \right]$	$\theta \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$
Gumbel	$[-((-\log(u))^{\theta} + (-\log(v))^{\theta})^{1/\theta}]$	$\theta \in (1, \infty)$
Normal	$\int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(u)} \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(v)} \frac{1}{2\pi\sqrt{1-r^2}} \exp\left(-\frac{u^2 - 2ruv + v^2}{2(1-r^2)}\right) du dv$	Φ^{-1} es la inversa de la Distribución Normal univariada
T Student	$\int_{-\infty}^{t_{\theta}^{-1}(u)} \int_{-\infty}^{t_{\theta}^{-1}(v)} \frac{1}{2\pi\sqrt{(1-r^2)}} \left\{ 1 + \frac{x^2 - 2rxy + y^2}{\theta(1-r^2)} \right\}^{-\frac{\theta+2}{2}} dx dy$	$\theta > 2; r \in (0, 1)$

Fuente: Rayens y Nelsen (2000)

Cuadro 15: Definición de cópulas trivariadas utilizadas para el estudio

Cópula	Cópula trivariada $C_{\theta}(u_1, u_2, u_3)$	Parámetros
Clayton(*)	$\left[\left(U_1^{-\theta_2} + U_2^{-\theta_2} - 1 \right)^{\theta_1/\theta_2} + U_3^{-\theta_1} - 1 \right]^{-\frac{1}{\theta_1}}$	$\theta_2 > \theta_1$
Frank(*)	$-\theta_1^{-1} \ln \left\{ C_1^{-1} \left(1 - \left[1 - C_2^{-1} \left(1 - e^{-\theta_2 U_1} \right) \left(1 - e^{-\theta_2 U_2} \right) \right]^{\theta_1/\theta_2} \right) \right\}$	$C_1 = 1 - e^{-\theta_1}, C_2 = 1 - e^{-\theta_2};$ $\theta_2 > \theta_1$
Gumbel(*)	$\exp \left\{ - \left(\left[(-\ln U_1)^{\theta_2} + (-\ln U_2)^{\theta_2} \right]^{\theta_1/\theta_2} + (-\ln U_3)^{\theta_1} \right)^{\frac{1}{\theta_1}} \right\}$	$\theta_2 > \theta_1$
Normal	$C_N(u; \Sigma) = \int_{-\infty}^{\phi^{-1}(u_1)} \dots \int_{-\infty}^{\phi^{-1}(u_3)} \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^3 \Sigma }} \exp \left(-\frac{1}{2} X' \Sigma^{-1} X \right) dx$	Σ es la matriz de correlación
t (Student)	$C_t(u; \Sigma, \nu) = \int_{-\infty}^{\Gamma^{-1}(u_1)} \dots \int_{-\infty}^{\Gamma^{-1}(u_3)} \frac{\Gamma(\frac{\nu+3}{2})}{\Gamma(\frac{\nu}{2}) \sqrt{(\pi\nu)^3 \Sigma }} \left(1 + \frac{x' \Sigma^{-1} x}{\nu} \right)^{-\frac{\nu+3}{2}} dx$	Σ es la matriz de correlación; ν es el número de grados de libertad

(*) Si la cópula es simétrica, $\theta_2 = \theta_1 = \theta$.

Fuente: Rayens y Nelsen (2000)

3.3.6. Estimación de parámetros de funciones cópula

Para estimar los parámetros de cópulas, se propone el uso del estimador de máxima pseudo-verosimilitud (MPL), recomendado para este tipo de análisis (Serinaldi *et al.* 2009). El método consiste en estimar pseudo-observaciones y, en base a ellas, estimar, la función de pseudo verosimilitud a maximizar, como se explicó ampliamente en el ítem 2.4.4 (Chen & Guo 2019)

3.3.7. Estadístico de ajuste

Serinaldi *et al.* (2009), Genest & Favre (2007), entre otros, recomiendan el uso de la prueba paramétrica de Cramér-von Mises (S_n) para determinar si una cópula empírica pertenece a una cierta familia de cópulas. El estadístico se define como:

$$S_n = \int_{[0,1]^d} \mathbb{C}_n(\mathbf{u})^2 dC_n(\mathbf{u}) \quad (58)$$

donde: d , es el número de variables del modelo; C_n es el valor calculado utilizando la cópula empírica; y, \mathbb{C}_n es la diferencia entre el valor calculado con la cópula empírica y el calculado con la familia de cópulas en evaluación:

$$\mathbb{C}_n = \sqrt{n}(C_n - C_{\theta_n}) \quad (55)$$

Un valor alto de S_n indica el rechazo de la hipótesis nula H_0 : “la cópula empírica C pertenece a la familia de cópulas C_θ ”. Si se evalúa el ajuste de un conjunto de familias de cópulas, se elegirá el modelo que presente menor valor del estadístico S_n .

3.3.8. Estimación de probabilidades de ocurrencia

La estimación de probabilidades de ocurrencia conjunta se realizó tomando en cuenta el procedimiento explicado en el ítem 2.4.5, poniendo especial énfasis en el análisis de ocurrencia de sequías extremas. Para el caso en estudio, la probabilidad conjunta se evalúa en función al cuadrado unitario de probabilidades mostrado en la Figura 10, obteniendo la siguiente expresión:

$$P_{u,v}^> = P(U \leq u \cap V > v) = u - C(u, v) \quad (59)$$

donde U son los valores del SPI3, y V los valores de la Temperatura del aire, de la superficie del mar o el EMI; asimismo, “ u ” y “ v ” representan valores de referencia sobre los cuales se va a estimar las probabilidades. Por ejemplo, en el caso del SPI3, $u = -2$ que representa el límite por debajo del cual se define una sequía extrema.

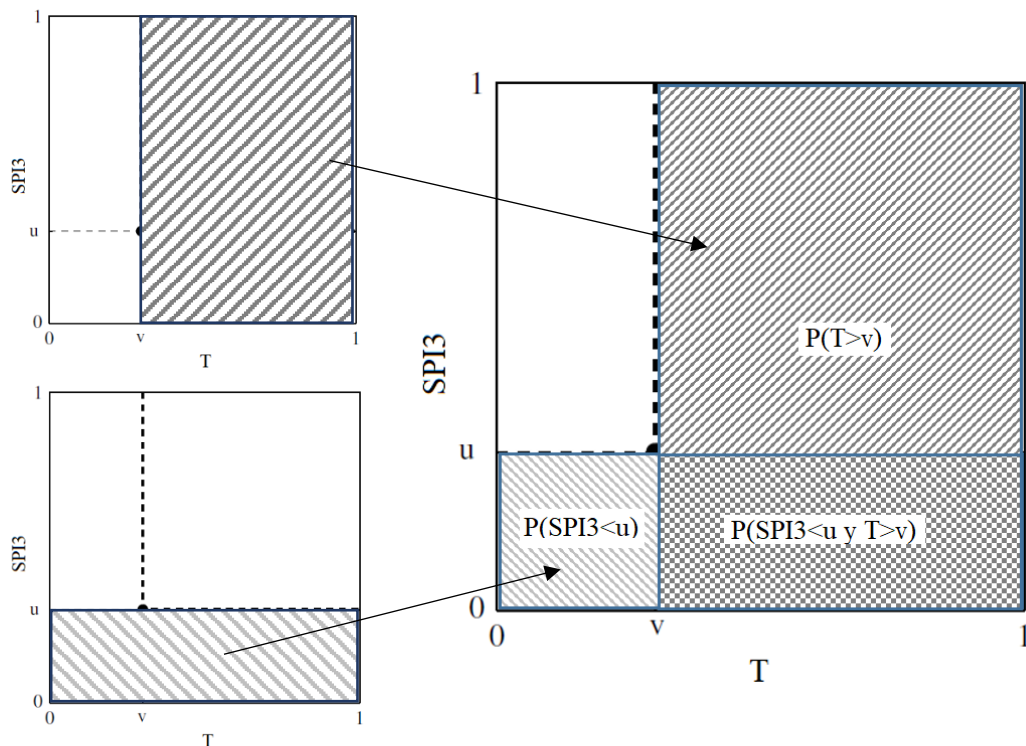


Figura 10: Cuadrado unitario de probabilidades para el análisis de SPI3 y T.

Fuente: Elaboración propia.

La probabilidad de ocurrencia para una cópula tridimensional requiere la construcción de un hipercubo unitario, con la consiguiente complejidad en la representación de las probabilidades. La Figura 11 muestra la relación entre las probabilidades a analizar; donde el volumen anaranjado representa la probabilidad $P(U \leq u \cap V > v \cap W > w)$.

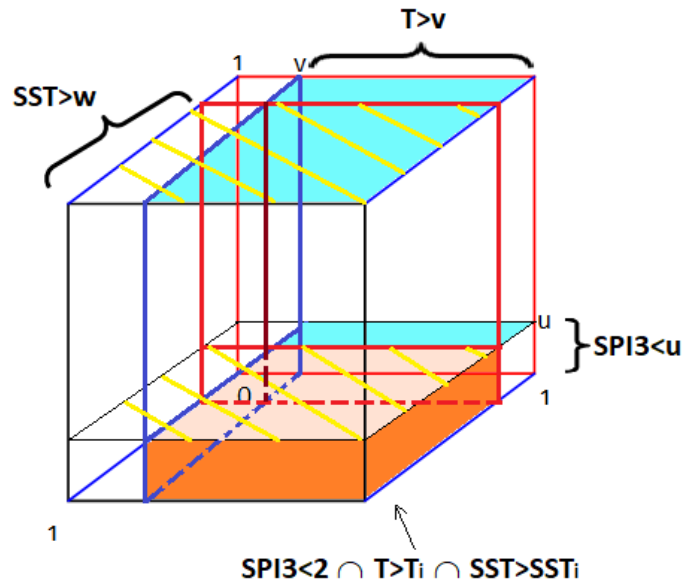


Figura 11: Hipercubo unitario de probabilidades para el análisis de SPI3, T y SST1+2.

Fuente: Elaboración propia.

En base al gráfico, se observa claramente que dicha probabilidad puede estimarse como:

$$P_{u,v,w}^> = P(U \leq u \cap V > v \cap W > w) = u - C(u, v) - C(u, w) + C(u, v, w) \quad (60)$$

donde U son los valores del SPI3, V los valores de la Temperatura del aire, y W los valores de la Temperatura superficial del mar.

3.3.9. Validación del modelo

El uso de modelos probabilísticos presenta especial dificultad en la etapa de validación pues los registros históricos utilizados para seleccionar el modelo son muestras de las poblaciones/series de tiempo completas de las variables en análisis. Bajo estas limitaciones, la validación el modelo se realizará de dos formas: cualitativa y cuantitativa. La validación cualitativa se realizará de manera visual, comparando las curvas de probabilidades empíricas conjuntas y las cópulas con mejor bondad de ajuste. La validación cuantitativa se realizará calculando probabilidades empíricas para diferentes escenarios y comparando los resultados

con los obtenidos usando las funciones cópulas con mejor bondad de ajuste, en base a los criterios escritos en el ítem anterior: similitud en los valores indicará la validez del modelo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN

Para construir la curva doble masa, se consideró como estación patrón al promedio de todas las estaciones. Como se observa en la Figura 11, solamente la estación Toquela muestra un posible salto en el año 1975. De esta manera se procedió a realizar el análisis estadístico para evaluar un posible salto en la media o desviación estándar.

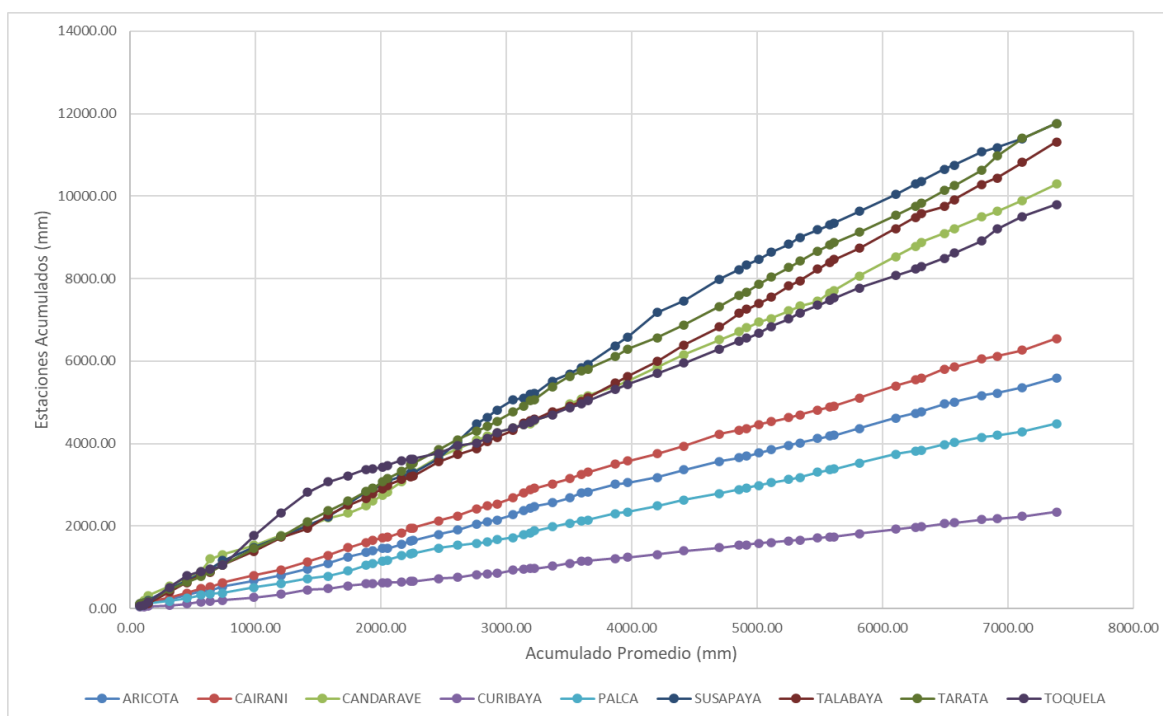


Figura 12: Curva doble masa para las estaciones en análisis

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 16 muestra los resultados del análisis estadístico, confirmando la existencia de un salto y la necesaria corrección de datos. La Figura 12 muestra la curva doble masa con los datos corregidos.

Cuadro 16: Análisis de consistencia en media y desv. estándar. Estación Toquela

Estación	n1	n2	x1	x2	S1	S2	Sp	Sd	Tc	Tt	Salto Media	Fc	Ft	Salto D.Est.
TOQUELA	144	540	21.3	12	56.33	25.36	34.85	3.27	2.85	1.96	SI	1.07	1.25	NO

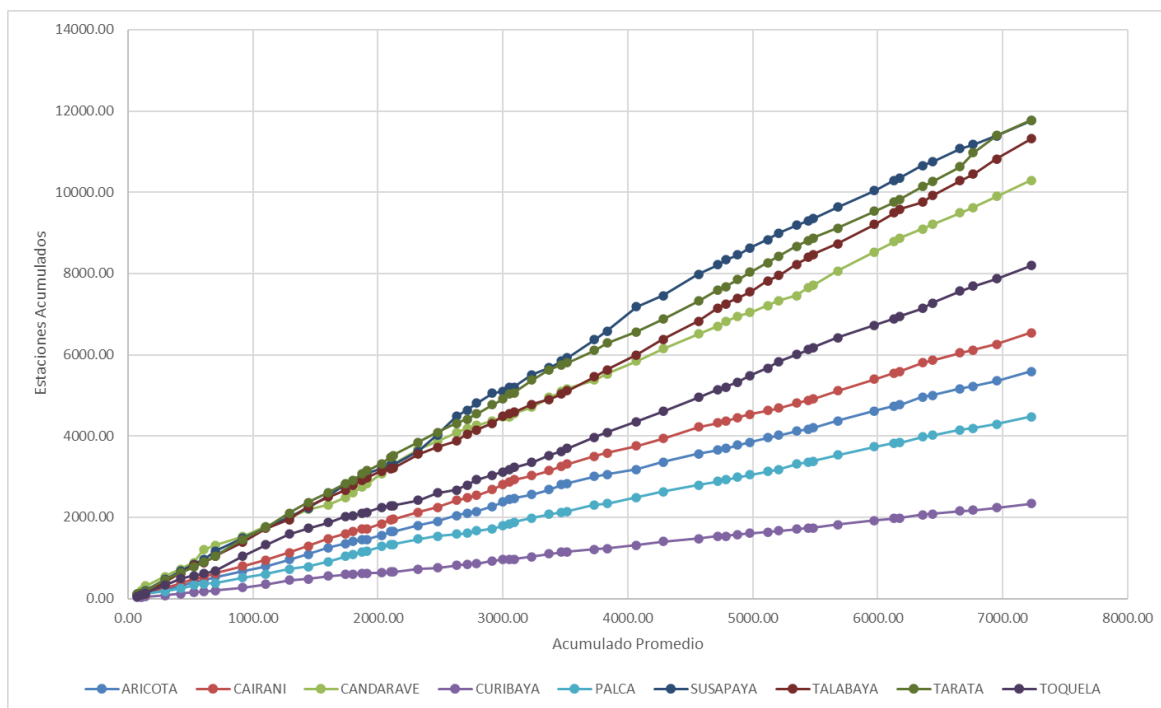


Figura 13: Curva doble masa corregida para las estaciones en análisis

Fuente: Elaboración propia

Con las series corregidas se procedió a realizar el análisis de tendencias a escala mensual. La estación Talabaya muestra tendencia significativa en la media, como puede observarse en el Cuadro 17, por lo que se procedió a corregir la data. Asimismo, las estaciones Aricota y Palca mostraron tendencia en la desviación estándar (Cuadro 18). Las series corregidas se presentan en el Anexo 1.

Cuadro 17: Análisis de tendencia en la media. Precipitación acumulada mensual

	Aricota	Cairani	Candarave	Curibaya	Palca	Susapaya	Talabaya	Tarata	Toquela
r	0.054	0.052	0.045	0.050	0.061	0.032	0.081	0.048	-0.010
r²	0.003	0.003	0.002	0.003	0.004	0.001	0.007	0.002	0.000
Tc	1.419	1.363	1.164	1.311	1.602	0.830	2.113	1.256	-0.264
Tt	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963
tendencia	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 18: Análisis de tendencia en la desviación estándar. Precipitación acumulada mensual

	Aricota	Cairani	Candarave	Curibaya	Palca	Susapaya	Talabaya*	Tarata	Toquela
r	0.275	0.254	0.216	0.216	0.304	0.152	-0.011	0.254	-0.013
r2	0.076	0.065	0.047	0.047	0.093	0.023	0.000	0.065	0.000
Tc	2.121	1.950	1.640	1.639	2.368	1.144	-0.079	1.951	-0.097
Tt	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004
tendencia	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO

(*) El análisis corresponde a los datos corregidos de la estación Talabaya, libre de tendencias

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el análisis de las series de temperatura mostró tendencia significativa en la media en todas las estaciones, pero solamente tendencia en la desviación estándar en la estación Palca, como se puede observar en los Cuadros 19 y 20, por lo se procedió a retirar las tendencias correspondientes. Las series corregidas se presentan en el Anexo 3.

Cuadro 19: Análisis de tendencia en la media. Temperaturas medias mensuales

	Aricota	Cairani	Candarave	Curibaya	Palca	Susapaya	Talabaya	Tarata	Toquela
r	0.313	0.311	0.313	0.313	0.231	0.290	0.313	0.196	0.313
r2	0.098	0.097	0.098	0.098	0.054	0.084	0.098	0.038	0.098
Tc	8.594	8.551	8.594	8.594	6.212	7.914	8.594	5.210	8.594
Tt	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963	1.963
tendencia	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 20: Análisis de tendencia en la desviación estándar. Temperaturas medias mensuales

	Aricota	Cairani	Candarave	Curibaya	Palca	Susapaya	Talabaya	Tarata	Toquela
r	-0.203	-0.159	-0.203	-0.203	-0.273	0.002	-0.203	-0.069	-0.203
r2	0.041	0.025	0.041	0.041	0.074	0.000	0.041	0.005	0.041
Tc	-1.536	-1.197	-1.536	-1.536	-2.103	0.014	-1.536	-0.510	-1.536
Tt	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004	2.004
tendencia	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se analizó la tendencia de las series de temperatura superficial del mar (SST). Como se observa en el Cuadro 21, solamente la serie correspondiente a la zona 4 presentó tendencia en la media; sin embargo, teniendo en cuenta que dicha serie se utiliza en la estimación de las temperaturas medias de la zona 34, corregir la primera implicaría corregir también esta última, así como las anomalías y varios índices ENSO. Por este motivo, y

teniendo en cuenta que la serie SST34 no presenta tendencia, se consideró innecesaria su corrección y se realizó el análisis con los datos originales.

Finalmente, con las series de precipitaciones libres de tendencias, se procedió a estimar el SPI3 y a realizar el análisis de cópulas.

Cuadro 21: Análisis de tendencia en la media. Temperatura superficial del mar (SST)

	SST1+2	SST3	SST4	SST34
r	-0.017	0.015	0.145	0.010
r²	0.000	0.000	0.021	0.000
Tc	-0.463	0.397	3.886	0.276
Tt	1.963	1.963	1.963	1.963
tendencia	NO	NO	SI	NO

Fuente: Elaboración propia

4.2. ÍNDICE DE PRECIPITACION ESTANDARIZADA SPI3

Las series de SPI3 estimadas para las nueve estaciones en análisis se presentan en las Figuras 13, 14 y 15. Como se observa, la ocurrencia de sequías es recurrente en todas las estaciones, llegando a alcanzar la categoría de “sequía extrema” en todas ellas, con excepción de la estación Curibaya; sin embargo, la severidad no es la misma por lo que se procedió a caracterizar los eventos secos.

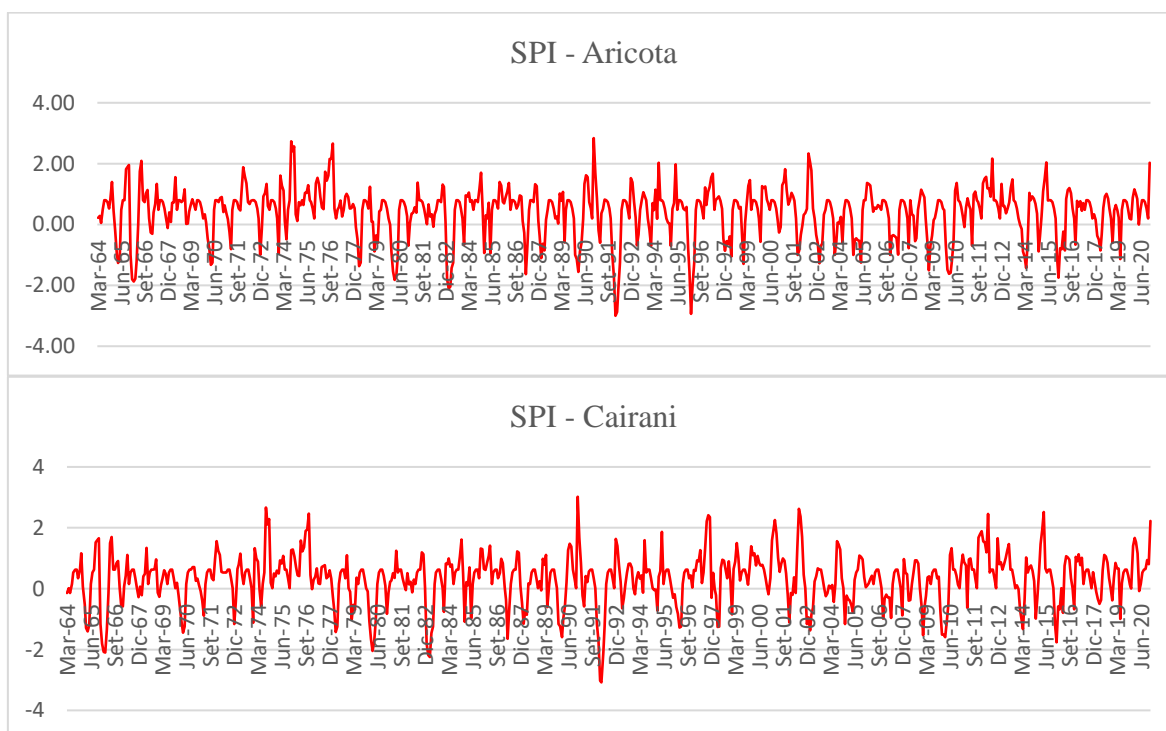


Figura 14: SPI3 estimado para las estaciones Aricota y Cairani



Figura 15: SPI3 estimado para las estaciones Candarave, Curibaya, Palca y Susapaya

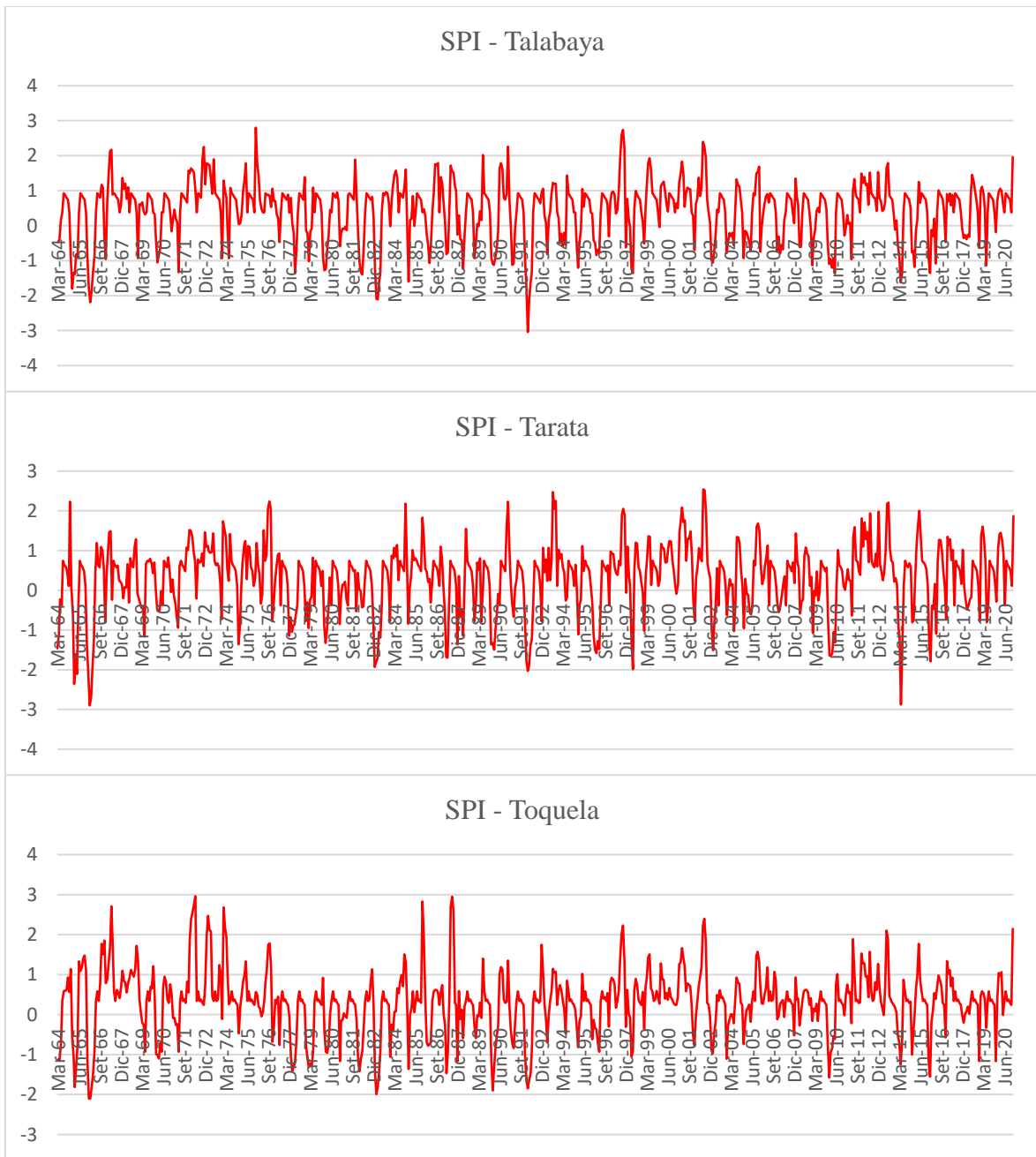


Figura 16: SPI3 estimado para las estaciones Talabaya, Tarata, y Toquela

El Cuadro 22 resume las características promedio de las sequías registradas en cada una de las estaciones en estudio en las categorías extrema, severa y moderada, según lo definido en el Cuadro 2. La categoría “leve”, con SPI entre $<0;1>$, no se consideró en el análisis pues supone ligeras variaciones respecto a las condiciones normales y, por tanto, su efecto no es importante, pudiendo incluso considerarse como parte de la variabilidad climática natural. Según se observa, el número de sequías extremas registradas oscila entre 3 y 4 para todas las estaciones; el número de sequías severas oscila entre 1, en la estación Tarata, y 12, en la

estación Candarave; y las sequías moderadas 21, en la estación Palca, y 30, en la estación Candarave. La duración promedio de las sequías extremas en todas las estaciones oscila alrededor de 3 a 5 meses, las severas oscilan entre 2.5 y 4.1 meses, y las moderadas entre 2.6 y 3.5 meses. Estos resultados sugieren que la zona más propensa a la ocurrencia de sequías en todas las categorías es la correspondientes a la estación Candarave, y zonas/estaciones aledañas. Respecto a la frecuencia de ocurrencia, los eventos moderados tienen un período de recurrencia entre 21 y 30 meses, lo sugiere la ocurrencia de una sequía moderada cada 2 años; en el caso de las sequías severas y extremas, la frecuencia de ocurrencia es muy variable.

Cuadro 22: Características promedio de sequías registradas en la zona en estudio

CATEGORIA	Altitud (msnm)	Categoría	Numero de eventos	Duración promedio (meses)	Magnitud promedio	Intensidad promedio	Pico	Período entre eventos (meses)
ARICOTA	2843	Extrema	3	3.7	-7.4	-2.0	-2.7	78.5
		Severa	10	3.9	-5.7	-1.4	-2.0	79.7
		Moderada	24	3.5	-4.0	-1.1	-1.5	28.2
CAIRANI	3205	Extrema	4	3.8	-6.8	-1.8	-2.4	104.0
		Severa	9	3.9	-5.7	-1.4	-2.0	42.0
		Moderada	24	3.3	-4.0	-1.1	-1.5	28.3
CANDARAVE	3415	Extrema	4	3.8	-6.2	-1.6	-2.8	108.0
		Severa	12	3.3	-4.5	-1.3	-2.1	36.0
		Moderada	30	3.2	-3.2	-1.0	-1.6	21.0
CURIBAYA	2350	Extrema	0	--	--	--	--	--
		Severa	4	2.5	-3.8	-1.5	-1.7	116.0
		Moderada	22	2.6	-2.7	-1.0	-1.2	29.0
PALCA	3142	Extrema	3	3.0	-4.8	-1.6	-2.1	126.0
		Severa	9	3.9	-5.3	-1.4	-1.8	67.4
		Moderada	21	3.2	-3.7	-1.1	-1.5	30.0
SUSAPAYA	3399	Extrema	4	3.5	-6.0	-1.7	-2.4	104.7
		Severa	9	3.9	-5.8	-1.5	-2.0	76.5
		Moderada	24	2.9	-3.7	-1.2	-1.5	28.4
TALABAYA	3400	Extrema	3	4.0	-7.2	-1.8	-2.4	156.0
		Severa	6	3.7	-6.0	-1.6	-2.1	118.2
		Moderada	25	3.0	-3.2	-1.0	-1.4	27.2
TARATA	3068	Extrema	4	4.0	-7.1	-1.8	-2.5	196.3
		Severa	1	4.0	-6.5	-1.6	-2.4	12.0
		Moderada	24	3.5	-4.2	-1.2	-1.6	31.8
TOQUELA	3650	Extrema	1	5.0	-8.4	-1.7	-2.1	--
		Severa	7	4.1	-5.3	-1.3	-1.8	72.0
		Moderada	23	3.4	-3.6	-1.0	-1.4	30.4

Fuente: Elaboración propia

Para una mejor caracterización de los eventos, se procedió a estimar los máximos valores alcanzados por una sequía en sus indicadores principales: duración magnitud, intensidad y pico del evento. Los resultados se muestran en el Cuadro 23. Como se observa, las sequías en la región han registrado duraciones máximas de hasta 7 meses, magnitudes de hasta -12.4, intensidades de -2.1, y valores pico de hasta -3.1. Los resultados conforman que la región con mayor ocurrencia e intensidad de sequías corresponde a la estación Candarave.

Cuadro 23: Características máximas de sequías registradas en la zona en estudio

ESTACION	Inicio(*)	Fin(*)	Duración máxima (meses)	Magnitud máxima	Intensidad máxima	Pico máximo
ARICOTA	12/01/1991	06/01/1992	6.0	-11.9	-2.0	-3.0
CAIRANI	12/01/1991	06/01/1992	6.0	-12.4	-2.1	-3.1
CANDARAVE	01/01/1992	07/01/1992	7.0	-12.0	-2.0	-3.1
CURIBAYA	01/01/1992	05/01/1992	4.0	-5.7	-1.6	-1.8
PALCA	01/01/1971	06/01/1971	5.0	-8.2	-1.6	-2.1
SUSAPAYA	12/01/1964	06/01/1965	6.0	-9.4	-1.9	-2.9
TALABAYA	01/01/1992	06/01/1992	5.0	-9.9	-2.0	-3.0
TARATA	12/01/1989	07/01/1990	7.0	-12.2	-2.0	-2.9
TOQUELA	12/01/1965	06/01/1966	6.0	-9.6	-1.6	-2.1

(*) Las fechas de referencia corresponden a los eventos con mayor duración registrada

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se observa una pequeña relación entre la altitud y el número de eventos registrados (a mayor altitud, mayor ocurrencia de sequías), así como una pequeña relación inversa entre el tiempo de espaciamiento y la altitud (a mayor altitud, menor tiempo de espaciamiento); sin embargo, ninguna de estas relaciones mostró significancia estadística.

4.3. ANÁLISIS DE ASOCIACIÓN ENTRE VARIABLES

4.3.1. Dependencia entre SPI3 e índices ENSO

Como primer paso se realizó un análisis de correlación cruzada entre el índice SPI3, los diferentes índices ENSO y la Temperatura del aire (T). La Figura 17 muestra la correlación cruzada para la Estación Aricota, observándose una dependencia muy alta entre el ICEN y las anomalías de temperatura de la zona 1+2 (ENSO1+2), dependencia alta entre el ONI y las anomalías de temperatura de la zona 34 (ENSO34), y también una dependencia alta entre los índices TNI y EMI. De esta manera, para evitar duplicidad en la dependencia existente, se descartan los índices ICEN, ONI, y TNI, y solamente se analizará la influencia de las

anomalías de temperatura de las zonas 1+2, 34 y el índice El Niño Modoki. (EMI) sobre la ocurrencia de sequías. Similar comportamiento se presenta en todas las demás estaciones en análisis, como puede observarse en los gráficos correspondientes incluidos en el Anexo 4. La Figura 16 también muestra que los índices seleccionados no presentan una correlación notoria con el índice SPI3, por lo que se procedió a estimar los coeficientes de correlación de Kendall, Spearman y Pearson. Como se observa en el Cuadro 24, en todas las estaciones el valor-p <0.05 entre el índice SPI3 y los índices ENSO34 y EMI, rechazándose la hipótesis nula $H_0 =$ “no hay correlación entre variables”; por otro lado, el índice ENSO1+2 mostró valores-p altos indicando que no se puede rechazar la hipótesis nula H_0 y siendo descartada para los posteriores análisis.

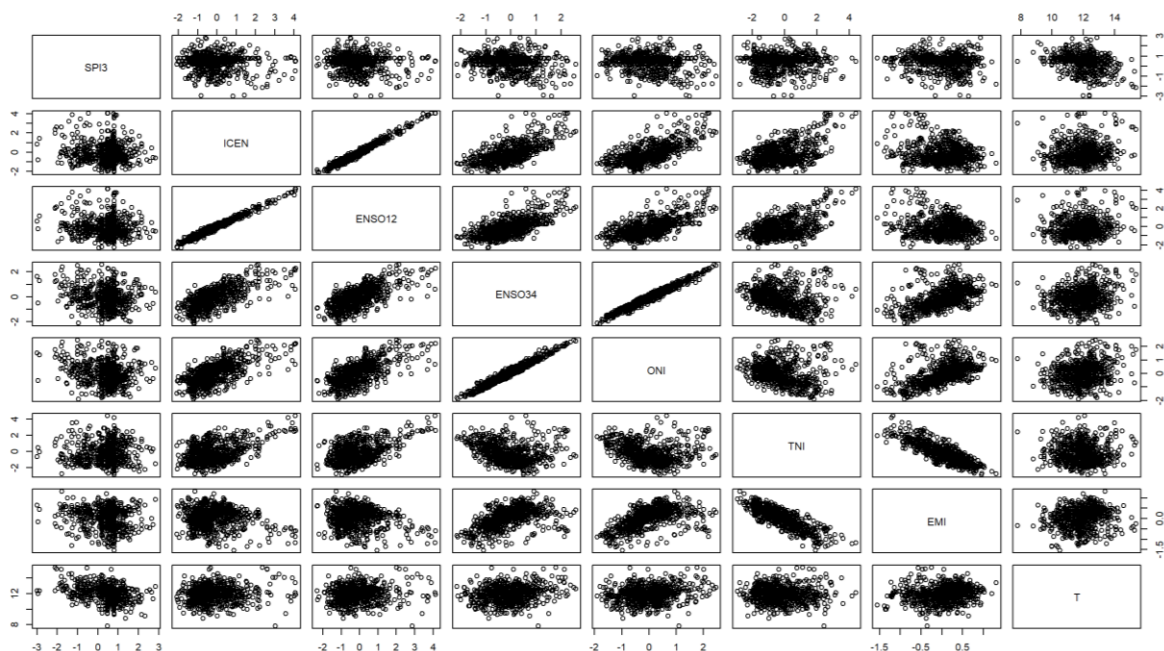


Figura 17: Análisis de correlación cruzada entre variables. Estación Aricota

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los valores de las correlaciones, los valores τ de Kendall sugieren una correlación negativa muy baja, con valores entre -0.06 y -0.12 para el EMI, y valores entre -0.04 y -0.09 para el ENSO34, mostrando que el índice EMI presenta mayor influencia sobre el SPI3.

Cuadro 24: Coeficientes de correlación entre SPI3 y los índices ENSO1+2, ENSO34, EMI, para cada una de las estaciones analizadas

Estación	Índice ENSO	Tipo de correlación	Coefficiente de correlación	Valor p	Significante al 5%
Aricota	EMI	Kendall	-0.084	0.00120	Si
		Spearman	-0.121	0.00157	Si
		Pearson	-0.109	0.00426	Si
	ENSO1+2	Kendall	-0.043	0.09614	No
		Spearman	-0.064	0.09393	No
		Pearson	-0.118	0.00208	Si
	ENSO34	Kendall	-0.097	0.0002	Si
		Spearman	-0.143	0.00018	Si
		Pearson	-0.194	0.000	Si
Cairani	EMI	Kendall	-0.124	0.000	Si
		Spearman	-0.175	0.000	Si
		Pearson	-0.162	0.000	Si
	ENSO1+2	Kendall	-0.018	0.490	No
		Spearman	-0.029	0.456	No
		Pearson	-0.055	0.148	No
	ENSO34	Kendall	-0.099	0.000	Si
		Spearman	-0.145	0.000	Si
		Pearson	-0.164	0.000	Si
Candarave	EMI	Kendall	-0.063	0.015	Si
		Spearman	-0.092	0.017	Si
		Pearson	-0.121	0.002	Si
	ENSO1+2	Kendall	-0.027	0.290	No
		Spearman	-0.041	0.285	No
		Pearson	-0.052	0.178	No
	ENSO34	Kendall	-0.048	0.068	Si
		Spearman	-0.071	0.066	Si
		Pearson	-0.085	0.027	Si
Curibaya	EMI	Kendall	-0.056	0.033	Si
		Spearman	-0.080	0.036	Si
		Pearson	-0.108	0.005	Si
	ENSO1+2	Kendall	-0.03	0.252	No
		Spearman	-0.044	0.250	No
		Pearson	-0.05	0.185	No
	ENSO34	Kendall	-0.042	0.113	No
		Spearman	-0.061	0.110	No
		Pearson	-0.125	0.001	Si
Palca	EMI	Kendall	-0.067	0.010	Si
		Spearman	-0.099	0.010	Si
		Pearson	-0.093	0.015	Si
	ENSO1+2	Kendall	-0.027	0.293	No
		Spearman	-0.039	0.305	No
		Pearson	-0.092	0.017	Si

Cuadro 24: Coeficientes de correlación entre SPI3 y los índices ENSO1+2, ENSO34, EMI, para cada una de las estaciones analizadas (continuación)

Estación	Índice ENSO	Tipo de correlación	Coefficiente de correlación	Valor p	Significante al 5%
Palca	ENSO34	Kendall	-0.076	0.003	Si
		Spearman	-0.113	0.003	Si
		Pearson	-0.156	0.000	Si
Susapaya	EMI	Kendall	-0.093	0.0003	Si
		Spearman	-0.138	0.0003	Si
		Pearson	-0.144	0.0002	Si
	ENSO1+2	Kendall	0.016	0.542	No
		Spearman	0.025	0.521	No
		Pearson	-0.022	0.575	No
	ENSO34	Kendall	-0.054	0.037	Si
		Spearman	-0.078	0.041	Si
		Pearson	-0.126	0.001	Si
Talabaya	EMI	Kendall	-0.069	0.008	Si
		Spearman	-0.101	0.008	Si
		Pearson	-0.123	0.001	Si
	ENSO1+2	Kendall	-0.016	0.530	No
		Spearman	-0.024	0.538	No
		Pearson	-0.048	0.215	No
	ENSO34	Kendall	-0.066	0.011	Si
		Spearman	-0.097	0.011	Si
		Pearson	-0.121	0.002	Si
Tarata	EMI	Kendall	-0.095	0.000	Si
		Spearman	-0.142	0.000	Si
		Pearson	-0.145	0.000	Si
	ENSO1+2	Kendall	-0.012	0.635	No
		Spearman	-0.017	0.659	No
		Pearson	-0.055	0.152	No
	ENSO34	Kendall	-0.088	0.001	Si
		Spearman	-0.130	0.001	Si
		Pearson	-0.160	0.000	Si
Toquela	EMI	Kendall	-0.059	0.02211	Si
		Spearman	-0.088	0.02188	Si
		Pearson	-0.104	0.006447	Si
	ENSO1+2	Kendall	-0.012	0.6421	No
		Spearman	-0.017	0.6555	No
		Pearson	-0.027	0.47	No
	ENSO34	Kendall	-0.072	0.005438	Si
		Spearman	-0.106	0.005467	Si
		Pearson	-0.116	0.00232	Si

4.3.2. Dependencia entre SPI3 y temperatura del aire

La dependencia existente entre el SPI3 y la Temperatura de aire (T) puede observarse también en la Figura 16, para la estación Aricota. A diferencia de los índices ENSO, gráficamente sí se observa una correlación entre variables, por lo que se procedió a la estimación de los coeficientes de correlación, encontrando un τ de Kendall -0.248 y un ρ de Spearman de -0.356, considerados como correlaciones moderadas (Corder & Foreman 2009). Los resultados son coherentes con el comportamiento gráfico mostrado en la Figura 16 y justifican el uso de cópulas para estimar probabilidades de ocurrencia conjunta.

Similar comportamiento se observó en las demás estaciones. Los coeficientes de correlación para todas las estaciones se resumen en el Cuadro 25.

Cuadro 25: Coeficientes de correlación entre SPI3 y Temperatura del aire, para cada una de las estaciones analizadas

Estación	Tipo de correlación	Coefficiente de correlación	Valor p	Significante al 5%
Aricota	Kendall	-0.248	$<10^{-6}$	Si
	Spearman	-0.356	$<10^{-6}$	Si
	Pearson	-0.354	$<10^{-6}$	Si
Cairani	Kendall	-0.215	$<10^{-6}$	Si
	Spearman	-0.32	$<10^{-6}$	Si
	Pearson	-0.32	$<10^{-6}$	Si
Candarave	Kendall	-0.188	$<10^{-6}$	Si
	Spearman	-0.274	$<10^{-6}$	Si
	Pearson	-0.248	$<10^{-6}$	Si
Curibaya	Kendall	-0.306	$<10^{-6}$	Si
	Spearman	-0.43	$<10^{-6}$	Si
	Pearson	-0.43	$<10^{-6}$	Si
Palca	Kendall	-0.264	$<10^{-6}$	Si
	Spearman	-0.386	$<10^{-6}$	Si
	Pearson	-0.337	$<10^{-6}$	Si
Susapaya	Kendall	-0.227	$<10^{-6}$	Si
	Spearman	-0.321	$<10^{-6}$	Si
	Pearson	-0.284	$<10^{-6}$	Si
Talabaya	Kendall	-0.215	$<10^{-6}$	Si
	Spearman	-0.304	$<10^{-6}$	Si
	Pearson	-0.299	$<10^{-6}$	Si
Tarata	Kendall	-0.132	$<10^{-6}$	Si
	Spearman	-0.19	$<10^{-6}$	Si
	Pearson	-0.199	$<10^{-6}$	Si
Toquela	Kendall	-0.207	$<10^{-6}$	Si
	Spearman	-0.296	$<10^{-6}$	Si
	Pearson	-0.282	$<10^{-6}$	Si

Por otro lado, se observó una cierta relación entre las correlaciones y la altitud de las estaciones, por lo que se procedió a realizar el análisis correspondiente. La existencia de esta correlación implicaría que la influencia de la Temperatura varía con la altitud, por lo que se procedió a realizar un análisis de regresión lineal entre los coeficientes de correlación hallados y la altitud de las estaciones. Con excepción de la estación Tarata, se encontró que existe dependencia lineal directa entre las correlaciones y altitudes, alcanzando coeficientes de correlación cercanos a 0.9. La Figura 18 muestra los gráficos de regresión para los tres coeficientes de correlación, incluyendo los coeficientes de determinación. El comportamiento de las curvas muestra que “a mayor altitud, el coeficiente de correlación se acerca más a cero”. Este comportamiento deberá ser tomado en cuenta para futuros estudios que incluyan la espacialización de este análisis.

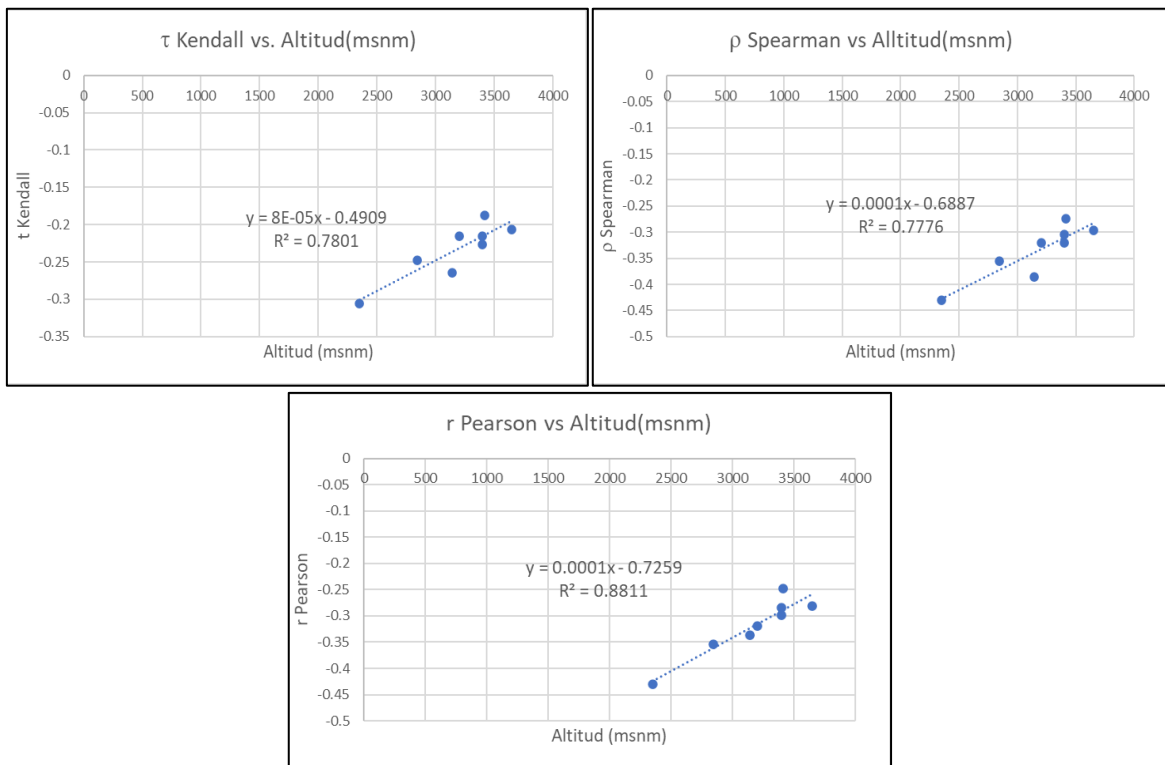


Figura 18: Análisis de regresión entre altitudes y coeficientes de correlación

4.3.3. Dependencia entre SPI3 y temperatura superficial del mar

La Figura 19 muestra la correlación cruzada entre SPI3 de la estación Aricota y las temperaturas superficiales del mar en las regiones ENSO. La figura muestra una relación de dependencia bien definida entre el SPI3 y SST1+2, y entre SPI3 y SST3, a diferencia de la SST4 y de la SST34 cuyos gráficos no son muy claros, por lo que se procedió a la estimación de los coeficientes de correlación. Asimismo, se observa dependencia entre SST1+2 y SST3,

comprensible por corresponder a dos regiones adyacentes. Si se analiza el mapa de las regiones El Niño, se observará que de izquierda a derecha aparecen zona 4 -zona 34 – zona 3 – zona 1+2; en este mismo orden se observa que la dependencia mostrada en la Figura 18 se reduce, lo que sugiere que la SST1+2 es la variable más adecuada para estudiar esta dependencia. Similar comportamiento se presenta en todas las demás estaciones en análisis, como puede observarse en los gráficos correspondientes incluidos en el Anexo 5.

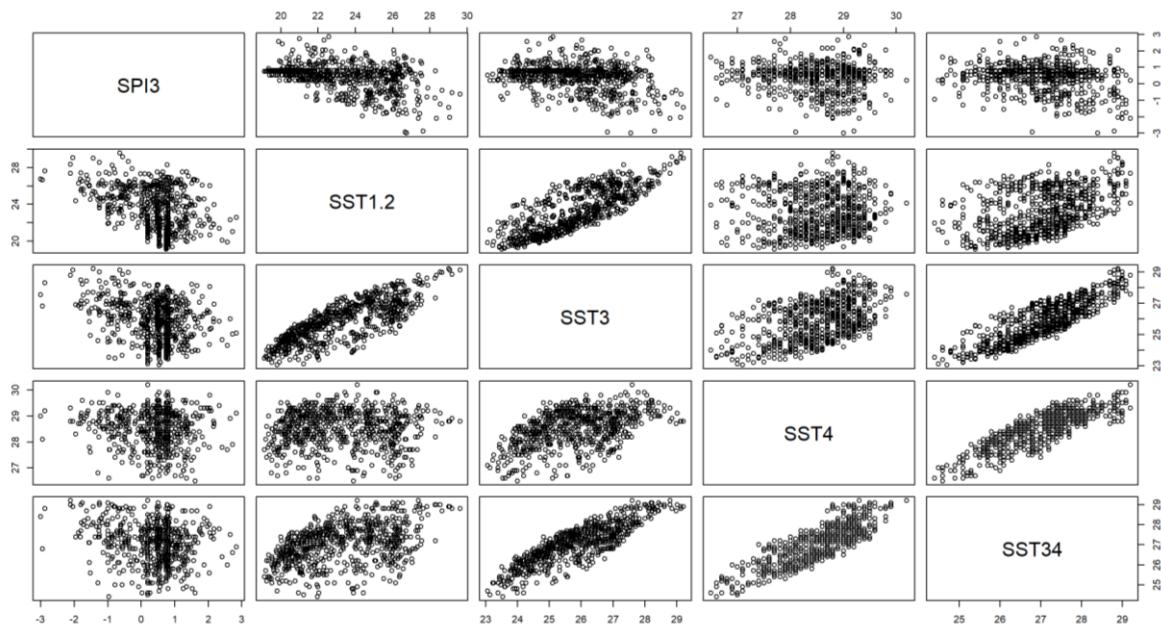


Figura 19: Análisis de correlación cruzada. SPI3 y Temperatura superficial del mar (SST). Estación Aricota

El Cuadro 26 presenta los coeficientes de correlación estimados entre SPI3 y las temperaturas superficiales del mar para las diferentes regiones ENSO. Los valores calculados son coherentes con el comportamiento gráfico: las correlaciones decrecen a medida que se analizan las temperaturas superficiales del mar de regiones más alejadas a la costa peruana, mostrando mayores valores para la zona 1+2 y menores valores para la zona 4. De esta manera se confirma el análisis gráfico y la selección de la SST1+2 como variable que presenta mayor relación con la ocurrencia de sequías.

Cuadro 26: Coeficientes de correlación entre SPI3 y Temperatura superficial del mar (SST), para cada una de las estaciones analizadas y cada una de las regiones ENSO

Estación	SST	Tipo de correlación	Coefficiente de correlación	Valor p	Significante al 5%
Aricota	SST1+2	Kendall	-0.25144	$<10^{-15}$	Si
		Spearman	-0.36104	$<10^{-15}$	Si
		Pearson	-0.40674	$<10^{-15}$	Si

Cuadro 26: Coeficientes de correlación entre SPI3 y Temperatura superficial del mar (SST), para cada una de las estaciones analizadas y cada una de las regiones ENSO (continuación)

Estación	SST	Tipo de correlación	Coefficiente de correlación	Valor p	Significante al 5%
Aricota	SST3	Kendall	-0.18079	$<10^{-11}$	Si
		Spearman	-0.26739	$<10^{-11}$	Si
		Pearson	-0.32217	$<10^{-11}$	Si
	SST4	Kendall	-0.04629	0.0811	No
		Spearman	-0.06688	0.0809	No
		Pearson	-0.08813	0.0214	Si
	SST34	Kendall	-0.11153	0.000023	Si
		Spearman	-0.16387	0.000017	Si
		Pearson	-0.20174	$<10^{-6}$	Si
Cairani	SST1+2	Kendall	-0.22069	$<10^{-15}$	Si
		Spearman	-0.30347	$<10^{-15}$	Si
		Pearson	-0.33217	$<10^{-15}$	Si
	SST3	Kendall	-0.16085	$<10^{-9}$	Si
		Spearman	-0.23330	$<10^{-9}$	Si
		Pearson	-0.26881	$<10^{-12}$	Si
	SST4	Kendall	-0.06280	0.01765	Si
		Spearman	-0.08908	0.01998	Si
		Pearson	-0.09435	0.0137	Si
	SST34	Kendall	-0.11911	$<10^{-5}$	Si
		Spearman	-0.17142	$<10^{-5}$	Si
		Pearson	-0.18690	$<10^{-6}$	Si
Candarave	SST1+2	Kendall	-0.13227	$<10^{-6}$	Si
		Spearman	-0.19649	$<10^{-6}$	Si
		Pearson	-0.23335	$<10^{-9}$	Si
	SST3	Kendall	-0.08226	0.00147	Si
		Spearman	-0.12522	0.00105	Si
		Pearson	-0.16913	$<10^{-5}$	Si
	SST4	Kendall	-0.02709	0.3043	No
		Spearman	-0.04051	0.2908	No
		Pearson	-0.05083	0.1849	No
	SST34	Kendall	-0.04909	0.06099	No
		Spearman	-0.07751	0.04301	Si
		Pearson	-0.10054	0.00860	Si
Curibaya	SST1+2	Kendall	-0.31570	$<10^{-15}$	Si
		Spearman	-0.50422	$<10^{-15}$	Si
		Pearson	-0.57218	$<10^{-15}$	Si
	SST3	Kendall	-0.19182	$<10^{-12}$	Si
		Spearman	-0.28874	$<10^{-13}$	Si
		Pearson	-0.36769	$<10^{-15}$	Si
	SST4	Kendall	0.06885	0.01038	Si
		Spearman	0.10156	0.007948	Si
		Pearson	0.04058	0.29	No

Cuadro 26: Coeficientes de correlación entre SPI3 y Temperatura superficial del mar (SST), para cada una de las estaciones analizadas y cada una de las regiones ENSO (continuación)

Estación	SST	Tipo de correlación	Coefficiente de correlación	Valor p	Significante al 5%
Curibaya	SST34	Kendall	-0.04035	0.1305	No
		Spearman	-0.05532	0.149	No
		Pearson	-0.13839	0.000289	Si
Palca	SST1+2	Kendall	-0.25114	<10 ⁻¹⁵	Si
		Spearman	-0.37733	<10 ⁻¹⁵	Si
		Pearson	-0.46108	<10 ⁻¹⁵	Si
	SST3	Kendall	-0.15554	<10 ⁻⁸	Si
		Spearman	-0.23827	<10 ⁻⁹	Si
		Pearson	-0.32861	<10 ⁻¹⁵	Si
	SST4	Kendall	-0.00011	0.9966	No
		Spearman	0.00099	0.9795	No
		Pearson	-0.01996	0.6029	No
	SST34	Kendall	-0.06116	0.02012	Si
		Spearman	-0.09230	0.01590	Si
		Pearson	-0.16090	0.00002	Si
Susapaya	SST1+2	Kendall	-0.13780	<10 ⁻⁷	Si
		Spearman	-0.20708	<10 ⁻⁷	Si
		Pearson	-0.28323	<10 ⁻¹³	Si
	SST3	Kendall	-0.06833	0.00827	Si
		Spearman	-0.10741	0.00500	Si
		Pearson	-0.20723	<10 ⁻⁷	Si
	SST4	Kendall	-0.00947	0.7196	No
		Spearman	-0.01448	0.7059	No
		Pearson	-0.06303	0.1	No
	SST34	Kendall	-0.01983	0.4492	No
		Spearman	-0.03431	0.3709	No
		Pearson	-0.12323	0.00126	Si
Talabaya	SST1+2	Kendall	-0.26502	<10 ⁻¹⁵	Si
		Spearman	-0.38201	<10 ⁻¹⁵	Si
		Pearson	-0.41430	<10 ⁻¹⁵	Si
	SST3	Kendall	-0.16759	<10 ⁻⁹	Si
		Spearman	-0.25272	<10 ⁻¹⁰	Si
		Pearson	-0.29745	<10 ⁻¹⁴	Si
	SST4	Kendall	-0.00637	0.81020	No
		Spearman	-0.00815	0.83180	No
		Pearson	-0.03406	0.37450	No
	SST34	Kendall	-0.08078	0.00217	Si
		Spearman	-0.12464	0.00111	Si
		Pearson	-0.15327	0.00006	Si
Tarata	SST1+2	Kendall	-0.20497	<10 ⁻¹⁴	Si
		Spearman	-0.29725	<10 ⁻¹⁴	Si
		Pearson	-0.34573	<10 ⁻¹⁵	Si

Cuadro 26: Coeficientes de correlación entre SPI3 y Temperatura superficial del mar (SST), para cada una de las estaciones analizadas y cada una de las regiones ENSO (continuación)

Estación	SST	Tipo de correlación	Coefficiente de correlación	Valor p	Significante al 5%
Tarata	SST3	Kendall	-0.15417	$<10^{-8}$	Si
		Spearman	-0.23125	$<10^{-9}$	Si
		Pearson	-0.29195	$<10^{-14}$	Si
	SST4	Kendall	-0.04760	0.07113	No
		Spearman	-0.06989	0.06815	No
		Pearson	-0.08422	0.02786	Si
	SST34	Kendall	-0.10956	0.00003	Si
		Spearman	-0.16762	0.00001	Si
		Pearson	-0.20220	$<10^{-6}$	Si
Toquela	SST1+2	Kendall	-0.1997	$<10^{-13}$	Si
		Spearman	-0.2931	$<10^{-13}$	Si
		Pearson	-0.2893	$<10^{-13}$	Si
	SST3	Kendall	-0.1353	$<10^{-6}$	Si
		Spearman	-0.2052	$<10^{-6}$	Si
		Pearson	-0.2179	$<10^{-6}$	Si
	SST4	Kendall	-0.0212	0.422	No
		Spearman	-0.0298	0.4362	No
		Pearson	-0.0461	0.2289	No
	SST34	Kendall	-0.0728	0.0056	Si
		Spearman	-0.1107	0.0038	Si
		Pearson	-0.1259	0.0010	Si

4.4. ESTIMACIÓN DE MARGINALES PARA LAS VARIABLES SELECCIONADAS

Por definición, las series de SPI3 se ajustan a una distribución normal estándar, de media $\mu=0$ y desviación estándar $S=1$, por lo cual no requieren ajuste.

Las series de temperatura mostraron un buen ajuste a la distribución normal, con excepción de la estación Susapaya, por lo que se procedió a estimar sus parámetros. Para la estación Susapaya, se verificó que la distribución normal presenta mejor bondad de ajuste pero sin superar el test estadístico de normalidad; a pesar de ello, se utilizará esta distribución de forma referencial para los cálculos de probabilidades posteriores.

El análisis estadístico para todas las estaciones se resume en el Anexo 6. El resumen de los parámetros de las funciones marginales halladas se presenta en el Cuadro 27.

Cuadro 27: Parámetros de las funciones marginales de temperatura para cada estación

Estación	Variable	Función	Parámetros	
			μ	S
Aricota	T	Normal	11.9203	1.0663
Cairani	T	Normal	9.4510	0.7276
Candarave	T	Normal	9.8904	1.0231
Curibaya	T	Normal	8.3554	1.2877
Palca	T	Normal	13.3015	1.4516
Susapaya (*)	T	Normal	10.5187	0.7899
Talabaya	T	Normal	7.0487	1.6577
Tarata	T	Normal	12.1570	1.0640
Toquela	T	Normal	8.7722	1.2656

(*) La estación Susapaya presentó mejor bondad de ajuste para la distribución normal, pero no superó el test estadístico de normalidad

La serie de EMI mostró buen ajuste a la distribución generalizada de valores extremos (GEV), con una significancia del 5 por ciento, como se observa en el Anexo 7. El Cuadro 28 presenta los parámetros de la función marginal encontrada.

Cuadro 28: Parámetros de la función marginal del Índice El Niño Modoki (EMI)

Variable	Función	Parámetros		
		α	k	u
EMI	GEV	0.526912	0.450038	-0.101255

Finalmente, la serie de temperaturas superficiales del mar SST1+2 mostró buen ajuste a la distribución Log Normal, con una significancia del 5 por ciento, como se observa en el Anexo 8. El Cuadro 29 presenta los parámetros de la función encontrada.

Cuadro 29: Parámetros de la función marginal de la Temperatura Superficial del Mar en la zona 1+2 (SST 1+2)

Zona	Variable	Función	Parámetros	
			μ	σ
1+2	T	Log Normal	3.14336	0.0994988

4.5. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE CÓPULAS A EVALUAR

La evaluación y ajuste de cópulas a las series de datos consideradas se realizó en R, utilizando el paquete Cópula publicado en <https://cran.r-project.org/>. El software considera el uso del método no paramétrico de máxima pseudo verosimilitud, por lo que se procedió a estimar las pseudo observaciones de las variables. Se consideraron cinco familias de cópulas

en el análisis.

El análisis se dividió en dos partes: un análisis bidimensional entre el SPI3 y cada una de las variables seleccionadas, EMI, Temperatura del aire (T) y Temperatura superficial del mar en la zona 1+2 (SST 1+2); y, un análisis tridimensional, considerando solamente las dos variables con mejor correlación respecto al SPI3.

4.5.1. Cópulas bidimensionales

El primer análisis se realizó entre el SPI3 y el índice EMI. Los resultados se presentan en el Cuadro 30; como se observa, las series muestran mejor aproximación a las familias Clayton y t-Student, con predominancia de la primera. Asimismo, se observa que, en todos los casos donde la cópula Clayton presenta mejor ajuste, la cópula con segundo mejor ajuste es la cópula t-Student, lo que sugiere que ésta última tiene mejor performance para representar este tipo de relaciones. Este comportamiento no se manifiesta en sentido contrario; es decir, la cópula Clayton no siempre es la mejor segunda en los casos donde la cópula t-Student presenta mejor ajuste.

Cuadro 30: Ajuste de cópulas bidimensionales entre SPI3 y EMI para cada una de las estaciones analizadas

ESTACIÓN	COPULA	Sn	VALOR p	PARÁMETROS
ARICOTA	Gumbel	0.1361	0.01449	1.001
	Clayton	0.0282	0.7188	-0.15535
	Frank	0.0347	0.3901	-0.76508
	Normal	0.03998	0.3771	-0.1053
	t Student(*)	0.03224	0.471	-0.1168; 10
CAIRANI	Gumbel	0.27005	0.0004995	1
	Clayton	0.23488	0.0004995	-0.019875
	Frank	0.04878	0.1633	-1.1387
	Normal	0.05583	0.1503	-0.16129
	t Student(*)	0.044084	0.2343	-0.17688; 10
CANDARAVE	Gumbel	0.06077	0.1264	1
	Clayton	0.02515	0.7248	-0.07115
	Frank	0.03112	0.4071	-0.5901
	Normal	0.03126	0.4471	-0.1107
	t Student(*)	0.021803	0.6968	-0.10296; 10
CURIBAYA	Gumbel	0.06513	0.2193	1.0009
	Clayton	0.02178	0.8556	-0.10641
	Frank	0.03158	0.5559	-0.49171
	Normal	0.03105	0.6369	-0.083285
	t Student(*)	0.03061	0.5879	-0.084075; 10

Cuadro 30: Ajuste de cópulas bidimensionales entre SPI3 y EMI para cada una de las estaciones analizadas (continuación)

ESTACIÓN	COPULA	Sn	VALOR p	PARÁMETROS
PALCA	Gumbel	0.069469	0.01249	1
	Clayton	0.022608	0.524	-0.081756
	Frank	0.022775	0.3841	-0.61056
	Normal	0.021013	0.531	-0.095846
	t Student(*)	0.01967	0.535	-0.1003; 10
SUSAPAYA	Gumbel	0.11586	0.0004995	1
	Clayton	0.035201	0.2522	-0.17082
	Frank	0.027835	0.2103	-0.85863
	Normal	0.024425	0.3711	-0.15172
	t Student(*)	0.02034	0.5559	-0.14631; 10
TALABAYA	Gumbel	0.094146	0.04845	1
	Clayton	0.034953	0.463	-0.097233
	Frank	0.045746	0.1923	-0.6263
	Normal	0.045348	0.2073	-0.11124
	t Student(*)	0.04204	0.2363	-0.10651; 10
TARATA	Gumbel	0.13889	0.0004995	1
	Clayton	0.024247	0.6189	-0.17398
	Frank	0.028383	0.2063	-0.87994
	Normal	0.026388	0.3342	-0.13928
	t Student(*)	0.025074	0.3272	-0.14478; 10
TOQUELA	Gumbel	0.082744	0.005495	1
	Clayton	0.038552	0.2063	-0.11196
	Frank	0.058941	0.02348	-0.53683
	Normal	0.058861	0.02847	-0.10309
	t Student(*)	0.054531	0.03946	-0.095292; 10

(*)En la cópula t-Student, el segundo parámetro representa el número de grados de libertad

La Figura 20 presenta las funciones de densidad conjunta (columna izquierda), y las curvas de isoprobabilidades (columna derecha) para la cópula que mostró mejor bondad de ajuste. Como forma de verificación, se graficó la cópula empírica (columna central), verificando que en todos los casos hay semejanza con la cópula seleccionada.

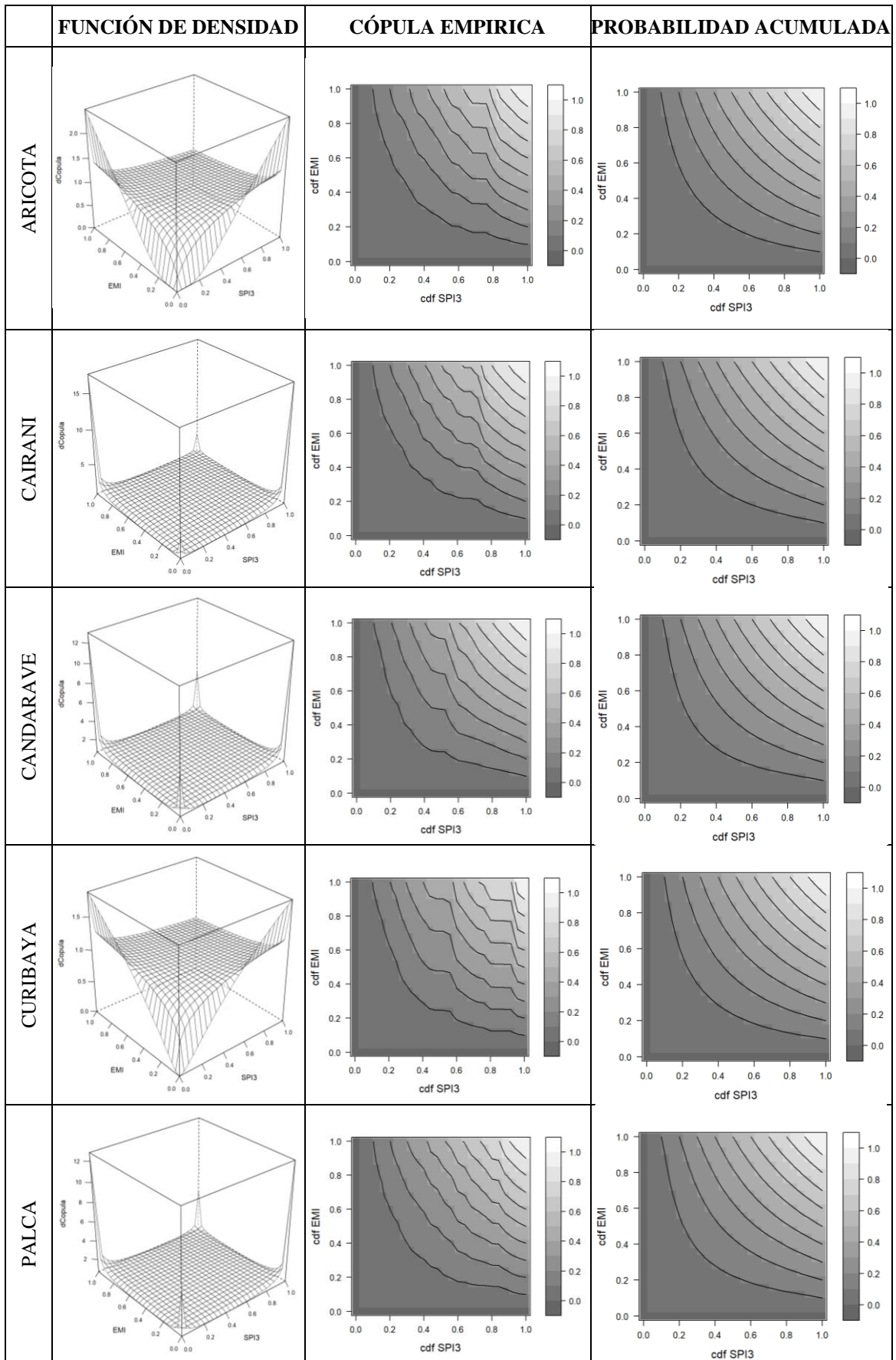


Figura 20: Función de densidad conjunta (izquierda), cópula empírica (centro) y función de probabilidad acumulada (derecha) para cada estación. SPI3 vs EMI

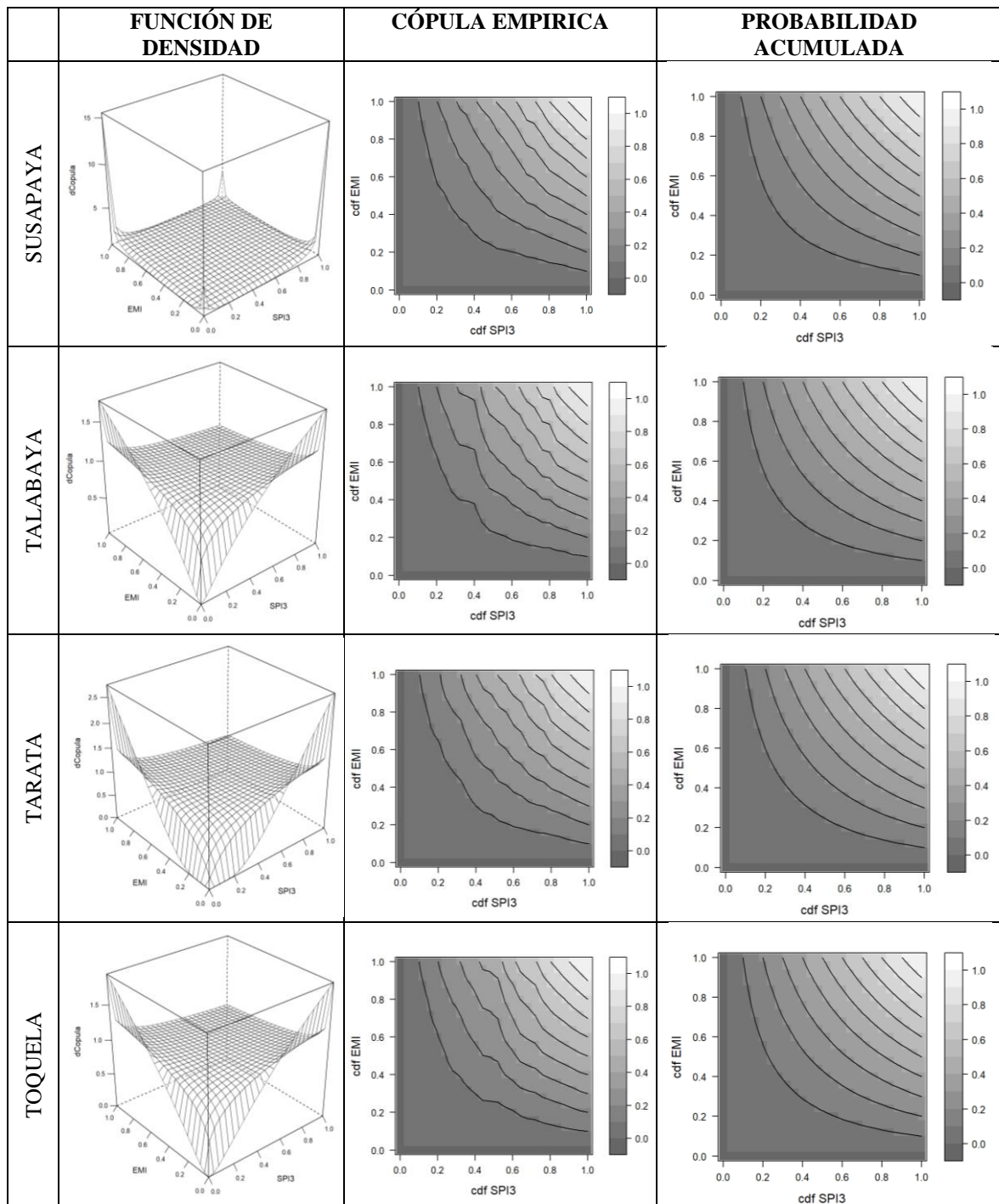


Figura 20: Función de densidad conjunta (izquierda), cópula empírica (centro) y función de probabilidad acumulada (derecha) para cada estación. SPI3 vs EMI (continuación)

Similar procedimiento se aplicó para estimar la función cópula entre SPI3 y Temperatura del aire. Los resultados se presentan en el Cuadro 31; en este caso, las series muestran mejor aproximación a la familia Frank, exceptuando las estaciones Curibaya y Tarata, que presentan mejor aproximación a las cópulas Normal y t-Student respectivamente. En forma similar al análisis anterior, se observa que, en todos los casos donde la cópula Frank presenta

mejor ajuste, la cópula con segundo mejor ajuste es la cópula Normal. Este comportamiento se manifiesta también en sentido contrario, lo que sugiere que ambas familias de cópulas tienen mejor performance para representar este tipo de relaciones.

Cuadro 31: Ajuste de cópulas bidimensionales entre SPI3 y Temperatura del aire para cada una de las estaciones analizadas

ESTACIÓN	COPULA	Sn	VALOR p	PARÁMETROS
ARICOTA	Gumbel	0.9238	0.0004995	1
	Clayton	0.3803	0.0004995	-0.19773
	Frank	0.1376	0.03846	-2.284
	Normal	0.1587	0.02847	-0.35352
	t Student(*)	0.16372	0.02148	-0.35222
CAIRANI	Gumbel	0.6854	0.0004995	1
	Clayton	0.34425	0.001499	-0.15386
	Frank	0.17424	0.007493	-2.0042
	Normal	0.17969	0.01349	-0.32297
	t Student(*)	0.18137	0.006494	-0.31871; 10
CANDARAVE	Gumbel	0.5497	0.0005	1
	Clayton	0.29084	0.0005	-0.11593
	Frank	0.10388	0.0405	-1.6821
	Normal	0.1104	0.0345	-0.26849
	t Student(*)	0.1139	0.0375	-0.26303; 10
CURIBAYA	Gumbel	1.0763	0.0004995	1
	Clayton	0.83373	0.0004995	-0.068186
	Frank	0.17403	0.01449	-2.9422
	Normal	0.13701	0.05245	-0.44807
	t Student(*)	0.13887	0.04945	-0.4495; 10
PALCA	Gumbel	0.96845	0.0004995	1
	Clayton	0.33034	0.0004995	-0.21779
	Frank	0.036045	0.1094	-2.4476
	Normal	0.054282	0.02048	-0.3729
	t Student(*)	0.062554	0.007493	-0.36843; 10
SUSAPAYA	Gumbel	0.90858	0.0004995	1
	Clayton	0.43175	0.0004995	-0.16941
	Frank	0.16642	0.0004995	-2.0286
	Normal	0.19557	0.0004995	-0.30859
	t Student(*)	0.19731	0.0004995	-0.31371; 10
TALABAYA	Gumbel	0.72341	0.0004995	1
	Clayton	0.32975	0.0004995	-0.15437
	Frank	0.078049	0.09341	-1.956
	Normal	0.094186	0.07443	-0.30168
	t Student(*)	0.094721	0.06543	-0.30536; 10
TARATA	Gumbel	0.25358	0.0004995	1
	Clayton	0.19861	0.0004995	-0.033461

Cuadro 31: Ajuste de cópulas bidimensionales entre SPI3 y Temperatura del aire para cada una de las estaciones analizadas (continuación)

ESTACIÓN	COPULA	Sn	VALOR p	PARÁMETROS
TARATA	Frank	0.052893	0.05944	-1.1942
	Normal	0.053064	0.04945	-0.20492
	t Student(*)	0.050174	0.06743	-0.19916; 10
TOQUELA	Gumbel	0.62286	0.0004995	1
	Clayton	0.28299	0.0004995	-0.14306
	Frank	0.11135	0.009491	-1.8739
	Normal	0.11341	0.006494	-0.3066
	t Student(*)	0.11365	0.01149	-0.30122; 10

(*)En la cópula t-Student, el segundo parámetro representa el número de grados de libertad

En la Figura 21 se observa que hay coherencia entre la cópula empírica y la función de probabilidad acumulada (cópula) con mejor bondad de ajuste para todas las estaciones; sin embargo, la estación Curibaya presenta ciertas discordancias que se hacen notorias pero sin perder la coherencia entre ambas funciones.

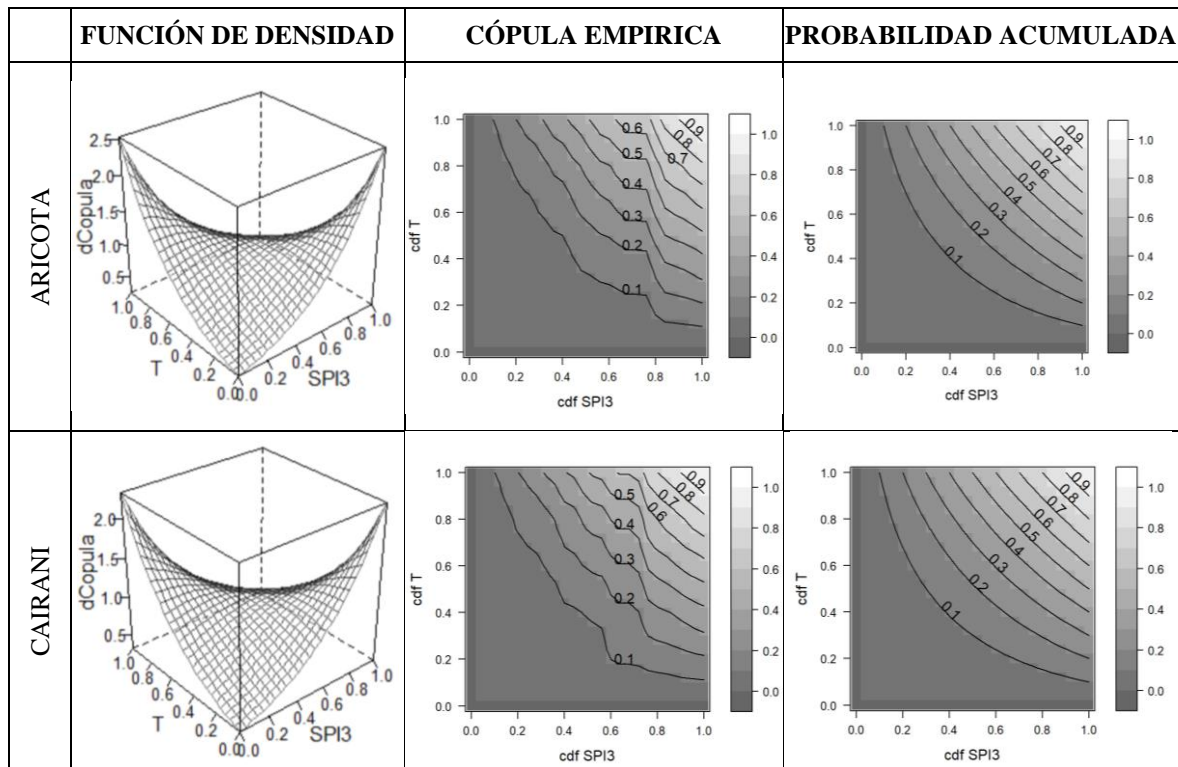


Figura 21: Función de densidad conjunta (izquierda), cópula empírica (centro) y función de probabilidad acumulada (derecha) para cada una de las estaciones en análisis. SPI3 vs T

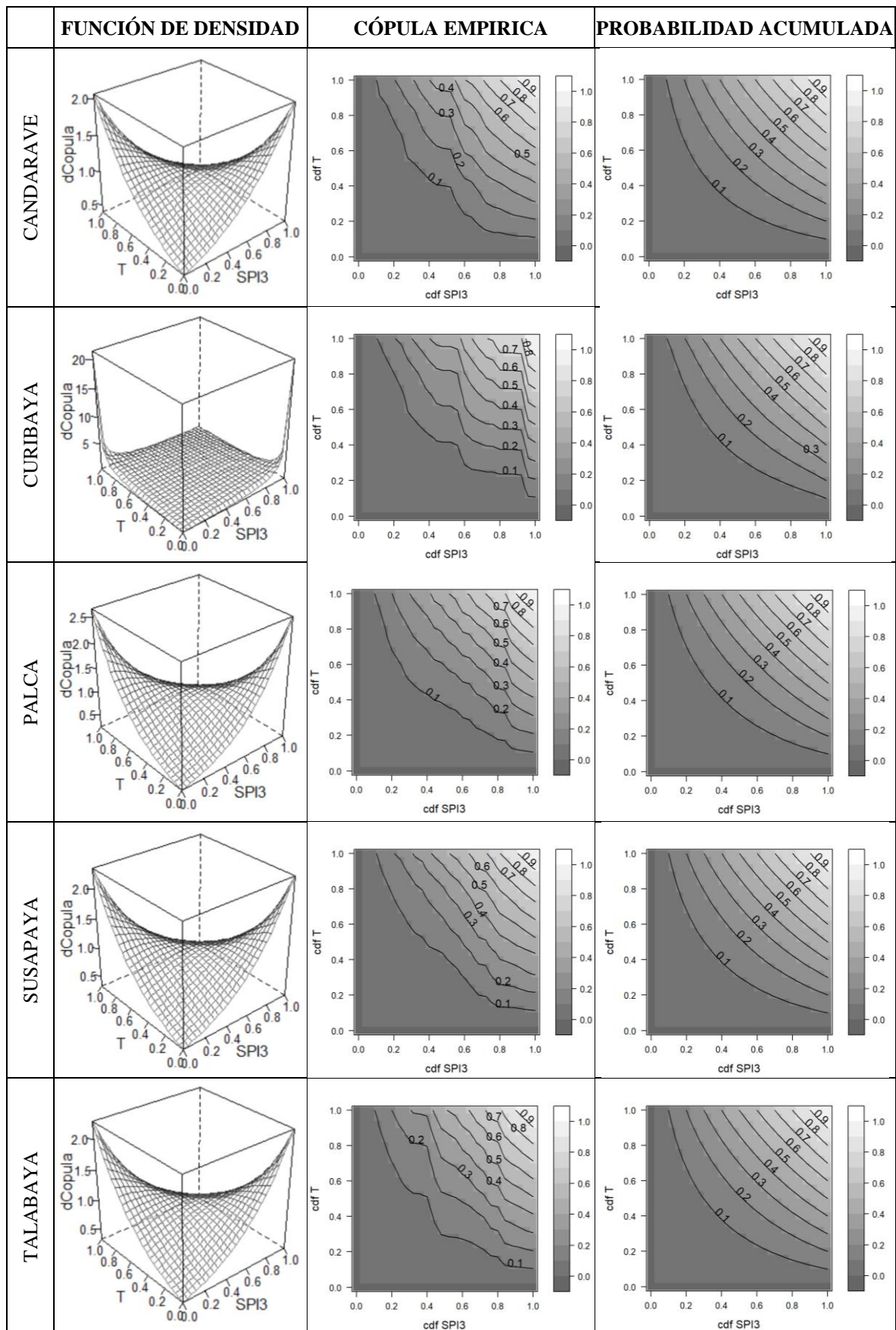


Figura 21: Función de densidad conjunta (izquierda), cópula empírica (centro) y función de probabilidad acumulada (derecha) para cada una de las estaciones en análisis. SPI3 vs T (continuación)

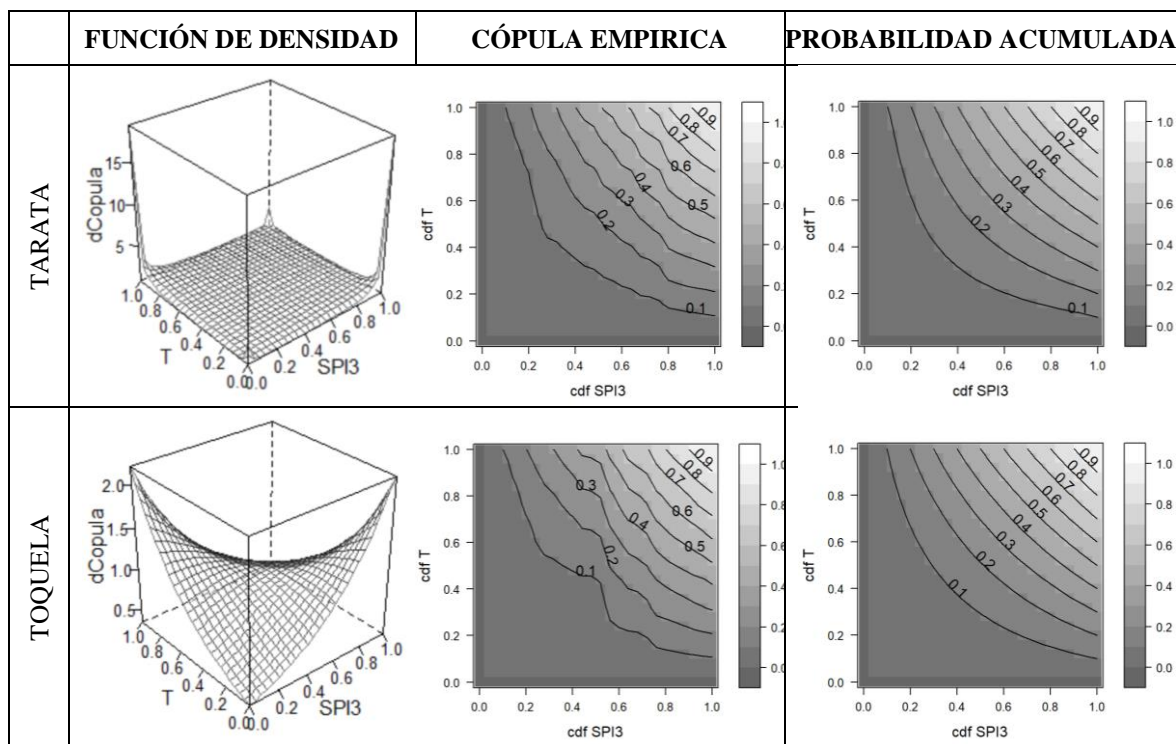


Figura 21: Función de densidad conjunta (izquierda), cópula empírica (centro) y función de probabilidad acumulada (derecha) para cada una de las estaciones en análisis. SPI3 vs T (continuación)

Finalmente, como se observa en el Cuadro 32, al análisis entre SPI3 y SST1+2 mostró una mejor aproximación a la familia Frank, exceptuando las estaciones Candarave y Susapaya, que presentan mejor aproximación a la cópula Clayton. En forma similar a los análisis anteriores, se observa que, en todos los casos donde la cópula Clayton presenta mejor ajuste, la cópula con segundo mejor ajuste es la cópula Frank, lo que sugiere que ésta última tiene mejor performance para representar este tipo de variables. Este comportamiento no se manifiesta en sentido contrario.

Cuadro 32: Ajuste de cópulas bidimensionales entre SPI3 y Temperatura Superficial del Mar en la zona 1+2 para cada una de las estaciones analizadas

ESTACIÓN	COPULA	Sn	VALOR p	PARÁMETROS
ARICOTA	Gumbel	1.1418	0.0004995	1
	Clayton	0.498	0.0004995	-0.20184
	Frank	0.29956	0.0004995	-2.2626
	Normal	0.33612	0.001499	-0.35137
	t Student(*)	0.35062	0.001499	-0.34519; 10
CAIRANI	Gumbel	1.0202	0.0004995	1
	Clayton	0.52053	0.0004995	-0.16159
	Frank	0.33279	0.001499	-1.8765
	Normal	0.35918	0.0004995	-0.30348

Cuadro 32: Ajuste de cópulas bidimensionales entre SPI3 y Temperatura Superficial del Mar en la zona 1+2 para cada una de las estaciones analizadas (continuación)

ESTACIÓN	COPULA	Sn	VALOR p	PARÁMETROS
	t Student(*)	0.36985	0.0004995	-0.29781
CANDARAVE	Gumbel	0.47812	0.0004995	1
	Clayton	0.26579	0.001499	-0.23363
	Frank	0.32352	0.001499	-1.1649
	Normal	0.32926	0.001499	-0.21272
	t Student(*)	0.32767	0.0004995	-0.0004995
CURIBAYA	Gumbel	1.5572	0.0004995	1
	Clayton	1.297	0.0004995	-0.79898
	Frank	0.59652	0.0004995	-3.1697
	Normal	0.62829	0.001499	-0.45189
	t Student(*)	0.6367	0.0004995	-0.44536
PALCA	Gumbel	1.3044	0.0004995	1
	Clayton	0.69921	0.0004995	-0.20146
	Frank	0.48394	0.0004995	-2.3205
	Normal	0.5211	0.0004995	-0.34759
	t Student(*)	0.52944	0.0004995	-0.34807
SUSAPAYA	Gumbel	0.60275	0.0004995	1
	Clayton	0.36323	0.0004995	-0.24165
	Frank	0.42284	0.0004995	-1.2402
	Normal	0.424	0.0004995	-0.21548
	t Student(*)	0.4246	0.0004995	-0.20895
TALABAYA	Gumbel	1.4655	0.0004995	1
	Clayton	0.67144	0.0004995	-0.219
	Frank	0.42569	0.0004995	-2.4014
	Normal	0.48923	0.0004995	-0.35137
	t Student(*)	0.4993	0.0004995	-0.35532
TARATA	Gumbel	0.98019	0.0004995	1
	Clayton	0.57844	0.0004995	-0.14021
	Frank	0.40694	0.0004995	-1.806
	Normal	0.42882	0.0004995	-0.29161
	t Student(*)	0.43975	0.0004995	-0.2847
TOQUELA	Gumbel	0.87808	0.0004995	1
	Clayton	0.53644	0.0004995	-0.13293
	Frank	0.39088	0.0004995	-1.7898
	Normal	0.39921	0.0004995	-0.27628
	t Student(*)	0.4034	0.0004995	-0.2802

(*)En la cópula t-Student, el segundo parámetro representa el número de grados de libertad

La Figura 22 presenta las funciones de densidad conjunta (columna izquierda), la cópula empírica (centro), y las curvas de isoprobabilidades para la correspondiente función de probabilidad acumulada (columna derecha). A diferencia de lo encontrado con otras

variables, se observa discordancias importantes entre la cópula empírica y la probabilidad acumulada correspondiente a la función cópula. Esta diferencia es especialmente notoria en la estación Curibaya, y ya se había manifestado en el análisis con la Temperatura del aire. Esto sugiere que la data de dicha estación puede ser no confiable. Teniendo en cuenta esta discordancia, se procedió con el análisis trivariado.

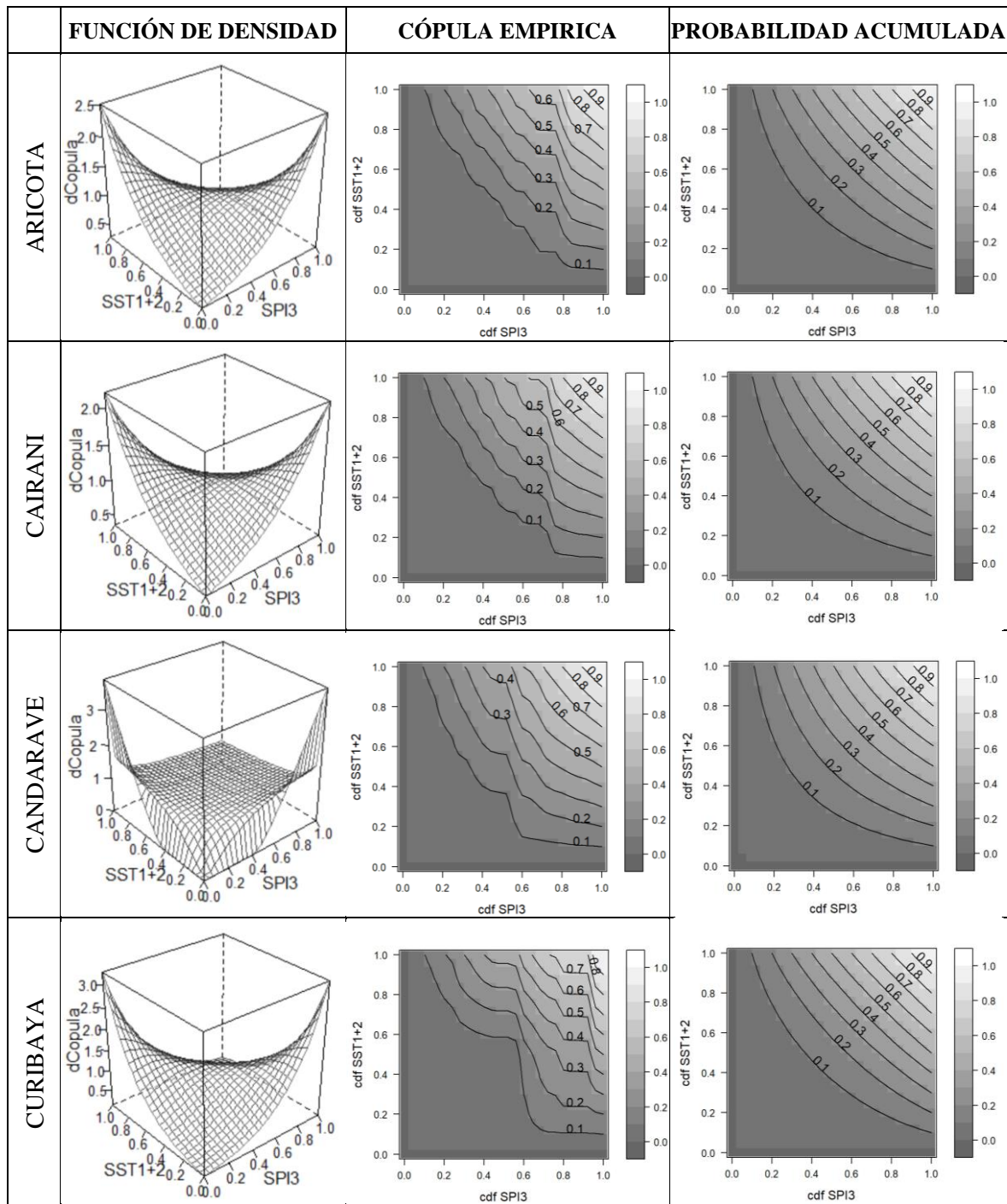


Figura 22: Función de densidad conjunta (izquierda), cópula empírica (centro) y función de probabilidad acumulada (derecha) para cada una de las estaciones en análisis. SPI3 vs SST1+2

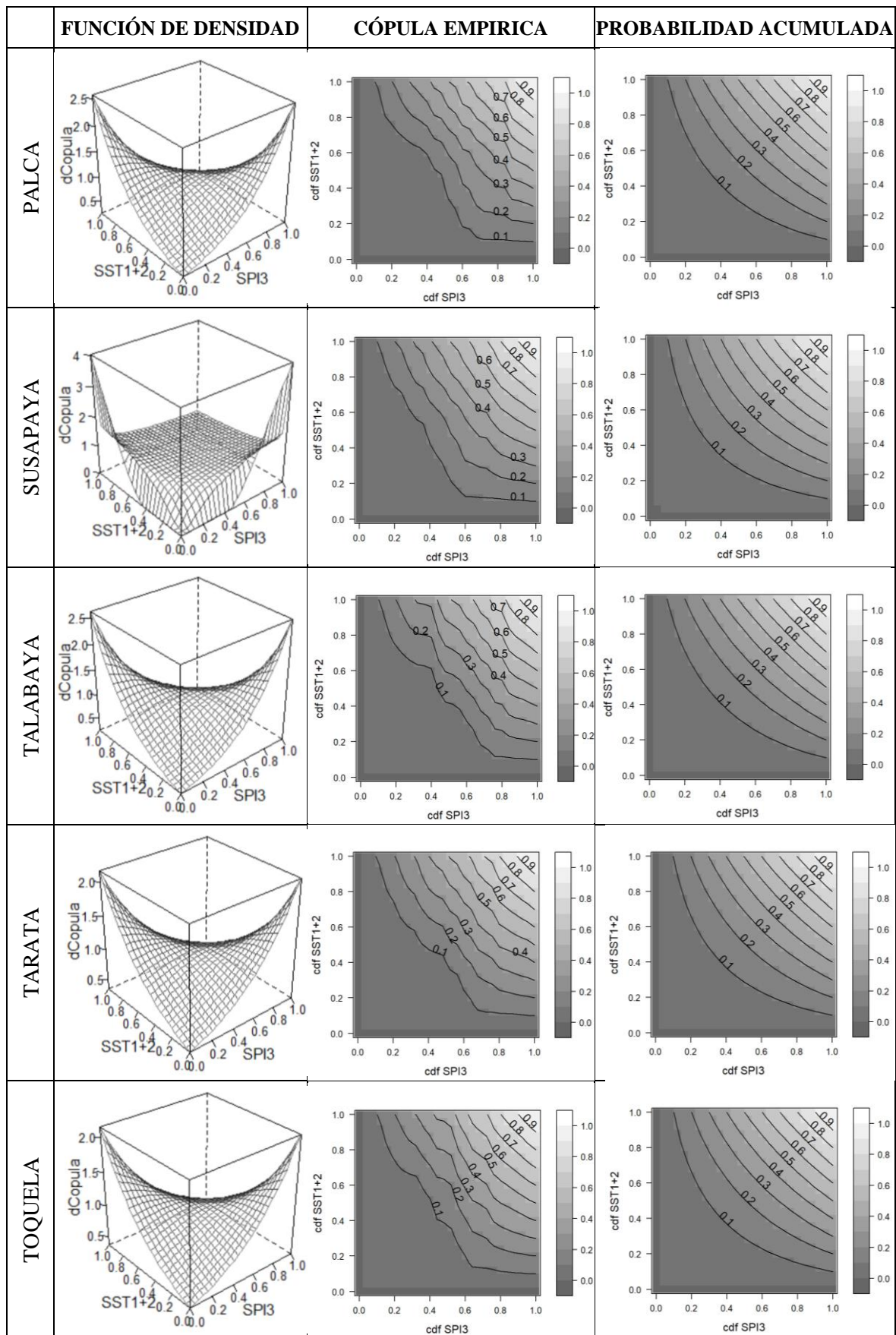


Figura 22: Función de densidad conjunta (izquierda), cópula empírica (centro) y función de probabilidad acumulada (derecha) para cada una de las estaciones en análisis. SPI3 vs SST1+2 (continuación)

4.5.2. Cópula tridimensional

El análisis tridimensional se realizó entre las variables SPI3, T y SST1+2, mostrando predominancia de la cópula normal en todas las estaciones, a excepción de la estación Tarata, donde la cópula t-Student mostró mejor bondad de ajuste. Asimismo, se observa que, en todos los casos donde la cópula Normal presenta mejor ajuste, la cópula con segundo mejor ajuste es la cópula t-Student y viceversa, lo que sugiere que la predominancia de las cópulas del tipo elípticas para estas variables. Por otro lado, las cópulas Clayton y Frank no están definidas para un $\theta = 0$, motivo por el cual no se estimó el valor del estadístico de bondad de ajuste. Los resultados se presentan en el Cuadro 33.

Cuadro 33: Ajuste de cópulas tridimensionales entre SPI3, Temperatura del aire (T) y Temperatura Superficial del Mar en la zona 1+2 (SST1+2) para cada una de las estaciones analizadas

ESTACIÓN	COPULA	Sn	VALOR p	PARÁMETROS
ARICOTA	Gumbel	0.74627	0.0004995	1
	Clayton	--	--	0
	Frank	--	--	0
	Normal	0.19238	0.003497	-0.35403, -0.35194, 0.28504
	t Student(*)	0.19904	0.0004995	-0.34501, -0.33592, 0.27505, 10
CAIRANI	Gumbel	0.68276	0.0004995	1
	Clayton	--	--	0
	Frank	--	--	0
	Normal	0.25752	0.001499	-0.32347, -0.30425, 0.28665
	t Student(*)	0.26219	0.0004995	-0.31393, -0.28951, 0.27653, 10
CANDARAVE	Gumbel	0.48519	0.0004995	1
	Clayton	--	--	0
	Frank	--	--	0
	Normal	0.24058	0.0004995	-0.26893, -0.21349, 0.28379
	t Student(*)	0.24143	0.001499	-0.25910, -0.19122, 0.27283, 10
CURIBAYA	Gumbel	1.0514	0.0004995	1
	Clayton	--	--	0
	Frank	--	--	0
	Normal	0.3924	0.0004995	-0.44827, -0.45211, 0.28516
	t Student(*)	0.4107	0.0004995	-0.44749, -0.44063, 0.27072, 10
PALCA	Gumbel	0.7184	0.0004995	1
	Clayton	--	--	0
	Frank	--	--	0
	Normal	0.15876	0.0004995	-0.37306, -0.34778, 0.17419
	t Student(*)	0.16581	0.0004995	-0.36424, -0.34421, 0.15967, 10
SUSAPAYA	Gumbel	0.62537	0.0004995	1
	Clayton	--	--	0
	Frank	--	--	0

Cuadro 33: Ajuste de cópulas tridimensionales entre SPI3, Temperatura del aire (T) y Temperatura Superficial del Mar en la zona 1+2 (SST1+2) para cada una de las estaciones analizadas (continuación)

ESTACIÓN	COPULA	Sn	VALOR p	PARÁMETROS
SUSAPAYA	Normal	0.25944	0.0004995	-0.30897, -0.21639, 0.29223
	t Student(*)	0.26764	0.0004995	-0.31302, -0.20170, 0.27335, 10
TALABAYA	Gumbel	0.80626	0.0004995	1
	Clayton	--	--	0
	Frank	--	--	0
	Normal	0.2305	0.0004995	-0.30228, -0.35187, 0.28270
	t Student(*)	0.23484	0.0004995	-0.30384, -0.34922, 0.26865, 10
TARATA	Gumbel	0.41247	0.0004995	1
	Clayton	--	--	0
	Frank	--	--	0
	Normal	0.19115	0.0004995	-0.20557, -0.29202, 0.25541
	t Student(*)	0.18897	0.0004995	-0.19878, -0.28239, 0.23927, 10
TOQUELA	Gumbel	0.65306	0.0004995	1
	Clayton	--	--	0
	Frank	--	--	0
	Normal	0.2641	0.0004995	-0.30709, -0.27695, 0.28358
	t Student(*)	0.26614	0.0004995	-0.30003, -0.27280, 0.27111, 10

(*)En la cópula t-Student, el cuarto parámetro representa el número de grados de libertad

4.6. PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

4.6.1. Análisis bidimensional

El análisis de probabilidad de ocurrencia se realizó para eventos de intensidad extrema. En el caso de sequías, este escenario corresponde a valores de $SPI3 < -2$; es decir $u = P(SPI3 < -2)$. Para el caso de los eventos El Niño, se analizó solamente la etapa cálida extrema, que corresponde a $EMI > 1.4$; es decir, $v = P(EMI < 1.4)$ y $P(EMI > 1.4) = 1 - v$. En el caso de las temperaturas de aire, se analizaron temperaturas de 8°C, 10°C, 12°C y 14°C, considerando que $v = P(T < 8)$; $v = P(T < 10)$; $v = P(T < 12)$; $v = P(T < 14)$, respectivamente, para luego calcular las probabilidades de ocurrencia por intervalos de temperatura. En el caso de las temperaturas superficiales del mar, se analizaron temperaturas de 22°C, 24°C, 26°C, 28°C y 30°C, considerando que $w = P(T < 22)$; $w = P(T < 24)$; $w = P(T < 26)$; $w = P(T < 28)$; $w = P(T < 30)$, respectivamente, para proceder posteriormente con la evaluación por intervalos de temperatura. Entonces, se aplicó la ecuación (59) para calcular las probabilidades de ocurrencia:

$$P_{u,v}^> = P(\text{SPI3} \leq -2 \cap T > T_i) = u - C(u, v) \quad \text{para temperaturas del aire;}$$

$$P_{u,v}^> = P(\text{SPI3} \leq -2 \cap \text{EMI} > 1.4) = u - C(u, v) \quad \text{para EMI; y}$$

$$P_{u,v}^> = P(\text{SPI3} \leq -2 \cap \text{SST} > \text{SST}_i) = u - C(u, w) \quad \text{para temperatura superficial del mar.}$$

Los resultados se resumen en los cuadros 31, 32 y 33, para el análisis SPI3 vs Temperaturas del aire, SPI3 vs EMI, y SPI3 vs Temperatura superficial del mar, respectivamente. El análisis de ocurrencia de sequías extremas vs temperatura del aire muestra que la ocurrencia de sequías extremas es más usual a temperaturas de entre 8°C a 10°C; asimismo se observa que, la temperatura máxima a la que ocurren sequías extremas es de 12°, con excepción de las estaciones Aricota, Palca y Tarata, donde las sequias extremas pueden presentarse aún por encima de los 12°C y hasta 16°C. Por otro lado, como se observa en las dos últimas columnas del Cuadro 34, no hay un intervalo de temperaturas predominante para la ocurrencia de sequías extremas.

Cuadro 34: Probabilidad de ocurrencia de sequía extrema (SPI3<=-2) en función de la temperatura del aire

	$u = P(\text{SPI3} \leq -2)$	T_i	$v = P(T < T_i)$	$C(u, v)$	$P_i = P(U \leq u \cap V > v) = u - C(u, v)$	$P_{i+1} - P_i$	P(%)
ARICOTA	0.023	8	0.00012	0.00000	0.0227	--	--
($\theta = -2.284$)	0.023	10	0.03586	0.00023	0.0225	0.0002	0.023
	0.023	12	0.52979	0.00619	0.0166	0.0060	0.596
	0.023	14	0.97444	0.02135	0.0014	0.0152	1.516
	0.023	16	0.99993	0.02275	0.0000	0.0014	0.140
CAIRANI	0.023	8	0.02306	0.00017	0.0226	--	--
($\theta = -2.0042$)	0.023	10	0.77474	0.01332	0.0094	0.0132	1.315
	0.023	12	0.99977	0.02274	0.0000	0.0094	0.941
	0.023	14	1.00000	0.02275	0.0000	0.0000	0.001
	0.023	16	1.00000	0.02275	0.0000	0.0000	0.000
CANDARAVE	0.023	8	0.03232	0.00030	0.0225	--	--
($\theta = -1.6821$)	0.023	10	0.54266	0.00785	0.0149	0.0076	0.755
	0.023	12	0.98039	0.02186	0.0009	0.0140	1.401
	0.023	14	0.99997	0.02275	0.0000	0.0009	0.089
	0.023	16	1.00000	0.02275	0.0000	0.0000	0.000

Cuadro 34: Probabilidad de ocurrencia de sequía extrema (SPI3<=-2) en función de la temperatura del aire (continuación)

	$u = P(SPI3 \leq -2)$	T_i	$v = P(T < T_i)$	$C(u, v)$	$P_i = P(U \leq u \cap V > v) = u - C(u, v)$	$P_{i+1} - P_i$	P(%)
CURIBAYA	0.023	8	0.39128	0.00161	0.0211	--	--
($\Phi = -0.44807$)	0.023	10	0.89923	0.01367	0.0091	0.0121	1.206
	0.023	12	0.99767	0.02216	0.0006	0.0085	0.849
	0.023	14	0.99999	0.02275	0.0000	0.0006	0.059
	0.023	16	1.00000	0.02275	0.0000	0.0000	0.000
PALCA	0.023	8	0.00013	0.00000	0.0227	--	--
($\theta = -2.4476$)	0.023	10	0.01147	0.00006	0.0227	0.0001	0.006
	0.023	12	0.18497	0.00127	0.0215	0.0012	0.120
	0.023	14	0.68481	0.00951	0.0132	0.0082	0.825
	0.023	16	0.96849	0.02095	0.0018	0.0114	1.143
SUSAPAYA	0.023	8	0.00071	0.00001	0.0227	--	--
($\theta = -2.0286$)	0.023	10	0.25570	0.00239	0.0204	0.0024	0.239
	0.023	12	0.96962	0.02122	0.0015	0.0188	1.883
	0.023	14	0.99999	0.02275	0.0000	0.0015	0.153
	0.023	16	1.00000	0.02275	0.0000	0.0000	0.000
TALABAYA	0.023	8	0.71697	0.01161	0.0111	--	--
($\theta = -1.956$)	0.023	10	0.96249	0.02091	0.0018	0.0093	0.930
	0.023	12	0.99859	0.02268	0.0001	0.0018	0.177
	0.023	14	0.99999	0.02275	0.0000	0.0001	0.007
	0.023	16	1.00000	0.02275	0.0000	0.0000	0.000
TARATA	0.023	8	0.00005	0.00000	0.0228	--	--
($\theta = -0.19916$)	0.023	10	0.02132	0.00050	0.0223	0.0005	0.050
	0.023	12	0.44135	0.00670	0.0161	0.0062	0.620
	0.023	14	0.95838	0.01946	0.0033	0.0128	1.276
	0.023	16	0.99985	0.02270	0.0000	0.0032	0.324
TOQUELA	0.023	8	0.27088	0.00278	0.0200	--	--
($\theta = -1.8739$)	0.023	10	0.83401	0.01567	0.0071	0.0129	1.289
	0.023	12	0.99462	0.02249	0.0003	0.0068	0.682
	0.023	14	0.99998	0.02275	0.0000	0.0003	0.026
	0.023	16	1.00000	0.02275	0.0000	0.0000	0.000

El Cuadro 35 presenta el análisis de ocurrencia de sequías extremas vs El Niño Modoki. Como se observa, la ocurrencia de sequías en conjunción con la presencia de un Niño Modoki Moderado es muy baja, con probabilidades de ocurrencias menores a 0.02 por ciento. Las categorías EMI fuerte y EMI extraordinario no se analizaron porque no se

registraron ocurrencias en el período analizado. Esto sugiere que el efecto de ENSO sobre la ocurrencia de sequías es muy pequeño y puede despreciarse de un modelo más amplio.

Cuadro 35: Probabilidad de ocurrencia de sequía extrema (SPI3<=-2) en función de El Niño Modoki Moderado (EMI>1)

	$u = P(SPI3 < -2)$	$v = P(EMI < 1)$	$C(u, v)$	$P(U \leq u \cap V > v) = u - C(u, v)$	P(%)
ARICOTA	0.023	0.9989	0.0230	0.0000	0.005
CAIRANI	0.023	0.9989	0.0228	0.0002	0.020
CANDARAVE	0.023	0.9989	0.0228	0.0002	0.020
CURIBAYA	0.023	0.9989	0.0230	0.0000	0.004
PALCA	0.023	0.9989	0.0228	0.0002	0.020
SUSAPAYA	0.023	0.9989	0.0228	0.0002	0.020
TALABAYA	0.023	0.9989	0.0230	0.0000	0.004
TARATA	0.023	0.9989	0.0230	0.0000	0.005
TOQUELA	0.023	0.9989	0.0230	0.0000	0.004

Finalmente, el análisis de ocurrencia de sequías extremas vs Temperatura superficial del mar en la Zona 1+2 mostró probabilidades de ocurrencia de hasta 0.96 por ciento para el intervalo de temperaturas entre 24°C y 26°C, siendo este intervalo el que muestra mayor ocurrencia de sequías extremas en todas las estaciones. Asimismo, se observa que, para temperaturas mayores, la probabilidad de ocurrencia se reduce, lo que sugiere que no hay relación/relación muy baja con la fase cálida del ENSO. El Cuadro 36 presenta las probabilidades estimadas.

Cuadro 36: Probabilidad de ocurrencia de sequía extrema (SPI3<=-2) en función de la Temperatura Superficial del mar SST1+2

	$u = P(SPI3 < -2)$	SST _i	$w = P(T < T_i)$	$C(u, w)$	$P_i = P(U \leq u \cap W > w) = u - C(u, w)$	$P_{i+1} - P_i$	P(%)
ARICOTA	0.023	22	0.2995	0.0027	0.0203	--	--
($\theta = -2.2626$)	0.023	24	0.6363	0.0087	0.0143	0.0061	0.609
	0.023	26	0.8756	0.0168	0.0062	0.0081	0.808
	0.023	28	0.9711	0.0214	0.0016	0.0046	0.460
	0.023	30	0.9952	0.0227	0.0003	0.0013	0.131
CAIRANI	0.023	22	0.2995	0.0032	0.0198	--	--
($\theta = -1.8765$)	0.023	24	0.6363	0.0097	0.0133	0.0065	0.649
	0.023	26	0.8756	0.0174	0.0056	0.0077	0.775
	0.023	28	0.9711	0.0216	0.0014	0.0042	0.416
	0.023	30	0.9952	0.0228	0.0002	0.0012	0.117

Cuadro 36: Probabilidad de ocurrencia de sequía extrema (SPI3<=-2) en función de la Temperatura Superficial del mar SST1+2 (continuación)

	$u = P(\text{SPI3} \leq -2)$	SSTi	$w = P(T < T_i)$	$C(u, w)$	$P_i = P(U \leq u \cap W > w) = u - C(u, w)$	$P_{i+1} - P_i$	P(%)
CANDARAVE	0.023	22	0.2995	0.0005	0.0225	--	--
($\theta = -0.23363$)	0.023	24	0.6363	0.0070	0.0160	0.0065	0.654
	0.023	26	0.8756	0.0166	0.0064	0.0095	0.954
	0.023	28	0.9711	0.0214	0.0016	0.0049	0.486
	0.023	30	0.9952	0.0227	0.0003	0.0013	0.131
CURIBAYA	0.023	22	0.2995	0.0017	0.0213	--	--
($\theta = -3.1697$)	0.023	24	0.6363	0.0067	0.0163	0.0051	0.509
	0.023	26	0.8756	0.0154	0.0076	0.0086	0.862
	0.023	28	0.9711	0.0210	0.0020	0.0056	0.561
	0.023	30	0.9952	0.0227	0.0003	0.0017	0.168
PALCA	0.023	22	0.2995	0.0026	0.0204	--	--
($\theta = -2.3205$)	0.023	24	0.6363	0.0086	0.0144	0.0060	0.603
	0.023	26	0.8756	0.0167	0.0063	0.0081	0.812
	0.023	28	0.9711	0.0214	0.0016	0.0047	0.466
	0.023	30	0.9952	0.0227	0.0003	0.0013	0.134
SUSAPAYA	0.023	22	0.2995	0.0004	0.0226	--	--
($\theta = -0.24165$)	0.023	24	0.6363	0.0067	0.0163	0.0063	0.633
	0.023	26	0.8756	0.0164	0.0066	0.0097	0.968
	0.023	28	0.9711	0.0214	0.0016	0.0050	0.499
	0.023	30	0.9952	0.0227	0.0003	0.0014	0.135
TALABAYA	0.023	22	0.2995	0.0025	0.0205	--	--
($\theta = -2.4014$)	0.023	24	0.6363	0.0084	0.0146	0.0059	0.594
	0.023	26	0.8756	0.0166	0.0064	0.0082	0.818
	0.023	28	0.9711	0.0213	0.0017	0.0048	0.475
	0.023	30	0.9952	0.0227	0.0003	0.0014	0.137
TARATA	0.023	22	0.2995	0.0033	0.0197	--	--
($\theta = -1.806$)	0.023	24	0.6363	0.0099	0.0131	0.0066	0.656
	0.023	26	0.8756	0.0175	0.0055	0.0077	0.768
	0.023	28	0.9711	0.0216	0.0014	0.0041	0.408
	0.023	30	0.9952	0.0228	0.0002	0.0011	0.114
TOQUELA	0.023	22	0.2995	0.0033	0.0197	--	--
($\theta = -1.7898$)	0.023	24	0.6363	0.0099	0.0131	0.0066	0.658
	0.023	26	0.8756	0.0176	0.0054	0.0077	0.767
	0.023	28	0.9711	0.0216	0.0014	0.0041	0.406
	0.023	30	0.9952	0.0228	0.0002	0.0011	0.113

4.6.2. Análisis tridimensional

Al igual que en el caso bivariado, el análisis de probabilidad de ocurrencia se realizó para sequías extremas, correspondientes a valores de $SPI3 < -2$; es decir $u = P(SPI3 < -2)$. Al igual que en el caso bivariado, se analizaron temperaturas del aire entre 8°C y 14°C, considerando $v = P(T < 8)$; $v = P(T < 10)$; $v = P(T < 12)$; $v = P(T < 14)$. En el caso de las temperaturas superficiales del mar, se analizaron temperaturas de 22°C, 24°C, 26°C, 28°C y 30°C, considerando que $w = P(T < 22)$; $w = P(T < 24)$; $w = P(T < 26)$; $w = P(T < 28)$; $w = P(T < 30)$. Entonces, se aplicó la ecuación (60) para calcular las probabilidades de ocurrencia:

$$P_{u,v,w}^> = P(SPI3 \leq -2 \cap T > T_i \cap SST > SST_i) = u - C(u, v) - C(u, w) + C(u, v, w)$$

Los resultados se resumen en el Anexo 10, Cuadro 10-1. Sobre esta base, se estimaron las probabilidades de ocurrencia por intervalos de temperatura, encontrando que la ocurrencia de sequías extremas es más común para temperaturas del aire entre 10°C y 12°C y temperaturas superficiales del mar de la zona ENSO 1+2 entre 24°C y 26°C (ver Cuadro 37). Este resultado sugiere una relación bien definida entre la ocurrencia de sequías extremas y la temperatura superficial del mar en la zona 1+2 para la zona en estudio.

Cuadro 37: Probabilidad de ocurrencia de sequía extrema ($SPI3 \leq -2$) en función de Temperatura del aire (T) y Temperatura Superficial del mar (SST1+2)

T	SST 1+2	Estaciones								
		Aricota	Cairani	Candarave	Curibaya	Palca	Susapaya	Talabaya	Tarata	Toquela
8°C - 10°C	22-24	0.001977	0.326546	0.220915	0.224968	0.000232	0.048664	0.215343	0.010929	0.342422
	24-26	0.001726	0.367434	0.187125	0.401191	0.000274	0.034653	0.470747	0.009704	0.385608
	26-28	0.000758	0.352525	0.083550	0.347095	0.000164	0.013081	0.185708	0.006835	0.374665
	28-30	0.000192	0.115192	0.113937	0.151040	0.000057	0.076940	0.000000	0.003718	0.035745
10°C - 12°C	22-24	0.134867	0.314052	0.410055	0.242568	0.016915	0.560470	0.100253	0.153105	0.245574
	24-26	0.156907	0.397882	0.470239	0.395690	0.021390	0.592411	0.000000	0.162120	0.318708
	26-28	0.110087	0.058734	0.323817	0.167999	0.013655	0.396461	0.000000	0.112038	0.003132
	28-30	0.129860	0.000000	0.016016	0.000000	0.040358	0.057063	0.000000	0.049934	0.000000
12°C - 14°C	22-24	0.425693	0.000000	0.009669	0.000000	0.171784	0.015070	0.000000	0.274863	0.000000
	24-26	0.640155	0.000000	0.051490	0.000000	0.232136	0.085822	0.000000	0.487375	0.000000
	26-28	0.343981	0.000000	0.000000	0.000000	0.268778	0.000000	0.000000	0.284911	0.000000
	28-30	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.091897	0.000000	0.000000	0.058972	0.000000
14°C - 16°C	22-24	0.040076	0.000000	0.000000	0.000000	0.329531	0.000000	0.000000	0.191761	0.000000
	24-26	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.549353	0.000000	0.000000	0.100671	0.000000
	26-28	0.000000	0.000000	0.016717	0.000000	0.178700	0.013957	0.000000	0.000000	0.000000
	28-30	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Respecto a la relación de con la temperatura del aire, se observa que el comportamiento de las temperaturas respecto a las sequías extremas tiene un contexto regional, encontrando dos zonas bien definidas:

- Zona 1: correspondiente a las cuencas altas de los ríos Locumba-Sama, con temperaturas del aire asociadas a la ocurrencia de sequías extremas entre 10°C y 12°C.
- Zona 2: correspondiente a la cuenca alta de los ríos Sama-Caplina, con temperaturas del aire asociadas a la ocurrencia de sequías extremas entre 8°C y 10°C.

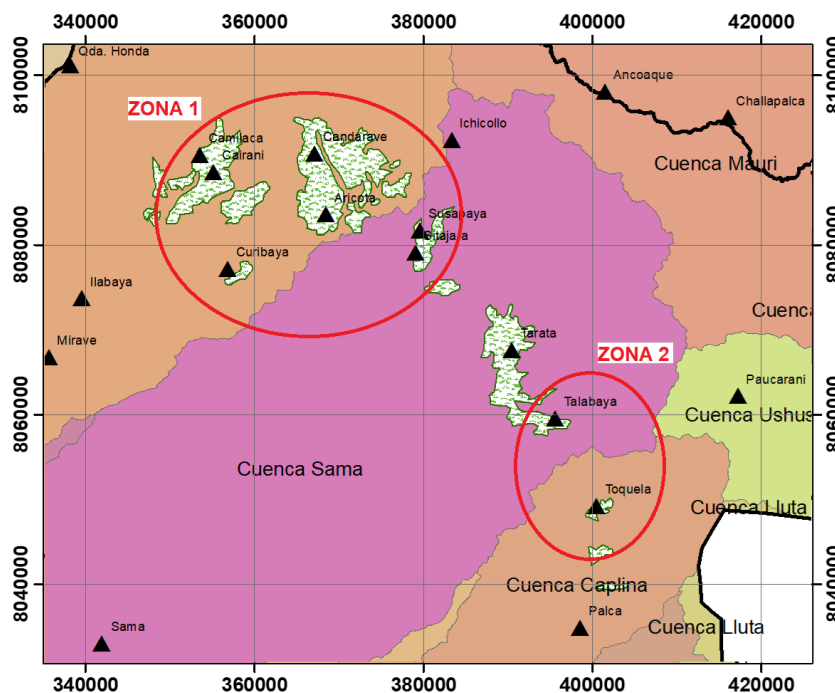


Figura 23: Zonas con similar comportamiento frente a la ocurrencia de sequías extremas en función de la temperatura del aire.

Además de estas dos zonas, se encontró un conjunto de estaciones con comportamiento atípico:

- Estación Aricota; se encuentra dentro de la Zona 1 y se presume que su comportamiento disímil está relacionado a su cercanía a la Laguna Aricota.
- Estación Tarata; se presume que su comportamiento está relacionado con su ubicación entre las Zonas 1 y 2, lo que podría justificar el comportamiento particular que muestra.
- Estación Palca; su comportamiento disímil podría estar asociado a su cota de emplazamiento, 3142 msnm, que es la más baja de la cuenca Caplina (500 m por debajo de la estación Toquela), y a su ubicación más al sur que todas las demás.

La Figura 23 muestra el mapa con las zonas descritas y las estaciones con comportamiento atípico.

4.7. VALIDACIÓN DEL MODELO

La validación del modelo se realizó de manera cualitativa y cuantitativa.

El análisis cualitativo se realizó por comparación de los gráficos de probabilidad conjunta empírica y las cópulas halladas (Figuras 20, 21 y 22). En todos los casos se encontró similitud entre gráficos, con excepción de la estación Curibaya; esta última mostró distorsiones importantes en sus probabilidades empíricas, las cuales pueden ser asociadas a los procesos de relleno/completación de datos.

El análisis cuantitativo se realizó por comparación numérica entre probabilidad estimadas en base a las cópulas halladas y probabilidades empíricas estimadas en base al número de ocurrencias registradas. El Cuadro 38 presenta las probabilidades estimadas por el modelo y las probabilidades empíricas para los intervalos de mayor ocurrencia de sequías extremas, con $SPI3 \geq -2$ y $SST1+2$ entre 24°C - 26°C .

Cuadro 38: Comparación entre probabilidades estimadas con el modelo trivariado y probabilidades empíricas

Estación	Intervalo T	Probabilidad de ocurrencia (%)	
		Teórica	Empírica
Aricota	12°C - 14°C	0.6402	0.0000
Cairani	10°C - 12°C	0.3979	0.1466
Candarave	10°C - 12°C	0.4702	0.1466
Curibaya	10°C - 12°C	0.3957	0.0000
Palca	14°C - 16°C	0.5494	0.0000
Susapaya	10°C - 12°C	0.5924	0.1466
Talabaya	8°C - 10°C	0.4707	0.0000
Tarata	12°C - 14°C	0.4874	0.2933
Toquela	8°C - 10°C	0.3856	0.0000

Los resultados muestran que en todos los casos las probabilidades de ocurrencia empíricas están por debajo de las estimadas por el modelo. Teniendo en cuenta que los registros históricos son solamente una muestra de la data completa, es de esperar que estas

probabilidades no sean iguales entre sí, pero es deseable que las probabilidades estimadas por el modelo sean mayores que las empíricas, comportamiento que se cumple para todos los casos aceptando la validez del modelo.

4.8. APLICACIÓN DEL MODELO

La aplicación del modelo análisis de ocurrencias de sequías en la región en estudio implica el monitoreo permanente de las variables temperatura del aire y de la SST1+2, para y en cada caso evaluar la probabilidad de ocurrencia correspondiente. Asimismo, conociendo las funciones marginales de cada variable, se puede generar pronósticos precipitaciones y temperaturas, y evaluar la probabilidad de ocurrencia futura a corto plazo.

V. CONCLUSIONES

1. Respecto al objetivo general, se consiguió construir un modelo de ocurrencia de sequías usando funciones cópula, encontrándose que el método es eficiente para representar relaciones entre variables hidrometeorológicas.
2. El análisis probabilístico mostró que la ocurrencia de sequías en la cuenca alta de los ríos Locumba, Sama y Caplina está relacionada a la temperatura superficial del mar en la zona 1+2 y la temperatura del aire en la zona de estudio.
3. Se construyó un modelo de cópula tridimensional para evaluar la probabilidad de ocurrencia de sequías agrícolas en la zona de estudio, relacionando el SPI3 como indicador de sequías con la temperatura superficial del mar en la zona 1+2 (SST1+2) y la temperatura del aire (T). Las cópulas que mostraron mejor performance fueron la cópulas del tipo elípticas, normal y t-student.
4. Los modelos de cópulas bidimensionales y tridimensionales se calibraron usando como medida de bondad de ajuste el estadístico no paramétrico de Cramer von Mises, encontrando similitud entre las funciones cópula calibradas y las funciones de distribución de probabilidad empíricas. La validación, en base a la comparación de probabilidades empíricas y obtenidas con el modelo calibrado, mostró similitud entre distribuciones y valores calculados, con lo que se concluye la validez del modelo construido.
5. El método no paramétrico de máxima pseudo verosimilitud, basado en la estimación de pseudo observaciones, mostró ser eficiente para la estimación de los parámetros de todas las familias de cópulas consideradas en este estudio.
6. Los índices ENSO que mejor se relacionan con las series SPI3 son el ENSO3.4 y el EMI; sin embargo, ambas correlaciones son bajas. Entre ambos índices, EMI muestra correlaciones ligeramente mejores respecto al ENSO3.4 para la zona en estudio.
7. Existe dependencia lineal directa entre las correlaciones de las variables T-SPI3 y las altitudes de las estaciones en análisis, alcanzando coeficientes de correlación cercanos

a 0.9. El comportamiento encontrado sugiere que “a mayor altitud, el coeficiente de correlación se acerca más a cero”.

8. Las familias de cópulas que mejor se adecúan a la relación entre EMI y SPI3 son la cópula arquimediana Clayton y la cópula elíptica t-Student. Los resultados muestran que la primera presenta mejor bondad de ajuste en cinco estaciones de un total de nueve, mientras las restantes cuatro se ajustan mejor a la cópula t-Student. Se observa también que, en la mayoría de los casos, la cópula tipo Frank presenta una segunda mejor performance en la mayoría de estaciones analizadas.
9. La familia de cópulas que mejor se adecúa a la relación entre Temperatura del aire y SPI3 es la cópula arquimediana Frank. Los resultados muestran que esta familia de cópulas es la que tiene mejor bondad de ajuste en siete estaciones de un total de nueve y es la segunda mejor en las restantes, lo que sugiere también la posibilidad de usarla como función representativa típica para toda la zona en estudio.
10. La familia de cópulas que mejor se adecúa a la relación entre Temperatura superficial del mar y SPI3 es la cópula arquimediana Frank. Al igual que lo observado con la Temperatura del aire, los resultados muestran que esta familia de cópulas es la que tiene mejor bondad de ajuste en siete estaciones de un total de nueve y es la segunda mejor en las restantes, lo que sugiere también la posibilidad de usarla como función representativa típica para toda la zona en estudio.
11. El modelo trivariado desarrollado mostró que, en todas las estaciones analizadas, las sequías extremas tienen mayor probabilidad de ocurrencia para temperaturas del aire entre $10^{\circ}\text{C} - 12^{\circ}\text{C}$ y temperaturas superficiales del mar SST1+2 entre $24^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$.

VI. RECOMENDACIONES

1. Los resultados del estudio presentado son válidos solamente para la región en análisis. La alta variabilidad climática existente en el país, asociado al relieve y a las altitudes, hacen necesarios estudios complementarios para verificar su validez en otras regiones.
2. Se recomienda el uso del método no paramétrico de máxima pseudo verosimilitud, implementado en Lenguaje R, por su versatilidad y eficacia en la estimación de los parámetros de una cópula.
3. Ampliar el estudio incluyendo otras variables climáticas de fuente remota, previamente validadas.
4. Si bien el SPI es un buen indicador de ocurrencia de sequías agrícolas, basado en el contenido de humedad del suelo, es necesario evaluar el efecto propio de los tipos de cultivo, por lo que se recomienda evaluar la aplicabilidad de la metodología usando otros índices de sequía, como el SPEI (Índice de Precipitación-Evapotranspiración Estandarizadas), el PDSI (Índice de Severidad de Sequía de Palmer), o el scPDSI (Índice de Severidad de Sequías de Palmer autocalibrado).
5. Realizar un estudio incluyendo series sintéticas generadas en base a modelos estocásticos con el fin de ampliar la longitud del registro existente y tener mayor criterio para la interpretación de resultados
6. Desarrollar códigos de análisis multivariado aplicados a recursos hídricos, basados en lenguaje R y Phyton.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramowitz, M., Stegun, I. A., & Romer, R. H. 1988. *Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables*. American Journal of Physics.
<https://doi.org/10.1119/1.15378>
- Ashok, K., Behera, S. K., Rao, S. A., Weng, H., & Yamagata, T. 2007. El Niño Modoki and its possible teleconnection. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112(C11).
<https://doi.org/10.1029/2006JC003798>
- Azam, M., Maeng, S. J., Kim, H. S., & Murtazaev, A. 2018. Copula-Based Stochastic Simulation for Regional Drought Risk Assessment in South Korea. *Water* 2018, Vol. 10, Page 359, 10(4), 359. <https://doi.org/10.3390/W10040359>
- Cabrera, J., Mejía Id, J., & Guevara-Pérez, E. 2021. *Modelación probabilística de la relación entre ENSO y sequías agrícolas en el sur de Perú / Probabilistic model of the relationship between ENSO and the occurrence of agricultural droughts in southern Peru*.
- Cabrera, J., & Mejía, J. 2019. Relationship between drought occurrence and ENSO in southern Peru: a copulas analysis. *38th IAHR World Congress - "Water: Connecting the World,"* 38, 3750–3756. <https://doi.org/10.3850/38WC092019-0161>
- Cancelliere, A., Di Mauro, G., Bonaccorso, · B, & Rossi, G. 2007. Drought forecasting using the Standardized Precipitation Index. *Water Resour Management*, 21(5), 801–819.
<https://doi.org/10.1007/s11269-006-9062-y>
- Cancelliere, A., & Salas, J. D. 2004. Drought length properties for periodic-stochastic hydrologic data. *Water Resources Research*, 40(2). <https://doi.org/10.1029/2002WR001750>

- Chen, L., & Guo, S. 2019. *Copulas and Its Application in Hydrology and Water Resources*.
<https://doi.org/10.1007/978-981-13-0574-0>
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. 1994. *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill.
- Chung, C., & Salas, J. D. 2000. Drought occurrence probabilities and risks of dependent hydrologic processes. *Manager*, July, 259–268. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2000\)5:3\(259\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2000)5:3(259))
- Constantino Blain, G. 2012. Revisiting the probabilistic definition of drought: strengths, limitations and an agrometeorological adaptation. *Agrometeorology / Review*, 132(1), 132–141.
www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/meetings/wies09/documents/Lincoln_Declara-
- Corder, G. W., & Foreman, D. I. 2009. *Nonparametric statistics for non-statisticians : a step-by-step approach*. 247. <https://www.wiley.com/en-us/Nonparametric+Statistics+for+Non+Statisticians%3A+A+Step+by+Step+Approach-p-9781118165881>
- Dirección de Estadística Agraria Tacna. 2021. *Anuario Estadístico Agrícola 2020*.
- Dupuis, D. J. 2007. Using Copulas in Hydrology: Benefits, Cautions, and Issues. *Journal of Hydrologic Engineering*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2007\)12:4\(381\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2007)12:4(381))
- ENFEN. 2012. *Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú*. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst3b.nino.mth.ascii>.
- Genest, C., & Favre, A. 2007. Everything You Always Wanted to Know about Copula Modeling but Were Afraid to Ask. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12(4), 347–368.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2007\)12:4\(347\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2007)12:4(347))
- Hangshing, L., & Dabral, P. 2018. Multivariate Frequency Analysis of Meteorological Drought Using Copula. *Water Resources Management 2018 32:5*, 32(5), 1741–1758.
<https://doi.org/10.1007/S11269-018-1901-0>

- Hofert, M., Kojadinovic, I., Mächler, M., & Yan, J. 2018. *Elements of Copula Modeling with R*.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-89635-9>
- INEI 2009. *Perú: Migraciones Internas*. INEI.
- INDECI 2006. Manual Básico Para La Estimación Del Riesgo. INDECI.
- Jaramillo-Elorza, M. C., & Lozano, J. A. 2014. Construcción de Distribuciones Multivariadas con Marginales Dependientes Usando Cópulas en R Construction of Multivariate Distributions with Dependent Marginals Using Copulas in R. *Revista Ciencia En Desarrollo*, 5(1), 21–29.
- Joe, H., & Xu, J. J. 1996. *The Estimation Method of Inference Functions for Margins for Multivariate Models*. <https://doi.org/10.14288/1.0225985>
- Knutson, C. 2008. Methods and Tools for Drought Analysis and Management. *Eos, Transactions American Geophysical Union*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5924-7>
- Kole, E., Koedijk, K., & Verbeek, M. 2007. Selecting copulas for risk management. *Journal of Banking and Finance*. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2006.09.010>
- Madadgar, S., & Moradkhani, H. 2013. Drought Analysis under Climate Change Using Copula. *Journal of Hydrologic Engineering*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000532](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000532)
- Maidment, D. 1993. *Handbook of hydrology* (D. R. Maidment, Ed.). McGraw-Hill.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Applied Climatology*, 17–22. <https://doi.org/citeulike-article-id:10490403>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Dirección General de Estadística, S. y E. de P., Livia Alejandro, L., Sánchez Manayay, R., Galiano Uscapi, A., Cajas Ardiles, J., Arévalo Chong, E., & Rosas Quispe, E. 2021. Atlas de la superficie agrícola del Perú. *Repositorio Institucional - ANA*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4895>
- Nkemdirim, L. 2015. Palmer Drought Severity Index. In *Encyclopedia of Atmospheric Sciences 2nd Edition* (Vol. 3, Issue 5). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00299-1>

- Organización Meteorológica Mundial. 2014. *El Niño/ Oscilación del Sur*. OMM.
- Rayens, B., & Nelsen, R. B. 2000. An Introduction to Copulas. *Technometrics*.
<https://doi.org/10.2307/1271100>
- Rüschendorf, L. 2013. Copulas, Sklar's Theorem, and Distributional Transform. In *Mathematical Risk Analysis*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-33590-7>
- Salvadori, G., De Michele, C., Kottegoda, N. T., & Rosso, R. 2005. Extremes in Nature: An approach using Copulas. In *Water Science and Technology Library*. <https://doi.org/10.1007/1-4020-4415-1>
- Santos Pereira, L., Cordery, I., & Iacovides, I. 2002. Coping with water scarcity. *Technical Documents in Hydrology*, 5(58), 243–327. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9579-5>
- Santos Pereira, L., Cordery, I., & Iacovides, I. 2009. Coping with water scarcity: Addressing the challenges. In *Coping with Water Scarcity: Addressing the Challenges*.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9579-5>
- Sarachik, E. S., & Cane, M. A. 2010. The El Niño-Southern Oscillation Phenomenon. *The El Niño-Southern Oscillation Phenomenon*, 1–369. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817496>
- Serinaldi, F., Bonaccorso, B., Cancelliere, A., & Grimaldi, S. 2009. Probabilistic characterization of drought properties through copulas. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 34(10–12), 596–605. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.09.004>
- Shiau, J. T. 2006. Fitting drought duration and severity with two-dimensional copulas. *Water Resources Management*. <https://doi.org/10.1007/s11269-005-9008-9>
- Tabios, G. Q., & Salas, J. D. 1985. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 21(3), 365–380.
<https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1985.tb00147.x>

- Trenberth, K., & Stepaniak, D. 2001. *Indices of El Niño Evolution*. Journal of Climate Volume 14 Issue 8. https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/14/8/1520-0442_2001_014_1697_liono_2.0.co_2.xml?tab_body=pdf
- Vega Jácome, F. 2018. *Variabilidad espacio-temporal de las sequías en el Perú y el peligro asociado al Fenómeno del Niño*. Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae en Recursos Hídricos. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3798>
- Villón Béjar, M. 2002. *Hidrología estadística*. https://books.google.com/books/about/Hidrolog%C3%ADa_estad%C3%ADstica.html?hl=es&id=b3HhYgEACAAJ
- Wilhite, D. A. 2005. Drought and water crises: science, technology, and management issues. In *Management*.
- Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. 1985. Understanding: The drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>
- Wilks, D. S. 2019. Empirical Distributions and Exploratory Data Analysis. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, 23–75. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815823-4.00003-1>
- Yevjevich, V. 1967. August 1967. *Hydrology Papers*, 146(August), 1967.

ANEXOS

ANEXO 1

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUALES COMPLETAS (mm)

Cuadro 1-1. Precipitaciones mensuales de la estación Aricota

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1964	31.8	44.3	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	29.6	124.9
1965	20.5	9.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.8	0.0	0.0	0.0	47.9
1966	0.0	10.0	0.7	0.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	2.6	2.6	33.9
1967	22.7	28.6	54.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	110.8
1968	46.2	22.5	63.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	5.2	0.0	139.3
1969	32.1	63.2	30.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	136.7
1970	27.4	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	1.9	7.8	48.1
1971	52.8	32.7	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	25.0	114.9
1972	117.7	56.3	28.1	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	204.4
1973	30.4	104.3	28.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	163.8
1974	122.1	43.7	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5	0.3	0.0	0.2	8.0	214.5
1975	59.9	42.9	37.7	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.6	177.9
1976	84.4	53.3	12.3	10.1	3.4	0.0	2.9	6.2	17.5	0.0	13.4	0.9	204.4
1977	29.2	70.4	19.7	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	1.6	15.2	137.5
1978	41.4	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	57.2
1979	31.6	0.0	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	62.0
1980	6.3	2.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	1.0	11.2
1981	37.0	53.4	14.2	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	6.6	120.3
1982	57.2	21.3	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	108.0
1983	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	8.7
1984	78.4	53.0	34.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	7.6	0.0	179.6
1985	4.4	83.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	20.5	119.9
1986	38.4	56.3	55.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	20.3	172.9
1987	55.3	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	0.0	0.0	68.0
1988	24.9	0.0	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	52.5
1989	27.3	105.5	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	138.3
1990	8.7	6.1	18.0	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.1	129.1
1991	40.2	1.8	22.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.5
1992	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	38.7
1993	70.0	13.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	5.0	98.6
1994	11.6	99.4	0.0	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	136.7
1995	29.7	0.0	84.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	13.8	129.2
1996	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.8	30.3
1997	34.0	83.7	68.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.4	0.0	0.0	2.6	190.6
1998	11.0	29.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	2.2	46.0
1999	2.5	68.2	59.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	132.1
2000	96.2	61.6	31.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	193.2
2001	29.0	134.8	44.1	1.2	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	210.7
2002	13.8	38.7	22.5	0.2	0.0	0.0	16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	95.6
2003	15.1	2.2	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.8
2004	20.0	52.8	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	78.1

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2005	21.4	25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	19.5	75.1
2006	33.3	52.7	28.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	114.1
2007	24.6	27.3	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	54.4
2008	70.6	18.6	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	2.2	101.1
2009	1.7	34.1	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	56.1
2010	3.0	10.8	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	5.7	25.3
2011	53.2	70.2	0.0	1.5	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.6	160.4
2012	82.3	82.3	17.3	20.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.8	234.4
2013	29.6	47.6	25.5	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	116.1
2014	24.6	0.2	2.1	4.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.4	0.0	32.8
2015	23.6	61.2	85.6	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	172.8
2016	1.0	33.8	0.5	2.4	0.0	0.5	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	42.4
2017	68.8	37.6	31.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	149.2
2018	30.8	8.9	8.8	0.0	0.0	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	51.5
2019	52.9	56.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	118.9
2020	66.6	79.7	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.7	214.4

Fuente: <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

Cuadro 1-2. Precipitaciones mensuales de la estación Cairani

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1964	25.1	35.0	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	23.4	98.7
1965	16.4	7.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	0.0	0.0	0.0	38.3
1966	0.0	8.1	0.6	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	2.1	2.1	27.4
1967	18.6	23.4	44.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	90.7
1968	38.2	18.6	52.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	4.3	0.0	115.3
1969	26.9	52.9	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	114.4
1970	23.2	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	1.6	6.6	40.7
1971	45.2	28.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	21.4	98.3
1972	101.8	48.7	24.3	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	176.8
1973	26.6	91.2	25.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	143.2
1974	107.9	38.6	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	29.6	0.3	0.0	0.2	7.1	189.6
1975	53.5	38.3	33.7	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.1	158.9
1976	76.2	48.1	11.1	9.1	3.1	0.0	2.6	5.6	15.8	0.0	12.1	0.8	184.5
1977	26.6	64.2	18.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	1.5	13.9	125.4
1978	38.1	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	52.7
1979	29.4	0.0	22.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	57.7
1980	5.9	2.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.9	10.5
1981	35.1	50.7	13.5	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	6.3	114.2
1982	54.8	20.4	20.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	0.0	0.0	103.5
1983	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	8.4
1984	76.6	51.8	33.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	7.4	0.0	175.5
1985	4.3	82.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	20.2	118.3
1986	38.2	56.1	55.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	20.2	172.2
1987	55.6	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	0.0	0.0	68.4
1988	25.3	0.0	17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	53.3
1989	28.0	108.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	141.6
1990	9.0	6.3	18.6	0.0	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	91.0	133.4
1991	41.9	1.9	23.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.2
1992	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.9	40.7
1993	74.3	13.8	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	5.3	104.7
1994	47.9	55.9	0.0	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	122.7
1995	32.4	0.0	76.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	112.7
1996	29.4	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	5.8	46.7
1997	58.6	48.2	49.6	0.1	0.0	0.0	0.0	7.6	25.5	0.0	0.0	4.3	193.9
1998	57.6	10.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	5.2	81.2
1999	5.7	106.7	39.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	16.6	169.4
2000	95.4	45.0	40.2	2.9	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	190.4
2001	48.8	153.7	67.2	5.8	0.1	0.0	0.0	2.0	2.1	0.1	0.0	5.2	285.0
2002	6.0	54.2	8.2	2.0	1.9	5.3	18.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	96.1
2003	14.5	5.3	18.2	0.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	43.9
2004	30.2	44.3	7.7	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	91.7
2005	32.5	22.6	3.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	11.7	76.4
2006	30.3	38.1	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	92.7
2007	29.3	32.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	64.9

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2008	84.8	22.3	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	2.6	121.5
2009	2.1	41.3	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	67.9
2010	3.6	13.2	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	7.0	30.9
2011	65.4	86.3	0.0	1.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.1	197.2
2012	102.0	102.0	21.4	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4	290.4
2013	36.9	59.4	31.8	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	144.9
2014	30.9	0.2	2.6	6.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.3	0.0	0.5	0.0	41.3
2015	29.9	77.5	108.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	218.9
2016	1.3	43.1	0.7	3.0	0.0	0.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	54.1
2017	88.5	48.4	40.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	191.8
2018	33.9	19.0	8.4	0.2	0.0	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	69.7
2019	50.6	79.7	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	6.8	139.3
2020	105.9	104.6	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	4.3	0.0	53.6	281.6

Fuente: <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

Cuadro 1-3. Precipitaciones mensuales de la estación Candarave

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1964	33.3	33.4	14.4	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	10.0	102.5
1965	54.7	20.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2	0.0	0.0	1.5	98.9
1966	62.1	23.3	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	6.2	5.6	112.0
1967	14.1	65.7	121.4	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	6.0	0.0	3.4	18.3	229.2
1968	80.1	26.3	80.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	186.5
1969	64.5	54.3	44.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	163.1
1970	64.5	54.3	174.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	0.0	9.0	311.2
1971	30.1	54.3	1.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.6	0.0	0.0	106.3
1972	67.9	54.3	69.7	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	7.0	0.0	11.5	218.4
1973	103.6	117.7	22.6	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	248.9
1974	99.4	51.7	16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	0.0	0.0	0.0	6.5	211.5
1975	67.0	43.4	56.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.9	205.4
1976	83.2	1.0	0.0	6.0	0.1	0.0	0.0	2.0	14.0	0.0	0.0	7.0	113.3
1977	37.9	109.8	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	4.2	2.5	4.0	179.9
1978	97.7	13.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	2.0	117.7
1979	52.7	1.5	53.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	38.8	146.7
1980	8.7	18.1	34.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	2.5	74.4
1981	60.8	132.8	14.6	11.2	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	1.5	24.1	246.6
1982	60.1	48.6	40.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	1.2	3.1	155.7
1983	61.6	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	7.5	80.9
1984	133.8	125.9	92.9	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	9.5	365.6
1985	7.4	135.6	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	25.6	196.1
1986	65.6	58.4	40.6	1.7	0.0	0.2	0.0	0.0	1.4	2.7	1.0	37.1	208.7
1987	102.8	5.4	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	112.8
1988	54.9	0.0	18.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.1
1989	8.7	82.0	2.4	2.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.9	1.5	12.0	112.4
1990	15.1	7.6	15.2	0.0	0.0	20.3	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	12.1	83.7
1991	5.6	1.5	5.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.6	17.2
1992	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	72.3	81.5
1993	108.8	9.2	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	10.0	146.9
1994	75.0	134.1	2.1	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	17.5	247.6
1995	43.5	0.0	73.9	2.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	12.2	133.1
1996	43.6	25.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	1.7	3.4	75.7
1997	60.7	70.3	39.6	0.0	0.2	0.0	0.0	9.5	23.6	0.0	0.0	11.9	215.8
1998	92.1	31.9	1.6	2.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	8.3	146.6
1999	22.1	146.5	121.6	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	0.0	17.2	319.7
2000	118.2	74.0	101.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	304.9
2001	55.6	225.1	61.2	7.1	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	8.8	360.8
2002	16.6	89.8	33.7	3.4	0.0	0.0	28.0	0.0	0.0	6.2	3.5	14.7	195.9
2003	28.4	13.3	56.4	0.4	2.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	3.2	104.6
2004	63.8	51.5	1.3	0.0	0.0	0.0	12.4	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	130.5
2005	52.8	1.7	14.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	20.1	92.6
2006	58.7	72.2	40.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	5.9	178.0
2007	58.4	41.8	4.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	9.9	118.3

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
2008	61.6	34.8	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	120.5
2009	8.9	164.1	24.6	3.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	4.1	1.5	206.8
2010	4.8	34.6	1.7	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	53.8
2011	86.9	151.8	4.9	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	90.9	346.0
2012	125.5	196.7	80.4	19.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	44.1	471.1
2013	93.1	60.4	63.6	0.0	10.3	3.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	19.0	251.5
2014	83.5	2.1	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	1.2	96.4
2015	39.3	85.0	81.2	12.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	219.5
2016	2.3	89.2	0.0	9.9	0.0	3.5	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	113.7
2017	113.9	68.1	71.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.7	282.5
2018	57.2	38.9	30.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	132.8
2019	105.3	143.8	4.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	1.3	0.0	11.7	267.4
2020	156.1	104.8	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	99.2	398.5

Fuente: <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

Cuadro 1-4. Precipitaciones mensuales de la estación Curibaya

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1964	7.7	16.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	30.8
1965	3.7	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	0.0	0.0	11.6
1967	4.7	10.6	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	28.6
1968	13.6	8.3	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0
1969	8.5	24.7	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	41.3
1970	6.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	11.1
1971	16.8	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	34.6
1972	33.0	29.6	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	68.3
1973	2.9	63.9	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.8
1974	45.2	39.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	98.6
1975	16.3	8.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	33.1
1976	43.3	15.4	2.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	6.8	0.0	0.0	3.2	72.2
1977	12.2	22.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	42.9
1978	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
1979	4.6	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	20.6
1980	5.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4
1981	3.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
1982	0.0	5.2	3.7	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1
1983	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	3.1
1984	15.4	28.3	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.7
1985	0.0	34.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	3.2	38.2
1986	20.4	36.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	61.8
1987	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.5
1988	2.3	5.0	3.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9
1989	3.2	70.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.7
1990	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	20.4	27.1
1991	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	6.5
1993	43.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	57.2
1994	27.1	37.1	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	69.6
1995	1.9	0.0	44.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.4
1996	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	4.5
1997	24.4	18.5	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	2.1	0.0	0.0	0.2	64.8
1998	20.4	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0
1999	2.5	62.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	76.4
2000	64.9	12.5	5.9	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87.5
2001	15.7	42.2	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.4
2002	11.3	30.4	5.5	0.0	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	60.9
2003	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	6.3
2004	21.1	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.9
2005	11.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	23.8
2006	10.0	17.6	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	33.4
2007	9.6	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	24.7

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2008	34.7	10.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	46.0
2009	0.0	19.1	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.5
2010	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	7.3
2011	25.9	40.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	75.4
2012	42.5	48.1	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	104.2
2013	13.0	27.8	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	50.9
2014	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3
2015	9.9	36.4	33.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.5
2016	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	20.4
2017	36.4	22.5	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	73.2
2018	11.7	8.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8
2019	27.5	31.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	61.7
2020	35.1	45.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3	98.4

Fuente: <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

Cuadro 1-5. Precipitaciones mensuales de la estación Palca

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1964	31.9	37.7	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.5	104.0
1965	21.5	19.3	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	0.0	0.0	0.0	68.9
1966	2.9	10.2	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	20.8
1967	23.3	24.9	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	88.6
1968	44.3	19.9	42.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	106.4
1969	31.6	51.9	22.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	113.7
1970	27.3	8.8	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	46.8
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	22.5	27.0
1972	110.6	61.7	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	193.6
1973	29.7	83.4	21.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	134.9
1974	111.0	36.0	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	161.6
1975	32.6	10.9	18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	83.2
1976	77.2	43.3	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7	11.7	0.0	10.9	166.9
1977	53.6	87.2	25.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.6	183.8
1978	35.0	0.0	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	2.4	55.6
1979	43.2	0.0	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	84.7
1980	2.9	0.0	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	8.8	28.8
1981	68.8	42.6	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	4.2	139.5
1982	19.5	26.2	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.3
1983	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	19.9
1984	57.6	27.9	43.4	0.0	0.0	9.5	0.0	4.8	0.0	9.8	4.6	0.0	157.6
1985	1.3	69.2	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	81.5
1986	46.9	9.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	1.5	65.4
1987	24.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	28.4
1988	28.9	0.0	41.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	70.3
1989	3.9	52.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	57.8
1990	1.0	17.2	6.3	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	51.0	78.4
1991	22.8	0.0	29.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.1
1992	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.1	57.1
1993	84.3	6.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0	0.0	0.0	5.2	112.6
1994	29.3	51.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	100.3
1995	24.6	0.0	32.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.1
1996	15.3	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.8	0.0	24.3
1997	77.4	68.4	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	1.1	0.0	0.0	1.1	167.9
1998	31.3	2.2	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	41.4
1999	5.6	104.4	35.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	154.0
2000	73.2	47.4	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	153.5
2001	32.3	85.2	41.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	161.2
2002	5.8	40.5	32.8	0.0	0.8	0.7	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	98.2
2003	13.5	1.3	31.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.9
2004	12.6	35.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	54.1
2005	19.1	22.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	11.9	69.2
2006	13.3	47.9	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	1.9	79.6
2007	22.5	21.6	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	49.1

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2008	79.6	21.4	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	120.4
2009	0.5	39.8	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.7
2010	0.0	13.8	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	19.5
2011	58.5	66.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2	144.6
2012	83.1	87.5	7.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	196.1
2013	27.9	28.3	13.2	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.2
2014	10.6	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	14.3
2015	11.8	46.1	71.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	129.1
2016	2.5	29.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	37.9
2017	59.0	28.8	20.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	114.7
2018	23.4	12.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.3
2019	40.5	37.9	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.4
2020	37.8	69.1	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	47.2	165.4

Fuente: <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

Cuadro 1-6. Precipitaciones mensuales de la estación Susapaya

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1964	29.6	68.5	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	119.5
1965	7.2	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	21.4
1966	0.7	17.2	6.8	0.0	1.4	0.8	0.0	0.0	0.0	12.3	0.6	14.4	54.2
1967	26.4	169.6	75.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	278.4
1968	96.9	10.9	79.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	11.1	2.1	204.5
1969	35.6	58.8	42.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.5	30.9	169.4
1970	12.6	5.0	27.0	0.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2	0.0	19.4	110.2
1971	95.4	61.4	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	30.2	210.0
1972	59.6	121.2	55.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	11.6	0.0	56.0	319.3
1973	80.7	97.8	82.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.9	263.5
1974	142.4	92.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	0.0	0.0	0.0	15.0	263.9
1975	36.7	53.9	64.8	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.1	213.9
1976	195.9	54.3	40.7	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	8.7	0.0	0.0	4.2	314.5
1977	48.3	191.3	21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	6.2	272.0
1978	77.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.5
1979	39.2	0.0	37.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	29.0	106.1
1980	46.9	4.8	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	5.5	84.5
1981	18.2	73.3	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	14.2	120.5
1982	29.9	7.0	29.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	7.9	81.7
1983	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8
1984	34.7	129.0	52.7	0.0	0.0	8.1	0.0	6.2	0.0	51.0	54.6	0.0	336.3
1985	14.8	158.9	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.4	0.0	192.3	411.6
1986	223.0	92.9	25.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	98.5	452.0
1987	100.4	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	21.8	0.0	19.1	156.3
1988	100.4	0.2	46.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.1	167.4
1989	19.4	216.4	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	248.0
1990	18.2	3.6	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.1	43.4
1991	48.4	0.3	23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.1	91.7
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	13.8	16.6
1993	232.6	1.8	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.8	0.0	0.0	0.0	22.9	302.1
1994	71.1	98.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	175.4
1995	30.0	3.7	111.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	155.3
1996	28.2	22.6	17.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	78.8
1997	167.4	130.2	82.8	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	42.4	0.0	0.0	7.8	445.5
1998	146.2	39.0	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	16.5	217.6
1999	36.4	393.7	134.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	6.2	0.0	18.9	593.0
2000	184.0	76.4	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	282.5
2001	37.2	342.6	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	12.0	524.7
2002	27.4	95.6	46.0	0.0	0.0	5.2	44.2	0.0	0.0	8.7	2.5	5.7	235.3
2003	26.2	36.6	49.7	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	119.1
2004	56.0	65.1	0.0	0.0	0.0	0.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	124.5
2005	74.4	69.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	19.1	172.3
2006	55.0	70.2	52.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	19.1	200.7
2007	41.4	63.5	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.1	161.0

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2008	131.5	35.9	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	8.5	186.6
2009	8.1	99.2	8.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	117.4
2010	8.0	27.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	44.4
2011	83.6	134.5	0.0	10.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	52.9	290.1
2012	115.9	160.4	67.0	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	33.9	401.6
2013	112.3	85.8	34.5	0.0	12.6	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	256.9
2014	55.9	0.4	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	62.6
2015	48.2	102.4	143.0	2.6	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	296.5
2016	4.9	80.4	0.0	7.4	0.0	1.8	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	99.2
2017	129.2	81.6	80.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	322.9
2018	48.7	30.6	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	100.0
2019	104.6	94.8	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	12.7	213.9
2020	112.2	135.4	28.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	99.1	375.5

Fuente: <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

Cuadro 1-7. Precipitaciones mensuales de la estación Talabaya

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1964	42.7	29.1	38.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.0
1965	0.0	35.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.9
1966	0.0	11.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.3	25.0
1967	24.8	198.9	185.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.8	439.9
1968	180.8	83.6	92.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	356.4
1969	123.1	89.8	45.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2	277.5
1970	27.0	3.3	48.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	87.6
1971	80.0	105.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	62.9	251.0
1972	160.3	190.9	87.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.9	0.0	28.6	486.3
1973	237.9	175.2	60.6	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	491.7
1974	198.8	82.2	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.6	300.1
1975	65.7	98.0	149.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.3	458.3
1976	123.0	95.7	48.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	42.5	310.8
1977	89.1	99.2	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	15.8	225.3
1978	121.7	5.6	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	147.4
1979	51.1	0.0	90.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	141.9
1980	14.5	25.4	51.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	94.5
1981	59.6	67.2	22.8	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	17.9	186.3
1982	30.8	2.1	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	12.9	61.9
1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	11.4	14.0
1984	122.7	178.1	110.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	6.2	0.0	423.0
1985	0.0	153.9	31.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.8	208.2
1986	73.3	14.2	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	16.9	0.0	0.0	0.0	56.9	176.2
1987	132.5	32.1	9.8	0.0	0.0	0.0	12.7	0.0	0.0	5.4	0.0	1.9	194.4
1988	94.4	0.0	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116.0
1989	43.1	97.9	18.4	20.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	179.5
1990	19.9	25.7	25.7	0.0	0.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	101.1	191.1
1991	29.7	0.0	28.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.5
1992	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	36.1	41.0
1993	132.0	2.6	39.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	16.4	196.5
1994	27.8	66.7	3.7	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.1	129.4
1995	21.8	0.0	86.8	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.4	129.2
1996	28.7	39.7	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	4.4	84.3
1997	122.3	143.9	46.7	0.0	0.5	0.0	0.0	20.7	18.5	0.0	0.0	2.6	355.2
1998	136.7	21.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	172.5
1999	29.6	161.2	150.1	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	365.5
2000	167.6	140.6	60.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	396.7
2001	85.1	213.7	118.0	1.2	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	17.9	440.0
2002	17.2	182.3	75.2	0.0	0.0	6.6	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	317.3
2003	10.3	24.9	52.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	89.1
2004	45.6	66.8	14.5	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.0
2005	63.9	51.8	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	0.0	0.0	1.5	140.2
2006	69.7	106.3	75.7	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	255.5

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2007	52.7	11.1	38.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	115.6
2008	193.5	40.4	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	257.2
2009	9.0	80.4	55.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.3	148.0
2010	16.7	36.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	60.0
2011	63.6	103.4	0.6	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.9	234.9
2012	127.5	172.1	48.0	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	63.0	423.3
2013	78.1	91.0	49.6	0.0	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	242.8
2014	74.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	76.1
2015	32.6	10.3	100.6	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.5
2016	12.3	110.6	4.1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	132.2
2017	148.0	77.1	76.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	311.9
2018	41.4	55.9	20.9	0.0	0.0	4.1	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	128.0
2019	160.2	140.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	311.8
2020	124.8	141.2	63.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87.0	416.1

Fuente: <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

Cuadro 1-8. Precipitaciones mensuales de la estación Tarata

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1964	15.0	14.2	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.6	121.3
1965	0.0	18.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6
1966	0.0	11.6	0.6	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	2.0	13.5	34.7
1967	16.6	151.4	105.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	12.7	286.9
1968	64.4	48.3	53.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	5.0	0.0	175.0
1969	52.1	62.1	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.0	0.8	21.6	141.5
1970	46.1	36.1	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	7.7	117.2
1971	76.7	46.6	2.6	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	23.2	159.7
1972	161.8	134.7	55.9	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	2.2	0.0	40.9	396.3
1973	107.5	118.0	60.2	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	2.7	298.2
1974	213.6	110.0	25.2	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	358.2
1975	29.2	126.7	87.5	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7	260.4
1976	143.6	48.5	12.8	10.2	0.0	0.0	0.0	1.0	20.7	0.0	0.0	2.5	239.3
1977	45.5	113.4	68.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	227.6
1978	35.9	32.3	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	82.2
1979	50.1	21.8	61.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	151.4
1980	11.9	24.8	37.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	76.3
1981	59.3	94.1	19.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	2.5	177.4
1982	91.4	50.9	13.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	160.1
1983	2.3	31.7	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	40.5
1984	126.8	95.7	78.9	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	0.0	326.7
1985	7.9	138.8	53.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	21.7	243.4
1986	64.4	101.8	15.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.3	215.9
1987	92.7	16.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	109.7
1988	90.8	1.9	20.2	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	125.9
1989	47.8	163.9	7.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	220.0
1990	16.9	30.8	23.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	59.4	143.8
1991	70.4	24.5	26.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	125.6
1992	5.2	21.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	32.9
1993	144.4	38.8	73.9	2.2	0.0	0.0	0.0	21.8	0.0	0.0	0.0	30.1	311.2
1994	93.4	115.4	18.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2	248.9
1995	44.2	0.0	75.8	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	130.0
1996	15.2	25.9	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	3.0	48.7
1997	132.8	104.0	39.1	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	0.0	9.2	305.9
1998	140.3	28.2	0.2	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	9.1	181.1
1999	16.0	147.6	93.8	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	272.9
2000	141.9	104.3	51.9	3.7	0.0	3.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	314.2
2001	68.7	237.6	111.6	12.4	0.0	0.0	0.0	4.1	2.2	2.4	0.0	4.3	443.3
2002	29.1	141.4	60.4	0.8	0.0	3.8	19.0	0.0	0.0	0.7	0.7	13.2	269.1
2003	11.9	22.2	48.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	85.7
2004	63.4	102.2	5.5	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	177.1
2005	84.4	49.5	11.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	0.0	0.2	19.9	176.9
2006	56.7	94.1	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	236.3
2007	36.3	68.1	39.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	9.5	156.1

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2008	169.0	38.8	18.0	0.0	0.0	0.4	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	15.3	243.3
2009	8.5	117.6	17.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.4	147.5
2010	7.4	34.2	1.3	0.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	54.7
2011	74.1	110.6	2.0	1.7	7.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.1	54.3	251.2
2012	94.1	202.9	41.3	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	59.9	414.8
2013	50.4	77.9	58.2	0.0	15.2	1.5	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	14.5	218.5
2014	62.0	0.0	1.1	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.6	0.0	67.0
2015	32.0	132.4	140.8	8.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	314.2
2016	7.4	103.1	1.8	3.1	0.0	1.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	122.0
2017	171.0	94.4	72.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	30.0	368.1
2018	43.0	48.9	18.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	113.9
2019	173.9	159.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	347.7
2020	139.1	161.3	67.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.9	425.8

Fuente: <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

Cuadro 1-9. Precipitaciones mensuales de la estación Toquela

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1964	14.0	4.2	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	4.1	0.0	31.7	60.7
1965	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	6.0	0.0	2.0	11.3	0.0	0.0	0.0	23.9
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	13.8	0.0	46.0	63.8
1967	61.0	99.9	158.0	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	24.1	361.9
1968	109.1	69.2	45.0	0.0	6.4	0.0	0.0	6.3	0.0	2.2	19.3	20.9	278.4
1969	39.0	47.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	9.8	9.6	109.4
1970	0.0	24.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	13.8	48.5
1971	32.1	48.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	13.9	102.2
1972	189.6	306.6	196.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.6	718.3
1973	196.7	310.4	37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	0.0	0.0	554.9
1974	322.6	136.4	31.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	495.8
1975	61.5	88.7	77.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	249.6
1976	64.6	36.2	24.8	0.0	0.0	0.0	2.1	5.4	12.6	0.0	0.0	3.5	149.2
1977	37.8	99.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	152.0
1978	7.9	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	18.1
1979	14.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	48.8
1980	7.2	0.0	23.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.5
1981	49.3	41.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	120.3
1982	7.6	1.5	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	6.5	3.1	38.2
1983	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.1
1984	43.8	25.3	46.0	0.0	0.0	2.6	0.0	3.3	0.0	10.5	3.9	0.0	135.4
1985	7.3	92.6	24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.6	15.4	186.8
1986	18.1	16.6	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	21.4	64.6
1987	82.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	122.4
1988	92.4	0.0	29.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	129.7
1989	23.7	68.6	9.6	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	113.3
1990	3.1	16.0	15.6	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	40.9	84.3
1991	25.8	1.3	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	45.8
1992	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	54.7	61.5
1993	73.2	2.1	22.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	22.3	127.7
1994	81.2	64.0	5.4	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	169.7
1995	29.8	0.0	62.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	95.9
1996	46.2	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	3.8	3.6	78.2
1997	100.4	110.0	28.3	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	15.2	0.0	0.0	7.3	272.3
1998	87.4	11.5	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.8	124.0
1999	18.1	142.2	84.1	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	13.3	264.1
2000	136.5	58.0	41.3	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	251.9
2001	66.0	187.6	71.9	9.6	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	5.0	343.8
2002	20.5	72.6	55.0	3.1	0.0	6.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	190.2
2003	10.9	13.8	39.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.4	64.9
2004	43.3	47.9	17.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.1	0.0	0.0	0.0	3.0	115.2
2005	43.1	67.1	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	24.8	167.7
2006	47.3	56.9	69.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	2.0	183.7
2007	52.6	73.7	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	152.8

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2008	113.1	22.9	23.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	18.5	180.3
2009	30.1	68.6	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	120.4
2010	4.8	28.7	3.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	52.5
2011	74.8	103.7	0.0	11.2	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	47.2	243.8
2012	101.9	125.2	24.0	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	34.9	304.1
2013	63.1	37.2	27.0	0.0	19.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	161.5
2014	45.6	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	52.6
2015	33.2	63.9	98.1	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	201.0
2016	8.0	77.8	32.5	3.1	0.0	1.1	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	130.4
2017	151.0	74.2	57.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	293.9
2018	35.8	56.9	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116.5
2019	83.4	83.2	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.9
2020	78.5	152.9	22.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.6	325.9

Fuente: <https://snirh.ana.gob.pe/observatorioSNIRH/>

ANEXO 2

REGISTRO HISTÓRICO ÍNDICES ENSO

Cuadro 2-1. Índice El Niño Costero (ICEN)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	-0.73	-1.06	-1.28	-1.72	-1.86	-2.01	-1.73	-1.55	-1.46	-1.24	-1.29	-1.03
1965	-0.77	-0.28	0.41	1.05	1.48	1.37	1.26	0.93	0.67	0.35	0.32	0.36
1966	0.05	-0.51	-1.14	-1.49	-1.50	-1.42	-1.29	-1.12	-0.90	-0.82	-0.75	-0.89
1967	-0.74	-0.83	-0.71	-0.76	-0.75	-0.89	-1.17	-1.46	-1.69	-1.80	-1.83	-1.77
1968	-1.61	-1.47	-1.51	-1.69	-1.69	-1.38	-0.85	-0.24	-0.04	0.00	-0.08	-0.08
1969	-0.26	-0.15	0.23	0.94	1.16	0.95	0.42	0.06	0.15	0.37	0.54	0.49
1970	0.21	-0.36	-0.80	-1.25	-1.48	-2.00	-2.07	-1.93	-1.49	-1.28	-1.20	-1.28
1971	-1.41	-1.47	-1.20	-1.02	-1.04	-1.17	-1.22	-1.16	-1.27	-1.12	-1.07	-0.74
1972	-0.30	0.28	0.63	0.74	1.15	1.61	2.11	1.88	1.65	1.30	1.54	1.52
1973	1.15	0.34	-0.44	-0.92	-1.25	-1.30	-1.44	-1.38	-1.35	-1.20	-1.16	-1.23
1974	-1.28	-1.13	-0.80	-0.38	-0.35	-0.42	-0.56	-0.56	-0.79	-0.98	-1.27	-1.24
1975	-1.26	-0.83	-0.43	-0.34	-0.69	-1.01	-1.05	-1.14	-1.51	-1.96	-2.08	-1.78
1976	-1.20	-0.70	-0.26	0.21	0.86	1.33	1.46	1.23	0.84	0.58	0.41	0.34
1977	0.09	-0.15	-0.41	-0.56	-0.59	-0.58	-0.62	-0.84	-0.85	-0.71	-0.55	-0.51
1978	-0.45	-0.62	-0.72	-0.98	-0.96	-1.02	-1.12	-1.06	-1.09	-0.66	-0.35	0.04
1979	-0.10	-0.28	-0.26	-0.09	0.17	0.02	-0.01	0.04	0.25	0.31	0.12	-0.09
1980	-0.24	-0.17	-0.07	-0.05	-0.15	-0.45	-0.52	-0.54	-0.44	-0.43	-0.49	-0.80
1981	-1.02	-1.02	-0.74	-0.58	-0.60	-0.66	-0.84	-0.93	-0.85	-0.64	-0.46	-0.33
1982	-0.40	-0.72	-0.89	-0.70	-0.22	0.20	0.51	0.86	1.29	2.02	2.62	2.91
1983	2.62	2.36	2.60	3.23	3.91	4.06	3.70	2.70	1.74	0.89	0.48	0.05
1984	-0.34	-0.65	-0.59	-0.64	-0.65	-0.80	-0.66	-0.41	-0.39	-0.26	-0.40	-0.47
1985	-0.84	-0.96	-1.14	-1.29	-1.40	-1.42	-1.25	-1.20	-1.06	-0.93	-0.75	-0.42
1986	-0.15	-0.22	-0.49	-0.83	-0.93	-0.82	-0.51	-0.13	0.10	0.24	0.35	0.62
1987	0.86	1.19	1.40	1.60	1.46	1.27	0.98	0.98	1.11	1.21	1.04	0.58
1988	0.14	-0.31	-0.58	-0.87	-1.14	-1.33	-1.45	-1.37	-1.33	-1.18	-1.02	-0.70
1989	-0.36	-0.11	-0.03	-0.38	-0.68	-0.93	-0.68	-0.58	-0.49	-0.49	-0.42	-0.40
1990	-0.34	-0.30	-0.30	-0.30	-0.24	-0.30	-0.42	-0.52	-0.56	-0.64	-0.67	-0.60
1991	-0.47	-0.32	-0.22	-0.18	-0.03	0.26	0.44	0.48	0.48	0.59	0.69	0.64
1992	0.64	0.83	1.42	1.98	1.86	1.10	0.26	-0.05	-0.05	-0.04	-0.10	-0.09
1993	0.07	0.35	0.79	1.10	1.26	1.06	0.81	0.55	0.48	0.39	0.24	0.05
1994	-0.13	-0.42	-0.80	-1.01	-0.97	-0.85	-0.89	-0.68	-0.14	0.39	0.70	0.70
1995	0.57	0.17	-0.57	-1.05	-1.18	-0.88	-0.60	-0.43	-0.43	-0.40	-0.61	-0.62
1996	-0.64	-0.41	-0.82	-1.13	-1.64	-1.43	-1.29	-0.92	-0.76	-0.84	-1.03	-1.07
1997	-0.74	-0.14	0.48	1.29	2.12	3.02	3.57	3.85	3.85	4.01	4.08	4.06
1998	3.49	3.04	2.76	2.81	2.66	2.22	1.58	0.87	0.49	0.11	-0.05	-0.40
1999	-0.49	-0.39	-0.42	-0.44	-0.67	-0.46	-0.32	-0.46	-0.70	-1.08	-0.96	-0.90
2000	-0.66	-0.56	-0.30	-0.20	-0.16	-0.25	-0.36	-0.35	-0.37	-0.59	-0.86	-0.96
2001	-0.68	-0.25	0.03	-0.02	-0.34	-0.61	-0.71	-0.85	-1.05	-1.08	-1.06	-0.92
2002	-0.61	0.03	0.57	0.83	0.72	0.36	0.01	-0.10	0.09	0.49	0.77	0.70
2003	0.38	0.04	-0.18	-0.66	-1.07	-1.24	-0.74	-0.48	-0.08	0.00	0.20	0.07

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2004	-0.01	-0.28	-0.39	-0.87	-0.97	-1.05	-0.82	-0.59	-0.31	0.17	0.36	0.32
2005	-0.19	-0.75	-0.87	-0.65	-0.41	-0.40	-0.46	-0.49	-0.82	-1.17	-1.25	-0.94
2006	-0.35	-0.09	-0.45	-0.68	-0.64	-0.09	0.28	0.63	0.89	0.91	0.80	0.69
2007	0.50	0.10	-0.52	-1.12	-1.43	-1.36	-1.21	-1.05	-1.25	-1.44	-1.69	-1.32
2008	-0.63	0.10	0.41	0.54	0.61	0.79	1.03	1.14	0.91	0.34	-0.17	-0.33
2009	-0.42	-0.50	-0.29	0.07	0.58	0.68	0.80	0.70	0.54	0.36	0.37	0.38
2010	0.34	0.22	0.10	0.16	0.16	-0.16	-0.73	-1.18	-1.29	-1.30	-1.22	-0.93
2011	-0.51	-0.45	-0.34	-0.22	0.18	0.27	0.11	-0.28	-0.59	-0.72	-0.72	-0.51
2012	-0.16	0.17	0.55	0.74	1.04	0.86	0.54	0.18	-0.10	-0.27	-0.59	-0.68
2013	-0.74	-0.64	-0.81	-1.07	-1.46	-1.60	-1.51	-1.17	-0.91	-0.72	-0.63	-0.37
2014	-0.34	-0.25	-0.25	0.34	0.97	1.30	1.19	0.89	0.78	0.73	0.58	0.32
2015	-0.08	-0.14	0.26	0.97	1.69	2.19	2.18	2.16	2.00	2.20	2.15	2.06
2016	1.78	1.54	1.10	0.85	0.64	0.56	0.43	0.36	0.37	0.32	0.25	0.47
2017	0.92	1.37	1.42	1.07	0.46	-0.01	-0.24	-0.47	-0.66	-0.98	-1.19	-1.32
2018	-1.20	-1.14	-1.08	-0.97	-0.73	-0.54	-0.44	-0.28	-0.11	0.23	0.58	0.89
2019	0.87	0.59	0.41	0.34	0.25	-0.12	-0.54	-0.73	-0.78	-0.60	-0.40	-0.25
2020	-0.16	-0.15	0.10	0.19	0.02	-0.51	-0.93	-1.14	-1.00	-0.95	-0.83	-0.88

Fuente: <http://met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>

Cuadro 2-2. Índice ENSO 1+2

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	-0.599	-1.110	-1.237	-1.197	-2.322	-1.665	-1.633	-1.597	-1.133	-1.370	-0.924	-1.357
1965	-0.682	-0.232	0.020	1.206	1.559	1.276	1.046	1.279	0.354	0.292	0.365	0.269
1966	0.386	-0.439	-1.290	-1.356	-1.425	-1.376	-1.207	-1.095	-0.890	-0.620	-0.949	-0.700
1967	-0.954	-0.490	-0.949	-0.604	-0.600	-0.912	-1.018	-1.418	-1.740	-1.684	-1.731	-1.815
1968	-1.505	-1.260	-1.407	-1.541	-1.748	-1.420	-0.758	-0.269	0.205	-0.227	-0.219	0.047
1969	-0.145	-0.600	0.390	0.864	1.376	1.005	0.300	-0.127	0.018	0.541	0.534	0.506
1970	0.413	-0.205	-1.019	-0.777	-1.466	-1.747	-2.294	-1.801	-1.437	-1.162	-1.173	-1.203
1971	-1.378	-1.557	-1.322	-0.619	-1.075	-1.378	-0.990	-1.229	-1.219	-1.307	-0.801	-1.035
1972	-0.330	0.449	0.504	0.554	0.772	1.672	1.903	2.227	1.169	1.271	1.246	1.782
1973	1.192	0.218	-0.431	-0.913	-1.103	-1.393	-1.161	-1.529	-1.263	-1.120	-1.099	-1.177
1974	-1.262	-1.192	-0.737	-0.351	-0.077	-0.619	-0.516	-0.483	-0.659	-1.167	-0.966	-1.429
1975	-1.072	-1.013	-0.312	-0.024	-0.778	-1.236	-0.904	-0.970	-1.543	-1.927	-2.213	-1.901
1976	-1.119	-0.597	-0.489	0.135	0.703	1.342	1.494	1.149	0.754	0.436	0.410	0.261
1977	0.248	-0.274	-0.399	-0.477	-0.705	-0.464	-0.436	-0.855	-1.044	-0.518	-0.498	-0.551
1978	-0.355	-0.319	-1.012	-0.666	-1.032	-1.038	-0.900	-1.289	-0.870	-0.945	-0.072	0.022
1979	0.179	-0.416	-0.472	0.162	0.039	0.263	-0.166	-0.037	0.404	0.395	0.092	-0.151
1980	-0.186	-0.321	0.052	0.062	-0.194	-0.207	-0.766	-0.430	-0.301	-0.520	-0.418	-0.478
1981	-1.401	-1.005	-0.417	-0.602	-0.580	-0.510	-0.798	-1.053	-0.735	-0.537	-0.448	-0.209
1982	-0.201	-0.615	-1.112	-0.678	-0.162	0.217	0.466	0.772	1.254	1.660	2.752	2.875
1983	2.510	2.008	2.177	3.149	3.768	4.112	3.690	2.825	1.371	0.967	0.416	0.174
1984	-0.323	-0.736	-0.671	-0.131	-0.877	-0.767	-0.531	-0.531	-0.103	-0.491	-0.119	-0.436
1985	-0.732	-1.243	-0.826	-1.283	-1.624	-1.092	-1.288	-1.196	-0.950	-0.927	-0.819	-0.445
1986	-0.025	-0.028	-0.632	-0.766	-1.015	-0.928	-0.466	-0.127	0.111	0.121	0.257	0.469
1987	0.923	0.962	1.438	1.479	1.560	1.060	1.026	0.771	1.055	1.359	1.059	0.605
1988	0.078	-0.210	-0.660	-0.664	-0.975	-1.403	-1.243	-1.387	-1.208	-1.152	-0.907	-0.779
1989	-0.291	-0.034	-0.175	-0.109	-1.008	-0.931	-0.708	-0.282	-0.650	-0.475	-0.265	-0.447
1990	-0.459	-0.083	-0.362	-0.462	-0.143	-0.196	-0.616	-0.448	-0.486	-0.722	-0.672	-0.515
1991	-0.475	-0.319	-0.153	-0.201	-0.177	0.277	0.562	0.328	0.427	0.593	0.609	0.648
1992	0.399	0.605	1.167	2.031	2.175	0.953	-0.013	-0.111	0.066	0.007	-0.080	-0.104
1993	0.013	0.380	0.572	1.134	1.189	1.063	0.673	0.499	0.304	0.434	0.237	-0.030
1994	-0.040	-0.256	-0.849	-1.059	-0.801	-0.749	-0.816	-0.973	-0.149	0.673	0.486	0.712
1995	0.703	0.167	-0.381	-1.284	-1.119	-0.705	-0.535	-0.404	-0.259	-0.529	-0.262	-0.827
1996	-0.579	-0.349	-0.229	-1.647	-1.164	-1.679	-1.163	-0.831	-0.586	-0.699	-1.068	-1.163
1997	-0.814	-0.140	0.533	0.888	2.101	2.881	3.410	3.696	3.739	3.464	4.146	3.912
1998	3.366	2.594	2.658	2.561	2.675	2.229	1.406	0.944	0.256	0.292	-0.154	-0.215
1999	-0.672	-0.431	-0.013	-0.786	-0.541	-0.607	-0.185	-0.125	-0.994	-0.866	-1.189	-0.731
2000	-0.773	-0.555	-0.448	-0.017	-0.227	-0.321	-0.292	-0.574	-0.257	-0.295	-1.131	-0.932
2001	-0.567	-0.417	0.174	0.195	-0.560	-0.729	-0.550	-0.811	-1.118	-1.137	-0.971	-1.046
2002	-0.729	-0.029	0.728	0.725	0.708	0.472	-0.207	-0.292	0.149	0.297	0.858	0.897
2003	0.121	-0.027	-0.021	-0.431	-1.366	-1.100	-0.904	-0.037	-0.458	0.120	0.200	0.135
2004	-0.102	0.067	-0.606	-0.433	-1.276	-0.876	-0.743	-0.708	-0.268	0.128	0.642	0.325
2005	0.033	-0.745	-1.151	-0.316	-0.215	-0.616	-0.300	-0.362	-0.722	-1.232	-1.402	-0.967
2006	-0.327	0.276	-0.196	-1.247	-0.352	-0.089	0.234	0.685	0.933	1.011	0.773	0.644
2007	0.672	0.208	-0.476	-0.991	-1.461	-1.392	-0.873	-1.141	-0.998	-1.477	-1.703	-1.618

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	-0.479	0.273	0.398	0.413	0.587	0.556	0.900	1.260	0.946	0.303	-0.281	-0.477
2009	-0.133	-0.583	-0.692	0.452	0.479	0.748	0.743	0.791	0.448	0.281	0.252	0.446
2010	0.305	0.267	0.223	0.079	0.400	0.123	-0.881	-1.178	-1.118	-1.170	-1.215	-0.902
2011	-0.413	-0.021	-0.676	-0.113	0.257	0.440	0.173	-0.181	-0.637	-0.762	-0.550	-0.634
2012	-0.133	0.444	0.198	0.922	0.986	1.112	0.463	0.116	0.116	-0.295	-0.384	-0.810
2013	-0.570	-0.511	-0.532	-1.021	-1.263	-1.611	-1.406	-1.048	-0.692	-0.686	-0.522	-0.421
2014	0.046	-0.411	-0.135	0.069	1.131	1.557	1.021	0.909	0.784	0.687	0.746	0.347
2015	-0.073	-0.352	0.092	1.014	1.597	2.189	2.413	1.602	2.169	2.019	2.134	2.020
2016	1.658	1.338	1.337	0.627	0.677	0.744	0.291	0.277	0.576	0.248	0.145	0.337
2017	0.927	1.368	1.558	1.016	0.396	-0.015	-0.233	-0.296	-0.665	-0.835	-1.136	-1.437
2018	-1.057	-0.837	-1.179	-0.809	-0.495	-0.550	-0.270	-0.261	-0.097	0.085	0.718	0.875
2019	0.790	0.577	0.222	0.395	0.411	-0.148	-0.532	-0.596	-0.567	-0.669	-0.099	-0.084
2020	-0.260	0.146	0.011	0.337	0.067	-0.549	-1.128	-0.943	-1.142	-0.635	-0.623	-0.649

Fuente: <https://apcc21.org/ser/indic.do?lang=en#grap1>

Cuadro 2-3. Índice ENSO34

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	0.703	0.333	-0.226	-0.714	-0.909	-0.942	-0.797	-1.182	-1.347	-1.255	-1.333	-1.306
1965	-0.886	-0.541	-0.303	-0.332	0.134	0.422	0.620	0.998	1.138	1.365	1.373	1.283
1966	1.016	0.742	0.917	0.437	-0.219	0.044	0.136	-0.302	-0.403	-0.425	-0.366	-0.526
1967	-0.652	-0.625	-0.695	-0.896	-0.440	-0.149	-0.224	-0.416	-0.830	-0.702	-0.552	-0.598
1968	-0.825	-0.990	-0.871	-0.592	-0.614	0.220	0.301	0.113	-0.038	0.034	0.496	0.628
1969	0.894	1.042	0.548	0.388	0.423	0.089	-0.096	0.152	0.370	0.601	0.427	0.364
1970	0.243	0.177	-0.108	0.028	-0.157	-0.506	-0.886	-1.158	-1.051	-1.063	-1.060	-1.279
1971	-1.679	-1.506	-1.280	-1.064	-0.879	-1.010	-1.039	-1.079	-1.019	-1.205	-1.073	-1.187
1972	-0.897	-0.442	-0.204	0.133	0.413	0.493	0.856	0.999	1.084	1.438	1.780	1.943
1973	1.640	1.119	0.316	-0.394	-0.756	-0.960	-1.307	-1.475	-1.557	-1.818	-2.141	-2.109
1974	-2.003	-1.575	-1.359	-1.202	-1.156	-1.065	-0.818	-0.541	-0.676	-0.906	-0.995	-0.926
1975	-0.502	-0.686	-1.027	-0.850	-1.007	-1.324	-1.266	-1.450	-1.617	-1.731	-1.566	-1.832
1976	-1.958	-1.243	-0.796	-0.839	-0.656	-0.298	-0.121	0.080	0.219	0.702	0.698	0.453
1977	0.685	0.341	0.195	-0.252	-0.069	0.147	0.191	0.019	0.350	0.602	0.492	0.644
1978	0.542	0.218	-0.141	-0.546	-0.557	-0.512	-0.393	-0.701	-0.683	-0.439	-0.318	-0.055
1979	-0.155	-0.227	0.006	0.114	-0.100	-0.140	-0.328	-0.093	0.219	0.129	0.333	0.496
1980	0.505	0.223	0.090	0.058	0.178	0.314	0.044	-0.341	-0.270	-0.216	-0.043	0.054
1981	-0.362	-0.596	-0.567	-0.431	-0.476	-0.354	-0.526	-0.511	-0.212	-0.255	-0.309	-0.142
1982	0.111	-0.132	0.172	0.328	0.556	0.628	0.450	0.699	1.338	1.837	1.808	2.045
1983	2.131	1.795	1.302	0.949	0.910	0.602	0.028	-0.199	-0.467	-0.968	-1.061	-0.869
1984	-0.610	-0.169	-0.425	-0.520	-0.562	-0.684	-0.377	-0.246	-0.326	-0.614	-1.057	-1.218
1985	-1.092	-0.688	-0.723	-0.994	-0.848	-0.739	-0.595	-0.519	-0.682	-0.434	-0.312	-0.365
1986	-0.608	-0.624	-0.336	-0.222	-0.391	-0.168	-0.003	0.308	0.479	0.782	1.001	1.064
1987	1.026	1.045	0.951	0.626	0.695	0.977	1.307	1.458	1.530	1.217	1.107	0.947
1988	0.865	0.318	0.178	-0.254	-0.957	-1.409	-1.469	-1.070	-0.951	-1.730	-1.845	-1.801
1989	-1.863	-1.397	-1.110	-0.907	-0.700	-0.438	-0.452	-0.510	-0.317	-0.358	-0.352	-0.106
1990	-0.005	0.210	0.080	0.167	0.187	0.052	0.198	0.238	0.207	0.260	0.176	0.377
1991	0.465	0.322	0.112	0.304	0.391	0.641	0.831	0.666	0.410	0.857	1.176	1.571
1992	1.659	1.628	1.305	1.197	1.084	0.689	0.352	0.110	-0.030	-0.206	-0.154	-0.072
1993	0.190	0.435	0.425	0.645	0.830	0.470	0.331	0.152	0.330	0.130	0.113	0.218
1994	0.107	0.078	0.170	0.361	0.405	0.419	0.346	0.503	0.442	0.763	1.110	1.186
1995	0.928	0.698	0.496	0.379	0.048	0.029	-0.068	-0.532	-0.761	-0.757	-0.938	-0.840
1996	-0.801	-0.779	-0.508	-0.340	-0.264	-0.285	-0.306	-0.192	-0.418	-0.368	-0.308	-0.554
1997	-0.496	-0.344	-0.169	0.254	0.704	1.090	1.516	1.749	1.945	2.206	2.276	2.138
1998	2.182	1.891	1.289	0.840	0.682	-0.171	-0.735	-1.080	-1.116	-1.293	-1.249	-1.503
1999	-1.560	-1.234	-0.868	-0.955	-0.978	-0.998	-0.994	-1.133	-1.041	-1.132	-1.418	-1.590
2000	-1.644	-1.428	-0.905	-0.725	-0.721	-0.639	-0.542	-0.465	-0.513	-0.631	-0.677	-0.821
2001	-0.701	-0.583	-0.416	-0.375	-0.219	-0.061	0.064	-0.011	-0.177	-0.094	-0.268	-0.354
2002	-0.164	-0.050	0.040	0.122	0.389	0.774	0.763	0.800	0.973	1.161	1.384	1.288
2003	0.582	0.622	0.417	0.003	-0.412	-0.118	0.297	0.264	0.250	0.449	0.396	0.434
2004	0.264	0.235	0.154	0.159	0.162	0.232	0.532	0.696	0.743	0.715	0.686	0.751
2005	0.637	0.354	0.474	0.345	0.379	0.158	-0.117	-0.035	-0.051	-0.028	-0.475	-0.815
2006	-0.858	-0.633	-0.613	-0.201	0.016	0.105	0.102	0.299	0.551	0.697	0.989	1.086
2007	0.638	0.151	-0.098	-0.161	-0.305	-0.193	-0.405	-0.618	-1.016	-1.238	-1.358	-1.452

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	-1.615	-1.581	-1.130	-0.869	-0.706	-0.540	-0.212	-0.123	-0.266	-0.302	-0.379	-0.770
2009	-0.829	-0.717	-0.587	-0.215	0.169	0.426	0.557	0.561	0.645	0.893	1.439	1.669
2010	1.423	1.173	0.891	0.488	-0.067	-0.495	-0.873	-1.257	-1.499	-1.561	-1.502	-1.504
2011	-1.493	-1.078	-0.857	-0.665	-0.432	-0.282	-0.339	-0.617	-0.781	-0.966	-1.055	-0.984
2012	-0.852	-0.631	-0.527	-0.359	-0.186	0.133	0.330	0.446	0.343	0.289	0.224	-0.182
2013	-0.479	-0.451	-0.187	-0.106	-0.233	-0.257	-0.253	-0.331	-0.185	-0.156	-0.068	-0.122
2014	-0.456	-0.539	-0.201	0.181	0.388	0.320	0.055	0.011	0.253	0.445	0.766	0.710
2015	0.524	0.460	0.520	0.762	0.969	1.215	1.454	1.809	2.037	2.242	2.592	2.517
2016	2.393	2.117	1.589	1.018	0.487	0.196	-0.239	-0.439	-0.496	-0.609	-0.584	-0.385
2017	-0.343	-0.037	0.102	0.312	0.454	0.444	0.368	-0.095	-0.386	-0.468	-0.781	-0.854
2018	-0.896	-0.715	-0.692	-0.364	-0.072	0.169	0.231	0.131	0.443	0.884	0.913	0.848
2019	0.601	0.685	0.815	0.721	0.667	0.587	0.478	0.124	0.073	0.512	0.582	0.549
2020	0.582	0.381	0.521	0.478	-0.093	-0.147	-0.137	-0.489	-0.770	-1.115	-1.236	-1.049

Fuente: <https://apcc21.org/ser/indic.do?lang=en#grap1>

Cuadro 2-4. Índice oceánico El Niño (ONI)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.9	2.0	2.0	1.7
1966	1.4	1.2	1.0	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.7	-0.6	-0.4	0.0	0.3	0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	1.0
1969	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5	0.8	0.9	0.8	0.6
1970	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1
1971	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9
1972	-0.7	-0.4	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.5	-0.9	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.9	-2.0
1974	-1.8	-1.6	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.6
1975	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.7
1976	-1.6	-1.2	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.8
1977	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.0
1979	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
1982	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9
1984	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9
2007	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6
2010	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1.0	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2

Fuente: <https://psl.noaa.gov/enso/data.html>

Cuadro 2-5. Índice Trans-Niño (TNI)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	-0.936	-1.131	-0.508	-0.638	-1.649	-0.447	-0.448	-0.073	1.043	0.731	1.521	0.991
1965	0.915	0.875	1.098	2.577	2.212	1.339	0.811	0.774	-0.205	-0.814	-0.508	-0.339
1966	-0.275	-1.290	-2.770	-2.021	-1.661	-1.713	-1.863	-1.377	-1.146	-0.881	-1.248	-0.360
1967	-0.019	0.599	-0.387	-0.603	-0.614	-0.642	-0.902	-1.299	-1.511	-1.499	-1.586	-1.473
1968	-1.043	-0.761	-0.787	-1.184	-1.134	-1.703	-0.698	-0.478	0.059	-0.489	-1.157	-1.067
1969	-1.790	-2.507	-0.728	0.046	0.791	0.901	0.197	-0.857	-1.087	-0.644	-0.476	-0.174
1970	-0.005	-0.818	-1.260	-1.011	-1.669	-1.629	-2.212	-1.063	-0.280	0.258	0.245	0.973
1971	1.065	0.411	0.531	0.973	0.373	0.108	0.465	0.176	0.565	0.376	0.443	-0.123
1972	0.663	0.910	0.707	0.218	0.531	1.500	1.538	2.070	0.722	0.467	0.292	0.797
1973	0.127	-0.519	-0.664	-0.688	-0.732	-0.498	-0.019	-0.066	0.512	1.054	1.588	1.831
1974	1.730	0.953	0.925	1.324	1.611	0.843	0.924	0.300	0.536	0.394	0.504	0.138
1975	-0.098	-0.281	0.959	1.354	0.814	0.694	1.084	1.275	1.186	1.145	0.727	1.273
1976	1.471	1.369	0.940	1.277	1.873	2.485	2.431	1.786	1.236	0.203	0.029	0.557
1977	0.315	-0.209	-0.224	-0.404	-0.437	-0.501	-0.770	-1.326	-1.902	-1.356	-1.306	-1.347
1978	-1.123	-0.737	-1.020	-0.031	-0.702	-0.561	-0.439	-1.022	-0.679	-0.466	0.284	0.221
1979	0.043	-0.368	-0.628	-0.028	0.150	0.415	-0.249	0.183	0.483	0.399	-0.376	-0.731
1980	-0.924	-1.058	-0.416	-0.410	-0.811	-0.715	-1.268	-0.482	-0.328	-0.844	-0.700	-0.599
1981	-1.473	-0.945	-0.290	-0.033	0.092	0.137	-0.076	-0.497	-0.635	-0.330	-0.329	-0.249
1982	-0.348	-0.672	-1.439	-1.710	-1.501	-1.658	-0.689	-0.084	0.230	0.653	1.798	2.240
1983	1.833	1.128	1.533	2.568	3.542	4.424	4.191	3.190	2.018	2.165	1.513	1.229
1984	0.623	0.450	1.149	0.948	0.263	0.039	-0.081	-0.285	-0.513	-0.073	0.786	1.438
1985	-0.021	-0.310	0.573	-0.065	-0.796	-0.248	-0.939	-1.492	-1.054	-0.739	-0.988	-0.610
1986	0.220	0.287	-0.015	-0.553	-0.630	-1.151	-1.218	-0.917	-1.312	-1.256	-1.109	-0.956
1987	-0.423	-0.130	0.345	0.593	0.687	-0.051	-0.395	-0.690	-0.800	-0.286	-1.024	-0.909
1988	-1.229	-1.221	-0.624	-0.524	-0.041	-0.742	-0.520	-0.636	-0.147	0.812	1.697	1.661
1989	2.314	2.568	1.836	1.445	-0.120	0.372	-0.093	-0.034	-0.465	-0.511	0.076	-0.732
1990	-1.004	-0.849	-1.146	-1.009	-0.571	-0.620	-1.444	-1.894	-1.489	-1.900	-1.676	-1.558
1991	-1.899	-1.100	-0.584	-1.704	-0.948	-0.875	-0.745	-1.130	-1.042	-1.331	-1.011	-0.995
1992	-0.906	-0.669	-0.030	0.715	1.059	0.021	-1.136	-1.169	-1.183	-0.463	-0.458	-0.845
1993	-0.626	0.082	0.132	0.333	0.389	0.266	-0.728	-0.610	-0.705	-0.463	-0.715	-0.783
1994	-0.608	-0.173	-1.128	-1.524	-1.464	-1.294	-1.976	-2.912	-1.740	-0.938	-1.039	-0.908
1995	-0.655	-1.073	-1.536	-1.868	-1.888	-1.021	-0.963	-1.054	-0.269	-0.224	0.383	-0.243
1996	-0.215	0.470	0.452	-1.038	-0.916	-1.089	-1.573	-1.584	-1.475	-0.922	-1.230	-1.398
1997	-1.153	-0.627	0.004	-0.175	1.430	2.445	2.501	2.824	2.677	2.505	2.586	2.829
1998	2.594	1.861	2.101	3.112	3.620	2.692	2.526	1.933	1.118	2.075	1.890	1.965
1999	1.823	2.141	2.241	0.672	0.693	0.200	-0.189	0.081	-0.427	0.157	0.413	0.862
2000	1.350	1.991	1.844	1.915	1.285	0.325	-0.640	-0.603	-0.615	-0.013	-0.404	0.623
2001	0.494	1.144	1.763	1.458	-0.321	-1.344	-1.694	-1.896	-2.385	-2.304	-1.917	-1.213
2002	-1.792	-1.017	0.259	-0.082	-0.664	-1.678	-2.260	-2.506	-2.279	-1.447	-1.528	-1.099
2003	-1.773	-1.677	-1.769	-1.962	-2.088	-1.900	-1.849	-1.728	-1.538	-1.052	-0.995	-0.794
2004	-0.870	-1.034	-0.998	-0.672	-1.871	-2.000	-2.357	-2.699	-2.399	-1.651	-1.337	-1.419
2005	-1.688	-1.848	-1.963	-1.473	-0.582	-1.074	-1.312	-0.989	-1.563	-1.844	-1.379	-0.503
2006	0.599	1.505	0.855	-1.264	-0.617	-0.793	-0.315	-0.511	-0.614	-0.118	-0.628	-0.945
2007	-0.681	-0.619	-1.381	-1.724	-1.765	-1.758	-1.865	-2.010	-1.659	-1.262	-0.529	-0.126

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	1.776	2.896	2.918	1.985	1.545	1.728	1.430	1.345	1.140	0.242	0.567	0.761
2009	1.201	1.177	0.390	0.543	0.203	0.068	-0.167	-0.553	-1.192	-1.810	-1.822	-1.784
2010	-1.898	-1.502	-1.720	-0.782	-0.441	-0.218	-0.962	-0.138	0.371	0.441	0.766	1.087
2011	1.994	2.119	1.029	1.123	1.317	1.364	0.541	0.018	-0.162	0.183	0.202	0.707
2012	1.216	1.806	1.513	1.926	1.534	1.545	0.462	-0.977	-0.852	-1.315	-1.554	-1.278
2013	-0.745	-0.224	0.408	-0.822	-1.445	-1.723	-1.824	-1.782	-1.329	-1.171	-1.224	-0.626
2014	0.354	-1.018	-1.488	-1.401	-0.030	0.438	0.287	-0.238	-0.758	-0.666	-0.926	-1.484
2015	-1.899	-2.119	-1.571	-0.620	0.512	0.611	0.760	0.024	0.288	0.384	-0.588	-0.415
2016	-0.784	-1.577	-1.077	-1.330	-0.816	-0.770	-0.820	-0.335	0.148	0.565	0.386	0.617
2017	1.253	1.704	2.005	0.612	0.224	-1.005	-1.239	-1.430	-1.435	-1.605	-1.266	-1.324
2018	-0.634	-0.142	-0.611	-1.342	-1.036	-1.487	-1.193	-1.477	-1.475	-1.533	-1.220	-0.981
2019	-0.660	-1.184	-1.207	-1.121	-1.176	-1.715	-2.300	-2.418	-2.558	-2.747	-1.935	-1.522
2020	-1.721	-1.165	-1.106	-0.936	-0.422	-1.368	-1.816	-1.380	-0.974	-0.428	0.188	0.494

Fuente: <https://apcc21.org/ser/indic.do?lang=en#grap1>

Cuadro 2-6. Índice El Niño Modoki (EMI)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	0.502	0.579	0.251	0.411	0.600	0.126	-0.045	-0.102	-0.712	-0.594	-0.786	-0.401
1965	-0.290	-0.158	-0.109	-0.447	-0.269	0.050	0.349	0.183	0.395	0.784	0.573	0.529
1966	0.506	0.689	1.308	1.025	0.940	0.937	0.862	0.498	0.604	0.584	0.662	0.374
1967	0.149	0.046	0.428	0.497	0.481	0.375	0.509	0.539	0.654	0.736	0.866	0.738
1968	0.622	0.657	0.476	0.501	0.373	0.551	0.114	0.152	0.131	0.262	0.755	0.729
1969	1.016	1.209	0.634	0.345	0.041	-0.111	-0.029	0.266	0.359	0.267	0.211	0.061
1970	0.032	0.322	0.231	0.414	0.538	0.564	0.636	0.226	-0.143	-0.394	-0.375	-0.587
1971	-0.719	-0.382	-0.271	-0.217	-0.024	0.004	-0.107	-0.144	-0.454	-0.303	-0.214	0.040
1972	-0.380	-0.216	0.128	0.395	0.337	0.077	0.033	-0.226	0.017	0.163	0.221	0.169
1973	0.333	0.512	0.428	0.362	0.261	0.063	-0.120	-0.334	-0.500	-0.596	-0.830	-0.900
1974	-0.806	-0.530	-0.363	-0.340	-0.539	-0.331	-0.466	-0.289	-0.417	-0.450	-0.275	-0.043
1975	0.008	0.118	-0.251	-0.380	-0.440	-0.371	-0.669	-0.864	-0.951	-0.922	-0.755	-0.690
1976	-0.671	-0.436	-0.245	-0.281	-0.282	-0.512	-0.514	-0.473	-0.292	-0.040	0.012	-0.215
1977	-0.146	0.002	0.127	0.157	0.083	0.152	0.318	0.480	0.751	0.713	0.641	0.639
1978	0.505	0.489	0.312	0.166	0.305	0.133	-0.049	0.180	0.102	0.139	0.011	-0.032
1979	0.002	-0.055	0.192	0.195	-0.026	-0.031	0.048	-0.144	-0.234	-0.028	0.205	0.338
1980	0.453	0.571	0.426	0.450	0.395	0.351	0.395	-0.040	-0.015	0.280	0.141	0.049
1981	0.406	0.265	0.089	-0.159	-0.304	-0.289	-0.447	-0.201	-0.020	-0.142	-0.090	0.018
1982	0.049	0.036	0.401	0.669	0.597	0.595	0.335	0.201	0.038	0.282	-0.108	-0.418
1983	-0.468	-0.250	-0.393	-0.740	-0.803	-1.175	-1.215	-1.156	-1.127	-0.971	-0.783	-0.496
1984	-0.471	-0.231	-0.385	-0.402	-0.139	0.044	0.013	-0.177	-0.254	-0.248	-0.463	-0.345
1985	-0.110	-0.097	-0.475	-0.348	-0.121	-0.088	0.239	0.284	0.219	0.238	0.120	0.068
1986	0.049	-0.012	0.228	0.164	0.148	0.329	0.247	0.279	0.375	0.289	0.392	0.283
1987	0.205	0.431	0.212	-0.085	-0.203	0.170	0.281	0.228	0.337	0.186	0.277	0.233
1988	0.321	0.392	0.287	0.068	0.046	0.089	-0.079	-0.107	-0.445	-0.849	-0.848	-0.736
1989	-1.144	-1.008	-0.572	-0.543	-0.187	-0.253	-0.358	-0.385	-0.178	-0.131	-0.045	0.295
1990	0.392	0.259	0.435	0.356	0.187	0.237	0.386	0.442	0.688	0.813	0.848	0.931
1991	0.878	0.880	0.691	0.661	0.730	0.483	0.340	0.458	0.409	0.693	0.705	0.683
1992	0.548	0.645	0.437	0.122	-0.027	0.228	0.639	0.366	0.222	0.334	0.508	0.419
1993	0.503	0.349	0.187	0.149	0.090	-0.009	0.118	0.291	0.458	0.294	0.172	0.347
1994	0.336	0.280	0.513	0.588	0.460	0.464	0.771	0.952	0.741	0.605	0.618	0.643
1995	0.468	0.599	0.875	0.909	0.731	0.473	0.246	0.044	-0.059	-0.125	-0.369	-0.144
1996	-0.103	-0.164	-0.156	0.186	0.145	0.081	-0.131	-0.082	-0.160	-0.035	0.183	0.339
1997	0.451	0.421	0.410	0.550	0.180	-0.348	-0.450	-0.423	-0.502	-0.625	-0.602	-0.861
1998	-0.544	-0.516	-0.583	-0.772	-0.954	-1.308	-1.358	-1.548	-1.335	-1.377	-1.198	-1.177
1999	-1.316	-1.231	-1.193	-0.684	-0.593	-0.481	-0.612	-0.583	-0.342	-0.378	-0.519	-0.708
2000	-0.699	-0.882	-0.889	-1.091	-0.854	-0.324	-0.054	-0.127	-0.239	-0.388	-0.368	-0.526
2001	-0.658	-0.632	-0.794	-0.713	-0.324	-0.108	0.205	0.355	0.482	0.413	0.440	0.350
2002	0.499	0.428	0.106	0.169	0.247	0.311	0.642	0.676	0.516	0.325	0.331	0.423
2003	0.460	0.618	0.668	0.542	0.472	0.432	0.316	0.162	0.337	0.234	0.153	0.286
2004	0.304	0.211	0.065	0.115	0.513	0.658	0.764	0.968	0.834	0.725	0.496	0.478
2005	0.651	0.642	0.591	0.562	0.335	0.306	-0.140	-0.031	0.273	0.361	0.383	0.086
2006	-0.413	-0.687	-0.456	0.028	0.044	0.081	0.253	0.319	0.166	0.379	0.414	0.332
2007	0.059	0.263	0.432	0.404	0.420	0.297	0.167	0.283	-0.037	-0.017	-0.077	-0.300

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2008	-0.889	-1.222	-0.989	-0.826	-0.678	-0.568	-0.661	-0.822	-0.815	-0.608	-0.547	-0.572
2009	-0.748	-0.469	-0.324	-0.302	-0.157	-0.106	-0.087	-0.015	0.298	0.659	0.886	0.925
2010	0.985	0.683	0.582	0.422	-0.001	-0.220	-0.369	-0.651	-0.878	-0.936	-0.911	-0.860
2011	-0.954	-0.836	-0.523	-0.433	-0.368	-0.346	-0.241	-0.333	-0.354	-0.370	-0.466	-0.694
2012	-0.946	-1.039	-0.793	-0.695	-0.672	-0.518	-0.384	0.021	0.093	0.408	0.423	0.250
2013	0.056	-0.206	-0.309	-0.075	0.126	0.272	0.185	0.174	0.049	0.242	0.229	0.005
2014	-0.120	0.305	0.310	0.310	0.069	-0.247	-0.151	-0.052	0.092	0.276	0.361	0.339
2015	0.539	0.843	0.766	0.582	0.291	0.099	0.129	0.299	0.104	0.263	0.413	0.297
2016	0.156	0.440	0.264	0.317	0.134	-0.140	-0.219	-0.344	-0.598	-0.601	-0.546	-0.337
2017	-0.606	-0.541	-0.488	-0.175	-0.058	0.110	0.042	-0.150	-0.093	-0.132	-0.070	-0.133
2018	-0.202	-0.091	-0.012	0.151	0.157	0.321	0.319	0.462	0.504	0.597	0.431	0.289
2019	0.340	0.424	0.422	0.358	0.258	0.465	0.767	0.820	0.766	0.784	0.662	0.589
2020	0.513	0.355	0.446	0.277	0.047	0.200	0.141	-0.186	-0.183	-0.351	-0.412	-0.664

Fuente: <https://apcc21.org/ser/indic.do?lang=en#grap1>

ANEXO 3

REGISTRO HISTÓRICO DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES

Cuadro 3-1. Temperaturas medias mensuales de la estación Aricota

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	13.9	13.5	13.4	13.4	12.4	10.9	9.5	10.3	11.6	11.8	12.4	10.8	12.0
1965	12.1	13.5	12.6	12.2	12.0	10.1	10.4	11.0	10.9	12.5	12.5	13.2	11.9
1966	14.2	13.3	13.4	12.2	10.8	10.5	10.9	11.1	12.2	12.4	12.9	12.2	12.2
1967	13.2	12.3	11.8	12.7	12.0	9.5	9.5	10.8	12.3	12.5	11.3	13.1	11.7
1968	12.8	11.9	12.1	10.5	10.9	10.4	10.8	10.6	11.7	11.7	11.7	12.1	11.4
1969	12.5	12.0	12.1	12.1	10.8	10.6	11.3	11.0	11.8	12.4	12.5	12.8	11.8
1970	10.0	10.7	11.4	11.6	10.5	12.0	11.2	10.2	10.8	11.5	10.6	11.9	11.0
1971	10.4	10.8	11.3	11.7	11.0	10.4	10.6	10.6	11.4	12.2	12.3	12.6	11.3
1972	11.4	11.7	12.1	12.2	11.5	10.8	11.2	10.6	11.6	12.6	12.9	13.6	11.8
1973	14.3	13.4	13.4	12.9	11.9	11.0	10.1	10.9	11.7	12.0	12.9	11.7	12.2
1974	11.2	11.3	11.2	12.4	11.6	9.8	10.5	11.3	12.3	12.5	13.2	13.2	11.7
1975	14.0	13.0	13.6	13.8	12.4	12.2	10.7	10.8	11.8	12.2	11.6	12.1	12.3
1976	11.8	11.5	12.3	12.0	11.0	10.7	11.3	10.8	11.3	11.8	12.2	13.2	11.7
1977	13.5	13.0	13.4	12.5	10.8	10.0	10.9	10.8	11.9	12.9	12.8	13.1	12.1
1978	13.0	13.9	13.2	12.4	11.3	10.6	10.7	13.1	12.7	13.7	13.4	13.8	12.6
1979	12.6	13.2	12.8	12.9	12.5	11.9	10.7	11.5	12.0	12.8	13.7	12.3	12.4
1980	12.8	12.9	13.0	12.4	12.1	11.0	10.3	11.2	11.7	12.1	12.6	11.7	12.0
1981	10.4	10.1	11.5	11.0	10.0	9.7	10.0	11.1	11.1	11.6	11.7	11.9	10.9
1982	15.1	14.2	13.6	13.1	12.3	11.0	10.7	11.6	11.9	12.7	12.2	14.1	12.7
1983	15.1	15.4	15.2	14.5	14.0	12.1	11.7	12.1	12.2	13.8	12.7	13.6	13.5
1984	11.3	11.8	12.2	12.4	11.6	10.7	10.8	10.5	11.8	12.6	12.6	12.7	11.8
1985	11.8	12.0	11.9	11.9	12.1	12.1	11.5	11.5	11.8	12.4	12.2	13.7	12.1
1986	13.6	11.8	12.0	12.0	11.2	10.4	10.4	11.0	11.5	12.2	12.3	12.5	11.7
1987	13.6	12.7	12.4	12.6	11.5	10.4	10.7	11.5	11.5	12.4	12.6	12.0	12.0
1988	14.2	13.8	13.2	13.8	11.6	10.1	10.9	12.3	11.7	12.5	12.8	11.9	12.4
1989	12.8	12.3	11.8	11.9	11.8	10.4	10.8	11.2	11.2	12.5	12.4	11.8	11.7
1990	13.0	12.9	13.2	12.7	12.4	11.1	9.6	11.6	11.2	12.3	13.2	12.9	12.2
1991	12.5	12.4	12.4	12.4	11.5	10.6	10.4	11.1	11.6	12.3	12.5	12.7	11.9
1992	12.5	12.4	12.4	12.4	11.5	10.6	10.4	11.1	11.6	12.2	12.4	12.7	11.8
1993	12.4	12.3	12.3	12.3	11.5	10.6	10.3	11.1	11.7	12.7	13.2	13.0	12.0
1994	12.5	11.6	12.4	12.6	12.7	10.9	10.9	12.3	12.7	12.1	12.6	12.8	12.2
1995	13.3	12.7	11.7	12.1	12.0	10.9	10.5	10.9	11.4	12.0	12.1	12.3	11.8
1996	11.9	13.0	12.0	12.7	12.1	10.6	10.3	11.5	12.8	12.8	12.3	13.2	12.1
1997	10.8	12.4	12.0	11.6	10.1	7.8	9.4	11.0	11.6	11.7	11.9	13.4	11.1
1998	14.1	14.1	13.2	11.8	10.7	10.3	10.0	10.5	10.0	10.4	11.6	11.9	11.6
1999	11.7	11.7	11.8	12.0	10.6	9.5	9.9	10.8	10.7	11.6	10.0	11.1	11.0
2000	10.4	10.1	11.2	12.2	11.7	9.5	9.3	10.4	11.2	12.4	11.9	12.5	11.1
2001	11.0	10.8	10.9	12.3	10.6	10.6	9.9	11.4	11.8	13.3	12.7	12.9	11.5
2002	13.3	11.4	12.4	12.7	12.0	11.6	9.1	11.6	11.3	12.2	13.5	13.7	12.1
2003	14.0	14.6	12.4	12.2	11.8	10.9	11.1	11.3	11.9	12.8	13.2	12.7	12.4
2004	12.7	11.8	13.5	13.2	12.0	11.5	11.3	12.5	12.8	12.2	12.9	12.7	12.4

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2005	11.8	13.2	12.4	13.2	12.0	10.9	11.3	12.1	11.8	12.4	13.2	12.9	12.3
2006	12.0	12.9	12.8	13.0	11.6	11.6	11.2	11.8	11.9	12.4	13.2	13.9	12.4
2007	12.5	13.2	12.9	13.4	12.8	12.2	9.4	11.3	13.2	13.3	14.3	12.5	12.6
2008	13.7	13.5	13.1	12.1	12.0	11.2	11.2	11.8	11.9	13.6	14.4	15.3	12.8
2009	12.1	12.8	11.8	11.4	9.5	9.4	10.4	10.4	11.8	11.9	12.7	12.4	11.4
2010	12.7	13.7	12.9	12.1	10.6	10.2	8.8	10.8	11.8	11.3	10.9	11.8	11.5
2011	11.8	11.3	11.2	11.4	11.0	10.2	10.0	11.0	12.0	10.6	12.3	12.5	11.3
2012	12.6	12.3	13.6	12.7	11.0	9.3	10.5	11.6	12.5	12.0	12.0	12.4	11.9
2013	13.0	12.3	12.1	11.2	11.0	10.9	11.8	11.8	12.1	12.3	12.1	12.8	11.9
2014	12.6	11.6	11.8	11.6	10.4	12.0	12.2	12.1	12.4	12.7	12.3	12.5	12.0
2015	11.9	12.3	12.7	12.6	11.7	12.0	11.1	11.7	12.2	12.4	12.6	12.8	12.2
2016	13.1	13.5	13.3	12.8	11.7	11.4	11.2	11.6	12.1	11.8	11.7	12.1	12.2
2017	12.4	11.7	11.1	11.7	11.0	10.8	9.9	10.2	11.1	11.8	12.2	12.4	11.4
2018	12.4	12.8	12.1	12.1	11.2	10.9	10.9	11.2	12.0	11.8	12.1	12.7	11.9
2019	12.9	12.0	12.2	11.8	11.3	11.3	10.5	11.2	11.9	11.9	12.4	12.3	11.8
2020	12.6	12.5	12.9	12.7	11.9	11.7	11.3	11.6	11.4	11.6	11.7	11.1	11.9

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Cuadro 3-2. Temperaturas medias mensuales de la estación Cairani

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	10.8	10.5	10.4	10.4	9.8	8.7	7.8	8.4	9.2	9.4	9.8	8.7	9.5
1965	9.6	10.5	9.9	9.6	9.5	8.2	8.4	8.9	8.8	9.8	9.8	10.3	9.5
1966	11.0	10.4	10.5	9.6	8.7	8.5	8.8	8.9	9.6	9.8	10.1	9.6	9.6
1967	10.3	9.7	9.4	10.0	9.5	7.8	7.8	8.7	9.7	9.8	9.0	10.2	9.3
1968	10.0	9.5	9.6	8.5	8.7	8.4	8.7	8.5	9.3	9.3	9.3	9.6	9.1
1969	9.9	9.5	9.6	9.6	8.7	8.6	9.0	8.8	9.4	9.8	9.9	10.1	9.4
1970	8.2	8.7	9.1	9.2	8.5	9.5	9.0	8.3	8.7	9.1	8.6	9.4	8.9
1971	8.4	8.7	9.1	9.3	8.8	8.4	8.6	8.6	9.1	9.6	9.7	9.9	9.0
1972	9.1	9.3	9.5	9.6	9.2	8.7	9.0	8.5	9.3	9.9	10.1	10.6	9.4
1973	11.1	10.4	10.4	10.1	9.5	8.8	8.2	8.7	9.3	9.5	10.1	9.3	9.6
1974	8.9	9.0	8.9	9.8	9.2	8.0	8.5	9.0	9.7	9.9	10.4	10.4	9.3
1975	10.8	10.2	10.6	10.7	9.8	9.6	8.6	8.7	9.3	9.6	9.2	9.6	9.7
1976	9.3	9.2	9.7	9.5	8.8	8.6	9.1	8.7	9.1	9.4	9.6	10.3	9.3
1977	10.5	10.2	10.5	9.8	8.7	8.1	8.8	8.7	9.5	10.1	10.0	10.2	9.6
1978	10.2	10.8	10.3	9.8	9.0	8.5	8.6	10.2	10.0	10.6	10.4	10.7	9.9
1979	9.9	10.3	10.1	10.1	9.9	9.4	8.7	9.2	9.5	10.1	10.6	9.7	9.8
1980	10.1	10.1	10.2	9.8	9.6	8.9	8.4	9.0	9.3	9.6	9.9	9.3	9.5
1981	8.4	8.2	9.2	8.8	8.1	7.9	8.1	8.9	8.9	9.3	9.3	9.5	8.7
1982	11.6	11.0	10.6	10.2	9.7	8.8	8.6	9.2	9.5	10.0	9.7	10.9	10.0
1983	11.6	11.8	11.6	11.2	10.9	9.6	9.3	9.6	9.7	10.7	10.0	10.6	10.5
1984	9.0	9.4	9.7	9.8	9.2	8.7	8.7	8.5	9.4	9.9	9.9	10.0	9.3
1985	9.4	9.5	9.4	9.4	9.6	9.6	9.1	9.1	9.3	9.8	9.6	10.7	9.5
1986	10.6	9.3	9.5	9.5	9.0	8.4	8.4	8.8	9.2	9.6	9.7	9.8	9.3
1987	10.6	10.0	9.7	9.9	9.2	8.4	8.6	9.2	9.2	9.8	9.9	9.5	9.5
1988	11.0	10.7	10.3	10.7	9.2	8.2	8.7	9.7	9.3	9.9	10.1	9.4	9.8
1989	10.1	9.7	9.4	9.4	9.4	8.4	8.7	8.9	8.9	9.9	9.8	9.4	9.3
1990	10.2	10.1	10.3	10.0	9.8	8.9	7.9	9.2	9.0	9.7	10.3	10.1	9.6
1991	9.8	9.8	9.8	9.8	9.2	8.6	8.4	8.9	9.3	9.7	9.8	10.0	9.4
1992	9.8	9.7	9.7	9.7	9.2	8.5	8.4	8.9	9.2	9.7	9.8	9.9	9.4
1993	9.8	9.7	9.7	9.7	9.2	8.5	8.4	8.9	9.3	10.0	10.3	10.2	9.5
1994	9.9	9.2	9.8	9.9	10.0	8.8	8.8	9.7	10.0	9.6	9.9	10.1	9.6
1995	10.4	10.0	9.3	9.6	9.5	8.8	8.5	8.8	9.1	9.5	9.6	9.7	9.4
1996	9.4	10.2	9.5	10.0	9.5	8.6	8.3	9.2	10.0	10.0	9.7	10.3	9.6
1997	8.7	9.7	9.5	9.2	8.2	6.6	7.8	8.8	9.2	9.3	9.5	10.4	8.9
1998	10.9	10.9	10.3	9.4	8.6	8.4	8.2	8.5	8.2	8.4	9.2	9.4	9.2
1999	9.3	9.3	9.4	9.5	8.6	7.8	8.1	8.7	8.6	9.2	8.2	8.9	8.8
2000	8.4	8.2	9.0	9.6	9.3	7.8	7.6	8.4	9.0	9.8	9.4	9.8	8.9
2001	8.8	8.7	8.8	9.7	8.6	8.6	8.1	9.1	9.4	10.4	10.0	10.1	9.2
2002	10.4	9.1	9.7	10.0	9.5	9.2	7.5	9.2	9.0	9.7	10.5	10.7	9.6
2003	10.9	11.3	9.8	9.7	9.4	8.7	8.9	9.0	9.4	10.1	10.3	10.0	9.8
2004	10.0	9.4	10.5	10.4	9.5	9.1	9.0	9.9	10.1	9.6	10.1	10.0	9.8
2005	9.3	10.3	9.8	10.3	9.5	8.8	9.1	9.6	9.3	9.8	10.3	10.1	9.7
2006	9.5	10.1	10.0	10.2	9.3	9.3	9.0	9.4	9.5	9.7	10.3	10.8	9.8
2007	9.8	10.3	10.1	10.4	10.0	9.7	7.8	9.0	10.3	10.4	11.1	9.9	9.9

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	10.7	10.5	10.2	9.6	9.5	8.9	8.9	9.4	9.4	10.6	11.1	11.8	10.1
2009	9.6	10.0	9.4	9.1	7.8	7.8	8.4	8.4	9.4	9.4	10.0	9.8	9.1
2010	10.0	10.7	10.1	9.6	8.6	8.3	7.4	8.7	9.4	9.0	8.7	9.4	9.2
2011	9.4	9.1	8.9	9.1	8.8	8.3	8.2	8.9	9.5	8.6	9.7	9.9	9.0
2012	9.9	9.7	10.6	10.0	8.8	7.7	8.5	9.2	9.8	9.5	9.5	9.7	9.4
2013	10.2	9.7	9.5	8.9	8.8	8.8	9.3	9.4	9.6	9.7	9.6	10.1	9.5
2014	9.9	9.2	9.4	9.2	8.4	9.5	9.6	9.6	9.8	10.0	9.7	9.8	9.5
2015	9.5	9.7	10.0	9.9	9.3	9.5	8.9	9.3	9.7	9.8	9.9	10.1	9.6
2016	10.3	10.5	10.4	10.1	9.3	9.1	9.0	9.3	9.6	9.4	9.3	9.6	9.6
2017	9.8	9.3	8.9	9.3	8.8	8.7	8.1	8.3	8.9	9.6	9.5	9.5	9.1
2018	9.4	9.5	9.3	9.6	8.5	8.0	8.4	8.4	9.0	9.3	9.5	10.2	9.1
2019	10.2	9.9	9.8	9.9	9.8	9.7	8.6	9.1	8.8	9.1	9.8	9.7	9.5
2020	10.0	10.3	10.1	10.0	9.5	9.3	9.0	9.2	9.4	10.0	9.4	8.9	9.6

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Cuadro 3-3. Temperaturas medias mensuales de la estación Candarave

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	11.8	11.4	11.3	11.3	10.4	8.9	7.6	8.4	9.6	9.8	10.4	8.9	10.0
1965	10.1	11.4	10.6	10.2	10.0	8.2	8.4	9.0	8.9	10.4	10.4	11.1	9.9
1966	12.0	11.2	11.3	10.1	8.8	8.5	8.9	9.1	10.1	10.3	10.8	10.1	10.1
1967	11.1	10.2	9.8	10.6	10.0	7.6	7.6	8.8	10.2	10.4	9.3	11.0	9.7
1968	10.7	9.9	10.1	8.5	8.9	8.4	8.8	8.6	9.7	9.7	9.7	10.1	9.4
1969	10.5	10.0	10.1	10.1	8.8	8.7	9.3	9.0	9.8	10.4	10.5	10.8	9.8
1970	8.1	8.8	9.4	9.6	8.6	9.9	9.2	8.2	8.8	9.4	8.6	9.8	9.0
1971	8.4	8.8	9.3	9.6	9.0	8.4	8.6	8.6	9.4	10.1	10.2	10.5	9.3
1972	9.4	9.7	10.0	10.1	9.5	8.8	9.2	8.6	9.6	10.5	10.8	11.5	9.8
1973	12.2	11.3	11.3	10.8	9.9	9.0	8.2	8.9	9.7	10.0	10.8	9.7	10.1
1974	9.2	9.3	9.2	10.4	9.6	7.9	8.6	9.3	10.3	10.5	11.2	11.2	9.7
1975	11.9	11.0	11.5	11.7	10.3	10.1	8.7	8.8	9.7	10.1	9.5	10.0	10.3
1976	9.7	9.5	10.2	9.9	9.0	8.7	9.3	8.8	9.3	9.8	10.1	11.1	9.6
1977	11.4	10.9	11.3	10.4	8.8	8.0	8.9	8.8	9.9	10.8	10.7	11.0	10.1
1978	10.9	11.8	11.1	10.4	9.3	8.6	8.7	11.0	10.7	11.6	11.3	11.7	10.6
1979	10.6	11.1	10.8	10.9	10.5	9.9	8.8	9.5	10.0	10.8	11.6	10.3	10.4
1980	10.8	10.9	11.0	10.3	10.0	9.0	8.3	9.2	9.6	10.0	10.5	9.6	10.0
1981	8.4	8.1	9.5	9.0	8.0	7.7	8.0	9.1	9.1	9.6	9.7	9.9	8.9
1982	12.9	12.1	11.5	11.0	10.2	9.0	8.7	9.6	9.9	10.6	10.2	12.0	10.6
1983	12.9	13.2	13.0	12.4	11.9	10.1	9.7	10.1	10.2	11.7	10.7	11.5	11.4
1984	9.3	9.8	10.2	10.4	9.6	8.8	8.9	8.6	9.8	10.6	10.6	10.7	9.7
1985	9.8	10.0	9.8	9.8	10.0	10.0	9.4	9.4	9.7	10.3	10.1	11.6	10.0
1986	11.5	9.7	9.9	9.9	9.2	8.4	8.4	9.0	9.5	10.1	10.2	10.4	9.7
1987	11.5	10.6	10.3	10.5	9.5	8.4	8.7	9.5	9.5	10.4	10.5	10.0	10.0
1988	12.1	11.7	11.1	11.7	9.6	8.2	8.9	10.3	9.7	10.5	10.8	9.9	10.4
1989	10.8	10.3	9.8	9.9	9.8	8.5	8.9	9.2	9.2	10.5	10.4	9.8	9.7
1990	11.0	10.8	11.1	10.6	10.3	9.1	7.6	9.5	9.2	10.2	11.1	10.8	10.1
1991	10.4	10.3	10.3	10.3	9.5	8.6	8.4	9.1	9.6	10.2	10.4	10.6	9.8
1992	10.4	10.3	10.3	10.3	9.5	8.6	8.4	9.1	9.6	10.2	10.4	10.6	9.8
1993	10.4	10.3	10.3	10.3	9.5	8.6	8.4	9.1	9.7	10.7	11.1	11.0	9.9
1994	10.5	9.6	10.4	10.6	10.7	9.0	9.0	10.3	10.7	10.1	10.6	10.7	10.2
1995	11.2	10.6	9.6	10.0	9.9	8.9	8.5	8.9	9.4	9.9	10.0	10.2	9.8
1996	9.8	10.9	9.9	10.6	10.0	8.6	8.3	9.5	10.7	10.7	10.2	11.1	10.0
1997	8.8	10.3	10.0	9.6	8.1	5.9	7.5	9.0	9.6	9.7	9.9	11.3	9.1
1998	12.0	12.0	11.1	9.8	8.7	8.4	8.1	8.6	8.1	8.5	9.6	9.9	9.5
1999	9.7	9.7	9.8	10.0	8.7	7.6	8.0	8.9	8.8	9.6	8.0	9.1	9.0
2000	8.4	8.1	9.2	10.1	9.6	7.5	7.3	8.4	9.2	10.3	9.8	10.4	9.1
2001	9.0	8.8	8.9	10.2	8.6	8.6	7.9	9.4	9.8	11.2	10.6	10.8	9.5
2002	11.2	9.4	10.3	10.6	10.0	9.6	7.2	9.6	9.3	10.2	11.4	11.6	10.0
2003	11.9	12.5	10.4	10.2	9.8	8.9	9.1	9.3	9.9	10.8	11.1	10.7	10.4
2004	10.7	9.8	11.4	11.2	10.0	9.5	9.3	10.5	10.8	10.1	10.8	10.6	10.4
2005	9.7	11.1	10.3	11.1	9.9	8.9	9.3	10.0	9.7	10.3	11.1	10.8	10.2
2006	9.9	10.8	10.7	10.9	9.6	9.6	9.2	9.8	9.9	10.3	11.1	11.8	10.3
2007	10.4	11.1	10.8	11.3	10.7	10.2	7.5	9.3	11.1	11.2	12.2	10.5	10.5

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	11.6	11.4	11.0	10.1	10.0	9.2	9.2	9.8	9.9	11.5	12.3	13.2	10.7
2009	10.1	10.7	9.8	9.4	7.6	7.5	8.5	8.5	9.8	9.9	10.6	10.4	9.4
2010	10.7	11.6	10.8	10.0	8.6	8.3	6.9	8.8	9.8	9.3	8.9	9.8	9.5
2011	9.8	9.3	9.2	9.4	9.0	8.2	8.1	9.0	10.0	8.6	10.2	10.5	9.3
2012	10.5	10.3	11.5	10.6	9.0	7.4	8.5	9.6	10.4	10.0	10.0	10.3	9.8
2013	10.9	10.2	10.0	9.2	9.0	9.0	9.7	9.8	10.1	10.3	10.1	10.7	9.9
2014	10.5	9.6	9.8	9.6	8.4	9.9	10.2	10.1	10.4	10.7	10.2	10.4	10.0
2015	9.9	10.3	10.6	10.6	9.6	10.0	9.1	9.7	10.2	10.3	10.6	10.8	10.1
2016	11.0	11.4	11.3	10.8	9.7	9.4	9.2	9.6	10.1	9.8	9.7	10.0	10.2
2017	10.3	9.7	9.1	9.7	9.0	8.8	8.0	8.3	9.1	9.8	10.2	10.4	9.4
2018	10.4	10.8	10.0	10.1	9.2	8.9	8.9	9.2	10.0	9.8	10.1	10.7	9.8
2019	10.9	10.0	10.2	9.8	9.3	9.3	8.5	9.2	9.8	9.8	10.3	10.2	9.8
2020	10.5	10.4	10.9	10.6	9.9	9.7	9.3	9.5	9.4	9.6	9.7	9.1	9.9

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Cuadro 3-4. Temperaturas medias mensuales de la estación Curibaya

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	10.7	10.2	10.1	10.1	9.0	7.1	5.4	6.4	7.9	8.2	9.0	7.1	8.4
1965	8.6	10.2	9.2	8.7	8.4	6.2	6.5	7.3	7.2	9.1	9.1	9.9	8.4
1966	11.1	10.1	10.2	8.7	7.0	6.6	7.1	7.4	8.7	8.9	9.5	8.6	8.7
1967	9.9	8.8	8.3	9.3	8.5	5.5	5.5	7.0	8.8	9.0	7.6	9.8	8.1
1968	9.4	8.4	8.6	6.6	7.1	6.5	7.0	6.7	8.1	8.1	8.1	8.6	7.8
1969	9.1	8.5	8.6	8.6	6.9	6.8	7.6	7.2	8.2	9.0	9.1	9.5	8.2
1970	6.0	6.9	7.7	7.9	6.7	8.4	7.5	6.3	7.0	7.8	6.8	8.3	7.3
1971	6.5	7.0	7.7	8.0	7.3	6.5	6.8	6.8	7.8	8.6	8.8	9.1	7.6
1972	7.8	8.1	8.5	8.6	7.9	7.0	7.5	6.7	8.0	9.1	9.5	10.4	8.3
1973	11.3	10.1	10.1	9.5	8.4	7.2	6.2	7.1	8.1	8.5	9.5	8.1	8.7
1974	7.5	7.6	7.4	9.0	7.9	5.8	6.7	7.6	8.8	9.1	10.0	10.0	8.1
1975	10.8	9.7	10.3	10.6	8.9	8.7	6.9	7.0	8.2	8.7	7.9	8.5	8.9
1976	8.2	7.9	8.8	8.4	7.3	6.9	7.6	7.0	7.6	8.3	8.6	9.9	8.0
1977	10.3	9.6	10.1	9.0	7.0	6.0	7.1	7.0	8.4	9.5	9.4	9.8	8.6
1978	9.6	10.8	9.9	9.0	7.6	6.7	6.8	9.7	9.4	10.5	10.1	10.6	9.2
1979	9.2	9.8	9.5	9.6	9.1	8.3	6.9	7.8	8.4	9.5	10.5	8.8	9.0
1980	9.4	9.6	9.7	8.9	8.6	7.3	6.4	7.5	8.0	8.5	9.2	8.0	8.4
1981	6.5	6.1	7.9	7.3	6.0	5.6	6.0	7.4	7.4	8.0	8.1	8.4	7.1
1982	12.2	11.2	10.4	9.8	8.8	7.2	6.9	8.0	8.4	9.2	8.7	11.0	9.3
1983	12.1	12.5	12.3	11.5	10.9	8.6	8.1	8.6	8.7	10.6	9.3	10.4	10.3
1984	7.6	8.2	8.7	9.0	7.9	6.9	7.1	6.7	8.2	9.2	9.2	9.3	8.2
1985	8.2	8.4	8.3	8.3	8.6	8.5	7.8	7.8	8.2	8.9	8.7	10.6	8.5
1986	10.4	8.2	8.4	8.4	7.5	6.5	6.5	7.3	7.9	8.6	8.8	9.0	8.1
1987	10.4	9.3	8.9	9.1	7.9	6.5	6.9	7.9	7.9	9.0	9.1	8.5	8.4
1988	11.1	10.6	9.9	10.6	8.0	6.2	7.1	8.8	8.1	9.1	9.5	8.3	8.9
1989	9.5	8.8	8.2	8.3	8.2	6.6	7.1	7.4	7.4	9.1	8.9	8.2	8.1
1990	9.7	9.6	9.9	9.3	8.9	7.4	5.5	7.9	7.5	8.8	9.9	9.5	8.7
1991	9.0	8.9	8.9	8.9	7.9	6.8	6.5	7.4	8.0	8.8	9.0	9.3	8.3
1992	9.0	8.9	8.9	8.9	7.9	6.7	6.5	7.4	8.0	8.7	9.0	9.2	8.3
1993	9.0	8.9	8.9	8.9	7.8	6.7	6.4	7.3	8.1	9.3	9.8	9.7	8.4
1994	9.1	7.9	9.0	9.2	9.3	7.2	7.2	8.8	9.3	8.6	9.2	9.4	8.7
1995	10.1	9.3	8.0	8.5	8.4	7.2	6.6	7.2	7.8	8.4	8.5	8.8	8.2
1996	8.3	9.7	8.4	9.3	8.5	6.7	6.4	7.9	9.4	9.4	8.8	9.9	8.5
1997	7.0	8.9	8.5	8.0	6.1	3.3	5.3	7.2	8.0	8.1	8.4	10.1	7.4
1998	11.0	11.0	9.9	8.2	6.8	6.4	6.1	6.7	6.1	6.6	8.0	8.3	7.9
1999	8.1	8.1	8.2	8.4	6.8	5.4	5.9	7.0	6.9	7.9	6.0	7.4	7.2
2000	6.5	6.2	7.5	8.7	8.0	5.4	5.1	6.5	7.5	8.9	8.3	9.0	7.3
2001	7.3	7.0	7.1	8.8	6.7	6.7	5.9	7.8	8.3	10.0	9.3	9.5	7.9
2002	10.0	7.7	8.9	9.3	8.5	8.0	5.0	8.0	7.6	8.7	10.2	10.5	8.5
2003	10.9	11.6	9.0	8.7	8.2	7.1	7.3	7.6	8.3	9.5	9.8	9.3	8.9
2004	9.3	8.2	10.2	10.0	8.4	7.8	7.6	9.1	9.4	8.7	9.6	9.3	9.0
2005	8.2	9.9	8.9	9.9	8.4	7.1	7.7	8.5	8.2	8.9	9.9	9.5	8.8
2006	8.4	9.5	9.4	9.7	8.0	8.0	7.5	8.3	8.4	8.9	9.9	10.8	8.9
2007	9.0	9.9	9.5	10.1	9.4	8.7	5.3	7.6	9.9	10.0	11.3	9.1	9.1

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	10.5	10.2	9.7	8.6	8.5	7.5	7.4	8.2	8.3	10.3	11.4	12.5	9.4
2009	8.6	9.4	8.2	7.7	5.5	5.4	6.5	6.6	8.2	8.3	9.3	9.0	7.7
2010	9.3	10.5	9.5	8.6	6.8	6.3	4.6	7.0	8.3	7.6	7.1	8.2	7.8
2011	8.2	7.7	7.4	7.7	7.2	6.3	6.1	7.3	8.5	6.8	8.8	9.1	7.6
2012	9.1	8.9	10.4	9.3	7.2	5.2	6.6	8.0	9.0	8.5	8.5	8.9	8.3
2013	9.6	8.8	8.5	7.5	7.2	7.2	8.2	8.2	8.6	8.9	8.6	9.4	8.4
2014	9.1	8.0	8.2	8.0	6.5	8.4	8.7	8.6	9.0	9.3	8.8	9.0	8.5
2015	8.4	8.8	9.3	9.2	8.0	8.4	7.3	8.1	8.7	8.9	9.2	9.5	8.7
2016	9.8	10.2	10.1	9.5	8.1	7.7	7.5	8.0	8.6	8.2	8.1	8.6	8.7
2017	8.9	8.1	7.4	8.1	7.2	7.0	6.0	6.3	7.3	8.2	8.7	9.0	7.7
2018	9.0	9.5	8.5	8.6	7.4	7.1	7.1	7.5	8.5	8.2	8.6	9.3	8.3
2019	9.6	8.4	8.7	8.2	7.5	7.5	6.7	7.5	8.3	8.3	8.9	8.8	8.2
2020	9.2	9.0	9.6	9.3	8.4	8.1	7.6	7.9	7.8	8.0	8.1	7.4	8.4

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Cuadro 3-5. Temperaturas medias mensuales de la estación Palca

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	14.8	15.4	14.7	14.3	13.4	12.6	11.5	12.2	14.1	13.5	14.5	12.6	13.6
1965	13.7	13.9	14.0	13.7	13.5	12.1	12.3	12.8	12.7	13.9	13.9	14.5	13.4
1966	15.2	14.4	14.5	13.7	11.9	12.1	12.8	13.0	14.3	14.3	14.4	13.3	13.7
1967	14.4	13.8	13.8	13.8	13.9	11.3	11.7	13.1	14.5	14.1	12.7	14.3	13.5
1968	13.5	13.4	13.6	12.7	12.3	11.4	12.9	13.1	14.1	14.3	14.4	13.8	13.3
1969	13.5	14.1	15.1	14.7	14.4	13.1	14.0	13.6	15.2	14.0	14.5	14.8	14.2
1970	14.2	14.6	14.4	14.3	13.0	12.9	11.8	13.9	13.8	13.8	13.7	13.9	13.7
1971	13.4	13.4	13.9	13.0	12.9	10.8	12.2	12.3	13.6	12.9	13.4	14.1	13.0
1972	13.4	13.2	14.2	13.6	13.3	12.7	13.9	12.3	14.1	14.9	14.7	15.4	13.8
1973	15.8	15.3	15.2	15.1	13.9	12.6	12.6	12.9	14.7	13.5	14.1	12.3	14.0
1974	12.6	12.5	12.4	13.6	12.9	10.6	11.3	12.0	13.1	13.3	14.0	14.0	12.7
1975	14.8	13.8	14.3	14.5	13.2	13.0	11.5	11.6	10.9	12.1	11.0	12.8	12.8
1976	12.7	12.1	12.8	12.7	11.6	11.2	11.4	11.1	10.5	11.2	11.3	12.5	11.8
1977	13.8	13.8	12.4	12.6	10.7	10.1	10.6	10.8	12.9	13.6	13.4	13.5	12.4
1978	12.5	14.5	13.5	12.4	11.4	11.4	10.7	12.1	12.0	12.6	14.2	13.7	12.6
1979	12.7	13.1	12.8	12.9	12.6	12.0	10.9	11.6	12.1	12.8	13.6	12.4	12.5
1980	12.8	12.9	13.0	12.4	12.1	11.2	10.5	11.4	12.5	13.5	13.6	13.1	12.4
1981	13.4	10.3	15.6	13.5	13.4	13.1	10.8	10.2	10.0	11.7	11.8	12.0	12.2
1982	12.7	14.5	13.4	12.6	11.5	9.7	9.3	10.6	11.0	12.0	11.4	14.1	11.9
1983	15.4	15.8	15.5	14.7	13.9	11.3	10.7	11.3	11.8	12.1	13.0	11.3	13.1
1984	8.5	9.3	10.6	11.7	11.4	12.3	12.2	11.8	12.2	12.2	12.8	14.3	11.6
1985	12.9	14.9	14.4	13.0	14.0	12.8	11.2	12.7	13.3	14.3	13.9	16.6	13.7
1986	16.4	13.6	13.6	13.6	12.7	12.7	11.5	13.4	15.1	13.9	14.1	14.5	13.8
1987	16.4	18.5	17.3	17.9	15.8	16.0	14.2	16.8	16.9	16.5	17.7	17.5	16.8
1988	16.4	17.1	16.3	16.5	17.0	12.9	13.1	14.0	14.5	14.3	14.6	13.5	15.0
1989	14.2	13.5	12.9	14.5	13.9	12.7	12.8	14.9	14.7	16.7	14.9	13.2	14.1
1990	13.7	13.7	15.9	13.9	12.6	12.0	11.5	14.2	13.6	14.4	16.0	15.2	13.9
1991	14.1	15.5	14.6	15.0	14.9	13.3	13.3	14.2	14.5	14.9	14.6	15.4	14.5
1992	15.3	14.1	15.5	16.2	14.8	12.6	10.9	10.9	11.6	13.6	13.4	13.2	13.5
1993	11.1	11.3	12.1	13.8	12.7	12.9	11.9	12.5	13.4	15.6	15.9	15.1	13.2
1994	14.3	13.6	14.2	14.2	13.2	12.7	12.1	13.6	14.8	14.2	14.6	15.5	13.9
1995	15.6	14.1	14.2	14.0	13.4	11.6	13.1	14.9	15.6	14.6	15.2	14.9	14.3
1996	13.7	15.2	14.8	14.6	14.2	11.9	12.3	13.6	14.5	14.8	14.8	15.1	14.1
1997	13.2	13.9	13.2	12.0	11.3	8.8	12.9	12.7	14.4	14.0	15.1	16.0	13.1
1998	18.0	16.4	16.6	14.2	12.9	12.9	12.7	12.8	12.3	13.4	13.2	13.8	14.1
1999	13.4	14.0	13.8	13.1	10.8	10.0	11.5	12.5	12.0	13.6	11.3	12.6	12.4
2000	13.6	13.4	13.4	13.2	11.9	14.2	14.4	14.9	12.0	14.0	12.2	13.2	13.4
2001	12.2	11.7	11.9	13.7	12.3	13.5	13.1	14.0	13.6	14.3	12.3	13.3	13.0
2002	12.9	12.6	13.2	13.2	14.3	14.3	12.0	14.7	13.6	14.0	14.0	14.6	13.6
2003	14.5	14.6	13.9	14.6	14.3	13.9	12.3	13.0	13.5	13.9	13.5	13.1	13.8
2004	12.3	11.7	14.2	13.0	12.4	12.2	9.8	12.4	13.1	12.9	13.2	13.2	12.5
2005	12.3	14.1	12.9	14.1	12.9	11.1	11.5	11.4	11.4	13.0	12.9	12.0	12.5
2006	12.6	12.3	12.8	12.1	11.7	12.2	11.1	12.0	11.7	12.7	13.2	13.1	12.3
2007	14.1	12.2	13.3	13.3	12.5	12.9	10.9	12.3	13.7	12.7	13.4	12.0	12.8

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	11.3	11.6	11.8	10.7	10.5	10.8	10.6	11.2	11.6	13.1	12.8	11.7	11.5
2009	12.3	11.5	11.7	12.5	12.0	10.7	11.2	11.2	13.5	14.1	14.6	14.2	12.5
2010	14.0	14.9	15.0	14.4	13.0	12.5	10.0	12.2	13.2	12.9	11.8	11.6	13.0
2011	11.2	10.5	12.8	12.8	12.7	13.5	10.5	11.9	13.2	11.7	13.0	12.9	12.2
2012	12.4	11.4	13.6	13.2	13.1	11.8	12.9	13.4	15.1	14.5	14.4	13.2	13.2
2013	14.8	14.2	13.3	13.7	12.1	11.0	13.1	12.5	14.1	15.3	15.1	14.9	13.7
2014	14.2	14.6	14.9	15.0	12.1	11.2	12.8	13.7	14.4	15.3	14.3	15.6	14.0
2015	13.7	12.3	13.5	14.3	12.9	12.1	12.1	13.5	14.5	13.3	14.3	14.5	13.4
2016	14.7	14.8	14.1	13.0	13.8	13.5	13.5	13.5	13.8	13.5	13.4	13.8	13.8
2017	14.1	13.4	12.9	13.4	12.8	12.6	11.8	12.1	12.9	13.5	13.9	14.1	13.1
2018	14.1	14.5	13.8	13.8	12.9	12.7	12.7	13.0	13.7	13.5	13.8	14.4	13.6
2019	14.6	13.7	13.9	13.5	13.0	13.0	12.3	13.0	13.6	13.6	18.5	14.0	13.9
2020	15.9	14.9	14.6	14.4	13.6	13.4	13.0	12.6	15.2	16.3	14.3	12.6	14.2

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Cuadro 3-6. Temperaturas medias mensuales de la estación Susapaya

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	11.9	11.6	11.5	11.5	10.9	9.8	8.8	9.4	10.3	10.4	10.9	9.8	10.6
1965	10.6	11.6	11.0	10.7	10.6	9.2	9.5	9.9	9.8	10.9	10.9	11.4	10.5
1966	12.1	11.5	11.6	10.7	9.7	9.5	9.8	10.0	10.7	10.8	11.2	10.7	10.7
1967	11.4	10.8	10.5	11.0	10.6	8.8	8.8	9.7	10.7	10.9	10.1	11.3	10.4
1968	11.1	10.5	10.7	9.5	9.8	9.4	9.7	9.6	10.4	10.4	10.4	10.7	10.2
1969	10.9	10.6	10.7	10.6	9.7	9.6	10.1	9.8	10.4	10.9	10.9	11.2	10.5
1970	9.2	9.7	10.1	10.3	9.5	10.6	10.0	9.3	9.8	10.2	9.6	10.5	9.9
1971	9.5	9.7	10.1	10.3	9.9	9.4	9.6	9.6	10.2	10.7	10.8	11.0	10.1
1972	10.2	10.4	10.6	10.7	10.2	9.7	10.0	9.6	10.3	11.0	11.2	11.7	10.5
1973	12.2	11.5	11.5	11.2	10.5	9.9	9.3	9.8	10.4	10.6	11.2	10.4	10.7
1974	10.0	10.1	10.0	10.9	10.3	9.0	9.5	10.1	10.8	10.9	11.4	11.4	10.4
1975	12.0	11.3	11.7	11.8	10.9	10.7	9.7	9.8	10.4	10.7	10.3	10.6	10.8
1976	10.4	10.3	10.8	10.5	9.9	9.7	10.1	9.7	10.1	10.5	10.7	11.4	10.3
1977	11.6	11.3	11.6	10.9	9.7	9.1	9.8	9.7	10.5	11.2	11.1	11.3	10.7
1978	11.3	11.9	11.4	10.9	10.1	9.6	9.6	11.3	11.1	11.8	11.5	11.8	11.0
1979	11.0	11.4	11.2	11.2	10.9	10.5	9.7	10.2	10.6	11.2	11.7	10.8	10.9
1980	11.2	11.2	11.3	10.9	10.6	9.9	9.4	10.0	10.3	10.6	11.0	10.3	10.6
1981	9.5	9.2	10.3	9.9	9.2	8.9	9.2	10.0	10.0	10.3	10.4	10.5	9.8
1982	12.7	12.1	11.7	11.3	10.8	9.9	9.7	10.3	10.5	11.0	10.7	12.1	11.1
1983	12.7	12.9	12.8	12.3	12.0	10.7	10.4	10.7	10.7	11.8	11.1	11.7	11.6
1984	10.1	10.4	10.7	10.9	10.3	9.7	9.8	9.5	10.4	11.0	11.0	11.1	10.4
1985	10.4	10.6	10.5	10.5	10.6	10.6	10.2	10.2	10.4	10.8	10.7	11.8	10.6
1986	11.7	10.4	10.5	10.5	10.0	9.4	9.4	9.9	10.2	10.7	10.8	10.9	10.4
1987	11.7	11.0	10.8	11.0	10.2	9.4	9.7	10.2	10.2	10.9	11.0	10.6	10.6
1988	12.1	11.8	11.4	11.8	10.3	9.3	9.8	10.8	10.4	11.0	11.2	10.5	10.9
1989	11.2	10.8	10.4	10.5	10.4	9.5	9.8	10.0	10.0	10.9	10.9	10.4	10.4
1990	11.3	11.2	11.4	11.1	10.9	10.0	8.9	10.3	10.0	10.8	11.4	11.2	10.7
1991	10.9	10.8	10.8	10.8	10.3	9.6	9.4	10.0	10.3	10.8	10.9	11.1	10.5
1992	10.9	10.8	10.8	10.8	10.2	9.6	9.4	9.9	10.3	10.7	10.9	11.0	10.5
1993	10.9	10.8	10.8	10.8	10.2	9.6	9.4	9.9	10.4	11.1	11.4	11.3	10.6
1994	10.9	10.3	10.9	11.0	11.1	9.8	9.8	10.8	11.1	10.6	11.0	11.2	10.7
1995	11.5	11.1	10.3	10.6	10.6	9.8	9.5	9.8	10.2	10.6	10.6	10.8	10.5
1996	10.5	11.3	10.6	11.1	10.6	9.6	9.4	10.3	11.1	11.1	10.8	11.4	10.6
1997	9.7	10.8	10.6	10.3	9.2	7.6	8.8	9.9	10.3	10.4	10.5	11.5	10.0
1998	12.1	12.1	11.4	10.4	9.6	9.4	9.2	9.6	9.2	9.5	10.3	10.5	10.3
1999	10.4	10.4	10.4	10.6	9.6	8.8	8.3	10.0	9.9	11.3	9.9	11.3	10.1
2000	10.9	10.6	10.3	9.9	8.0	8.2	7.7	9.7	9.9	10.4	10.1	9.5	9.6
2001	11.0	11.7	11.5	10.9	10.4	10.4	9.9	10.1	11.4	11.2	12.1	11.9	11.1
2002	12.0	11.6	11.4	11.0	10.7	10.1	10.0	10.3	10.1	11.4	11.1	11.3	10.9
2003	11.0	10.9	12.2	11.0	10.5	10.5	8.9	10.3	11.1	10.6	11.4	11.0	10.8
2004	10.6	12.2	11.1	11.6	9.8	9.7	10.1	10.3	9.9	10.5	11.0	10.5	10.6
2005	10.9	10.7	10.7	11.0	9.8	10.0	9.9	10.4	10.2	10.4	11.3	11.4	10.6
2006	12.1	11.4	11.4	11.0	11.2	10.8	8.7	10.1	11.1	10.6	10.4	10.5	10.8
2007	10.6	10.4	10.1	10.1	8.5	8.8	9.7	9.6	9.8	10.9	11.0	10.1	10.0

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	10.7	10.5	10.4	10.7	9.8	8.6	10.1	10.1	10.9	11.2	12.0	11.8	10.6
2009	12.0	13.2	12.4	11.9	10.8	10.3	8.7	11.0	12.0	10.6	11.5	11.9	11.4
2010	11.5	10.0	11.1	10.6	11.0	10.9	10.2	10.5	10.6	8.9	10.1	10.0	10.5
2011	10.2	9.9	10.3	9.8	9.8	8.9	8.2	8.3	10.1	9.9	10.2	11.0	9.7
2012	10.9	10.3	10.7	10.5	9.9	8.6	9.6	9.3	10.7	10.7	11.7	11.0	10.3
2013	10.0	11.7	10.8	11.2	10.7	9.6	9.5	10.5	10.7	10.8	10.7	11.2	10.6
2014	11.0	10.3	10.4	10.3	9.5	10.6	10.7	10.7	10.9	11.1	10.8	10.9	10.6
2015	10.6	10.8	11.1	11.0	10.3	10.6	9.9	10.4	10.8	10.9	11.0	11.2	10.7
2016	11.4	11.6	11.5	11.2	10.4	10.2	10.1	10.3	10.7	10.4	10.4	10.6	10.7
2017	10.9	10.4	10.0	10.4	9.9	8.4	9.6	8.6	10.8	10.4	10.4	10.7	10.1
2018	10.5	10.7	10.6	10.3	9.7	9.1	8.9	10.0	10.0	10.3	10.7	11.2	10.2
2019	11.3	10.8	11.0	11.1	10.2	10.1	9.6	10.1	10.5	10.6	11.4	11.2	10.7
2020	11.1	11.1	11.3	11.1	10.5	10.4	10.1	10.3	10.6	11.6	11.1	10.4	10.8

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Cuadro 3-7. Temperaturas medias mensuales de la estación Talabaya

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	10.1	9.5	9.3	9.3	7.8	5.4	3.3	4.6	6.5	6.8	7.8	5.4	7.2
1965	7.3	9.4	8.1	7.5	7.2	4.2	4.7	5.7	5.5	7.9	7.9	9.1	7.1
1966	10.5	9.2	9.4	7.4	5.3	4.8	5.5	5.8	7.4	7.8	8.6	7.4	7.4
1967	9.0	7.6	6.9	8.2	7.2	3.3	3.3	5.3	7.6	7.9	6.1	8.9	6.8
1968	8.4	7.1	7.4	4.8	5.4	4.6	5.3	4.9	6.7	6.7	6.7	7.4	6.3
1969	8.0	7.2	7.3	7.3	5.2	5.1	6.0	5.5	6.8	7.8	8.0	8.5	6.9
1970	4.1	5.2	6.2	6.5	4.9	7.1	6.0	4.4	5.3	6.3	5.0	7.0	5.7
1971	4.7	5.3	6.1	6.6	5.7	4.7	5.0	5.0	6.3	7.4	7.6	8.1	6.0
1972	6.3	6.8	7.2	7.4	6.4	5.3	5.9	5.0	6.6	8.0	8.5	9.7	6.9
1973	10.8	9.3	9.3	8.5	7.0	5.6	4.3	5.4	6.7	7.2	8.5	6.7	7.5
1974	5.9	6.0	5.9	7.8	6.5	3.8	4.9	6.0	7.7	8.0	9.1	9.1	6.7
1975	10.2	8.8	9.6	9.9	7.8	7.5	5.2	5.3	6.8	7.5	6.5	7.3	7.7
1976	6.8	6.5	7.6	7.1	5.6	5.2	6.1	5.3	6.1	6.9	7.4	9.0	6.6
1977	9.5	8.7	9.4	7.9	5.3	4.0	5.4	5.3	7.1	8.5	8.4	8.8	7.4
1978	8.7	10.1	9.0	7.9	6.1	4.9	5.1	8.8	8.3	9.8	9.3	10.0	8.2
1979	8.2	9.0	8.5	8.6	8.0	7.0	5.2	6.4	7.2	8.5	9.8	7.6	7.8
1980	8.5	8.6	8.8	7.8	7.3	5.7	4.5	6.0	6.6	7.3	8.1	6.6	7.2
1981	4.7	4.2	6.5	5.6	4.0	3.5	4.0	5.8	5.8	6.6	6.8	7.1	5.4
1982	12.0	10.7	9.7	8.9	7.6	5.6	5.1	6.6	7.1	8.2	7.5	10.5	8.3
1983	11.9	12.4	12.1	11.1	10.3	7.4	6.7	7.4	7.5	10.0	8.3	9.6	9.6
1984	6.0	6.9	7.5	7.8	6.5	5.2	5.4	4.9	6.8	8.1	8.1	8.3	6.8
1985	6.8	7.1	7.0	7.0	7.3	7.3	6.3	6.3	6.8	7.8	7.4	9.9	7.3
1986	9.7	6.8	7.1	7.1	6.0	4.7	4.7	5.6	6.4	7.4	7.6	7.9	6.7
1987	9.7	8.2	7.7	8.0	6.4	4.6	5.1	6.4	6.4	7.9	8.0	7.2	7.1
1988	10.6	10.0	9.0	10.0	6.6	4.3	5.4	7.7	6.7	8.0	8.5	7.0	7.8
1989	8.5	7.7	6.8	7.0	6.8	4.7	5.4	5.9	5.9	8.0	7.8	6.8	6.8
1990	8.8	8.6	9.1	8.3	7.8	5.8	3.4	6.5	6.0	7.6	9.1	8.6	7.5
1991	7.9	7.8	7.8	7.8	6.5	5.0	4.7	5.8	6.6	7.6	7.9	8.2	6.9
1992	7.9	7.7	7.7	7.7	6.4	5.0	4.6	5.8	6.6	7.5	7.9	8.2	6.9
1993	7.9	7.7	7.7	7.7	6.4	4.9	4.6	5.7	6.7	8.3	9.0	8.8	7.1
1994	8.0	6.5	7.8	8.1	8.3	5.5	5.5	7.6	8.3	7.3	8.1	8.4	7.5
1995	9.3	8.3	6.7	7.3	7.1	5.5	4.9	5.5	6.3	7.1	7.3	7.6	6.9
1996	6.9	8.7	7.1	8.2	7.3	5.0	4.5	6.4	8.4	8.4	7.6	9.0	7.3
1997	5.3	7.7	7.2	6.6	4.1	0.6	3.2	5.6	6.6	6.7	7.0	9.3	5.8
1998	10.5	10.5	9.0	6.9	5.1	4.6	4.1	4.9	4.1	4.7	6.5	7.0	6.5
1999	6.7	6.7	6.8	7.2	5.1	3.3	3.9	5.4	5.2	6.5	4.1	5.8	5.5
2000	4.7	4.2	6.0	7.5	6.6	3.2	2.9	4.7	6.0	7.8	7.0	7.9	5.7
2001	5.6	5.3	5.5	7.6	5.0	5.0	3.8	6.3	6.9	9.2	8.2	8.5	6.4
2002	9.2	6.3	7.7	8.2	7.2	6.6	2.7	6.6	6.1	7.5	9.5	9.8	7.3
2003	10.3	11.3	7.8	7.5	6.9	5.4	5.7	6.0	7.0	8.5	9.0	8.3	7.8
2004	8.3	6.8	9.4	9.1	7.2	6.3	6.0	8.0	8.4	7.5	8.6	8.3	7.8
2005	6.8	9.1	7.8	9.1	7.1	5.5	6.1	7.3	6.8	7.8	9.1	8.6	7.6
2006	7.1	8.6	8.4	8.7	6.6	6.6	6.0	6.9	7.1	7.7	9.0	10.2	7.7
2007	7.9	9.0	8.5	9.3	8.4	7.5	3.2	6.1	9.0	9.2	10.8	8.0	8.1

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	9.8	9.5	8.8	7.4	7.2	5.9	5.9	6.9	7.0	9.6	10.9	12.4	8.4
2009	7.4	8.4	6.8	6.2	3.3	3.2	4.7	4.7	6.9	7.0	8.2	7.9	6.2
2010	8.3	9.8	8.6	7.3	5.0	4.4	2.3	5.3	6.9	6.1	5.4	6.9	6.4
2011	6.9	6.2	5.9	6.3	5.6	4.4	4.1	5.7	7.2	5.0	7.6	8.0	6.1
2012	8.1	7.7	9.7	8.3	5.6	3.0	4.8	6.6	7.9	7.2	7.2	7.7	7.0
2013	8.7	7.6	7.3	5.9	5.6	5.5	6.8	6.9	7.4	7.7	7.3	8.4	7.1
2014	8.0	6.6	6.8	6.6	4.7	7.1	7.5	7.4	7.8	8.3	7.6	7.9	7.2
2015	7.1	7.6	8.3	8.2	6.6	7.2	5.7	6.8	7.5	7.8	8.2	8.5	7.4
2016	8.9	9.5	9.3	8.5	6.7	6.2	6.0	6.6	7.4	6.8	6.7	7.3	7.5
2017	7.8	6.7	5.8	6.7	5.6	5.3	4.0	4.4	5.7	6.9	7.5	7.8	6.2
2018	7.8	8.5	7.3	7.4	5.9	5.4	5.5	6.0	7.2	6.8	7.3	8.3	7.0
2019	8.6	7.2	7.5	6.8	6.0	6.0	4.9	6.0	7.0	7.0	7.8	7.6	6.9
2020	8.1	7.9	8.6	8.3	7.1	6.7	6.1	6.5	6.3	6.6	6.8	5.8	7.1

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Cuadro 3-8. Temperaturas medias mensuales de la estación Tarata

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	13.3	13.8	13.3	13.0	12.2	11.5	10.7	11.3	12.8	12.3	13.1	11.6	12.4
1965	12.4	12.6	12.7	12.5	12.3	11.2	11.4	11.7	11.7	12.6	12.6	13.1	12.2
1966	13.7	13.0	13.1	12.4	11.1	11.2	11.7	11.9	13.0	12.9	13.0	12.1	12.4
1967	13.0	12.5	12.5	12.6	12.6	10.6	10.9	12.0	13.1	12.7	11.7	13.0	12.3
1968	12.3	12.2	12.3	11.7	11.3	10.6	11.8	12.0	12.8	12.9	13.0	12.5	12.1
1969	12.3	12.7	13.6	13.2	13.0	12.0	12.7	12.3	13.6	12.7	13.1	13.3	12.9
1970	12.8	13.1	13.0	12.9	11.9	11.9	11.0	12.6	12.6	12.5	12.5	12.6	12.4
1971	12.2	12.2	12.6	11.9	11.8	10.2	11.3	11.4	12.3	11.9	12.2	12.8	11.9
1972	12.2	12.1	12.8	12.4	12.1	11.7	12.6	11.4	12.7	13.4	13.2	13.7	12.5
1973	14.1	13.6	13.6	13.5	12.6	11.6	11.6	11.8	13.2	12.3	12.7	11.4	12.7
1974	11.6	11.6	11.4	12.3	11.9	10.1	10.6	11.2	12.0	12.1	12.7	12.7	11.7
1975	13.3	12.5	12.9	13.1	12.0	11.9	10.8	10.8	10.3	11.3	10.4	11.8	11.8
1976	11.7	11.3	11.8	11.7	10.9	10.6	10.7	10.5	10.1	10.6	10.6	11.5	11.0
1977	12.5	12.5	11.5	11.6	10.2	9.8	10.1	10.3	11.9	12.4	12.2	12.3	11.4
1978	11.6	13.0	12.3	11.5	10.7	10.8	10.2	11.3	11.2	11.7	12.8	12.5	11.6
1979	11.7	12.0	11.8	11.9	11.6	11.2	10.4	10.9	11.2	11.8	12.4	11.5	11.5
1980	11.8	11.9	11.9	11.5	11.3	10.6	10.1	10.7	11.6	12.3	12.3	12.0	11.5
1981	12.2	10.0	13.9	12.3	12.2	12.0	10.3	9.9	9.8	11.0	11.1	11.2	11.3
1982	11.7	13.0	12.2	11.7	10.8	9.5	9.2	10.2	10.5	11.2	10.8	12.7	11.1
1983	13.7	14.0	13.8	13.2	12.6	10.7	10.3	10.7	11.1	11.3	11.9	10.7	12.0
1984	8.7	9.3	10.2	11.0	10.8	11.4	11.4	11.1	11.4	11.4	11.8	12.9	10.9
1985	11.9	13.3	12.9	11.9	12.6	11.8	10.6	11.8	12.1	12.9	12.6	14.5	12.4
1986	14.4	12.4	12.4	12.4	11.8	11.7	10.9	12.3	13.4	12.6	12.7	13.0	12.5
1987	14.4	15.9	15.0	15.5	13.9	14.1	12.8	14.6	14.7	14.4	15.3	15.2	14.7
1988	14.4	14.9	14.3	14.4	14.8	11.9	12.0	12.7	13.0	12.8	13.1	12.3	13.4
1989	12.8	12.3	11.9	13.0	12.6	11.7	11.8	13.3	13.2	14.6	13.3	12.1	12.7
1990	12.5	12.4	14.0	12.6	11.7	11.3	10.9	12.8	12.4	13.0	14.1	13.5	12.6
1991	12.7	13.7	13.1	13.4	13.3	12.2	12.2	12.8	13.0	13.3	13.1	13.6	13.0
1992	13.6	12.7	13.7	14.2	13.2	11.7	10.5	10.5	11.0	12.4	12.2	12.1	12.3
1993	10.7	10.8	11.4	12.6	11.8	11.9	11.2	11.6	12.3	13.7	14.0	13.4	12.1
1994	12.9	12.4	12.8	12.8	12.1	11.8	11.4	12.4	13.2	12.8	13.1	13.7	12.6
1995	13.8	12.7	12.8	12.7	12.2	11.0	12.1	13.2	13.7	13.1	13.5	13.3	12.8
1996	12.5	13.5	13.2	13.1	12.8	11.2	11.5	12.4	13.0	13.2	13.2	13.4	12.8
1997	12.1	12.6	12.1	11.3	10.8	9.1	11.9	11.8	12.9	12.7	13.4	14.0	12.1
1998	15.3	14.3	14.4	12.8	11.9	11.9	11.8	11.8	11.5	12.3	12.1	12.5	12.7
1999	12.3	12.7	12.5	12.0	10.5	10.0	11.0	11.6	11.3	12.4	10.8	11.7	11.6
2000	12.4	12.3	12.3	12.1	11.3	10.0	10.2	11.5	11.0	12.5	11.1	12.7	11.6
2001	12.7	12.6	12.6	13.0	11.4	11.4	10.8	12.0	12.0	12.5	11.8	12.6	12.1
2002	12.9	13.1	13.5	12.8	12.0	11.9	10.6	12.2	11.9	12.7	12.7	13.1	12.4
2003	13.8	13.6	12.5	11.9	11.5	10.8	10.9	11.3	11.6	12.5	12.3	12.7	12.1
2004	12.4	12.5	13.4	11.6	9.9	11.1	10.2	12.1	12.6	11.9	12.5	13.0	11.9
2005	13.0	13.8	12.6	12.5	10.6	10.8	11.6	11.6	11.7	11.8	12.3	13.2	12.1
2006	12.8	12.9	13.4	11.8	9.9	10.6	11.3	12.1	11.8	12.1	12.5	12.7	12.0
2007	13.3	12.1	12.7	11.3	10.3	11.2	10.1	11.1	12.7	12.0	12.1	12.0	11.7

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	13.0	12.2	12.0	10.6	9.6	10.3	10.7	11.2	11.3	11.8	12.4	12.2	11.4
2009	12.3	13.1	11.9	11.5	9.3	9.2	10.4	10.4	12.0	12.1	13.0	12.7	11.5
2010	13.0	14.2	13.2	12.3	10.6	10.2	8.6	10.8	12.0	11.4	10.9	12.0	11.6
2011	12.0	11.5	11.2	11.5	11.1	10.1	9.9	11.1	12.2	10.6	12.5	12.8	11.4
2012	12.9	12.6	14.1	13.0	11.0	9.1	10.4	11.8	12.8	12.2	12.2	12.6	12.1
2013	13.3	12.5	12.3	11.3	11.1	11.0	12.0	12.0	12.4	12.6	12.4	13.2	12.2
2014	12.9	11.8	12.0	11.8	10.4	12.2	12.5	12.4	12.7	12.9	12.6	12.7	12.2
2015	12.4	12.6	12.9	12.8	12.3	12.5	11.9	12.3	12.6	12.7	12.8	12.9	12.6
2016	13.1	13.3	13.2	12.9	12.3	12.1	12.0	12.3	12.5	12.3	12.3	12.5	12.6
2017	12.7	12.3	12.0	12.3	11.9	11.8	11.3	11.5	12.0	12.4	12.6	12.7	12.1
2018	12.7	12.9	12.5	12.5	12.0	11.8	11.8	12.0	12.5	12.3	12.5	12.9	12.4
2019	13.0	12.5	12.6	12.3	12.0	12.0	11.6	12.0	12.4	12.4	12.7	12.6	12.4
2020	12.8	12.7	13.0	12.9	12.4	12.3	12.1	12.2	12.1	12.3	12.3	12.0	12.4

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Cuadro 3-9. Temperaturas medias mensuales de la estación Toquela

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	11.1	10.6	10.5	10.5	9.4	7.5	5.9	6.9	8.4	8.6	9.4	7.5	8.9
1965	9.0	10.6	9.6	9.1	8.8	6.6	7.0	7.7	7.6	9.5	9.5	10.3	8.8
1966	11.4	10.4	10.6	9.1	7.5	7.1	7.6	7.8	9.1	9.3	9.9	9.1	9.1
1967	10.3	9.2	8.7	9.7	8.9	5.9	5.9	7.4	9.2	9.4	8.0	10.2	8.6
1968	9.8	8.8	9.0	7.0	7.5	6.9	7.4	7.2	8.5	8.5	8.5	9.0	8.2
1969	9.5	8.9	9.0	9.0	7.4	7.3	8.0	7.6	8.6	9.4	9.5	9.9	8.7
1970	6.5	7.4	8.1	8.4	7.1	8.8	8.0	6.7	7.5	8.2	7.2	8.7	7.7
1971	7.0	7.5	8.1	8.5	7.7	7.0	7.2	7.2	8.2	9.1	9.2	9.6	8.0
1972	8.2	8.6	8.9	9.0	8.3	7.4	7.9	7.2	8.4	9.5	9.9	10.8	8.7
1973	11.6	10.5	10.5	9.9	8.8	7.7	6.7	7.5	8.5	8.9	9.9	8.5	9.1
1974	7.9	8.0	7.9	9.4	8.4	6.3	7.1	8.0	9.2	9.5	10.3	10.3	8.5
1975	11.2	10.1	10.7	11.0	9.3	9.1	7.4	7.5	8.6	9.1	8.3	9.0	9.3
1976	8.6	8.3	9.2	8.8	7.7	7.3	8.1	7.4	8.1	8.7	9.1	10.3	8.5
1977	10.7	10.0	10.5	9.4	7.4	6.4	7.5	7.4	8.8	9.9	9.8	10.1	9.0
1978	10.0	11.1	10.3	9.4	8.0	7.2	7.3	10.1	9.8	10.9	10.5	11.0	9.6
1979	9.6	10.2	9.9	10.0	9.5	8.7	7.4	8.2	8.9	9.9	10.8	9.2	9.4
1980	9.8	10.0	10.1	9.3	9.0	7.7	6.9	8.0	8.5	9.0	9.6	8.5	8.9
1981	7.0	6.6	8.3	7.7	6.5	6.1	6.5	7.8	7.8	8.4	8.6	8.8	7.5
1982	12.5	11.5	10.8	10.2	9.2	7.7	7.3	8.4	8.8	9.7	9.2	11.4	9.7
1983	12.5	12.9	12.6	11.9	11.3	9.0	8.5	9.0	9.1	11.0	9.7	10.7	10.7
1984	8.0	8.6	9.1	9.4	8.4	7.4	7.5	7.1	8.6	9.6	9.6	9.7	8.6
1985	8.6	8.8	8.7	8.7	9.0	9.0	8.2	8.2	8.6	9.3	9.1	10.9	8.9
1986	10.8	8.6	8.8	8.8	7.9	6.9	6.9	7.7	8.3	9.1	9.2	9.4	8.5
1987	10.8	9.7	9.3	9.5	8.3	6.9	7.3	8.3	8.3	9.4	9.5	8.9	8.8
1988	11.5	11.0	10.3	11.0	8.4	6.7	7.5	9.3	8.5	9.5	9.9	8.7	9.4
1989	9.9	9.2	8.6	8.7	8.6	7.0	7.5	7.9	7.9	9.5	9.3	8.6	8.6
1990	10.1	10.0	10.3	9.7	9.3	7.8	6.0	8.3	8.0	9.2	10.3	9.9	9.1
1991	9.4	9.3	9.3	9.3	8.3	7.2	6.9	7.8	8.4	9.2	9.4	9.7	8.7
1992	9.4	9.3	9.3	9.3	8.3	7.2	6.9	7.8	8.4	9.1	9.4	9.6	8.7
1993	9.4	9.3	9.3	9.3	8.3	7.1	6.9	7.8	8.5	9.7	10.2	10.1	8.8
1994	9.5	8.4	9.4	9.6	9.7	7.6	7.6	9.2	9.7	9.0	9.6	9.8	9.1
1995	10.5	9.7	8.5	9.0	8.8	7.6	7.1	7.6	8.2	8.8	8.9	9.2	8.7
1996	8.7	10.1	8.8	9.7	8.9	7.2	6.8	8.3	9.8	9.8	9.2	10.3	9.0
1997	7.4	9.3	8.9	8.4	6.5	3.8	5.8	7.7	8.4	8.5	8.8	10.5	7.8
1998	11.4	11.4	10.3	8.6	7.3	6.9	6.5	7.1	6.5	7.0	8.4	8.7	8.3
1999	8.5	8.5	8.6	8.9	7.2	5.9	6.4	7.5	7.4	8.4	6.5	7.9	7.6
2000	7.0	6.6	8.0	9.1	8.5	5.9	5.6	7.0	8.0	9.3	8.7	9.4	7.7
2001	7.7	7.4	7.6	9.2	7.2	7.2	6.3	8.2	8.7	10.4	9.7	9.9	8.3
2002	10.4	8.2	9.3	9.7	8.9	8.4	5.4	8.4	8.0	9.1	10.6	10.9	8.9
2003	11.3	12.0	9.4	9.1	8.6	7.5	7.8	8.0	8.7	9.9	10.2	9.7	9.4
2004	9.7	8.6	10.6	10.3	8.9	8.2	8.0	9.5	9.8	9.1	10.0	9.7	9.4
2005	8.6	10.3	9.3	10.3	8.8	7.6	8.1	8.9	8.6	9.3	10.3	9.9	9.2
2006	8.8	9.9	9.8	10.1	8.4	8.4	7.9	8.7	8.8	9.3	10.3	11.2	9.3
2007	9.4	10.3	9.9	10.5	9.8	9.2	5.8	8.0	10.3	10.4	11.6	9.5	9.6

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	10.9	10.6	10.1	9.0	8.9	7.9	7.9	8.6	8.7	10.7	11.7	12.8	9.8
2009	9.0	9.8	8.6	8.1	5.9	5.8	7.0	7.0	8.6	8.7	9.7	9.4	8.1
2010	9.7	10.9	9.9	9.0	7.2	6.8	5.1	7.5	8.7	8.0	7.5	8.6	8.3
2011	8.6	8.1	7.9	8.2	7.7	6.7	6.5	7.7	8.9	7.2	9.2	9.5	8.0
2012	9.6	9.3	10.8	9.7	7.6	5.7	7.0	8.4	9.4	8.9	8.9	9.3	8.7
2013	10.0	9.2	8.9	7.9	7.7	7.6	8.6	8.7	9.0	9.3	9.0	9.8	8.8
2014	9.5	8.4	8.6	8.4	7.0	8.8	9.1	9.0	9.4	9.7	9.2	9.4	8.9
2015	8.8	9.2	9.7	9.6	8.5	8.9	7.8	8.6	9.1	9.3	9.6	9.9	9.1
2016	10.2	10.6	10.5	9.9	8.5	8.1	8.0	8.4	9.0	8.6	8.5	9.0	9.1
2017	9.3	8.5	7.8	8.5	7.7	7.5	6.4	6.8	7.8	8.6	9.1	9.4	8.1
2018	9.4	9.9	9.0	9.0	7.9	7.5	7.6	7.9	8.9	8.6	9.0	9.7	8.7
2019	10.0	8.9	9.1	8.6	8.0	8.0	7.1	8.0	8.7	8.7	9.3	9.2	8.6
2020	9.6	9.5	10.0	9.7	8.8	8.5	8.0	8.3	8.2	8.4	8.6	7.8	8.8

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

ANEXO 4

REGISTRO HISTÓRICO DE TEMPERATURAS SUPERFICIALES DEL MAR

Cuadro 4-1. Temperaturas superficiales del mar – Zona 1+2

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	24.1	25.3	25.7	24.8	22.4	21.8	20.7	19.8	20.2	19.8	21.1	22.0	1964
1965	24.3	26.4	27.3	27.4	26.6	25.0	23.6	22.5	21.6	21.9	22.7	23.9	1965
1966	25.5	26.3	25.7	24.6	23.7	22.2	21.5	20.6	20.1	20.6	21.3	22.2	1966
1967	23.9	25.9	26.1	25.4	23.8	22.6	21.1	19.8	19.4	19.5	20.5	21.5	1967
1968	23.6	25.4	25.6	24.3	23.0	22.0	21.6	21.2	21.4	21.2	21.9	23.3	1968
1969	24.6	26.1	27.5	26.9	26.4	24.7	22.5	21.0	21.0	22.1	22.7	23.7	1969
1970	25.2	25.9	25.9	25.0	23.6	21.9	20.0	19.6	19.7	20.4	20.9	22.0	1970
1971	23.6	24.9	25.8	25.4	23.5	22.1	21.3	19.9	19.9	20.3	21.1	22.3	1971
1972	24.6	26.7	27.5	26.8	25.8	25.2	24.5	23.8	22.5	22.8	23.6	24.9	1972
1973	26.1	26.4	26.4	24.8	23.4	22.1	20.8	19.6	19.4	20.1	21.0	22.0	1973
1974	23.9	25.5	26.6	25.7	24.8	23.2	22.0	21.0	20.1	19.9	21.1	21.9	1974
1975	23.8	25.6	27.0	25.9	24.0	22.4	21.5	20.3	19.5	19.8	20.3	21.5	1975
1976	23.8	26.0	26.9	26.3	25.3	24.6	23.9	22.7	21.8	21.8	22.3	23.3	1976
1977	25.0	26.2	26.4	25.0	24.0	23.1	21.9	20.4	20.0	20.9	21.6	22.5	1977
1978	24.6	26.0	26.0	25.3	23.9	22.1	21.5	20.3	20.2	20.6	21.9	23.3	1978
1979	25.0	25.7	26.5	26.2	24.7	23.7	22.3	21.4	21.6	21.7	22.0	22.7	1979
1980	24.6	26.1	26.8	25.7	24.7	23.2	21.4	20.5	20.4	20.6	21.2	21.9	1980
1981	23.4	25.5	26.5	25.4	24.2	22.9	21.3	20.4	20.3	20.5	21.3	22.9	1981
1982	24.6	26.0	26.0	25.2	24.5	23.3	22.4	22.0	22.6	23.4	25.0	26.2	1982
1983	27.5	28.4	29.1	29.0	28.6	27.6	25.8	24.0	22.6	22.1	22.5	23.2	1983
1984	24.4	25.6	26.3	25.4	23.4	22.1	21.3	20.4	20.2	20.5	21.7	22.5	1984
1985	24.0	25.2	26.1	24.3	23.1	21.7	20.8	19.9	19.7	20.3	21.0	22.3	1985
1986	24.1	26.0	25.9	24.8	23.6	22.1	21.7	21.1	20.4	21.2	22.2	23.6	1986
1987	25.5	27.3	27.9	27.2	25.8	24.1	23.0	21.8	21.9	22.6	22.8	23.9	1987
1988	24.8	26.1	26.2	24.8	23.4	21.0	20.3	19.3	19.1	19.8	21.2	22.1	1988
1989	24.4	26.4	26.3	25.2	23.3	22.3	21.4	20.5	20.1	20.8	21.5	22.6	1989
1990	24.4	26.1	26.3	25.3	24.2	22.9	21.0	20.3	20.3	20.3	21.3	22.6	1990
1991	24.6	26.2	26.7	25.0	24.5	23.2	22.5	20.9	20.7	21.5	22.5	23.5	1991
1992	25.1	26.8	27.6	27.4	26.3	23.7	21.8	20.7	20.0	20.8	21.6	22.7	1992
1993	24.8	26.5	27.3	26.5	25.6	23.9	22.2	21.1	20.7	21.4	21.7	22.7	1993
1994	24.7	26.0	25.6	24.4	23.6	22.4	21.0	20.0	20.5	21.7	22.5	23.7	1994
1995	25.6	26.6	26.2	24.7	23.5	22.5	21.6	20.4	20.3	20.7	21.6	22.3	1995
1996	24.1	26.0	26.7	24.4	23.6	21.9	20.9	20.5	20.0	20.3	21.1	22.0	1996
1997	24.2	26.3	27.6	26.6	26.6	26.2	25.5	24.9	24.6	25.1	26.0	27.3	1997
1998	28.3	29.2	29.6	28.7	27.5	25.0	23.2	21.9	20.9	21.2	21.7	22.9	1998
1999	24.5	26.4	27.0	24.9	24.0	22.4	21.2	20.4	19.6	20.3	20.8	22.0	1999
2000	23.8	25.9	26.2	26.1	24.2	22.3	21.3	20.3	20.2	20.6	21.2	22.5	2000
2001	24.0	26.0	27.1	26.1	23.8	22.1	21.1	20.2	19.3	19.9	20.9	21.9	2001
2002	23.8	26.0	27.4	26.0	24.6	22.6	21.4	20.7	20.6	21.6	22.7	23.7	2002
2003	24.8	26.1	26.2	24.8	23.1	22.1	21.3	21.0	20.1	21.0	22.2	23.3	2003
2004	24.7	26.1	26.4	25.2	23.5	22.3	21.1	20.5	20.5	21.2	22.3	23.3	2004

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2005	24.8	25.7	25.6	25.3	24.7	22.8	21.8	20.6	19.9	20.0	20.5	21.8	2005
2006	24.0	26.7	26.5	24.8	24.1	22.8	22.0	21.4	21.3	22.3	22.8	23.6	2006
2007	25.3	26.4	26.1	24.6	23.0	21.6	20.9	19.6	19.2	19.4	19.9	21.4	2007
2008	23.9	26.2	27.1	26.2	24.1	23.3	22.3	21.6	20.9	20.9	21.7	22.7	2008
2009	24.6	26.0	25.9	25.7	24.6	23.5	22.6	21.6	20.8	21.3	22.0	23.5	2009
2010	25.1	26.4	26.7	26.2	24.9	23.1	20.8	19.7	19.3	19.5	20.5	22.0	2010
2011	24.1	26.4	26.3	25.6	24.7	23.4	22.1	20.7	19.5	20.4	21.1	22.3	2011
2012	24.3	26.7	26.7	26.1	24.9	24.0	22.7	21.2	20.6	20.7	21.4	22.4	2012
2013	24.0	26.0	26.4	24.3	23.0	21.5	20.5	20.2	19.8	20.9	21.4	22.8	2013
2014	25.1	25.7	26.2	25.4	25.2	24.2	22.9	21.6	20.7	21.4	22.5	23.2	2014
2015	24.6	25.7	26.7	26.3	26.1	25.2	24.2	23.0	23.0	23.4	24.1	25.1	2015
2016	26.5	27.4	27.8	26.0	24.9	23.5	21.8	21.1	20.8	21.0	21.8	23.0	2016
2017	25.1	27.2	28.3	26.2	24.7	23.2	21.4	20.2	19.3	19.7	20.4	21.5	2017
2018	23.5	25.9	25.4	24.9	24.0	22.5	21.8	20.4	20.7	21.4	22.6	23.8	2018
2019	25.4	27.0	26.6	26.0	24.7	22.9	21.5	20.6	19.9	20.4	21.9	22.8	2019
2020	24.6	26.3	26.3	25.7	24.2	22.6	20.8	20.5	19.7	20.1	21.0	22.3	2020

Fuente: <https://psl.noaa.gov/enso/data.html>

Cuadro 4-2. Temperaturas superficiales del mar – Zona 3

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	26.0	26.4	26.8	26.5	25.7	25.2	24.9	24.0	24.1	24.0	24.1	24.0	1964
1965	24.9	26.0	26.9	27.6	27.6	27.2	26.5	26.3	26.2	26.3	26.4	26.5	1965
1966	26.7	26.9	27.2	27.5	26.5	26.1	25.4	24.5	24.5	24.6	24.3	24.5	1966
1967	25.1	25.9	26.6	26.8	26.7	26.3	25.2	24.3	24.0	24.0	24.1	24.3	1967
1968	24.4	25.0	25.9	26.8	26.2	26.4	25.9	25.4	25.2	25.2	25.3	25.7	1968
1969	26.0	26.7	27.5	27.8	27.7	27.1	25.9	25.6	25.6	25.8	25.8	26.0	1969
1970	26.2	26.5	27.0	27.2	26.4	25.6	23.9	23.5	23.8	24.1	23.8	23.9	1970
1971	24.3	24.9	25.9	26.7	26.2	25.6	25.0	24.2	24.1	23.9	23.9	24.0	1971
1972	25.0	26.0	26.9	27.8	27.6	27.4	26.9	27.0	26.5	26.9	27.1	27.6	1972
1973	27.2	27.2	27.4	27.2	26.2	25.5	24.3	23.8	23.7	23.6	23.4	23.5	1973
1974	24.0	25.2	26.2	26.9	26.7	26.2	25.4	25.0	24.7	24.3	24.2	24.4	1974
1975	25.2	25.9	26.7	27.2	26.1	25.4	24.7	24.4	23.8	23.7	23.8	23.6	1975
1976	23.9	25.3	26.5	27.2	27.0	27.1	26.4	26.0	25.8	26.0	26.0	25.9	1976
1977	26.5	27.0	27.5	27.0	26.8	26.6	25.7	24.8	24.9	25.5	25.6	25.7	1977
1978	26.0	26.6	27.0	26.8	26.3	25.8	24.9	24.3	24.4	24.8	25.0	25.4	1978
1979	25.5	26.2	27.0	27.7	27.2	26.8	25.6	25.5	25.7	25.5	25.5	25.7	1979
1980	26.0	26.4	27.0	27.5	27.1	26.8	25.5	24.8	24.9	24.7	25.0	25.4	1980
1981	24.8	25.7	26.9	27.1	26.9	26.4	25.2	24.7	24.9	25.0	24.9	25.4	1981
1982	25.8	26.4	27.0	27.7	27.7	27.3	26.2	26.1	26.7	27.3	27.7	28.2	1982
1983	28.5	28.8	29.1	29.2	29.0	28.2	26.6	25.8	25.1	24.4	24.2	24.5	1983
1984	25.0	25.9	26.9	27.0	26.3	25.4	25.0	24.5	24.5	24.1	24.0	23.8	1984
1985	24.6	25.3	26.2	26.5	26.0	25.6	24.7	24.2	24.2	24.1	24.3	24.5	1985
1986	24.8	25.8	26.6	27.0	26.4	26.2	25.6	25.0	25.2	25.7	25.9	25.9	1986
1987	26.6	27.3	28.2	28.4	28.1	27.6	26.9	26.4	26.5	26.2	26.1	26.2	1987
1988	26.1	26.4	27.2	26.7	25.8	24.6	23.8	23.4	23.5	23.1	23.1	23.4	1988
1989	24.2	25.6	26.1	26.6	26.3	26.0	25.3	24.5	24.6	24.6	24.6	24.8	1989
1990	25.3	26.5	27.0	27.6	27.3	26.5	25.5	25.0	25.0	24.9	24.9	25.1	1990
1991	25.8	26.4	27.1	27.4	27.4	27.1	26.3	25.3	25.0	25.6	26.0	26.5	1991
1992	27.0	27.6	28.3	28.8	28.4	26.9	25.6	24.7	24.5	24.6	24.7	24.9	1992
1993	25.5	26.6	27.5	28.4	28.1	27.1	25.7	25.0	25.0	25.1	25.1	25.1	1993
1994	25.5	26.1	26.8	27.1	26.9	26.4	25.2	24.8	24.9	25.6	25.8	26.1	1994
1995	26.4	26.9	27.2	27.3	26.5	26.2	25.5	24.4	24.2	24.2	24.2	24.4	1995
1996	25.0	25.8	26.8	26.9	26.5	26.1	25.3	24.7	24.6	24.5	24.5	24.4	1996
1997	24.9	26.0	27.2	27.8	28.1	28.1	27.9	27.8	27.7	28.0	28.2	28.4	1997
1998	28.6	28.9	29.1	29.0	28.3	26.5	25.4	24.7	24.4	24.2	24.3	24.2	1998
1999	24.6	25.6	26.7	26.9	26.5	25.8	24.9	24.3	24.0	23.8	23.6	23.7	1999
2000	23.9	25.2	26.3	27.2	26.6	25.7	25.0	24.6	24.6	24.5	24.3	24.4	2000
2001	24.9	25.9	27.0	27.4	26.8	26.2	25.4	24.7	24.2	24.4	24.4	24.5	2001
2002	25.1	26.2	27.3	27.5	27.2	26.9	25.9	25.3	25.4	25.9	26.2	26.4	2002
2003	26.3	26.6	27.2	27.1	26.2	26.0	25.6	25.1	24.9	25.3	25.3	25.7	2003
2004	26.0	26.5	27.1	27.4	26.8	26.3	25.6	25.3	25.2	25.4	25.5	25.7	2004
2005	25.9	26.2	27.0	27.6	27.3	26.6	25.7	25.1	24.7	24.5	24.1	23.9	2005
2006	24.7	26.0	26.5	27.2	26.9	26.4	25.6	25.4	25.6	25.8	25.9	26.2	2006
2007	26.2	26.4	26.8	27.0	26.3	25.9	25.0	24.0	23.6	23.4	23.3	23.5	2007

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	24.0	25.1	26.4	27.0	26.9	26.4	25.9	25.5	24.9	24.9	24.8	24.5	2008
2009	25.0	25.9	26.4	27.4	27.4	27.2	26.5	25.7	25.7	25.7	26.2	26.6	2009
2010	26.7	27.1	27.7	28.0	27.1	25.9	24.8	23.9	23.6	23.2	23.4	23.6	2010
2011	24.2	25.5	26.3	27.1	26.8	26.5	25.6	24.6	24.2	24.0	23.9	24.4	2011
2012	24.9	26.2	27.0	27.5	27.1	27.0	26.4	25.8	25.3	25.0	25.1	24.9	2012
2013	25.0	25.9	27.1	27.4	26.4	25.7	25.0	24.5	24.7	24.8	24.9	25.1	2013
2014	25.3	25.7	27.0	27.7	27.6	27.4	26.2	25.4	25.3	25.6	25.9	25.9	2014
2015	26.0	26.5	27.2	28.2	28.1	28.0	27.5	27.1	27.3	27.4	27.6	27.8	2015
2016	28.2	28.3	28.6	28.3	27.3	26.6	25.3	24.5	24.7	24.4	24.5	24.7	2016
2017	25.5	26.8	27.3	27.9	27.4	26.5	25.7	24.6	24.0	24.1	23.9	24.1	2017
2018	24.4	25.6	26.2	27.1	26.9	26.6	25.9	24.9	25.0	25.6	26.0	26.1	2018
2019	26.2	26.9	27.7	28.1	27.6	26.9	25.7	25.0	24.7	25.0	25.4	25.4	2019
2020	26.0	26.6	27.1	27.8	26.8	25.9	25.2	24.6	24.1	23.9	24.1	24.4	2020

Fuente: <https://psl.noaa.gov/enso/data.html>

Cuadro 4-3. Temperaturas superficiales del mar – Zona 34

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	27.3	27.3	27.1	27.2	27.1	26.8	26.6	26.1	25.8	25.7	25.6	25.5	1964
1965	26.0	26.4	26.9	27.7	28.1	28.1	28.0	28.1	28.0	28.3	28.2	28.0	1965
1966	27.7	27.6	28.1	28.3	27.8	27.8	27.5	26.8	26.7	26.7	26.3	26.3	1966
1967	26.0	26.2	26.8	27.2	27.6	27.6	27.1	26.6	26.2	26.4	26.3	26.2	1967
1968	26.0	26.0	26.5	27.3	27.4	27.9	27.5	27.2	26.8	27.1	27.4	27.4	1968
1969	27.5	27.8	27.9	28.1	28.3	28.0	27.3	27.4	27.2	27.4	27.4	27.3	1969
1970	27.1	27.1	27.5	28.0	27.9	27.4	26.3	25.9	26.0	26.1	25.8	25.5	1970
1971	25.1	25.5	26.0	26.8	27.0	26.9	26.6	26.2	26.0	26.0	25.8	25.7	1971
1972	26.0	26.6	27.0	28.0	28.2	28.4	28.1	28.2	27.9	28.5	28.5	28.8	1972
1973	28.2	27.8	27.8	27.7	27.3	26.8	26.1	25.7	25.4	25.2	24.6	24.4	1973
1974	24.6	25.3	25.8	26.8	27.1	27.0	26.6	26.6	26.4	26.0	25.7	25.7	1974
1975	26.2	26.4	26.7	27.2	26.9	26.4	26.0	25.7	25.3	25.3	25.2	25.0	1975
1976	24.8	25.7	26.6	27.4	27.4	27.7	27.4	27.2	27.3	27.6	27.5	27.2	1976
1977	27.4	27.3	27.7	27.5	27.8	28.1	27.7	27.1	27.2	27.6	27.7	27.7	1977
1978	27.3	27.3	27.3	27.4	27.4	27.2	26.8	26.3	26.2	26.4	26.5	26.7	1978
1979	26.6	26.9	27.4	27.9	27.8	27.7	27.0	27.1	27.2	27.1	27.0	27.3	1979
1980	27.1	27.1	27.4	28.0	28.0	28.1	27.3	26.7	26.6	26.6	26.8	26.9	1980
1981	26.1	26.3	27.2	27.6	27.8	27.5	26.8	26.7	26.7	26.7	26.4	26.7	1981
1982	26.5	26.6	27.2	28.0	28.5	28.6	27.9	27.8	28.1	28.7	28.7	28.9	1982
1983	29.0	29.0	29.0	28.9	29.0	28.3	27.1	26.8	26.3	25.7	25.5	25.6	1983
1984	25.8	26.2	26.8	27.2	27.2	26.8	26.8	26.5	26.4	25.9	25.5	25.1	1984
1985	25.7	25.9	26.3	26.8	27.0	26.9	26.6	26.4	26.2	26.1	26.2	26.2	1985
1986	25.8	26.1	26.8	27.4	27.4	27.6	27.4	27.1	27.3	27.6	27.7	27.6	1986
1987	27.8	27.9	28.5	28.7	28.8	28.9	28.6	28.4	28.3	28.1	27.9	27.6	1987
1988	27.3	27.1	27.5	27.3	26.8	26.2	25.7	25.4	25.4	24.7	24.5	24.6	1988
1989	24.6	25.4	25.9	26.7	27.1	27.0	26.8	26.3	26.4	26.3	26.4	26.5	1989
1990	26.6	27.1	27.5	28.0	28.2	27.7	27.4	27.1	26.9	26.9	26.7	26.9	1990
1991	27.1	27.1	27.4	28.0	28.3	28.3	27.8	27.3	27.0	27.6	27.8	28.2	1991
1992	28.2	28.4	28.8	29.2	29.1	28.2	27.5	26.7	26.6	26.4	26.5	26.6	1992
1993	26.9	27.2	27.7	28.7	28.8	28.3	27.6	27.0	27.0	27.1	26.9	26.8	1993
1994	26.6	26.6	27.2	27.8	28.0	28.0	27.4	27.4	27.2	27.6	27.8	27.8	1994
1995	27.7	27.6	27.8	28.0	27.9	27.8	27.3	26.5	26.2	26.0	25.9	25.9	1995
1996	25.9	26.1	26.8	27.4	27.5	27.6	27.1	26.6	26.4	26.5	26.4	26.2	1996
1997	26.2	26.5	27.2	28.1	28.7	28.8	28.8	28.8	28.9	29.0	29.1	28.9	1997
1998	29.0	28.8	28.8	28.7	28.6	27.3	26.5	26.0	25.9	25.5	25.4	25.1	1998
1999	25.1	25.4	26.3	27.0	27.0	26.7	26.4	25.9	25.9	25.7	25.2	25.0	1999
2000	24.8	25.2	26.0	27.0	27.1	26.9	26.7	26.5	26.4	26.2	25.9	25.7	2000
2001	25.7	26.1	26.8	27.5	27.6	27.6	27.2	26.8	26.5	26.5	26.4	26.1	2001
2002	26.4	26.8	27.4	27.9	28.1	28.4	27.8	27.6	27.6	27.9	28.1	28.0	2002
2003	27.6	27.4	27.7	27.7	27.3	27.5	27.4	26.9	26.9	27.2	27.1	26.9	2003
2004	26.8	26.9	27.2	27.8	28.0	27.8	27.6	27.5	27.4	27.5	27.3	27.3	2004
2005	27.1	27.0	27.5	28.1	28.2	27.9	27.2	26.8	26.7	26.6	26.2	25.8	2005
2006	25.6	26.1	26.5	27.5	27.8	27.8	27.3	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	2006
2007	27.2	26.9	27.1	27.6	27.5	27.5	26.9	26.3	25.7	25.3	25.1	25.0	2007

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	24.8	25.1	26.1	26.9	27.2	27.2	27.2	26.8	26.5	26.4	26.3	25.7	2008
2009	25.6	26.1	26.5	27.5	28.0	28.2	27.9	27.5	27.4	27.7	28.2	28.4	2009
2010	28.0	27.9	28.3	28.3	27.7	27.1	26.3	25.6	25.2	25.1	25.1	25.0	2010
2011	24.9	25.5	26.3	27.0	27.3	27.4	27.0	26.2	26.0	25.8	25.6	25.5	2011
2012	25.7	26.2	26.8	27.5	27.7	27.8	27.7	27.5	27.2	27.0	27.0	26.5	2012
2013	26.2	26.4	27.1	27.7	27.6	27.4	26.9	26.6	26.7	26.5	26.6	26.5	2013
2014	26.2	26.3	27.2	28.1	28.3	28.2	27.4	27.0	27.1	27.2	27.5	27.4	2014
2015	27.2	27.3	27.7	28.7	28.9	29.0	28.8	28.8	28.8	28.9	29.2	29.1	2015
2016	29.1	28.9	28.9	28.8	28.3	27.8	27.0	26.4	26.3	26.0	26.0	26.1	2016
2017	26.2	26.8	27.2	28.0	28.2	27.9	27.4	26.7	26.2	26.2	25.8	25.7	2017
2018	25.7	26.0	26.5	27.4	27.8	27.8	27.5	26.9	27.1	27.6	27.7	27.6	2018
2019	27.1	27.4	28.1	28.4	28.5	28.3	27.6	27.1	26.9	27.3	27.4	27.1	2019
2020	27.2	27.3	27.6	28.3	27.7	27.5	27.2	26.5	26.1	25.5	25.6	25.6	2020

Fuente: <https://psl.noaa.gov/enso/data.html>

Cuadro 4-4. Temperaturas superficiales del mar – Zona 4

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
1964	28.6	28.4	28.1	28.3	28.4	28.2	28.1	27.8	27.5	27.5	27.5	27.5	1964
1965	27.7	27.6	27.7	28.2	28.6	28.7	28.9	29.0	29.0	29.3	29.3	29.1	1965
1966	28.9	28.7	29.1	28.9	29.1	29.0	29.2	28.9	28.8	28.7	28.5	28.4	1966
1967	27.5	27.4	27.9	28.5	29.0	28.8	28.7	28.4	28.3	28.5	28.5	28.3	1967
1968	28.0	28.1	27.9	28.1	28.5	28.7	28.7	28.7	28.4	28.9	29.1	28.9	1968
1969	29.2	29.3	29.0	29.0	29.1	28.8	28.8	29.0	29.1	29.1	29.1	29.0	1969
1970	28.6	28.5	28.6	28.7	29.0	28.7	28.5	28.2	28.1	28.0	28.1	27.5	1970
1971	27.0	27.1	27.2	27.8	28.2	28.1	27.9	27.8	27.6	28.1	28.0	28.0	1971
1972	27.9	28.1	28.3	28.8	29.3	29.2	29.1	28.9	28.9	29.4	29.2	29.3	1972
1973	29.1	28.7	28.7	28.5	28.7	28.3	28.0	27.7	27.5	27.4	27.0	26.6	1973
1974	26.5	27.0	27.1	27.6	28.1	28.0	27.9	27.9	27.8	27.7	27.6	27.6	1974
1975	27.6	27.8	27.7	27.8	27.9	27.8	27.4	27.1	26.8	26.7	26.8	26.6	1975
1976	26.9	27.1	27.7	28.0	28.3	28.4	28.3	28.2	28.6	28.8	28.9	28.5	1976
1977	28.3	28.2	28.3	28.4	28.7	28.9	29.1	29.1	29.2	29.2	29.2	29.2	1977
1978	28.7	28.5	28.3	28.4	28.8	28.5	28.5	28.3	28.2	28.4	28.5	28.4	1978
1979	28.5	28.4	28.5	28.6	28.7	28.7	28.7	28.5	28.5	28.7	28.7	29.0	1979
1980	28.7	28.7	28.7	28.8	29.2	29.1	29.0	28.6	28.6	28.8	28.9	28.6	1980
1981	28.2	28.1	28.5	28.4	28.8	28.5	28.4	28.4	28.5	28.6	28.5	28.5	1981
1982	28.1	28.0	28.5	28.9	29.3	29.4	29.0	28.9	29.1	29.5	29.2	29.1	1982
1983	29.0	28.8	28.8	28.8	29.1	28.9	28.4	28.3	28.1	27.8	27.7	27.8	1983
1984	27.6	27.5	27.5	27.7	28.0	28.0	28.3	28.1	28.3	28.0	27.7	27.3	1984
1985	27.7	27.5	27.5	27.7	28.1	28.1	28.3	28.4	28.4	28.4	28.5	28.4	1985
1986	27.9	27.9	28.0	28.2	28.6	28.9	28.9	29.0	29.2	29.2	29.3	29.0	1986
1987	28.9	28.9	29.2	29.0	29.4	29.6	29.5	29.4	29.5	29.6	29.6	29.4	1987
1988	28.9	28.5	28.6	28.2	28.2	28.0	27.9	27.8	27.7	27.1	27.0	26.9	1988
1989	26.7	26.7	27.0	27.5	28.1	28.0	28.2	28.1	28.3	28.3	28.4	28.6	1989
1990	28.5	28.5	28.7	28.8	29.1	28.9	29.1	29.0	29.0	29.1	29.0	29.1	1990
1991	28.9	28.7	28.7	29.1	29.4	29.4	29.3	29.2	29.0	29.4	29.3	29.3	1991
1992	28.9	29.0	29.2	29.3	29.5	29.2	29.2	28.8	28.8	28.7	28.7	28.7	1992
1993	28.7	28.6	28.7	29.0	29.3	29.2	29.2	29.0	29.1	29.0	29.1	28.8	1993
1994	28.5	28.1	28.4	28.8	29.1	29.2	29.4	29.5	29.3	29.5	29.6	29.4	1994
1995	29.2	29.0	29.1	29.1	29.3	29.2	29.0	28.7	28.6	28.4	28.3	28.2	1995
1996	27.9	27.8	28.1	28.3	28.6	28.8	28.6	28.4	28.4	28.5	28.5	28.5	1996
1997	28.4	28.3	28.5	29.0	29.5	29.3	29.5	29.4	29.6	29.5	29.6	29.2	1997
1998	29.2	28.9	28.8	28.7	29.0	28.6	28.3	28.0	28.0	27.7	27.5	27.2	1998
1999	26.8	26.7	27.3	27.6	28.0	28.0	28.0	27.8	27.9	27.8	27.6	27.2	1999
2000	26.9	26.7	27.0	27.4	27.9	28.1	28.2	28.2	28.3	28.2	28.1	27.7	2000
2001	27.4	27.3	27.7	28.2	28.6	28.8	28.9	28.9	29.0	28.8	28.8	28.5	2001
2002	28.5	28.4	28.6	28.9	29.2	29.4	29.4	29.3	29.3	29.5	29.6	29.3	2002
2003	29.0	28.8	28.9	28.9	28.9	29.0	29.0	28.9	29.0	29.2	29.2	28.9	2003
2004	28.7	28.4	28.4	28.7	29.1	29.1	29.3	29.2	29.4	29.4	29.4	29.2	2004
2005	29.1	28.7	28.8	28.9	29.1	29.1	28.9	28.8	28.8	28.8	28.6	28.2	2005
2006	27.7	27.4	27.8	28.3	28.8	29.0	29.0	29.1	29.3	29.3	29.4	29.3	2006
2007	28.8	28.4	28.4	28.6	28.8	28.9	28.7	28.5	28.1	27.9	27.5	27.4	2007

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
2008	26.9	26.6	27.1	27.6	28.0	28.2	28.3	28.3	28.2	28.3	28.1	27.7	2008
2009	27.6	27.6	27.9	28.4	29.0	29.2	29.2	29.3	29.3	29.6	29.8	29.8	2009
2010	29.5	29.1	29.2	29.2	28.9	28.6	28.2	27.6	27.4	27.3	27.2	27.1	2010
2011	26.9	27.1	27.6	27.8	28.3	28.4	28.3	28.1	28.0	27.9	27.9	27.4	2011
2012	27.3	27.4	27.7	28.2	28.5	28.7	28.7	29.0	29.0	29.0	29.0	28.6	2012
2013	28.2	27.9	28.1	28.4	28.8	28.7	28.7	28.7	28.7	28.6	28.8	28.4	2013
2014	28.0	28.2	28.6	28.8	29.2	29.2	29.0	29.0	29.2	29.2	29.4	29.2	2014
2015	29.0	28.9	29.0	29.5	29.8	29.9	29.8	29.7	29.8	29.9	30.2	30.0	2015
2016	29.6	29.4	29.4	29.4	29.4	29.3	29.0	28.7	28.5	28.3	28.3	28.3	2016
2017	28.1	28.2	28.2	28.7	29.1	29.2	29.1	28.8	28.6	28.6	28.4	28.1	2017
2018	28.0	27.9	28.2	28.7	29.1	29.1	29.1	29.1	29.2	29.5	29.4	29.3	2018
2019	28.8	28.8	29.0	29.1	29.5	29.6	29.5	29.2	29.2	29.5	29.5	29.2	2019
2020	29.1	28.9	29.0	29.1	29.0	29.0	29.0	28.6	28.4	28.0	28.1	27.8	2020

Fuente: <https://psl.noaa.gov/enso/data.html>

ANEXO 5

GRÁFICOS DE CORRELACIÓN CRUZADA - SPI3 vs INDICE ENSO

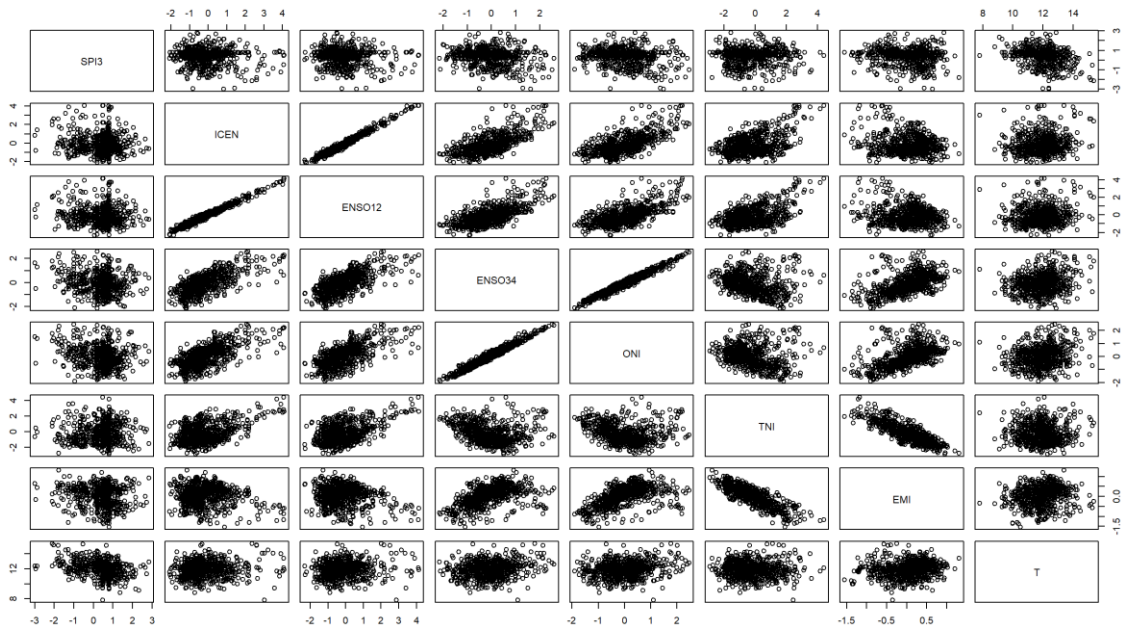


Figura 5.1: Correlación cruzada en la estación Aricota

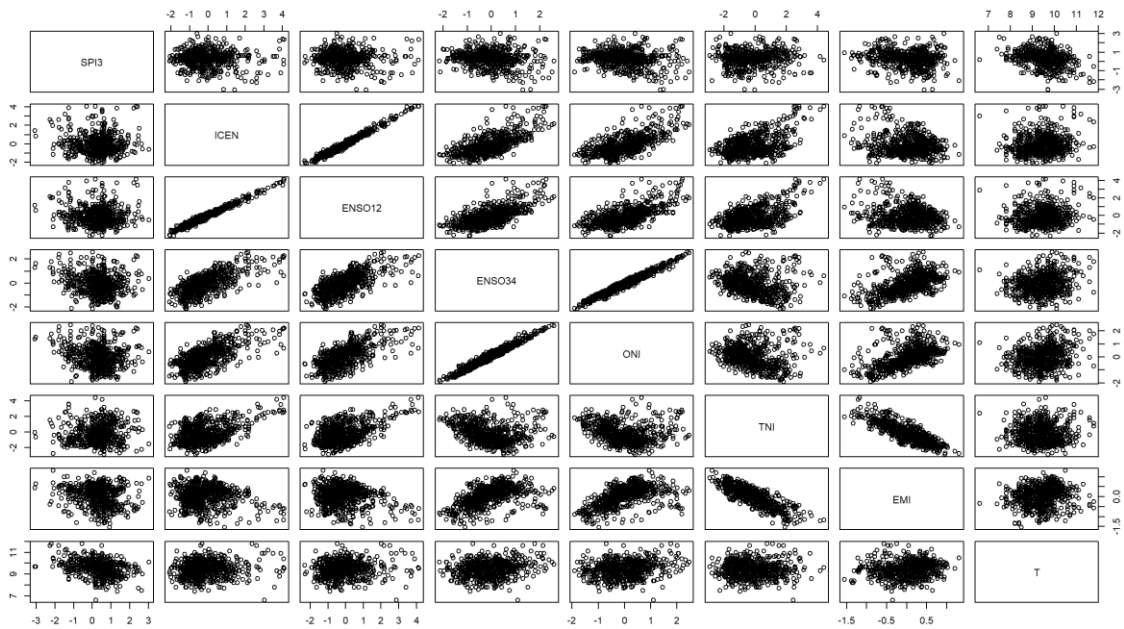


Figura 5.2: Correlación cruzada en la estación Cairani

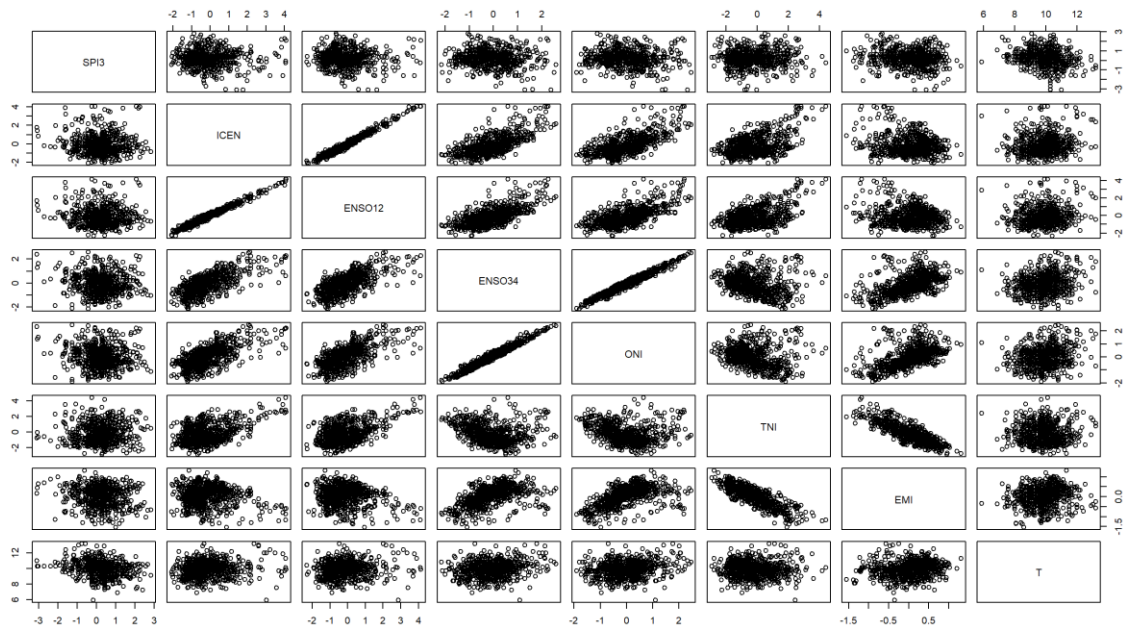


Figura 5.3: Correlación cruzada en la estación Candarave

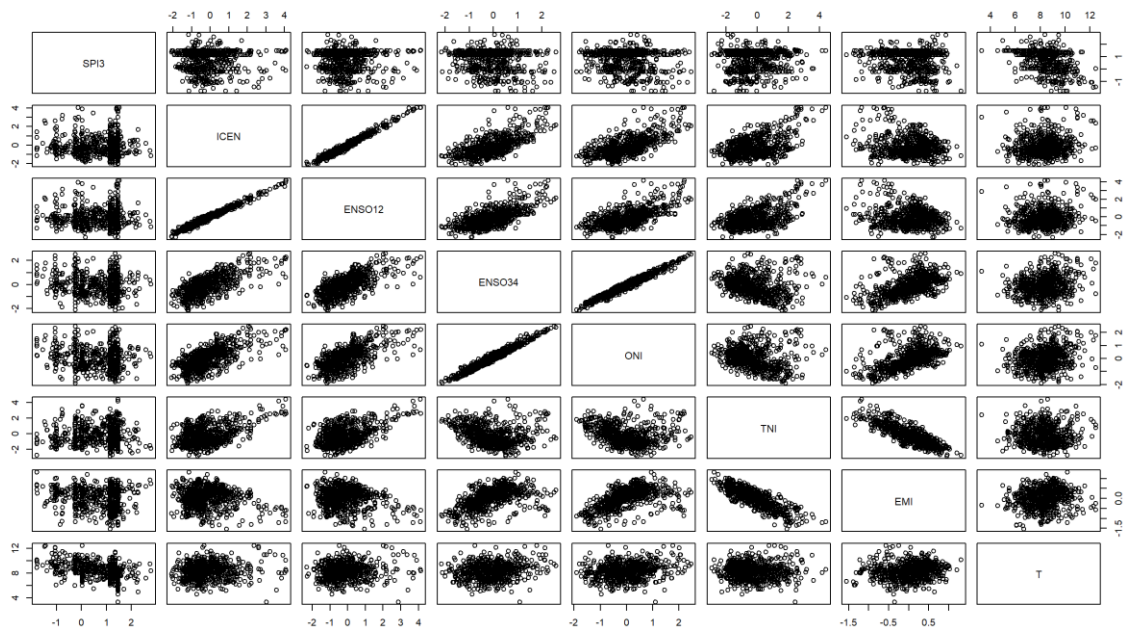


Figura 5.4: Correlación cruzada en la estación Curibaya

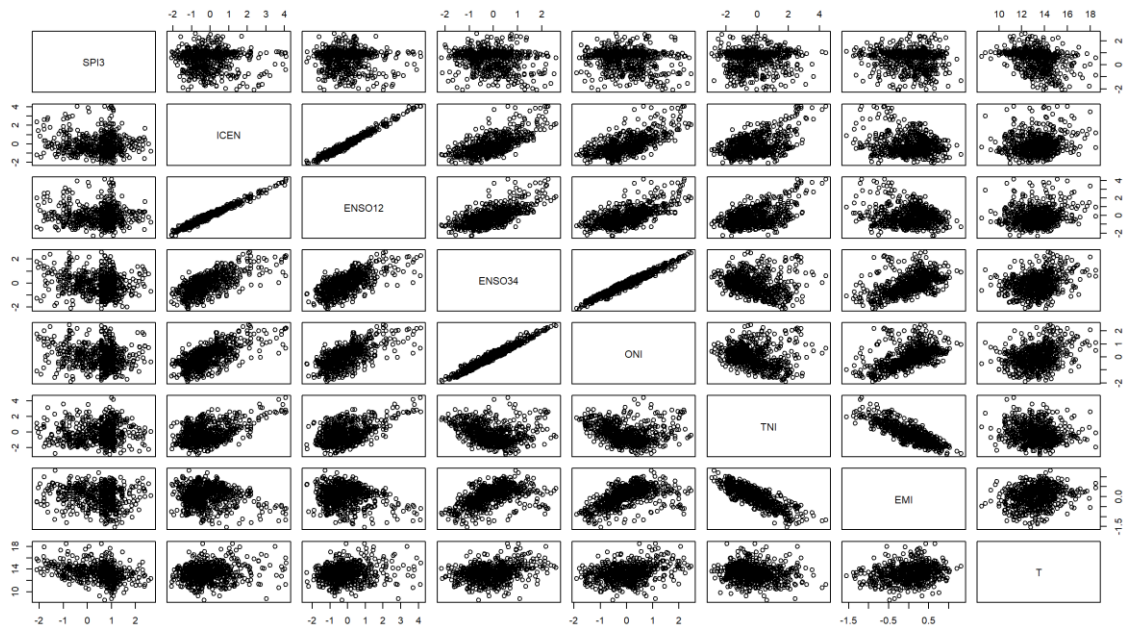


Figura 5.5: Correlación cruzada en la estación Palca

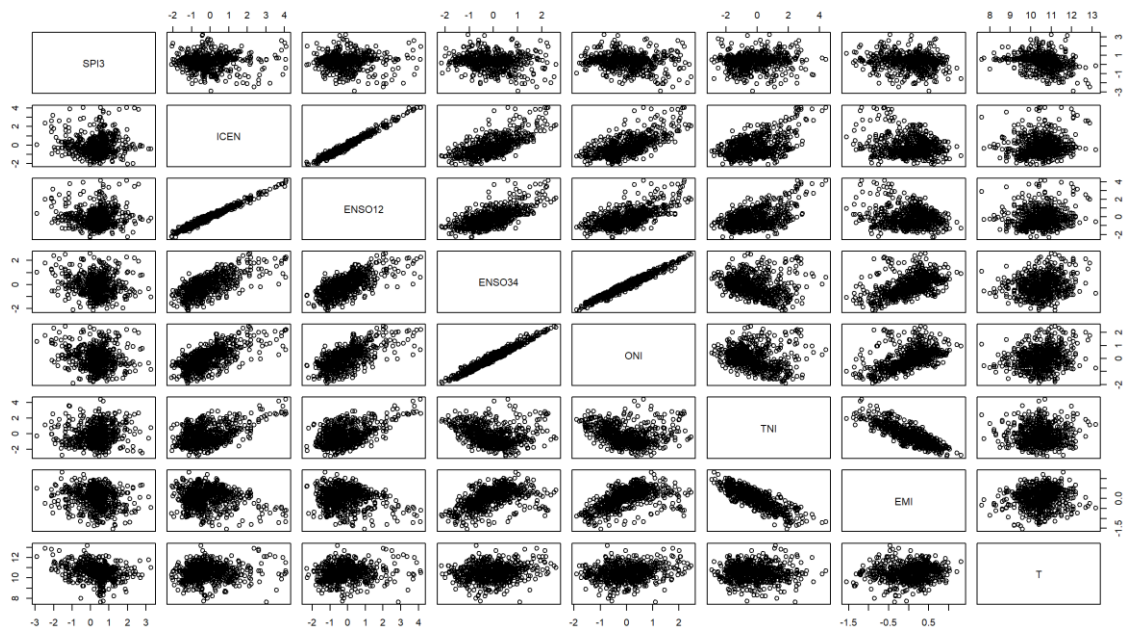


Figura 5.6: Correlación cruzada en la estación Susapaya

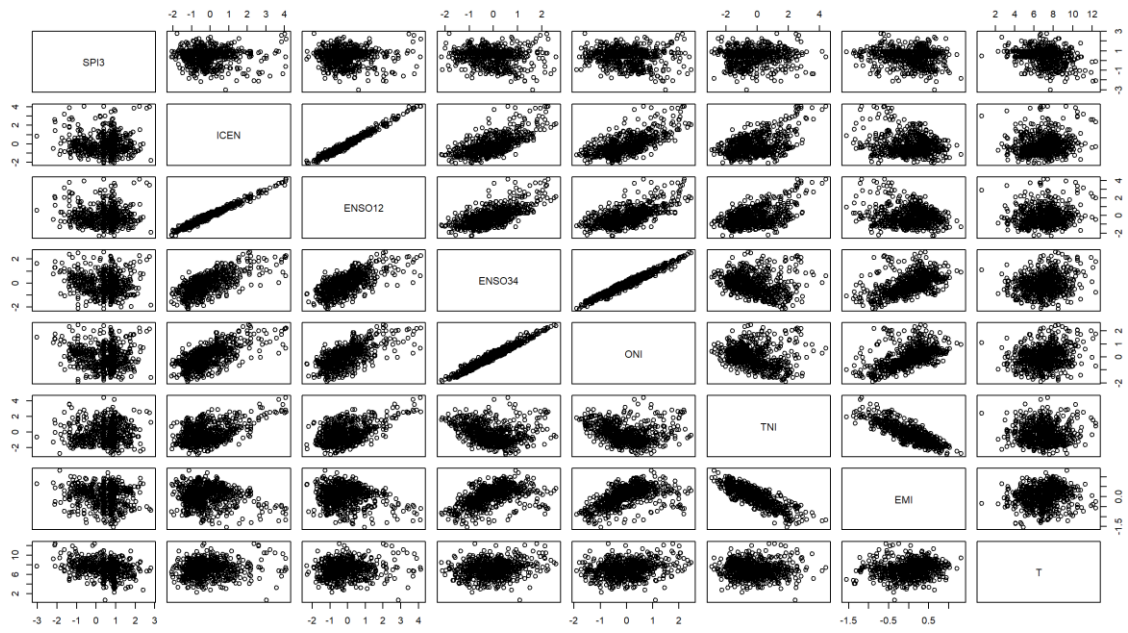


Figura 5.7: Correlación cruzada en la estación Talabaya

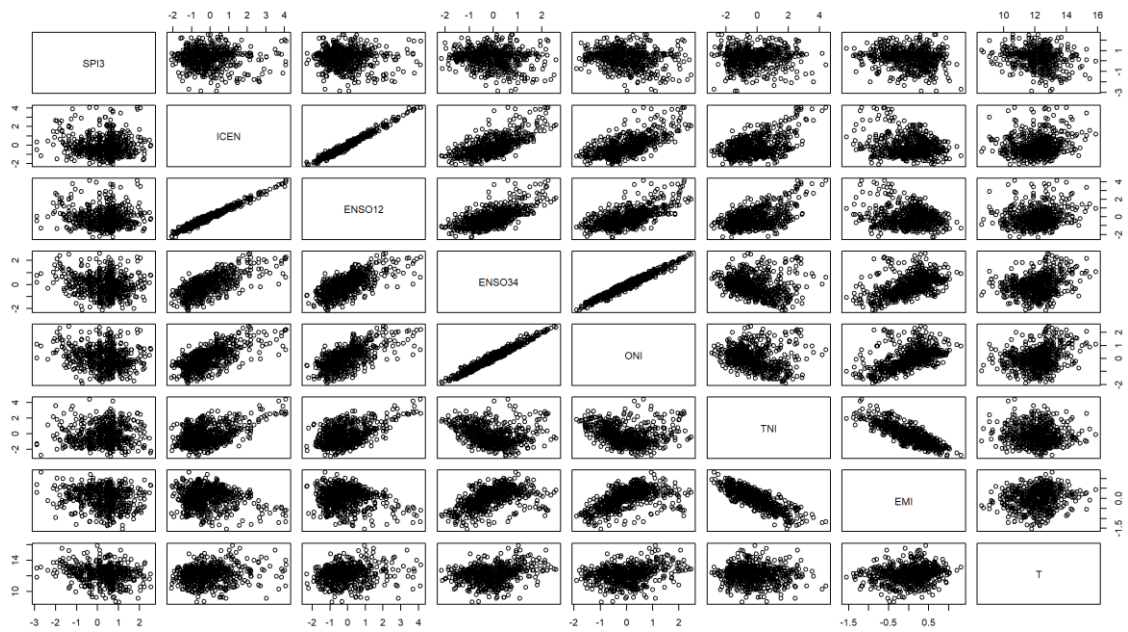


Figura 5.8: Correlación cruzada en la estación Tarata

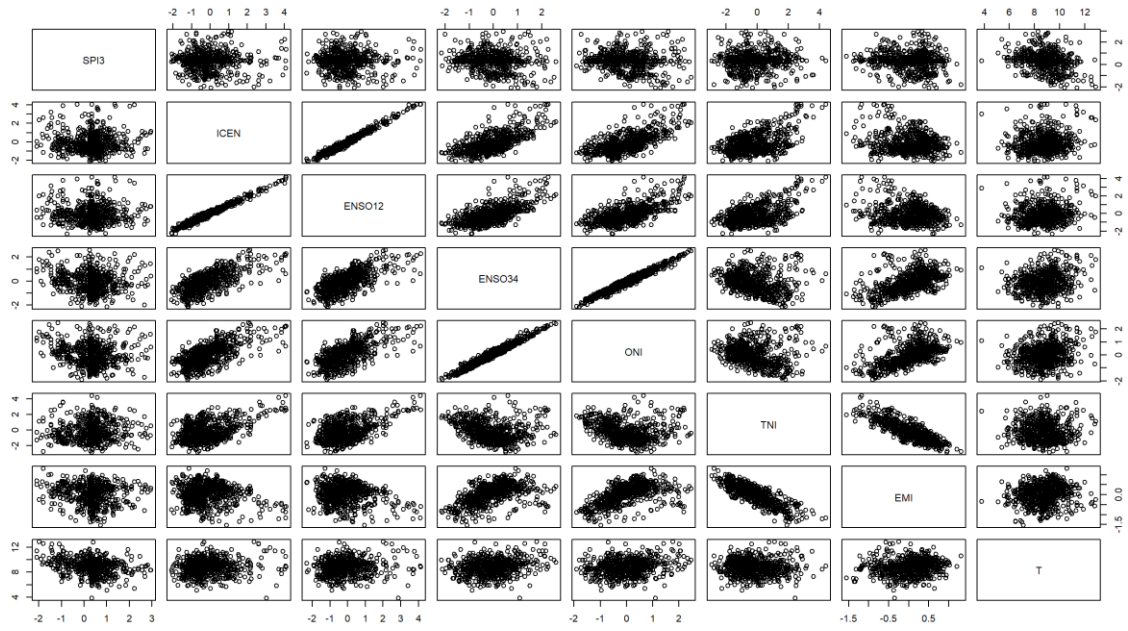


Figura 5.9: Correlación cruzada en la estación Toquela

ANEXO 6

GRÁFICOS DE CORRELACIÓN CRUZADA – SPI3 vs SST

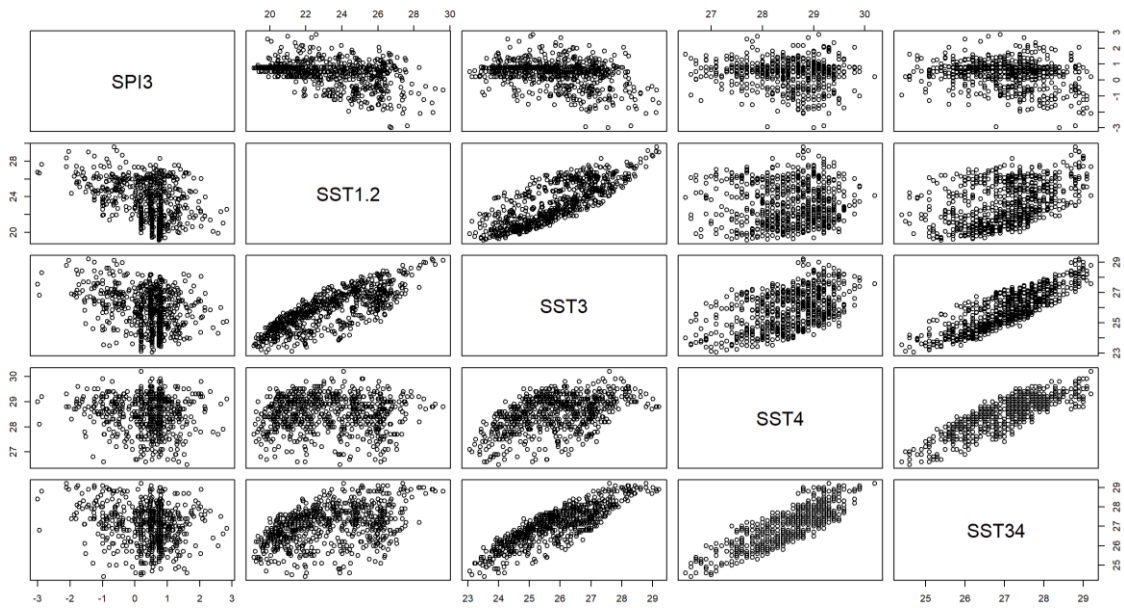


Figura 6.1: Correlación cruzada en la estación Aricota

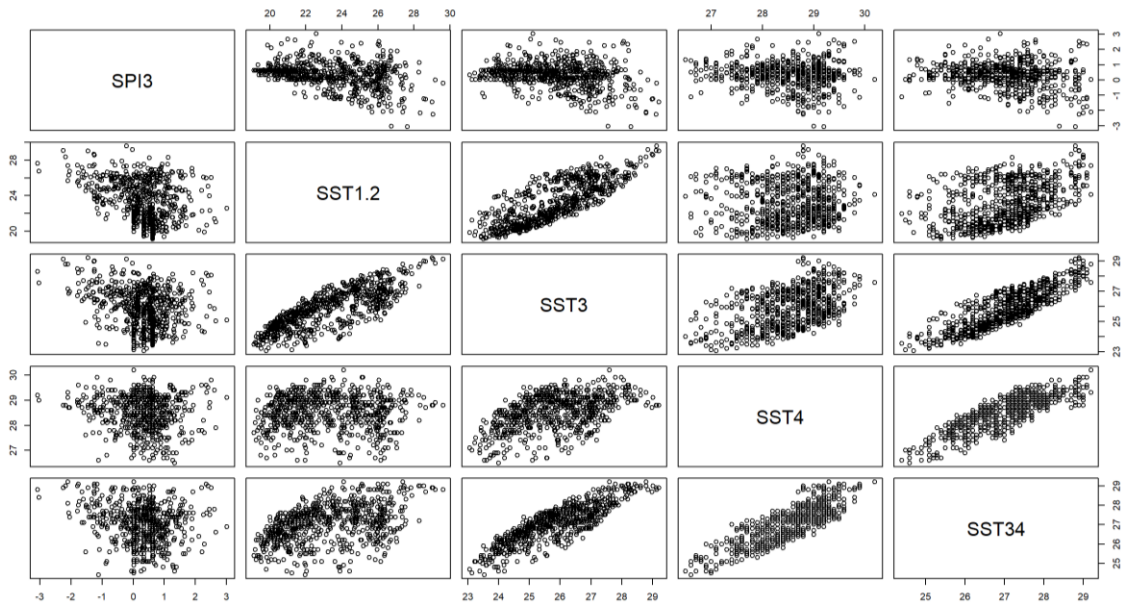


Figura 6.2: Correlación cruzada en la estación Cairani

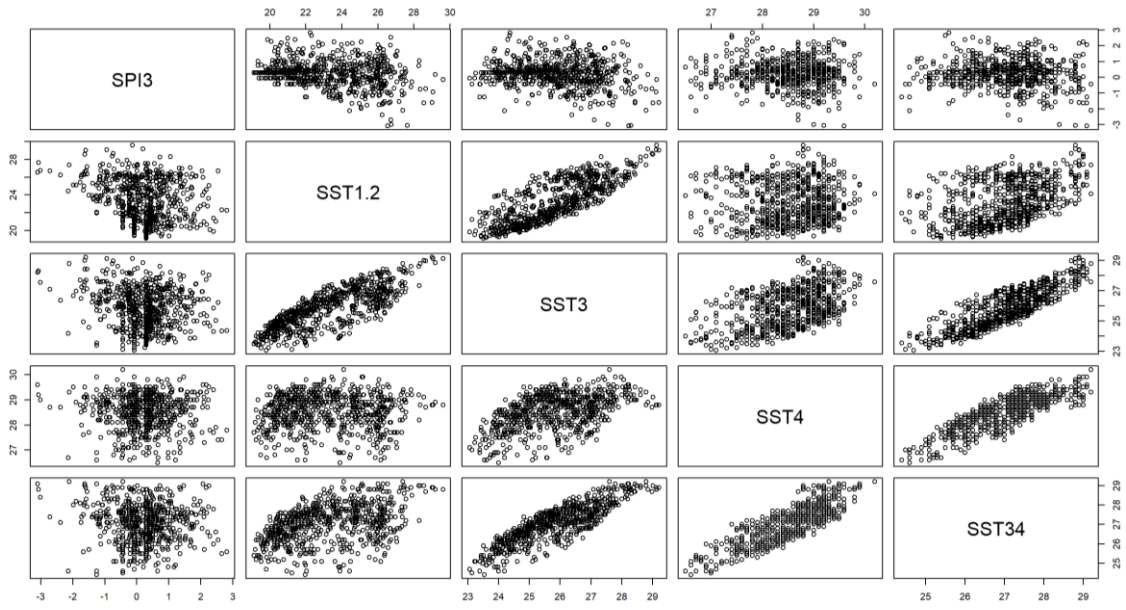


Figura 6.3: Correlación cruzada en la estación Candarave

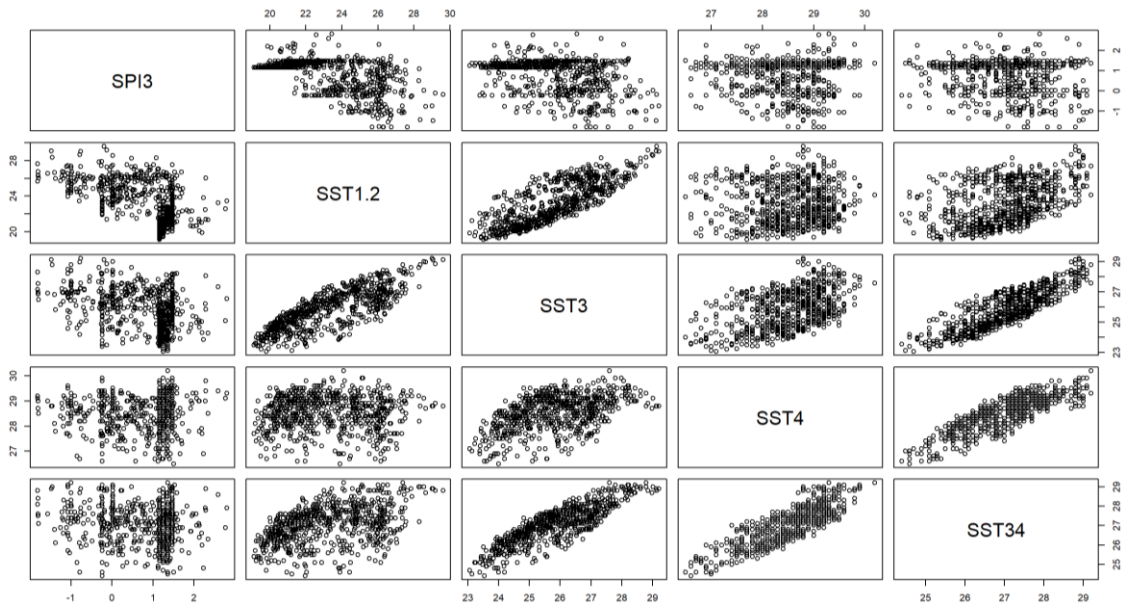


Figura 6.4: Correlación cruzada en la estación Curibaya

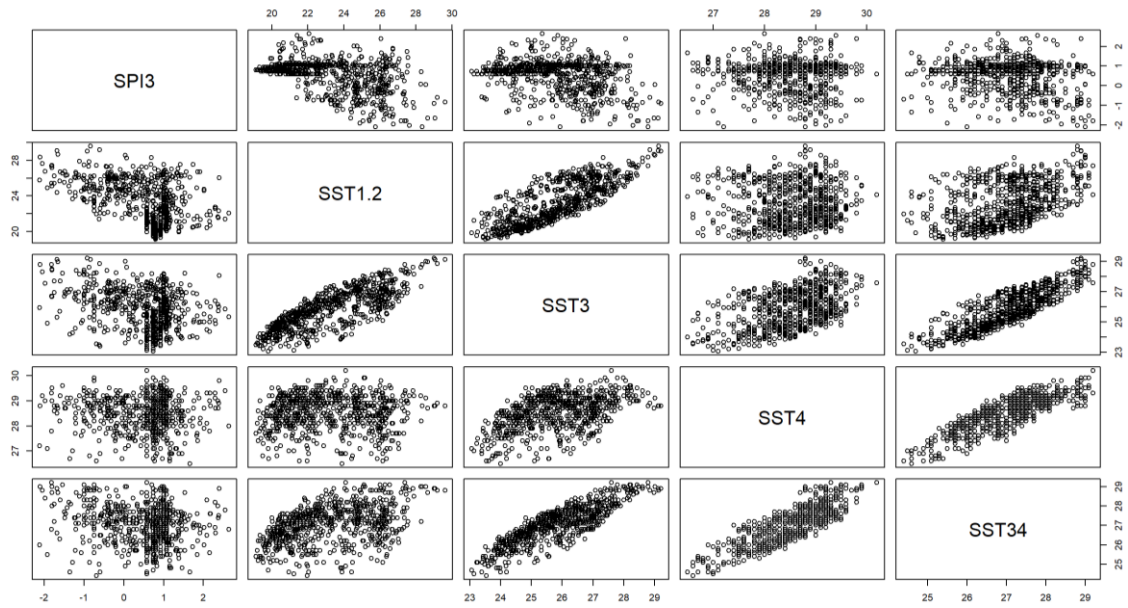


Figura 6.5: Correlación cruzada en la estación Palca

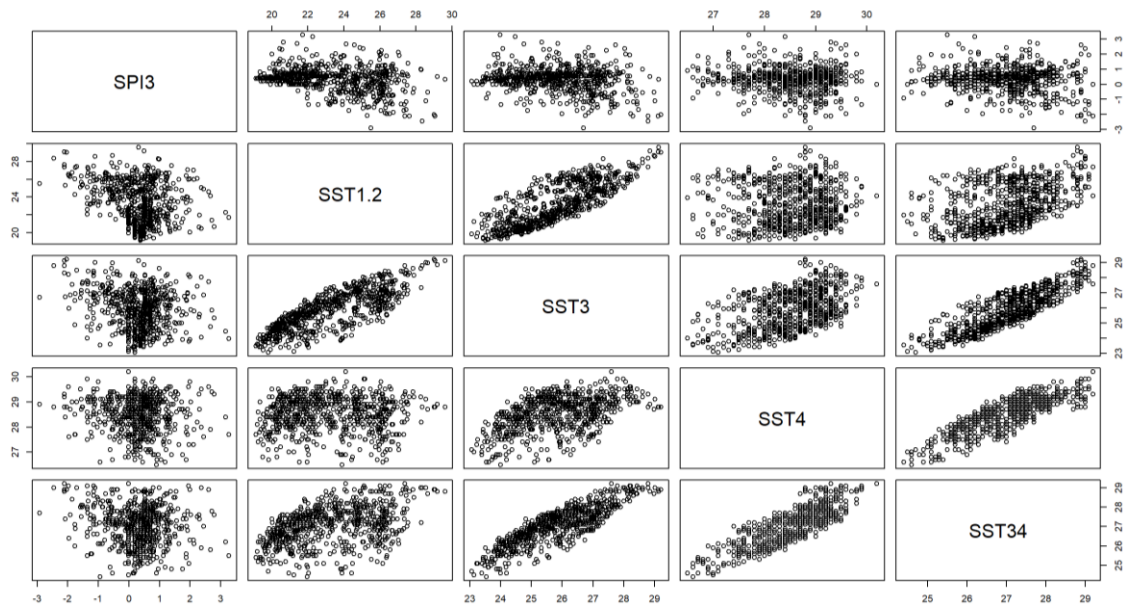


Figura 6.6: Correlación cruzada en la estación Susapaya

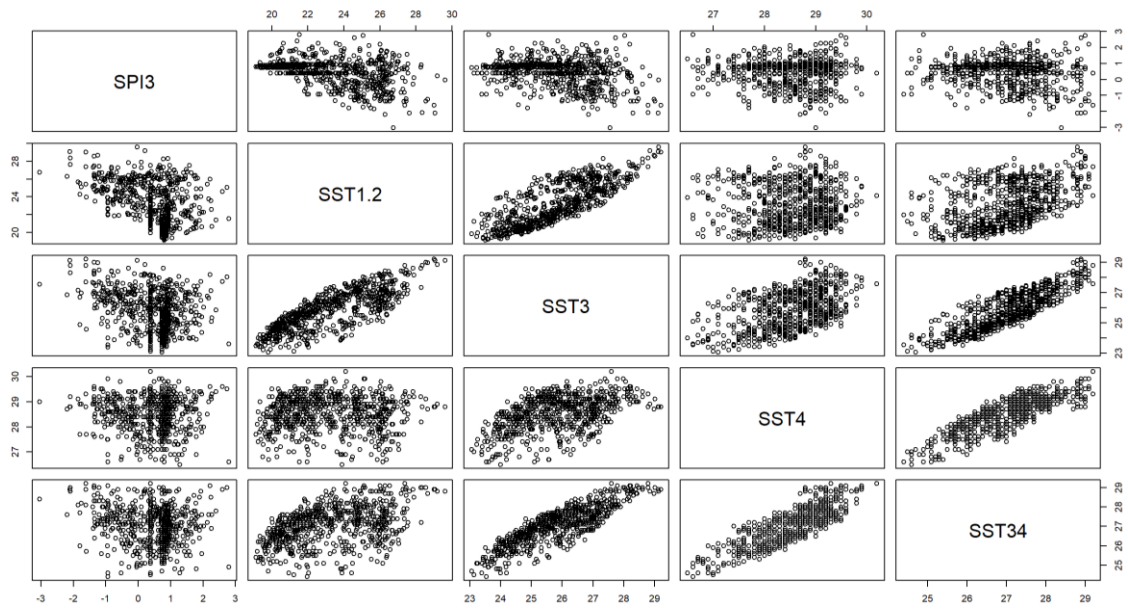


Figura 6.7: Correlación cruzada en la estación Talabaya

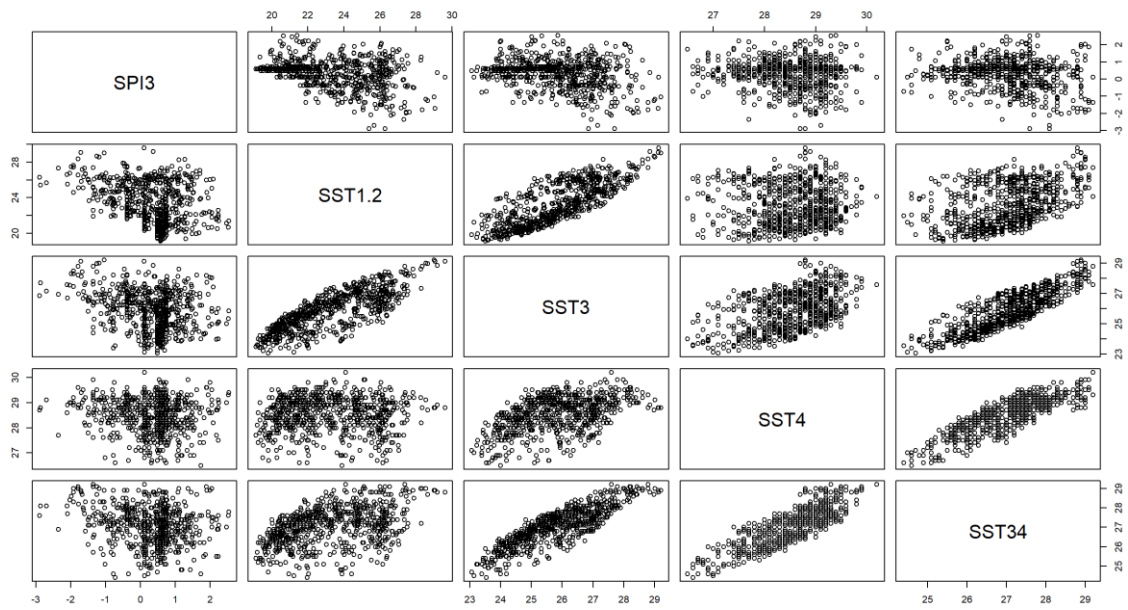


Figura 6.8: Correlación cruzada en la estación Tarata

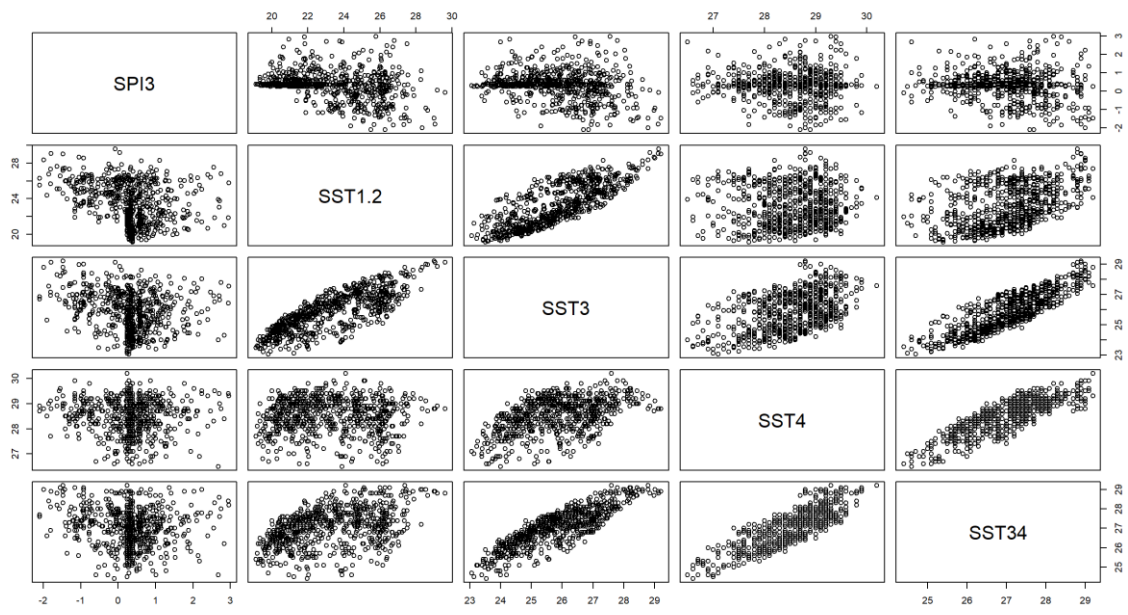


Figura 6.9: Correlación cruzada en la estación Toquela

ANEXO 7

ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE SERIES DE TEMPERATURA DEL AIRE (*)

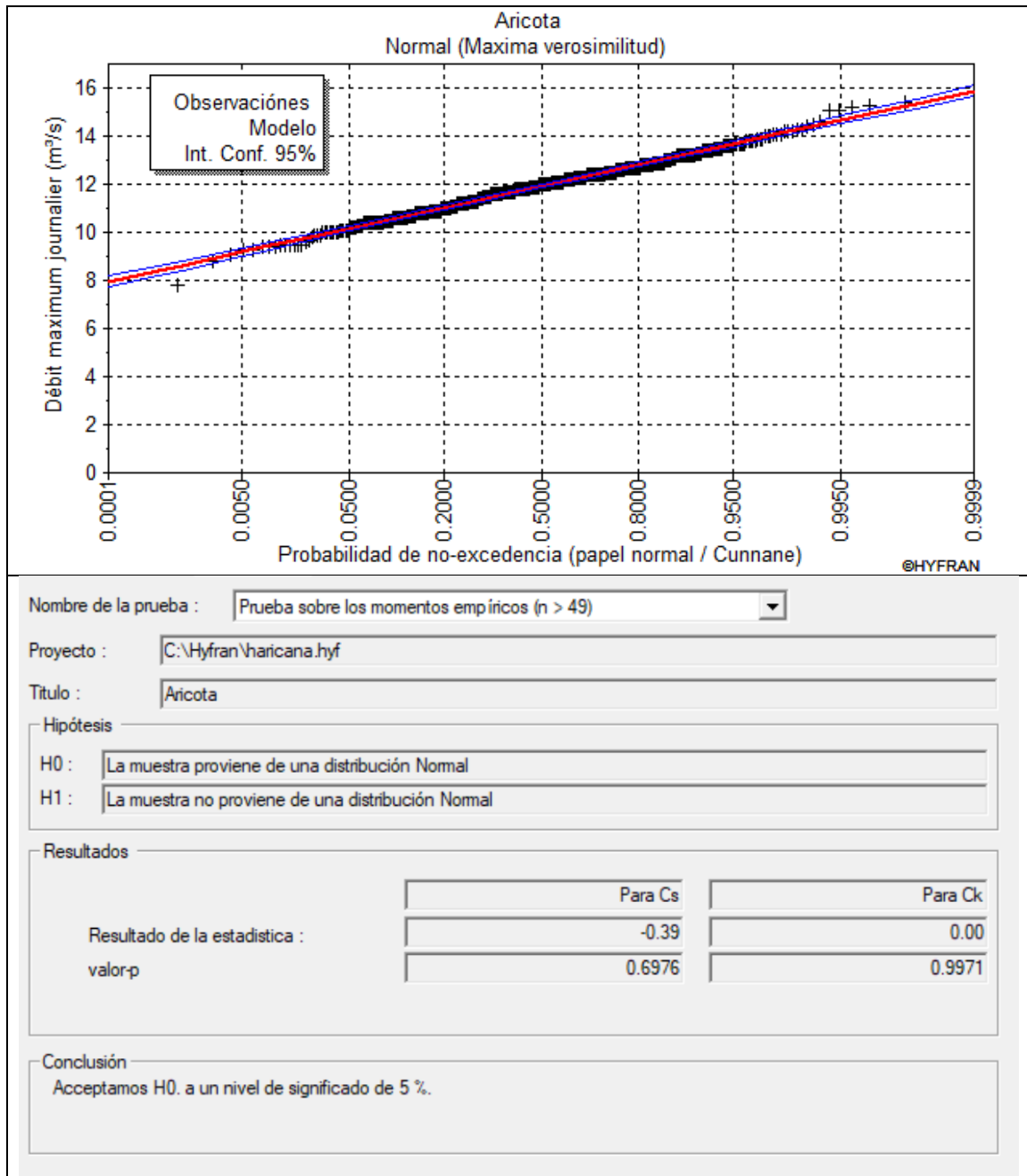


Figura 7.1: Análisis de Frecuencias. Estación Aricota

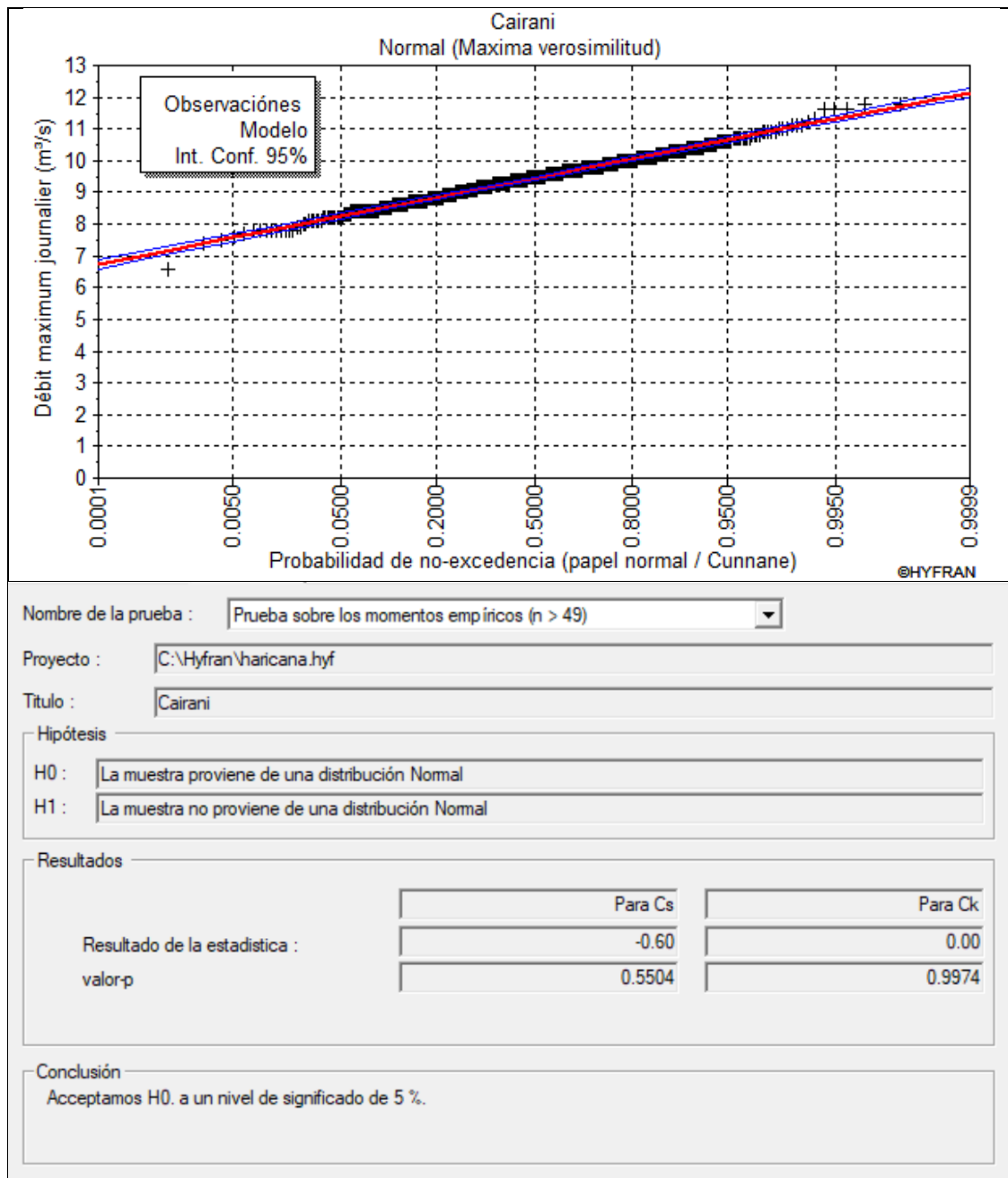


Figura 7.2: Análisis de Frecuencias. Estación Cairani

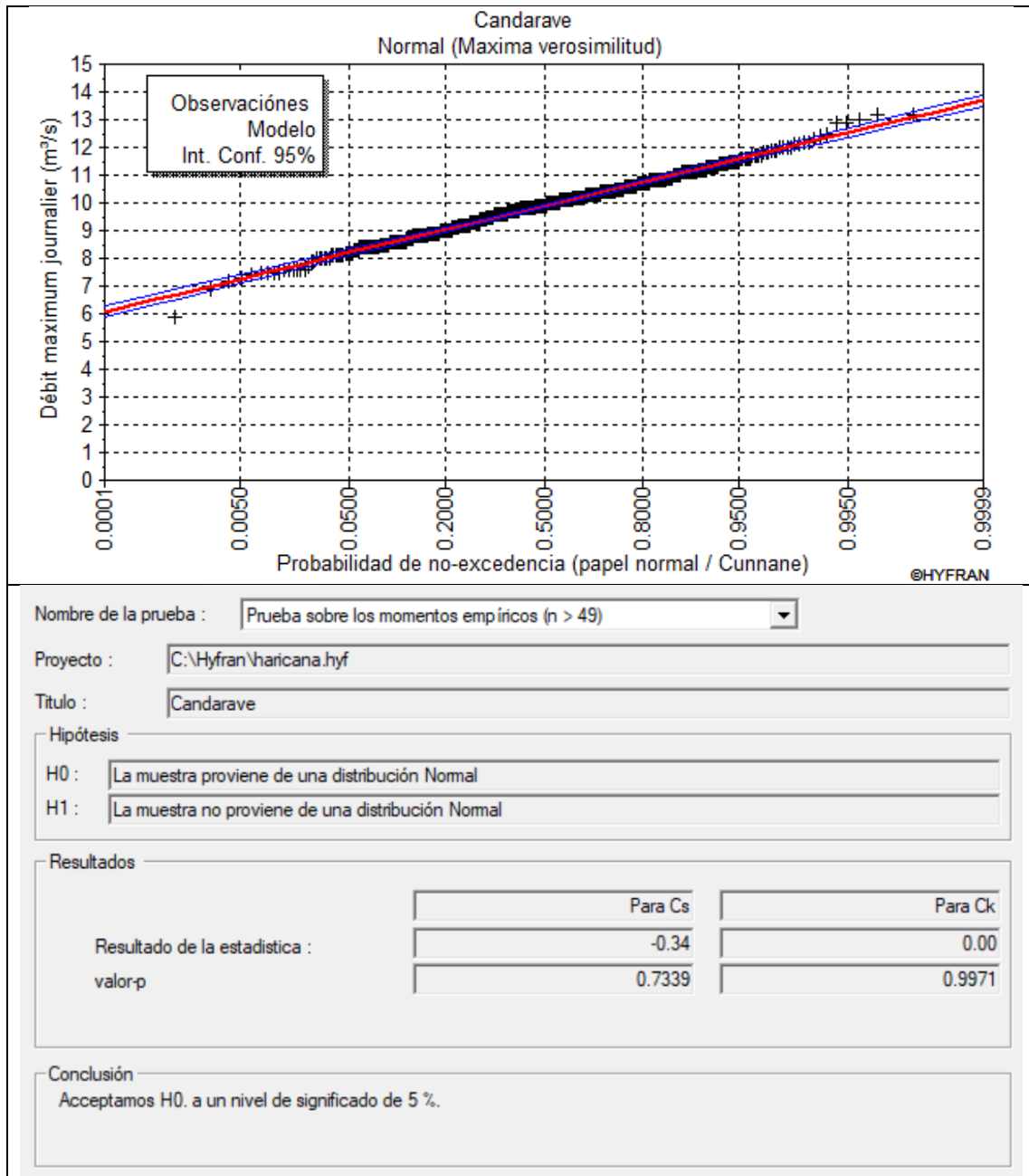


Figura 7.3: Análisis de Frecuencias. Estación Candarave

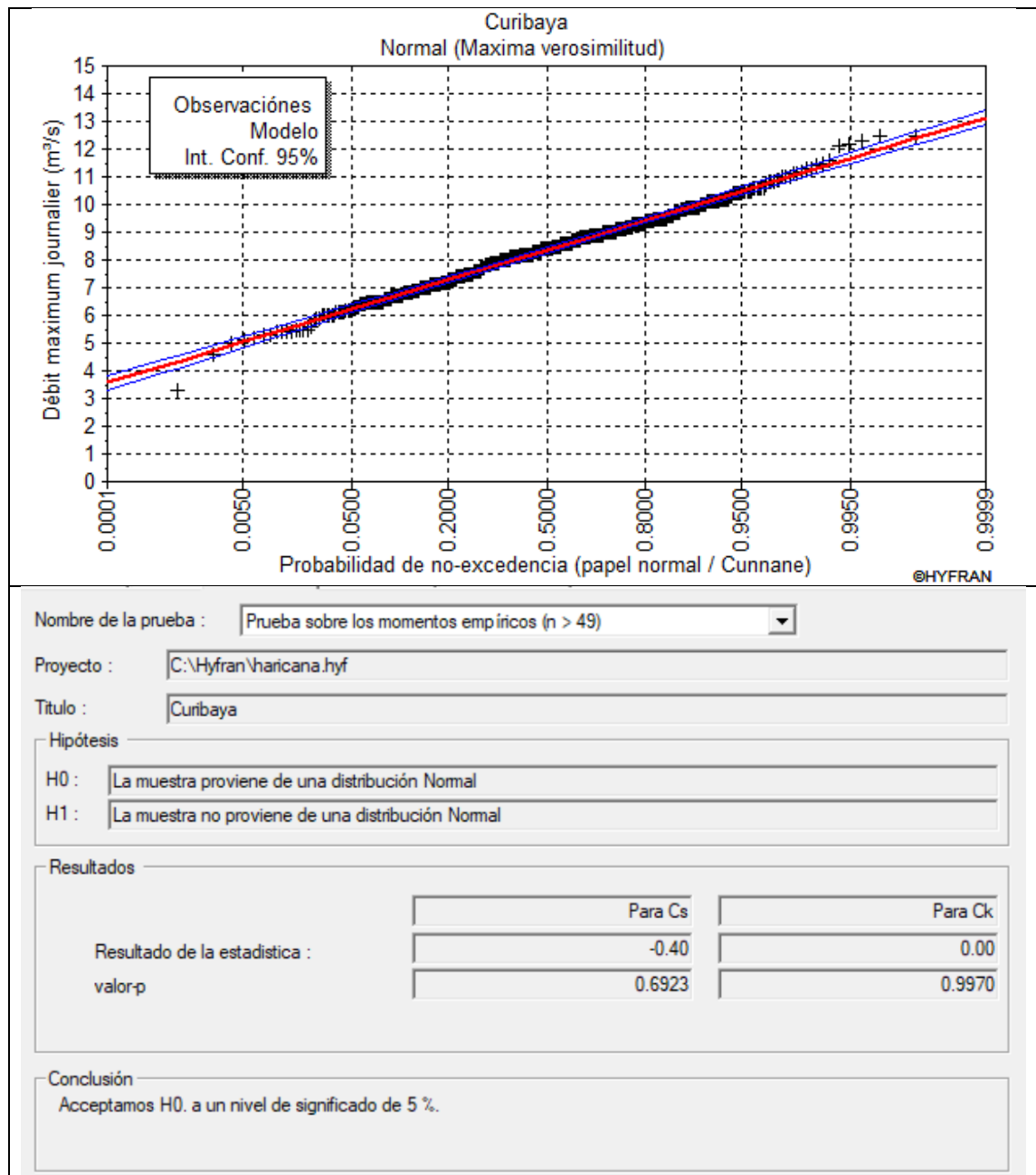


Figura 7.4: Análisis de Frecuencias. Estación Curibaya

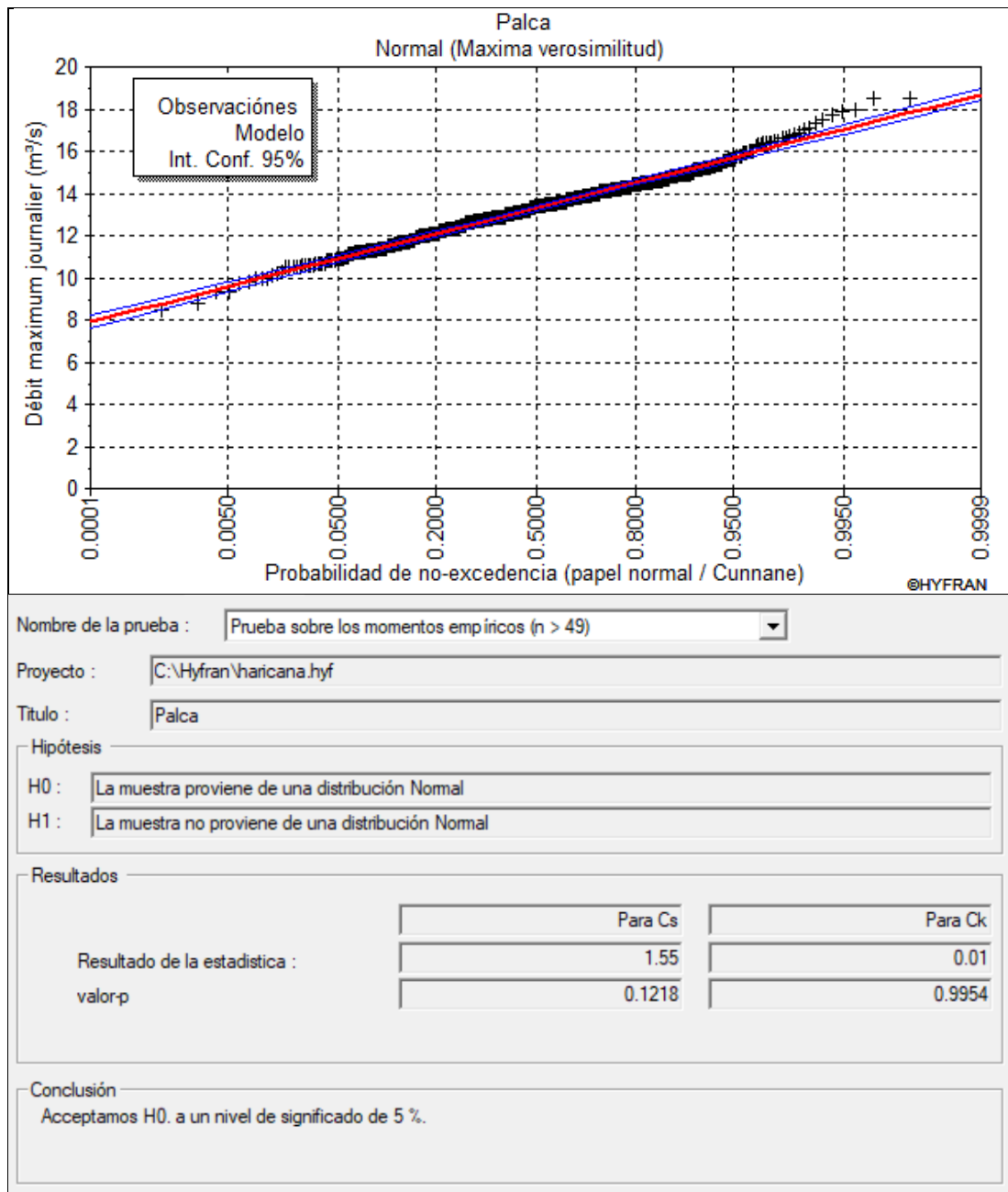


Figura 7.5: Análisis de Frecuencias. Estación Palca

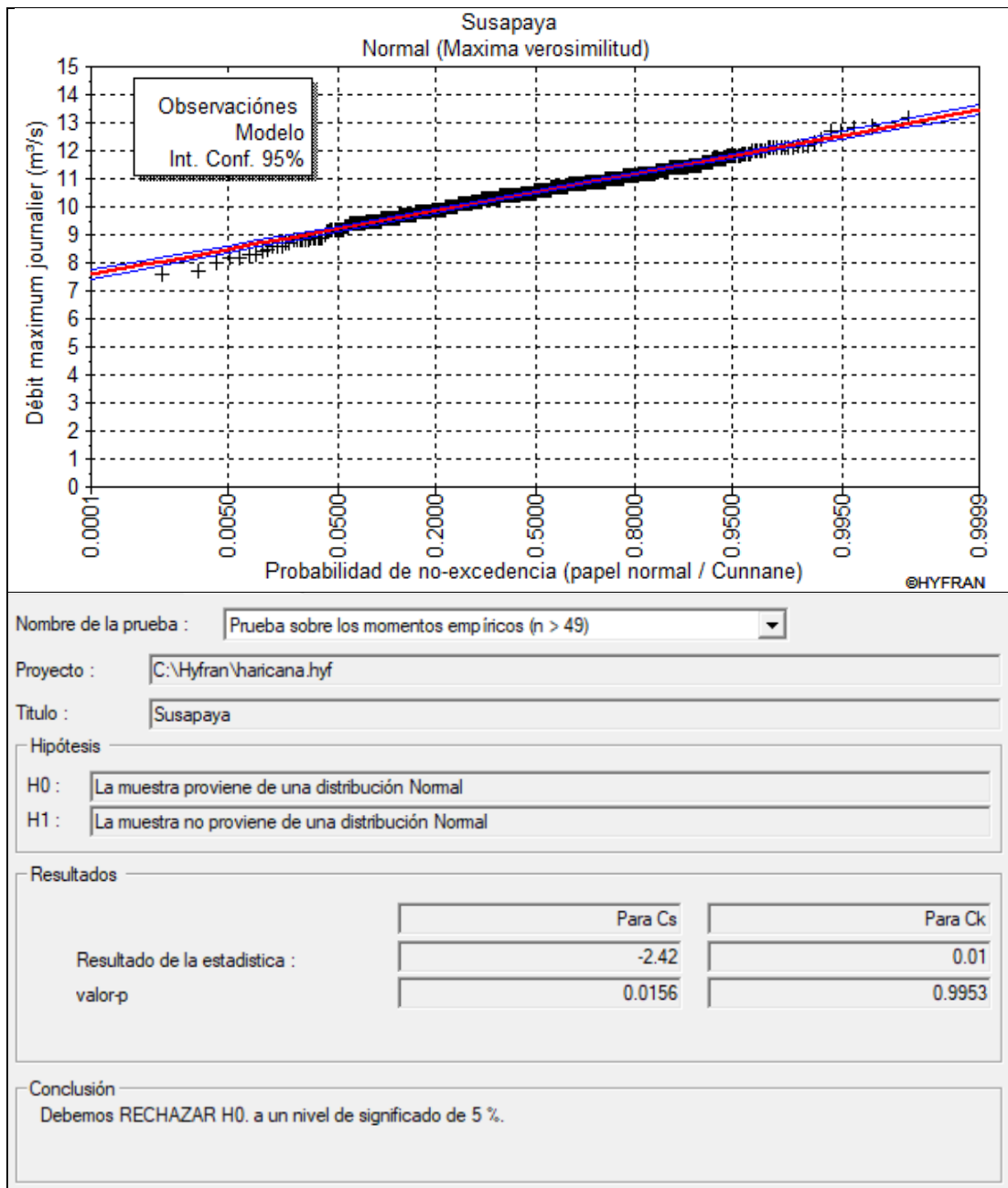


Figura 7.6: Análisis de Frecuencias. Estación Susapaya

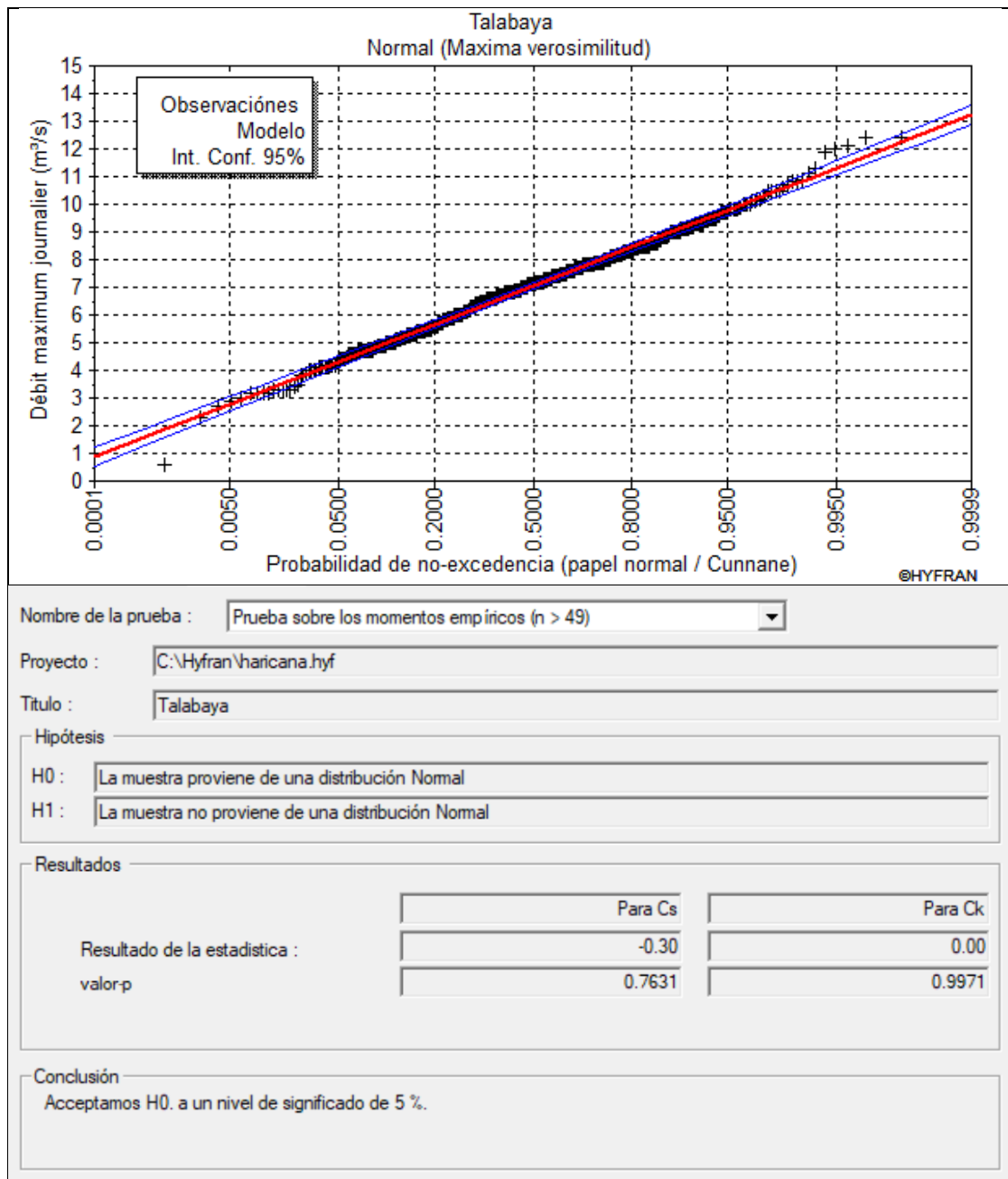


Figura 7.7: Análisis de Frecuencias. Estación Talabaya

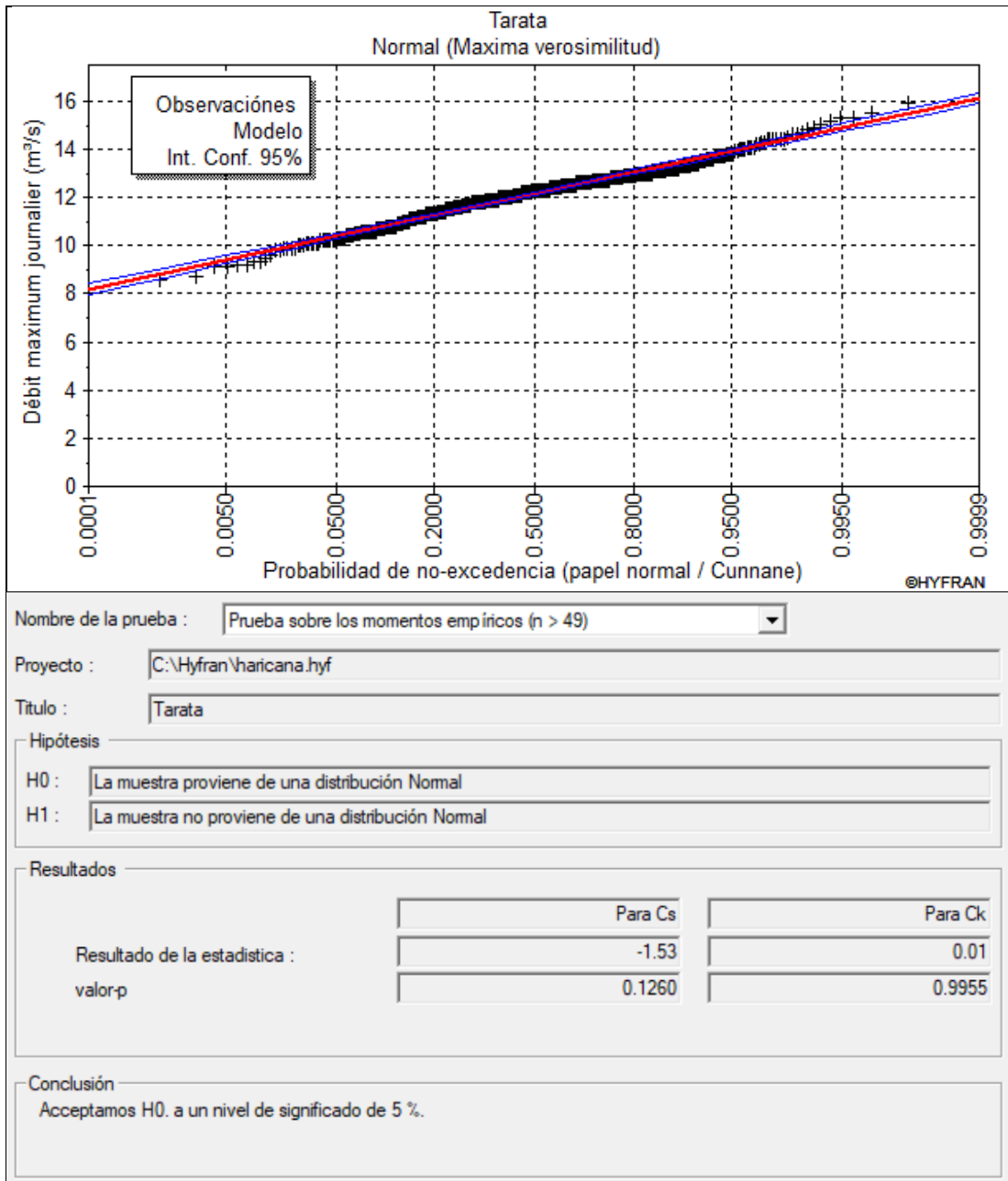


Figura 7.8: Análisis de Frecuencias. Estación Tarata

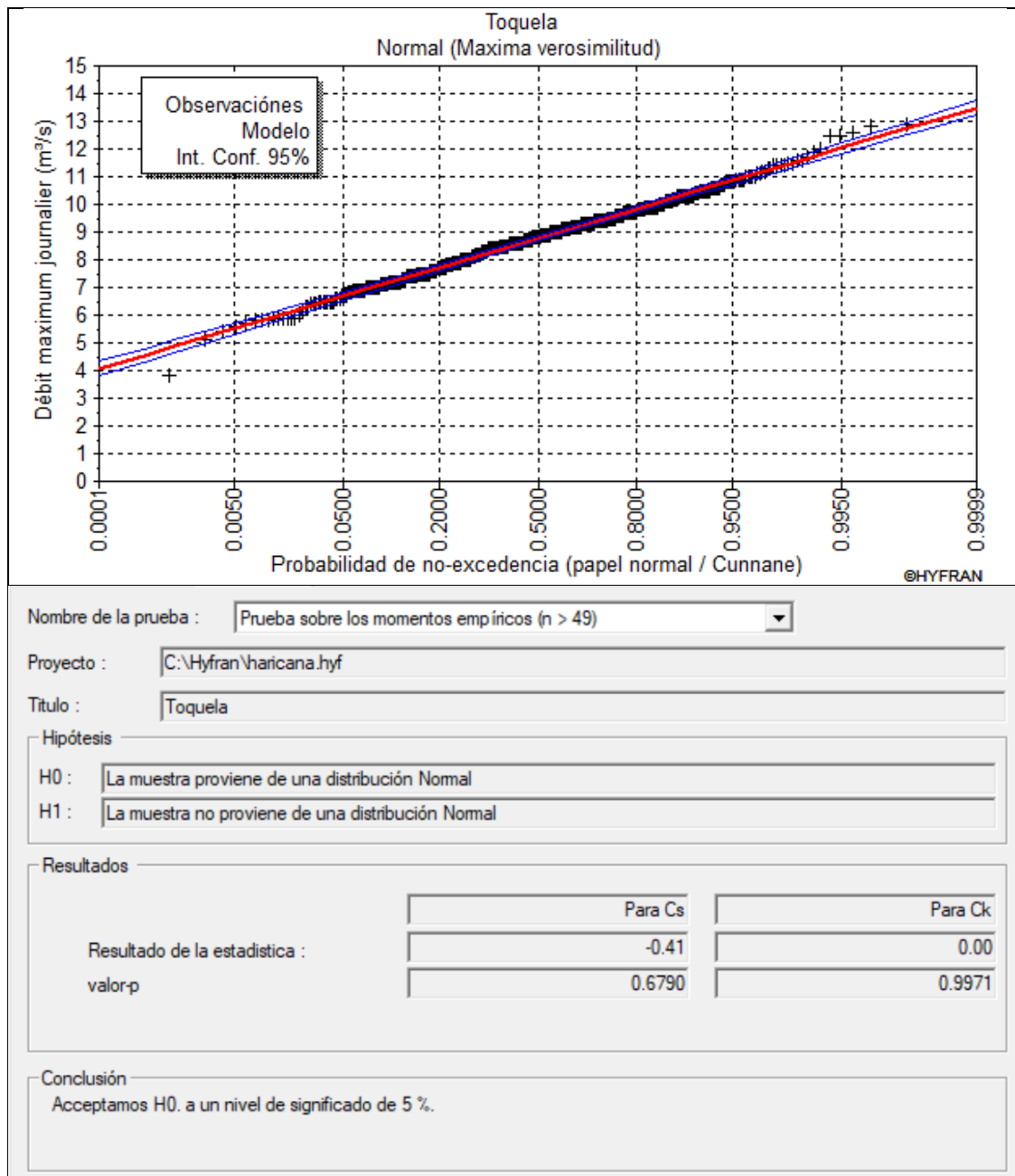


Figura 7.9: Análisis de Frecuencias. Estación Toquela

ANEXO 8

ANÁLISIS DE FRECUENCIA DEL “ÍNDICE EL NIÑO MODOKI” (EMI)

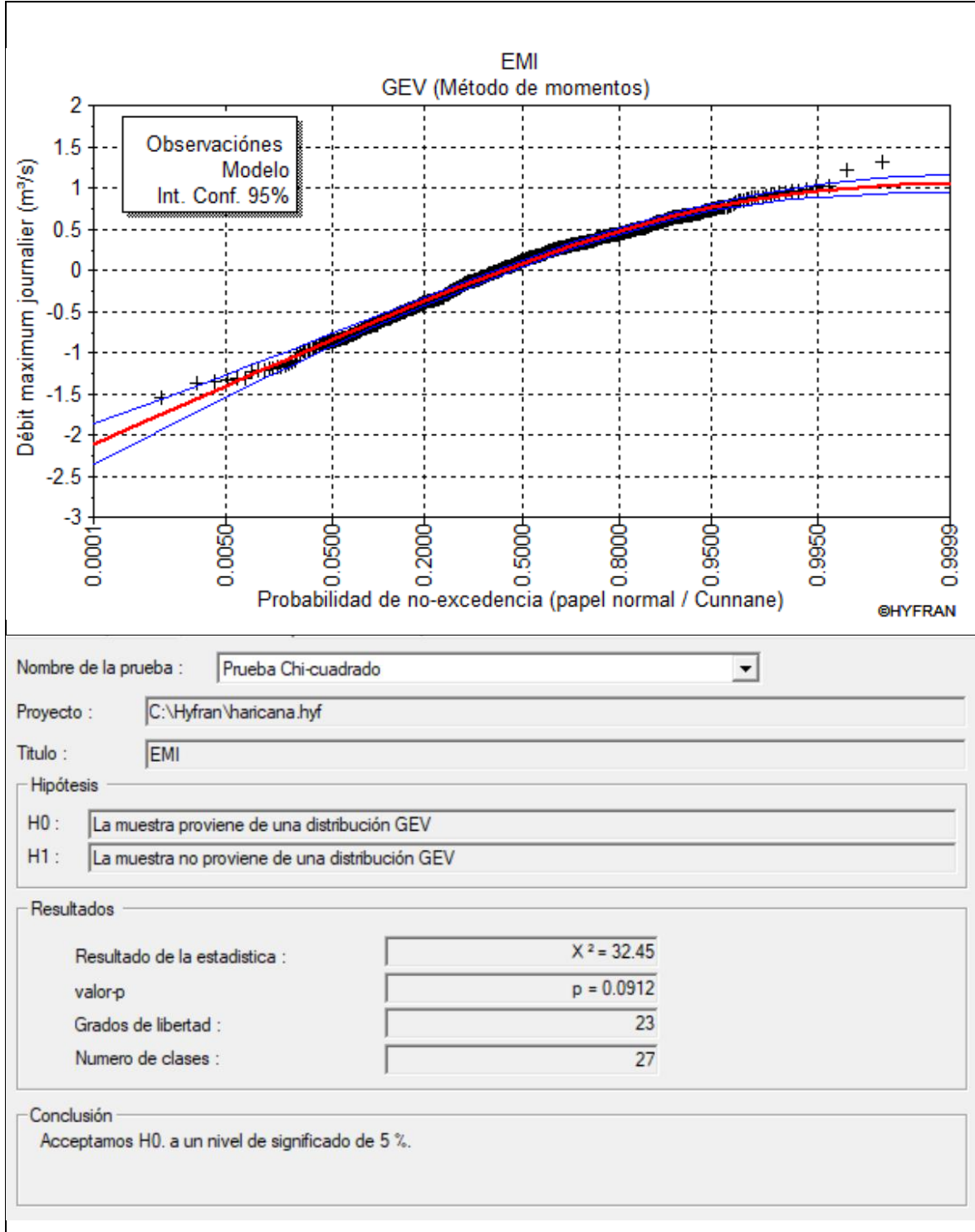


Figura 8.1: Análisis de Frecuencias. Índice El Niño Modoki

ANEXO 9

ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR – ZONA 1+2 (SST 1+2)

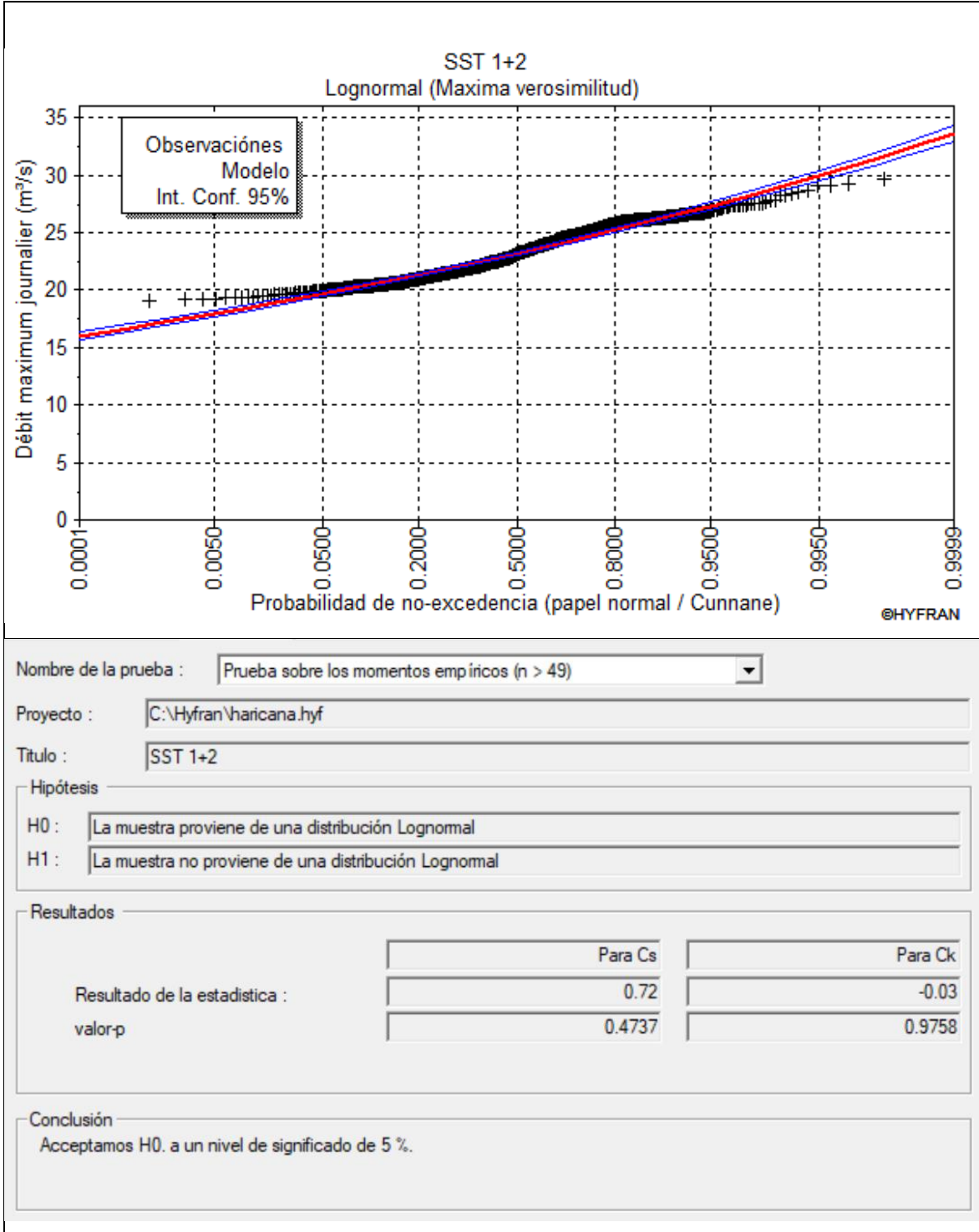


Figura 9.1: Análisis de Frecuencias. Temperatura superficial del mar – Zona 1+2

ANEXO 10

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE SEQUÍAS

Cuadro 10-1. Probabilidad de ocurrencia de sequías (SPI3<-2) en función de temperatura del aire (T) y temperatura superficial del mar (SST1+2).

	SPI3	u	T	v	SST1+2	w	C(u,v)	C(u,w)	C(u,v,w)	P _{u,v,w>}	P _{i+1 - P_i}	P(%)
ARICOTA	-2	0.02275	8	0.00012	22	0.29951	0.00000	0.00262	0.00000	0.02013	--	--
	-2	0.02275	8	0.00012	24	0.63634	0.00000	0.00865	0.00000	0.01410	0.00603	0.60261
	-2	0.02275	8	0.00012	26	0.87557	0.00000	0.01664	0.00000	0.00611	0.00799	0.79879
	-2	0.02275	8	0.00012	28	0.97115	0.00000	0.02118	0.00000	0.00157	0.00455	0.45483
	-2	0.02275	8	0.00012	30	0.99522	0.00000	0.02248	0.00000	0.00027	0.00130	0.13005
	-2	0.02275	10	0.03586	22	0.29951	0.00023	0.00262	0.00001	0.01991	--	--
	-2	0.02275	10	0.03586	24	0.63634	0.00023	0.00865	0.00003	0.01391	0.00601	0.60064
	-2	0.02275	10	0.03586	26	0.87557	0.00023	0.01664	0.00005	0.00594	0.00797	0.79706
	-2	0.02275	10	0.03586	28	0.97115	0.00023	0.02118	0.00006	0.00140	0.00454	0.45407
	-2	0.02275	10	0.03586	30	0.99522	0.00023	0.02248	0.00006	0.00010	0.00130	0.12986
	-2	0.02275	12	0.52979	22	0.29951	0.00619	0.00262	0.00056	0.01450	--	--
	-2	0.02275	12	0.52979	24	0.63634	0.00619	0.00865	0.00193	0.00984	0.00466	0.46577
	-2	0.02275	12	0.52979	26	0.87557	0.00619	0.01664	0.00352	0.00344	0.00640	0.64016
	-2	0.02275	12	0.52979	28	0.97115	0.00619	0.02118	0.00443	0.00000	0.00344	0.34398
	-2	0.02275	12	0.52979	30	0.99522	0.00619	0.02248	0.00473	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.97444	22	0.29951	0.02135	0.00262	0.00162	0.00040	--	--
-2	0.02275	14	0.97444	24	0.63634	0.02135	0.00865	0.00645	0.00000	0.00040	0.04008	
-2	0.02275	14	0.97444	26	0.87557	0.02135	0.01664	0.01317	0.00000	0.00000	0.00000	
-2	0.02275	14	0.97444	28	0.97115	0.02135	0.02118	0.01785	0.00000	0.00000	0.00000	
-2	0.02275	14	0.97444	30	0.99522	0.02135	0.02248	0.01970	0.00000	0.00000	0.00000	
CAIRANI	-2	0.02275	8	0.02306	22	0.29951	0.00017	0.00316	0.00001	0.01943	--	--
	-2	0.02275	8	0.02306	24	0.63634	0.00017	0.00958	0.00003	0.01302	0.00641	0.64060
	-2	0.02275	8	0.02306	26	0.87557	0.00017	0.01725	0.00004	0.00537	0.00765	0.76532
	-2	0.02275	8	0.02306	28	0.97115	0.00017	0.02136	0.00004	0.00126	0.00411	0.41126
	-2	0.02275	8	0.02306	30	0.99522	0.00017	0.02252	0.00004	0.00011	0.00115	0.11519
	-2	0.02275	10	0.77474	22	0.29951	0.01332	0.00316	0.00144	0.00771	--	--
	-2	0.02275	10	0.77474	24	0.63634	0.01332	0.00958	0.00472	0.00457	0.00314	0.31405
	-2	0.02275	10	0.77474	26	0.87557	0.01332	0.01725	0.00841	0.00059	0.00398	0.39788
	-2	0.02275	10	0.77474	28	0.97115	0.01332	0.02136	0.01052	0.00000	0.00059	0.05873
	-2	0.02275	10	0.77474	30	0.99522	0.01332	0.02252	0.01122	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99977	22	0.29951	0.02274	0.00316	0.00222	0.00000	--	--
	-2	0.02275	12	0.99977	24	0.63634	0.02274	0.00958	0.00802	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99977	26	0.87557	0.02274	0.01725	0.01549	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99977	28	0.97115	0.02274	0.02136	0.02045	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99977	30	0.99522	0.02274	0.02252	0.02237	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	1.00000	22	0.29951	0.02275	0.00316	0.00222	0.00000	--	--
-2	0.02275	14	1.00000	24	0.63634	0.02275	0.00958	0.00803	0.00000	0.00000	0.00000	
-2	0.02275	14	1.00000	26	0.87557	0.02275	0.01725	0.01551	0.00000	0.00000	0.00000	
-2	0.02275	14	1.00000	28	0.97115	0.02275	0.02136	0.02048	0.00000	0.00000	0.00000	
-2	0.02275	14	1.00000	30	0.99522	0.02275	0.02252	0.02241	0.00000	0.00000	0.00000	
CANDARAVE	-2	0.02275	8	0.03232	22	0.29951	0.00030	0.00048	0.00004	0.02202	--	--
	-2	0.02275	8	0.03232	24	0.63634	0.00030	0.00693	0.00008	0.01561	0.00641	0.64064
	-2	0.02275	8	0.03232	26	0.87557	0.00030	0.01637	0.00011	0.00619	0.00942	0.94209
	-2	0.02275	8	0.03232	28	0.97115	0.00030	0.02119	0.00012	0.00138	0.00481	0.48066
	-2	0.02275	8	0.03232	30	0.99522	0.00030	0.02249	0.00012	0.00008	0.00130	0.12995
	-2	0.02275	10	0.54266	22	0.29951	0.00785	0.00048	0.00146	0.01588	--	--
	-2	0.02275	10	0.54266	24	0.63634	0.00785	0.00693	0.00371	0.01168	0.00420	0.41972
	-2	0.02275	10	0.54266	26	0.87557	0.00785	0.01637	0.00560	0.00413	0.00755	0.75496
	-2	0.02275	10	0.54266	28	0.97115	0.00785	0.02119	0.00645	0.00016	0.00397	0.39711
	-2	0.02275	10	0.54266	30	0.99522	0.00785	0.02249	0.00667	0.00000	0.00016	0.01602
	-2	0.02275	12	0.98039	22	0.29951	0.02186	0.00048	0.00327	0.00368	--	--
	-2	0.02275	12	0.98039	24	0.63634	0.02186	0.00693	0.00962	0.00358	0.00010	0.00967
	-2	0.02275	12	0.98039	26	0.87557	0.02186	0.01637	0.01622	0.00073	0.00285	0.28473
	-2	0.02275	12	0.98039	28	0.97115	0.02186	0.02119	0.01986	0.00000	0.00073	0.07329
	-2	0.02275	12	0.98039	30	0.99522	0.02186	0.02249	0.02107	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99997	22	0.29951	0.02275	0.00048	0.00336	0.00288	--	--
-2	0.02275	14	0.99997	24	0.63634	0.02275	0.00693	0.01003	0.00311	-0.00023	-0.02260	
-2	0.02275	14	0.99997	26	0.87557	0.02275	0.01637	0.01715	0.00078	0.00233	0.23324	
-2	0.02275	14	0.99997	28	0.97115	0.02275	0.02119	0.02121	0.00002	0.00075	0.07519	
-2	0.02275	14	0.99997	30	0.99522	0.02275	0.02249	0.02261	0.00013	-0.00010	-0.01010	

	SPI3	u	T	v	SST1+2	w	C(u,v)	C(u,w)	C(u,v,w)	$P_{u,v,w>}$	$P_{i+1} - P_i$	P(%)
CURIBAYA	-2	0.02275	8	0.39128	22	0.29951	0.00161	0.00163	0.00010	0.01961	--	--
	-2	0.02275	8	0.39128	24	0.63634	0.00161	0.00667	0.00046	0.01493	0.00468	0.46754
	-2	0.02275	8	0.39128	26	0.87557	0.00161	0.01519	0.00101	0.00696	0.00797	0.79688
	-2	0.02275	8	0.39128	28	0.97115	0.00161	0.02074	0.00141	0.00181	0.00515	0.51509
	-2	0.02275	8	0.39128	30	0.99522	0.00161	0.02241	0.00156	0.00030	0.00151	0.15104
	-2	0.02275	10	0.89923	22	0.29951	0.01367	0.00163	0.00062	0.00806	--	--
	-2	0.02275	10	0.89923	24	0.63634	0.01367	0.00667	0.00323	0.00564	0.00243	0.24257
	-2	0.02275	10	0.89923	26	0.87557	0.01367	0.01519	0.00779	0.00168	0.00396	0.39569
	-2	0.02275	10	0.89923	28	0.97115	0.01367	0.02074	0.01152	0.00000	0.00168	0.16800
	-2	0.02275	10	0.89923	30	0.99522	0.01367	0.02241	0.01315	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99767	22	0.29951	0.02289	0.00163	0.00088	0.00000	--	--
	-2	0.02275	12	0.99767	24	0.63634	0.02289	0.00667	0.00481	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99767	26	0.87557	0.02289	0.01519	0.01210	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99767	28	0.97115	0.02289	0.02074	0.01842	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99767	30	0.99522	0.02289	0.02241	0.02138	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99999	22	0.29951	0.02300	0.00163	0.00089	0.00000	--	--
	-2	0.02275	14	0.99999	24	0.63634	0.02300	0.00667	0.00489	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99999	26	0.87557	0.02300	0.01519	0.01234	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99999	28	0.97115	0.02300	0.02074	0.01885	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99999	30	0.99522	0.02300	0.02241	0.02192	0.00000	0.00000	0.00000
PALCA	-2	0.02275	8	0.00013	22	0.2995	0.00000	0.00255	0.00000	0.02020	--	--
	-2	0.02275	8	0.00013	24	0.6363	0.00000	0.00851	0.00000	0.01424	0.00596	0.59648
	-2	0.02275	8	0.00013	26	0.8756	0.00000	0.01654	0.00000	0.00621	0.00803	0.80315
	-2	0.02275	8	0.00013	28	0.9711	0.00000	0.02116	0.00000	0.00159	0.00461	0.46130
	-2	0.02275	8	0.00013	30	0.9952	0.00000	0.02248	0.00000	0.00027	0.00132	0.13231
	-2	0.02275	10	0.01147	22	0.2995	0.00006	0.00255	0.00000	0.02014	--	--
	-2	0.02275	10	0.01147	24	0.6363	0.00006	0.00851	0.00000	0.01418	0.00596	0.59625
	-2	0.02275	10	0.01147	26	0.8756	0.00006	0.01654	0.00001	0.00615	0.00803	0.80288
	-2	0.02275	10	0.01147	28	0.9711	0.00006	0.02116	0.00001	0.00154	0.00461	0.46113
	-2	0.02275	10	0.01147	30	0.9952	0.00006	0.02248	0.00001	0.00022	0.00132	0.13225
	-2	0.02275	12	0.18497	22	0.2995	0.00127	0.00255	0.00006	0.01900	--	--
	-2	0.02275	12	0.18497	24	0.6363	0.00127	0.00851	0.00024	0.01321	0.00579	0.57933
	-2	0.02275	12	0.18497	26	0.8756	0.00127	0.01654	0.00045	0.00539	0.00781	0.78149
	-2	0.02275	12	0.18497	28	0.9711	0.00127	0.02116	0.00059	0.00092	0.00447	0.44748
	-2	0.02275	12	0.18497	30	0.9952	0.00127	0.02248	0.00064	0.00000	0.00092	0.09190
	-2	0.02275	14	0.68481	22	0.2995	0.00951	0.00255	0.00067	0.01136	--	--
	-2	0.02275	14	0.68481	24	0.6363	0.00951	0.00851	0.00256	0.00728	0.00408	0.40755
	-2	0.02275	14	0.68481	26	0.8756	0.00951	0.01654	0.00509	0.00179	0.00549	0.54935
	-2	0.02275	14	0.68481	28	0.9711	0.00951	0.02116	0.00681	0.00000	0.00179	0.17870
	-2	0.02275	14	0.68481	30	0.9952	0.00951	0.02248	0.00748	0.00000	0.00000	0.00000
SUSAPAYA	-2	0.02275	8	0.00071	22	0.2995	0.00001	0.00037	0.00000	0.02238	--	--
	-2	0.02275	8	0.00071	24	0.6363	0.00001	0.00661	0.00000	0.01613	0.00624	0.62420
	-2	0.02275	8	0.00071	26	0.8756	0.00001	0.01620	0.00000	0.00655	0.00958	0.95843
	-2	0.02275	8	0.00071	28	0.9711	0.00001	0.02114	0.00000	0.00161	0.00494	0.49435
	-2	0.02275	8	0.00071	30	0.9952	0.00001	0.02248	0.00000	0.00027	0.00134	0.13400
	-2	0.02275	10	0.25570	22	0.2995	0.00239	0.00037	0.00039	0.02038	--	--
	-2	0.02275	10	0.25570	24	0.6363	0.00239	0.00661	0.00087	0.01462	0.00576	0.57554
	-2	0.02275	10	0.25570	26	0.8756	0.00239	0.01620	0.00122	0.00538	0.00924	0.92377
	-2	0.02275	10	0.25570	28	0.9711	0.00239	0.02114	0.00135	0.00057	0.00481	0.48127
	-2	0.02275	10	0.25570	30	0.9952	0.00239	0.02248	0.00138	0.00000	0.00057	0.05706
	-2	0.02275	12	0.96962	22	0.2995	0.02122	0.00037	0.00315	0.00431	--	--
	-2	0.02275	12	0.96962	24	0.6363	0.02122	0.00661	0.00924	0.00416	0.00015	0.01507
	-2	0.02275	12	0.96962	26	0.8756	0.02122	0.01620	0.01551	0.00085	0.00331	0.33136
	-2	0.02275	12	0.96962	28	0.9711	0.02122	0.02114	0.01893	0.00000	0.00085	0.08481
	-2	0.02275	12	0.96962	30	0.9952	0.02122	0.02248	0.02005	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99999	22	0.2995	0.02275	0.00037	0.00332	0.00295	--	--
	-2	0.02275	14	0.99999	24	0.6363	0.02275	0.00661	0.00997	0.00336	-0.00041	-0.04075
	-2	0.02275	14	0.99999	26	0.8756	0.02275	0.01620	0.01710	0.00090	0.00246	0.24554
	-2	0.02275	14	0.99999	28	0.9711	0.02275	0.02114	0.02119	0.00005	0.00085	0.08521
	-2	0.02275	14	0.99999	30	0.9952	0.02275	0.02248	0.02261	0.00013	-0.00008	-0.00778

	SPI3	u	T	v	SST1+2	w	C(u,v)	C(u,w)	C(u,v,w)	$P_{u,v,w>}$	$P_{i+1} - P_i$	P(%)
TALABAYA	-2	0.02275	8	0.71697	22	0.2995	0.01161	0.00245	0.00103	0.00972	--	--
	-2	0.02275	8	0.71697	24	0.6363	0.01161	0.00832	0.00375	0.00656	0.00316	0.31560
	-2	0.02275	8	0.71697	26	0.8756	0.01161	0.01641	0.00713	0.00186	0.00471	0.47075
	-2	0.02275	8	0.71697	28	0.9711	0.01161	0.02112	0.00922	0.00000	0.00186	0.18571
	-2	0.02275	8	0.71697	30	0.9952	0.01161	0.02247	0.00996	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	10	0.96249	22	0.2995	0.02091	0.00245	0.00161	0.00100	--	--
	-2	0.02275	10	0.96249	24	0.6363	0.02091	0.00832	0.00639	0.00000	0.00100	0.10025
	-2	0.02275	10	0.96249	26	0.8756	0.02091	0.01641	0.01302	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	10	0.96249	28	0.9711	0.02091	0.02112	0.01759	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	10	0.96249	30	0.9952	0.02091	0.02247	0.01940	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99859	22	0.2995	0.02268	0.00245	0.00172	0.00000	--	--
	-2	0.02275	12	0.99859	24	0.6363	0.02268	0.00832	0.00696	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99859	26	0.8756	0.02268	0.01641	0.01447	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99859	28	0.9711	0.02268	0.02112	0.01987	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99859	30	0.9952	0.02268	0.02247	0.02209	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99999	22	0.2995	0.02275	0.00245	0.00172	0.00000	--	--
	-2	0.02275	14	0.99999	24	0.6363	0.02275	0.00832	0.00699	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99999	26	0.8756	0.02275	0.01641	0.01455	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99999	28	0.9711	0.02275	0.02112	0.02002	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99999	30	0.9952	0.02275	0.02247	0.02228	0.00000	0.00000	0.00000
TARATA	-2	0.02275	8	0.00005	22	0.2995	0.00000	0.00327	0.00000	0.01948	--	--
	-2	0.02275	8	0.00005	24	0.6363	0.00000	0.00976	0.00000	0.01300	0.00649	0.64897
	-2	0.02275	8	0.00005	26	0.8756	0.00000	0.01736	0.00000	0.00540	0.00760	0.75987
	-2	0.02275	8	0.00005	28	0.9711	0.00000	0.02139	0.00000	0.00136	0.00404	0.40378
	-2	0.02275	8	0.00005	30	0.9952	0.00000	0.02252	0.00000	0.00023	0.00113	0.11262
	-2	0.02275	10	0.02132	22	0.2995	0.00050	0.00327	0.00017	0.01915	--	--
	-2	0.02275	10	0.02132	24	0.6363	0.00050	0.00976	0.00028	0.01277	0.00638	0.63804
	-2	0.02275	10	0.02132	26	0.8756	0.00050	0.01736	0.00037	0.00527	0.00750	0.75017
	-2	0.02275	10	0.02132	28	0.9711	0.00050	0.02139	0.00044	0.00130	0.00397	0.39695
	-2	0.02275	10	0.02132	30	0.9952	0.00050	0.02252	0.00048	0.00021	0.00109	0.10891
	-2	0.02275	12	0.44135	22	0.2995	0.00670	0.00327	0.00142	0.01421	--	--
	-2	0.02275	12	0.44135	24	0.6363	0.00670	0.00976	0.00307	0.00936	0.00485	0.48494
	-2	0.02275	12	0.44135	26	0.8756	0.00670	0.01736	0.00478	0.00348	0.00588	0.58805
	-2	0.02275	12	0.44135	28	0.9711	0.00670	0.02139	0.00597	0.00063	0.00285	0.28491
	-2	0.02275	12	0.44135	30	0.9952	0.00670	0.02252	0.00651	0.00004	0.00059	0.05897
	-2	0.02275	14	0.95838	22	0.2995	0.01946	0.00327	0.00308	0.00311	--	--
	-2	0.02275	14	0.95838	24	0.6363	0.01946	0.00976	0.00747	0.00101	0.00210	0.21007
	-2	0.02275	14	0.95838	26	0.8756	0.01946	0.01736	0.01278	0.00000	0.00101	0.10067
	-2	0.02275	14	0.95838	28	0.9711	0.01946	0.02139	0.01686	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.95838	30	0.9952	0.01946	0.02252	0.01880	0.00000	0.00000	0.00000
TOQUELA	-2	0.02275	8	0.27088	22	0.2995	0.00278	0.00329	0.00038	0.01706	--	--
	-2	0.02275	8	0.27088	24	0.6363	0.00278	0.00980	0.00101	0.01118	0.00588	0.58800
	-2	0.02275	8	0.27088	26	0.8756	0.00278	0.01738	0.00155	0.00414	0.00704	0.70432
	-2	0.02275	8	0.27088	28	0.9711	0.00278	0.02140	0.00179	0.00036	0.00378	0.37780
	-2	0.02275	8	0.27088	30	0.9952	0.00278	0.02252	0.00185	0.00000	0.00036	0.03574
	-2	0.02275	10	0.83401	22	0.2995	0.01567	0.00329	0.00189	0.00567	--	--
	-2	0.02275	10	0.83401	24	0.6363	0.01567	0.00980	0.00594	0.00322	0.00246	0.24557
	-2	0.02275	10	0.83401	26	0.8756	0.01567	0.01738	0.01033	0.00003	0.00319	0.31871
	-2	0.02275	10	0.83401	28	0.9711	0.01567	0.02140	0.01280	0.00000	0.00003	0.00313
	-2	0.02275	10	0.83401	30	0.9952	0.01567	0.02252	0.01360	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99462	22	0.2995	0.02249	0.00329	0.00251	0.00000	--	--
	-2	0.02275	12	0.99462	24	0.6363	0.02249	0.00980	0.00850	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99462	26	0.8756	0.02249	0.01738	0.01570	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99462	28	0.9711	0.02249	0.02140	0.02020	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	12	0.99462	30	0.9952	0.02249	0.02252	0.02187	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99998	22	0.2995	0.02275	0.00329	0.00254	0.00000	--	--
	-2	0.02275	14	0.99998	24	0.6363	0.02275	0.00980	0.00863	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99998	26	0.8756	0.02275	0.01738	0.01602	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99998	28	0.9711	0.02275	0.02140	0.02072	0.00000	0.00000	0.00000
	-2	0.02275	14	0.99998	30	0.9952	0.02275	0.02252	0.02248	0.00000	0.00000	0.00000

Cuadro 10-2. Probabilidad de ocurrencia de sequías (SPI3<-1.5) en función de temperatura del aire (T) y temperatura superficial del mar (SST1+2).

	SPI3	u	T	v	SST1+2	w	C(u,v)	C(u,w)	C(u,v,w)	Pu,v,w>	P _{i+1} - P _i	P(%)
ARICOTA	-1.5	0.06681	8	0.00012	22	0.29951	0.00000	0.00805	0.00000	0.05876	--	--
	-1.5	0.06681	8	0.00012	24	0.63634	0.00000	0.02618	0.00000	0.04062	0.01814	1.81376
	-1.5	0.06681	8	0.00012	26	0.87557	0.00000	0.04949	0.00000	0.01731	0.02331	2.33066
	-1.5	0.06681	8	0.00012	28	0.97115	0.00000	0.06241	0.00000	0.00439	0.01292	1.29206
	-1.5	0.06681	8	0.00012	30	0.99522	0.00000	0.06606	0.00000	0.00074	0.00365	0.36501
	-1.5	0.06681	10	0.03586	22	0.29951	0.00070	0.00805	0.00007	0.05813	--	--
	-1.5	0.06681	10	0.03586	24	0.63634	0.00070	0.02618	0.00017	0.04009	0.01804	1.80383
	-1.5	0.06681	10	0.03586	26	0.87557	0.00070	0.04949	0.00024	0.01686	0.02323	2.32299
	-1.5	0.06681	10	0.03586	28	0.97115	0.00070	0.06241	0.00027	0.00397	0.01289	1.28905
	-1.5	0.06681	10	0.03586	30	0.99522	0.00070	0.06606	0.00028	0.00033	0.00364	0.36432
	-1.5	0.06681	12	0.52979	22	0.29951	0.01886	0.00805	0.00255	0.04246	--	--
	-1.5	0.06681	12	0.52979	24	0.63634	0.01886	0.02618	0.00792	0.02969	0.01277	1.27707
	-1.5	0.06681	12	0.52979	26	0.87557	0.01886	0.04949	0.01343	0.01189	0.01780	1.78005
	-1.5	0.06681	12	0.52979	28	0.97115	0.01886	0.06241	0.01627	0.00181	0.01008	1.00766
	-1.5	0.06681	12	0.52979	30	0.99522	0.01886	0.06606	0.01712	0.00000	0.00181	0.18101
	-1.5	0.06681	14	0.97444	22	0.29951	0.06288	0.00805	0.00644	0.00232	--	--
	-1.5	0.06681	14	0.97444	24	0.63634	0.06288	0.02618	0.02280	0.00054	0.00178	0.17765
	-1.5	0.06681	14	0.97444	26	0.87557	0.06288	0.04949	0.04281	0.00000	0.00054	0.05430
-1.5	0.06681	14	0.97444	28	0.97115	0.06288	0.06241	0.05518	0.00000	0.00000	0.00000	
-1.5	0.06681	14	0.97444	30	0.99522	0.06288	0.06606	0.05958	0.00000	0.00000	0.00000	
CAIRANI	-1.5	0.06681	8	0.02306	22	0.29951	0.00053	0.00962	0.00006	0.05672	--	--
	-1.5	0.06681	8	0.02306	24	0.63634	0.00053	0.02881	0.00013	0.03760	0.01912	1.91226
	-1.5	0.06681	8	0.02306	26	0.87557	0.00053	0.05114	0.00018	0.01532	0.02228	2.22802
	-1.5	0.06681	8	0.02306	28	0.97115	0.00053	0.06289	0.00020	0.00359	0.01173	1.17290
	-1.5	0.06681	8	0.02306	30	0.99522	0.00053	0.06614	0.00020	0.00033	0.00326	0.32559
	-1.5	0.06681	10	0.77474	22	0.29951	0.03984	0.00962	0.00569	0.02304	--	--
	-1.5	0.06681	10	0.77474	24	0.63634	0.03984	0.02881	0.01709	0.01525	0.00779	0.77899
	-1.5	0.06681	10	0.77474	26	0.87557	0.03984	0.05114	0.02867	0.00450	0.01075	1.07493
	-1.5	0.06681	10	0.77474	28	0.97115	0.03984	0.06289	0.03471	0.00000	0.00450	0.44999
	-1.5	0.06681	10	0.77474	30	0.99522	0.03984	0.06614	0.03655	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.99977	22	0.29951	0.06677	0.00962	0.00818	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	12	0.99977	24	0.63634	0.06677	0.02881	0.02678	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.99977	26	0.87557	0.06677	0.05114	0.04816	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.99977	28	0.97115	0.06677	0.06289	0.06097	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.99977	30	0.99522	0.06677	0.06614	0.06549	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	1.00000	22	0.29951	0.06681	0.00962	0.00818	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	14	1.00000	24	0.63634	0.06681	0.02881	0.02679	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	1.00000	26	0.87557	0.06681	0.05114	0.04820	0.00000	0.00000	0.00000
-1.5	0.06681	14	1.00000	28	0.97115	0.06681	0.06289	0.06103	0.00000	0.00000	0.00000	
-1.5	0.06681	14	1.00000	30	0.99522	0.06681	0.06614	0.06557	0.00000	0.00000	0.00000	
CANDARAVE	-1.5	0.06681	8	0.03232	22	0.29951	0.00090	0.00471	0.00019	0.06138	--	--
	-1.5	0.06681	8	0.03232	24	0.63634	0.00090	0.02731	0.00035	0.03895	0.02244	2.24362
	-1.5	0.06681	8	0.03232	26	0.87557	0.00090	0.05184	0.00045	0.01451	0.02444	2.44401
	-1.5	0.06681	8	0.03232	28	0.97115	0.00090	0.06322	0.00048	0.00317	0.01134	1.13434
	-1.5	0.06681	8	0.03232	30	0.99522	0.00090	0.06621	0.00048	0.00018	0.00299	0.29864
	-1.5	0.06681	10	0.54266	22	0.29951	0.02362	0.00471	0.00537	0.04385	--	--
	-1.5	0.06681	10	0.54266	24	0.63634	0.02362	0.02731	0.01301	0.02889	0.01497	1.49660
	-1.5	0.06681	10	0.54266	26	0.87557	0.02362	0.05184	0.01905	0.01040	0.01849	1.84875
	-1.5	0.06681	10	0.54266	28	0.97115	0.02362	0.06322	0.02159	0.00157	0.00883	0.88319
	-1.5	0.06681	10	0.54266	30	0.99522	0.02362	0.06621	0.02223	0.00000	0.00157	0.15672
	-1.5	0.06681	12	0.98039	22	0.29951	0.06428	0.00471	0.01103	0.00885	--	--
	-1.5	0.06681	12	0.98039	24	0.63634	0.06428	0.02731	0.03059	0.00580	0.00305	0.30489
	-1.5	0.06681	12	0.98039	26	0.87557	0.06428	0.05184	0.04950	0.00018	0.00563	0.56254
	-1.5	0.06681	12	0.98039	28	0.97115	0.06428	0.06322	0.05928	0.00000	0.00018	0.01765
	-1.5	0.06681	12	0.98039	30	0.99522	0.06428	0.06621	0.06234	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.99997	22	0.29951	0.06680	0.00471	0.01129	0.00658	--	--
	-1.5	0.06681	14	0.99997	24	0.63634	0.06680	0.02731	0.03164	0.00433	0.00225	0.22530
	-1.5	0.06681	14	0.99997	26	0.87557	0.06680	0.05184	0.05175	0.00000	0.00433	0.43285
-1.5	0.06681	14	0.99997	28	0.97115	0.06680	0.06322	0.06245	0.00000	0.00000	0.00000	
-1.5	0.06681	14	0.99997	30	0.99522	0.06680	0.06621	0.06592	0.00000	0.00000	0.00000	

	SPI3	u	T	v	SST1+2	w	C(u,v)	C(u,w)	C(u,v,w)	$P_{u,v,w>}$	$P_{i+1} - P_i$	P(%)
CURIBAYA	-1.5	0.06681	8	0.39128	22	0.29951	0.00696	0.04949	0.00063	0.01099	--	--
	-1.5	0.06681	8	0.39128	24	0.63634	0.00696	0.06241	0.00250	0.00000	0.01099	1.09908
	-1.5	0.06681	8	0.39128	26	0.87557	0.00696	0.06606	0.00490	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	8	0.39128	28	0.97115	0.00696	0.00000	0.00636	0.06621	-0.06621	-6.62076
	-1.5	0.06681	8	0.39128	30	0.99522	0.00696	0.00962	0.00684	0.05707	0.00914	0.91370
	-1.5	0.06681	10	0.89923	22	0.29951	0.04500	0.04949	0.00312	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	10	0.89923	24	0.63634	0.04500	0.06241	0.01373	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	10	0.89923	26	0.87557	0.04500	0.06606	0.02919	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	10	0.89923	28	0.97115	0.04500	0.00000	0.03988	0.06168	-0.06168	-6.16835
	-1.5	0.06681	10	0.89923	30	0.99522	0.04500	0.00962	0.04391	0.05609	0.00559	0.55900
	-1.5	0.06681	12	0.99767	22	0.29951	0.06574	0.04949	0.00406	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	12	0.99767	24	0.63634	0.06574	0.06241	0.01859	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.99767	26	0.87557	0.06574	0.06606	0.04093	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.99767	28	0.97115	0.06574	0.00000	0.05726	0.05833	-0.05833	-5.83333
	-1.5	0.06681	12	0.99767	30	0.99522	0.06574	0.00962	0.06382	0.05527	0.00306	0.30633
	-1.5	0.06681	14	0.99999	22	0.29951	0.06679	0.04949	0.00408	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	14	0.99999	24	0.63634	0.06679	0.06241	0.01878	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.99999	26	0.87557	0.06679	0.06606	0.04143	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.99999	28	0.97115	0.06679	0.00000	0.05808	0.05810	-0.05810	-5.80957
	-1.5	0.06681	14	0.99999	30	0.99522	0.06679	0.00962	0.06481	0.05520	0.00289	0.28945
PALCA	-1.5	0.06681	8	0.00013	22	0.2995	0.00000	0.05114	0.00000	0.01566	--	--
	-1.5	0.06681	8	0.00013	24	0.6363	0.00000	0.06289	0.00000	0.00392	0.01175	1.17450
	-1.5	0.06681	8	0.00013	26	0.8756	0.00000	0.06614	0.00000	0.00066	0.00326	0.32592
	-1.5	0.06681	8	0.00013	28	0.9711	0.00000	0.00000	0.00000	0.06681	-0.06614	-6.61448
	-1.5	0.06681	8	0.00013	30	0.9952	0.00000	0.00471	0.00000	0.06210	0.00471	0.47075
	-1.5	0.06681	10	0.01147	22	0.2995	0.00020	0.05114	0.00001	0.01548	--	--
	-1.5	0.06681	10	0.01147	24	0.6363	0.00020	0.06289	0.00002	0.00375	0.01173	1.17310
	-1.5	0.06681	10	0.01147	26	0.8756	0.00020	0.06614	0.00004	0.00050	0.00324	0.32446
	-1.5	0.06681	10	0.01147	28	0.9711	0.00020	0.00000	0.00004	0.06665	-0.06615	-6.61524
	-1.5	0.06681	10	0.01147	30	0.9952	0.00020	0.00471	0.00005	0.06195	0.00471	0.47051
	-1.5	0.06681	12	0.18497	22	0.2995	0.00392	0.05114	0.00036	0.01212	--	--
	-1.5	0.06681	12	0.18497	24	0.6363	0.00392	0.06289	0.00118	0.00119	0.01093	1.09253
	-1.5	0.06681	12	0.18497	26	0.8756	0.00392	0.06614	0.00209	0.00000	0.00119	0.11898
	-1.5	0.06681	12	0.18497	28	0.9711	0.00392	0.00000	0.00260	0.06549	-0.06549	-6.54947
	-1.5	0.06681	12	0.18497	30	0.9952	0.00392	0.00471	0.00277	0.06095	0.00454	0.45399
	-1.5	0.06681	14	0.68481	22	0.2995	0.02882	0.05114	0.00305	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	14	0.68481	24	0.6363	0.02882	0.06289	0.01042	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.68481	26	0.8756	0.02882	0.06614	0.01912	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.68481	28	0.9711	0.02882	0.00000	0.02434	0.06232	-0.06232	-6.23245
	-1.5	0.06681	14	0.68481	30	0.9952	0.02882	0.00471	0.02615	0.05943	0.00289	0.28928
SUSAPAYA	-1.5	0.06681	8	0.00071	22	0.2995	0.00002	0.05184	0.00000	0.01495	--	--
	-1.5	0.06681	8	0.00071	24	0.6363	0.00002	0.06322	0.00000	0.00358	0.01137	1.13704
	-1.5	0.06681	8	0.00071	26	0.8756	0.00002	0.06621	0.00000	0.00059	0.00299	0.29911
	-1.5	0.06681	8	0.00071	28	0.9711	0.00002	0.00000	0.00000	0.06679	-0.06621	-6.62074
	-1.5	0.06681	8	0.00071	30	0.9952	0.00002	0.00513	0.00000	0.06167	0.00513	0.51275
	-1.5	0.06681	10	0.25570	22	0.2995	0.00731	0.05184	0.00188	0.00953	--	--
	-1.5	0.06681	10	0.25570	24	0.6363	0.00731	0.06322	0.00412	0.00040	0.00913	0.91326
	-1.5	0.06681	10	0.25570	26	0.8756	0.00731	0.06621	0.00565	0.00000	0.00040	0.03995
	-1.5	0.06681	10	0.25570	28	0.9711	0.00731	0.00000	0.00621	0.06570	-0.06570	-6.57038
	-1.5	0.06681	10	0.25570	30	0.9952	0.00731	0.00513	0.00633	0.06070	0.00501	0.50055
	-1.5	0.06681	12	0.96962	22	0.2995	0.06249	0.05184	0.01073	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	12	0.96962	24	0.6363	0.06249	0.06322	0.02968	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.96962	26	0.8756	0.06249	0.06621	0.04785	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.96962	28	0.9711	0.06249	0.00000	0.05715	0.06147	-0.06147	-6.14710
	-1.5	0.06681	12	0.96962	30	0.9952	0.06249	0.00513	0.06001	0.05921	0.00227	0.22659
	-1.5	0.06681	14	0.99999	22	0.2995	0.06681	0.05184	0.01118	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	14	0.99999	24	0.6363	0.06681	0.06322	0.03148	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.99999	26	0.8756	0.06681	0.06621	0.05164	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.99999	28	0.9711	0.06681	0.00000	0.06242	0.06242	-0.06242	-6.24184
	-1.5	0.06681	14	0.99999	30	0.9952	0.06681	0.00513	0.06591	0.06079	0.00163	0.16313

	SPI3	u	T	v	SST1+2	w	C(u,v)	C(u,w)	C(u,v,w)	$P_{u,v,w>}$	$P_{i+1} - P_i$	P(%)
TALABAYA	-1.5	0.06681	8	0.71697	22	0.2995	0.03482	0.04563	0.00431	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	8	0.71697	24	0.6363	0.03482	0.06127	0.01411	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	8	0.71697	26	0.8756	0.03482	0.06586	0.02486	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	8	0.71697	28	0.9711	0.03482	0.00000	0.03078	0.06277	-0.06277	-6.27669
	-1.5	0.06681	8	0.71697	30	0.9952	0.03482	0.00783	0.03265	0.05681	0.00596	0.59605
	-1.5	0.06681	10	0.96249	22	0.2995	0.06162	0.04563	0.00639	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	10	0.96249	24	0.6363	0.06162	0.06127	0.02256	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	10	0.96249	26	0.8756	0.06162	0.06586	0.04221	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	10	0.96249	28	0.9711	0.06162	0.00000	0.05428	0.05947	-0.05947	-5.94690
	-1.5	0.06681	10	0.96249	30	0.9952	0.06162	0.00783	0.05854	0.05590	0.00357	0.35690
	-1.5	0.06681	12	0.99859	22	0.2995	0.06661	0.04563	0.00672	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	12	0.99859	24	0.6363	0.06661	0.06127	0.02415	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.99859	26	0.8756	0.06661	0.06586	0.04597	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.99859	28	0.9711	0.06661	0.00000	0.05985	0.06005	-0.06005	-6.00547
	-1.5	0.06681	12	0.99859	30	0.9952	0.06661	0.00783	0.06496	0.05733	0.00272	0.27218
	-1.5	0.06681	14	0.99999	22	0.2995	0.06681	0.04563	0.00673	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	14	0.99999	24	0.6363	0.06681	0.06127	0.02421	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.99999	26	0.8756	0.06681	0.06586	0.04616	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.99999	28	0.9711	0.06681	0.00000	0.06017	0.06017	-0.06017	-6.01683
	-1.5	0.06681	14	0.99999	30	0.9952	0.06681	0.00783	0.06534	0.05752	0.00265	0.26519
TARATA	-1.5	0.06681	8	0.00005	22	0.2995	0.00001	0.04924	0.00000	0.01756	--	--
	-1.5	0.06681	8	0.00005	24	0.6363	0.00001	0.06234	0.00000	0.00447	0.01310	1.30959
	-1.5	0.06681	8	0.00005	26	0.8756	0.00001	0.06605	0.00000	0.00076	0.00371	0.37089
	-1.5	0.06681	8	0.00005	28	0.9711	0.00001	0.00000	0.00000	0.06681	-0.06605	-6.60500
	-1.5	0.06681	8	0.00005	30	0.9952	0.00001	0.00425	0.00000	0.06255	0.00425	0.42526
	-1.5	0.06681	10	0.02132	22	0.2995	0.00117	0.04924	0.00042	0.01681	--	--
	-1.5	0.06681	10	0.02132	24	0.6363	0.00117	0.06234	0.00070	0.00399	0.01282	1.28152
	-1.5	0.06681	10	0.02132	26	0.8756	0.00117	0.06605	0.00093	0.00051	0.00348	0.34781
	-1.5	0.06681	10	0.02132	28	0.9711	0.00117	0.00000	0.00108	0.06671	-0.06619	-6.61950
	-1.5	0.06681	10	0.02132	30	0.9952	0.00117	0.00425	0.00115	0.06252	0.00418	0.41836
	-1.5	0.06681	12	0.44135	22	0.2995	0.02065	0.04924	0.00462	0.00154	--	--
	-1.5	0.06681	12	0.44135	24	0.6363	0.02065	0.06234	0.01038	0.00000	0.00154	0.15383
	-1.5	0.06681	12	0.44135	26	0.8756	0.02065	0.06605	0.01593	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.44135	28	0.9711	0.02065	0.00000	0.01916	0.06532	-0.06532	-6.53180
	-1.5	0.06681	12	0.44135	30	0.9952	0.02065	0.00425	0.02034	0.06224	0.00308	0.30752
	-1.5	0.06681	14	0.95838	22	0.2995	0.05921	0.04924	0.00994	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	14	0.95838	24	0.6363	0.05921	0.06234	0.02530	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.95838	26	0.8756	0.05921	0.06605	0.04253	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.95838	28	0.9711	0.05921	0.00000	0.05377	0.06137	-0.06137	-6.13669
	-1.5	0.06681	14	0.95838	30	0.9952	0.05921	0.00425	0.05807	0.06141	-0.00005	-0.00467
TOQUELA	-1.5	0.06681	8	0.27088	22	0.2995	0.00847	0.05154	0.00164	0.00844	--	--
	-1.5	0.06681	8	0.27088	24	0.6363	0.00847	0.06314	0.00405	0.00000	0.00844	0.84350
	-1.5	0.06681	8	0.27088	26	0.8756	0.00847	0.06619	0.00595	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	8	0.27088	28	0.9711	0.00847	0.00000	0.00674	0.06508	-0.06508	-6.50813
	-1.5	0.06681	8	0.27088	30	0.9952	0.00847	0.00753	0.00694	0.05774	0.00734	0.73388
	-1.5	0.06681	10	0.83401	22	0.2995	0.04660	0.05154	0.00708	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	10	0.83401	24	0.6363	0.04660	0.06314	0.02063	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	10	0.83401	26	0.8756	0.04660	0.06619	0.03406	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	10	0.83401	28	0.9711	0.04660	0.00000	0.04099	0.06120	-0.06120	-6.11959
	-1.5	0.06681	10	0.83401	30	0.9952	0.04660	0.00753	0.04309	0.05577	0.00543	0.54278
	-1.5	0.06681	12	0.99462	22	0.2995	0.06606	0.05154	0.00901	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	12	0.99462	24	0.6363	0.06606	0.06314	0.02795	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.99462	26	0.8756	0.06606	0.06619	0.04857	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	12	0.99462	28	0.9711	0.06606	0.00000	0.06036	0.06111	-0.06111	-6.11085
	-1.5	0.06681	12	0.99462	30	0.9952	0.06606	0.00753	0.06437	0.05758	0.00353	0.35269
	-1.5	0.06681	14	0.99998	22	0.2995	0.06680	0.05154	0.00907	0.00000	--	--
	-1.5	0.06681	14	0.99998	24	0.6363	0.06680	0.06314	0.02826	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.99998	26	0.8756	0.06680	0.06619	0.04931	0.00000	0.00000	0.00000
	-1.5	0.06681	14	0.99998	28	0.9711	0.06680	0.00000	0.06148	0.06149	-0.06149	-6.14854
	-1.5	0.06681	14	0.99998	30	0.9952	0.06680	0.00753	0.06568	0.05815	0.00334	0.33378

ANEXO 11

CÓDIGO EN LENGUAJE R PARA EL ANÁLISIS DE CÓPULAS BIVARIADAS

```
## Analisis de copulas a partir de datos que se encuentran en un archivo *.csv
# Autor: Juan Cabrera
setwd("E:\\UNALM PDRH\\PROYECTO DE TESIS
DOCTORADO\\DATOS\\FINAL\\2020_COPULA\\SPI3_ENSO")# Esta es la ruta de trabajo
rm(list = ls())
install.packages("ggpubr")
library("ggpubr")
library(copula)
aricota<-read.csv("E:\\UNALM PDRH\\PROYECTO DE TESIS
DOCTORADO\\DATOS\\FINAL\\2020_COPULA\\SPI3_ENSO\\aricota.csv", header=T,sep=';')
candarave<-read.csv("E:\\UNALM PDRH\\PROYECTO DE TESIS
DOCTORADO\\DATOS\\FINAL\\2020_COPULA\\SPI3_ENSO\\candarave.csv", header=T,sep=';')
cairani<-read.csv("E:\\UNALM PDRH\\PROYECTO DE TESIS
DOCTORADO\\DATOS\\FINAL\\2020_COPULA\\SPI3_ENSO\\cairani.csv", header=T,sep=';')
curibaya<-read.csv("E:\\UNALM PDRH\\PROYECTO DE TESIS
DOCTORADO\\DATOS\\FINAL\\2020_COPULA\\SPI3_ENSO\\curibaya.csv", header=T,sep=';')
palca<-read.csv("E:\\UNALM PDRH\\PROYECTO DE TESIS
DOCTORADO\\DATOS\\FINAL\\2020_COPULA\\SPI3_ENSO\\palca.csv", header=T,sep=';')
susapaya<-read.csv("E:\\UNALM PDRH\\PROYECTO DE TESIS
DOCTORADO\\DATOS\\FINAL\\2020_COPULA\\SPI3_ENSO\\susapaya.csv", header=T,sep=';')
talabaya<-read.csv("E:\\UNALM PDRH\\PROYECTO DE TESIS
DOCTORADO\\DATOS\\FINAL\\2020_COPULA\\SPI3_ENSO\\talabaya.csv", header=T,sep=';')
tarata<-read.csv("E:\\UNALM PDRH\\PROYECTO DE TESIS
DOCTORADO\\DATOS\\FINAL\\2020_COPULA\\SPI3_ENSO\\tarata.csv", header=T,sep=';')
toquela<-read.csv("E:\\UNALM PDRH\\PROYECTO DE TESIS
DOCTORADO\\DATOS\\FINAL\\2020_COPULA\\SPI3_ENSO\\toquela.csv", header=T,sep=';')
head(aricota)
head(candarave)
head(cairani)
head(curibaya)
head(palca)
head(susapaya)
head(talabaya)
head(tarata)
head(toquela)

n<-dim(candarave)[1]#numero de datos
plot(ecdf(candarave[,2])) #spi candarave
plot(ecdf(candarave[,3])) #icen
plot(ecdf(candarave[,4])) #nino 1+2
plot(ecdf(candarave[,5])) #nino 34
plot(ecdf(candarave[,6])) #oni
plot(ecdf(candarave[,7])) #tni
plot(ecdf(candarave[,8])) #emi
plot(ecdf(aricota[,2])) #spi aricota
plot(ecdf(cairani[,2])) #spi cairani
plot(ecdf(curibaya[,2])) #spi curibaya
```

```

plot(ecdf(palca[,2])) #spi palca
plot(ecdf(susapaya[,2])) #spi susapaya
plot(ecdf(talabaya[,2])) #spi talabaya
plot(ecdf(tarata[,2])) #spi tarata
plot(ecdf(toquela[,2])) #spi toquela

r<-pobs(amicota[,2:8])#numero de pseudo observaciones de la copula bivariada subyacente
pairs(amicota[,2:8]) #grafica los datos
pairs(r) #grafica las pseudo observaciones

s<-pobs(candarave[,2:8])#numero de pseudo observaciones de la copula bivariada subyacente
pairs(candarave[,2:8]) #grafica los datos
pairs(s) #grafica las pseudo observaciones

t<-pobs(cairani[,2:8])#numero de pseudo observaciones de la copula bivariada subyacente
pairs(cairani[,2:8]) #grafica los datos
pairs(t) #grafica las pseudo observaciones

u<-pobs(curibaya[,2:8])#numero de pseudo observaciones de la copula bivariada subyacente
pairs(curibaya[,2:8]) #grafica los datos
pairs(u) #grafica las pseudo observaciones

v<-pobs(palca[,2:8])#numero de pseudo observaciones de la copula bivariada subyacente
pairs(palca[,2:8]) #grafica los datos
pairs(v) #grafica las pseudo observaciones

w<-pobs(susapaya[,2:8])#numero de pseudo observaciones de la copula bivariada subyacente
pairs(susapaya[,2:8]) #grafica los datos
pairs(w) #grafica las pseudo observaciones

x<-pobs(talabaya[,2:8])#numero de pseudo observaciones de la copula bivariada subyacente
pairs(talabaya[,2:8]) #grafica los datos
pairs(x) #grafica las pseudo observaciones

y<-pobs(tarata[,2:8])#numero de pseudo observaciones de la copula bivariada subyacente
pairs(tarata[,2:8]) #grafica los datos
pairs(y) #grafica las pseudo observaciones

z<-pobs(toquela[,2:8])#numero de pseudo observaciones de la copula bivariada subyacente
pairs(toquela[,2:8]) #grafica los datos
pairs(z) #grafica las pseudo observaciones

#Definicion de variables (en funcion a Kendall y Spearman):
r1<-r[,c(1,7)]
s1<-s[,c(1,7)]
t1<-t[,c(1,7)]
u1<-u[,c(1,7)]
v1<-v[,c(1,7)]
w1<-w[,c(1,7)]
x1<-x[,c(1,7)]
y1<-y[,c(1,7)]
z1<-z[,c(1,7)]

```

```

#Ahora ajustamos a copulas bivariadas: ARICOTA
gcr<-gumbelCopula(dim=2)
fgcr<-fitCopula(gcr,r1);fgcr #resultados
ccr<-claytonCopula(dim=2)
fccr<-fitCopula(ccr,r1); fccr
fcr<-frankCopula(dim=2)
ffcr<-fitCopula(fcr,r1); ffcr
ncr<-normalCopula(dim=2, dispstr = "un")
fnrcr<-fitCopula(ncr,r1); fnrcr
tcr<-tCopula(dim=2,dispstr = "un", df.fixed=TRUE,df=10)
ftcr<-fitCopula(tcr,r1);ftcr
fgcr@loglik;ffcr@loglik;fnrcr@loglik;ftcr@loglik;fccr@loglik;
#Bondad de ajuste, para muestras grandes
gofCopula(gcr,r1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ccr,r1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(fcr,r1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ncr,r1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(tcr,r1,estim.method="mpl",simulation="mult")

```

```

#Ahora ajustamos a copulas bivariadas: CANDARAVE
gcs<-gumbelCopula(dim=2)
fgcs<-fitCopula(gcs,s1);fgcs #resultados
ccs<-claytonCopula(dim=2)
fccs<-fitCopula(ccs,s1); fccs
fcs<-frankCopula(dim=2)
ffcs<-fitCopula(fcs,s1); ffcs
ncs<-normalCopula(dim=2, dispstr = "un")
fnccs<-fitCopula(ncs,s1); fnccs
tcs<-tCopula(dim=2,dispstr = "un", df.fixed=TRUE,df=10)
ftcs<-fitCopula(tcs,s1);ftcs
fgcs@loglik;ffcs@loglik;fnccs@loglik;ftcs@loglik #fccs@loglik;
#Bondad de ajuste, para muestras grandes
gofCopula(gcs,s1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ccs,s1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(fcs,s1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ncs,s1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(tcs,s1,estim.method="mpl",simulation="mult")

```

```

#Ahora ajustamos a copulas bivariadas: CAIRANI
gct<-gumbelCopula(dim=2)
fgct<-fitCopula(gct,t1);fgct #resultados
cct<-claytonCopula(dim=2)
fcct<-fitCopula(cct,t1); fcct
fct<-frankCopula(dim=2)
ffct<-fitCopula(fct,t1); ffct
nct<-normalCopula(dim=2, dispstr = "un")
fnct<-fitCopula(nct,t1); fnct
tct<-tCopula(dim=2,dispstr = "un", df.fixed=TRUE,df=10)
ftct<-fitCopula(tct,t1);ftct
fgct@loglik;fcct@loglik;ffct@loglik;fnct@loglik;ftct@loglik
#Bondad de ajuste, para muestras grandes

```

```

gofCopula(gct,t1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(cct,t1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(fct,t1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(nct,t1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(tct,t1,estim.method="mpl",simulation="mult")

```

#Ahora ajustamos a copulas bivariadas: CURIBAYA

```

gcu<-gumbelCopula(dim=2)
fgcu<-fitCopula(gcu,u1);fgcu #resultados
ccu<-claytonCopula(dim=2)
fccu<-fitCopula(ccu,u1); fccu
fcu<-frankCopula(dim=2)
ffcu<-fitCopula(fcu,u1); ffcu
ncu<-normalCopula(dim=2, dispstr = "un")
fncu<-fitCopula(ncu,u1); fncu
tcu<-tCopula(dim=2,dispstr = "un", df.fixed=TRUE,df=10)
ftcu<-fitCopula(tcu,u1);ftcu
fgcu@loglik;fccu@loglik;ffcu@loglik;fncu@loglik;ftcu@loglik
#Bondad de ajuste, para muestras grandes
gofCopula(gcu,u1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ccu,u1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(fcu,u1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ncu,u1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(tcu,u1,estim.method="mpl",simulation="mult")

```

#Ahora ajustamos a copulas bivariadas: PALCA

```

gcv<-gumbelCopula(dim=2)
fgcv<-fitCopula(gcv,v1);fgcv #resultados
ccv<-claytonCopula(dim=2)
fccv<-fitCopula(ccv,v1); fccv
fcv<-frankCopula(dim=2)
ffcv<-fitCopula(fcv,v1); ffcv
ncv<-normalCopula(dim=2, dispstr = "un")
fncv<-fitCopula(ncv,v1); fncv
tcv<-tCopula(dim=2,dispstr = "un", df.fixed=TRUE,df=10)
ftcv<-fitCopula(tcv,v1);ftcv
fgcv@loglik;fccv@loglik;ffcv@loglik;fncv@loglik;ftcv@loglik
#Bondad de ajuste, para muestras grandes
gofCopula(gcv,v1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ccv,v1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(fcv,v1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ncv,v1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(tcv,v1,estim.method="mpl",simulation="mult")

```

#Ahora ajustamos a copulas bivariadas: SUSAPAYA

```

gcw<-gumbelCopula(dim=2)
fgcw<-fitCopula(gcw,w1);fgcw #resultados
ccw<-claytonCopula(dim=2)
fccw<-fitCopula(ccw,w1); fccw
fcw<-frankCopula(dim=2)
ffcw<-fitCopula(fcw,w1); ffcw
ncw<-normalCopula(dim=2, dispstr = "un")

```

```

fncw<-fitCopula(ncw,w1); fncw
tcw<-tCopula(dim=2,dispstr = "un", df.fixed=TRUE,df=10)
ftcw<-fitCopula(tcw,w1);ftcw
fgcw@loglik;fccw@loglik;ffcw@loglik;fncw@loglik;ftcw@loglik
#Bondad de ajuste, para muestras grandes
gofCopula(gcw,w1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ccw,w1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(fcw,w1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ncw,w1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(tcw,w1,estim.method="mpl",simulation="mult")

```

#Ahora ajustamos a copulas bivariadas: TALABAYA

```

gcx<-gumbelCopula(dim=2)
fgcx<-fitCopula(gcx,x1);fgcx #resultados
ccx<-claytonCopula(dim=2)
fccx<-fitCopula(ccx,x1); fccx
fcx<-frankCopula(dim=2)
ffcx<-fitCopula(fcx,x1); ffcx
ncx<-normalCopula(dim=2, dispstr = "un")
fncx<-fitCopula(ncx,x1); fncx
tcx<-tCopula(dim=2,dispstr = "un", df.fixed=TRUE,df=10)
ftcx<-fitCopula(tcx,x1);ftcx
fgcx@loglik;fccx@loglik;ffcx@loglik;fncx@loglik;ftcx@loglik
#Bondad de ajuste, para muestras grandes
gofCopula(gcx,x1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ccx,x1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(fcx,x1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ncx,x1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(tcx,x1,estim.method="mpl",simulation="mult")

```

#Ahora ajustamos a copulas bivariadas: TARATA

```

gcy<-gumbelCopula(dim=2)
fgcy<-fitCopula(gcy,y1);fgcy #resultados
ccy<-claytonCopula(dim=2)
fccy<-fitCopula(ccy,y1); fccy
fcy<-frankCopula(dim=2)
ffcy<-fitCopula(fcy,y1); ffcy
ncy<-normalCopula(dim=2, dispstr = "un")
fncy<-fitCopula(ncy,y1); fncy
tcy<-tCopula(dim=2,dispstr = "un", df.fixed=TRUE,df=10)
ftcy<-fitCopula(tcy,y1);ftcy
fgcy@loglik;fccy@loglik;ffcy@loglik;fncy@loglik;ftcy@loglik
#Bondad de ajuste, para muestras grandes
gofCopula(gcy,y1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ccy,y1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(fcy,y1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ncy,y1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(tcy,y1,estim.method="mpl",simulation="mult")

```

#Ahora ajustamos a copulas bivariadas: TOQUELA

```

gcz<-gumbelCopula(dim=2)
fgcz<-fitCopula(gcz,z1);fgcz #resultados

```

```

ccz<-claytonCopula(dim=2)
fccz<-fitCopula(ccz,z1); fccz
fcz<-frankCopula(dim=2)
ffcz<-fitCopula(fcz,z1); ffcz
ncz<-normalCopula(dim=2, dispstr = "un")
fncz<-fitCopula(ncz,z1); fncz
tcz<-tCopula(dim=2,dispstr = "un", df.fixed=TRUE,df=10)
ftcz<-fitCopula(tcz,z1);ftcz
fgcz@loglik;fccz@loglik;ffcz@loglik;fncz@loglik;ftcz@loglik
#Bondad de ajuste, para muestras grandes
gofCopula(gcz,z1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ccz,z1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(fcz,z1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(ncz,z1,estim.method="mpl",simulation="mult")
gofCopula(tcz,z1,estim.method="mpl",simulation="mult")

#PLOTOS DE LAS FUNCIONES COPULA
cop_ari <- tCopula(-0.1431, dim = 2, dispstr = "toep",
                 df = 10, df.fixed = TRUE)
contourplot2(cop_ari, pCopula) # the copula
contourplot2(cop_ari, pCopula, xlab = "SPI3", ylab = "EMI") # adjusting the labels
contourplot2(cop_ari, dCopula) # the density
wireframe2(cop_ari,dCopula,delta=0.001, xlab = "SPI3", ylab = "EMI")

cop_cai <- tCopula(-0.19028, dim = 2, dispstr = "toep",
                 df = 10, df.fixed = TRUE)
contourplot2(cop_cai, pCopula) # the copula
contourplot2(cop_cai, pCopula, xlab = "SPI3", ylab = "EMI") # adjusting the labels
contourplot2(cop_cai, dCopula) # the density
wireframe2(cop_cai,dCopula,delta=0.001, xlab = "SPI3", ylab = "EMI")

cop_can <- tCopula(-0.10413, dim = 2, dispstr = "toep",
                 df = 10, df.fixed = TRUE)
contourplot2(cop_can, pCopula) # the copula
contourplot2(cop_can, pCopula, xlab = "SPI3", ylab = "EMI") # adjusting the labels
contourplot2(cop_can, dCopula) # the density
wireframe2(cop_can,dCopula,delta=0.001, xlab = "SPI3", ylab = "EMI")

cop_curi <- claytonCopula(-0.12209, dim = 2, use.indepC = "FALSE")
contourplot2(cop_curi, pCopula) # the copula
contourplot2(cop_curi, pCopula, xlab = "SPI3", ylab = "EMI") # adjusting the labels
contourplot2(cop_curi, dCopula) # the density
wireframe2(cop_curi,dCopula,delta=0.001, xlab = "SPI3", ylab = "EMI")

cop_pal <- tCopula(-0.128, dim = 2, dispstr = "toep",
                 df = 10, df.fixed = TRUE)
contourplot2(cop_pal, pCopula) # the copula
contourplot2(cop_pal, pCopula, xlab = "SPI3", ylab = "EMI") # adjusting the labels
contourplot2(cop_pal, dCopula) # the density
wireframe2(cop_pal,dCopula,delta=0.001, xlab = "SPI3", ylab = "EMI")

cop_susa <- tCopula(-0.1531, dim = 2, dispstr = "toep",

```

```

df = 10, df.fixed = TRUE)
contourplot2(cop_susa, pCopula) # the copula
contourplot2(cop_susa, pCopula, xlab = "SPI3", ylab = "EMI") # adjusting the labels
contourplot2(cop_susa, dCopula) # the density
wireframe2(cop_susa,dCopula,delta=0.001, xlab = "SPI3", ylab = "EMI")

cop_tala <- claytonCopula(-0.1743, dim = 2, use.indepC = "FALSE")
contourplot2(cop_tala, pCopula) # the copula
contourplot2(cop_tala, pCopula, xlab = "SPI3", ylab = "EMI") # adjusting the labels
contourplot2(cop_tala, dCopula) # the density
wireframe2(cop_tala,dCopula,delta=0.001, xlab = "SPI3", ylab = "EMI")

cop_tara <- tCopula(-0.16305, dim = 2, dispstr = "toep",
df = 10, df.fixed = TRUE)
contourplot2(cop_tara, pCopula) # the copula
contourplot2(cop_tara, pCopula, xlab = "SPI3", ylab = "EMI") # adjusting the labels
contourplot2(cop_tara, dCopula) # the density
wireframe2(cop_tara,dCopula,delta=0.001, xlab = "SPI3", ylab = "EMI")

cop_toque <- claytonCopula(-0.1164, dim = 2, use.indepC = "FALSE")
contourplot2(cop_toque, pCopula) # the copula
contourplot2(cop_toque, pCopula, xlab = "SPI3", ylab = "EMI") # adjusting the labels
contourplot2(cop_toque, dCopula) # the density

wireframe2(cop_toque,dCopula,delta=0.001, xlab = "SPI3", ylab = "EMI")

```