



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**EFFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA SUBCUENCA  
DEL RÍO AGUACAPA**

**María Laura del Carmen de León de León**

Asesorado por el Ing. Claudio César Castañón Contreras

Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EFFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS DE  
LA SUBCUENCA DEL RÍO AGUACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MARÍA LAURA DEL CARMEN DE LEÓN DE LEÓN**  
ASESORADO POR EL ING. CLAUDIO CÉSAR CASTAÑÓN CONTRERAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
EXAMINADORA	Inga. Karla Giovanna Pérez Loarca
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **EFFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO AGUACAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 19 de enero de 2017.



**María Laura del Carmen de León de León**

Guatemala, 16 de octubre de 2017

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

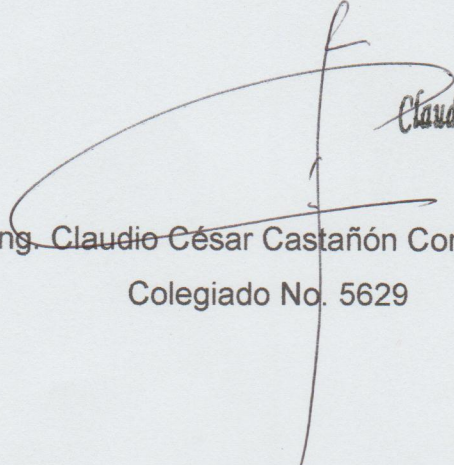
Estimado Ingeniero Montenegro.

Por este medio le informo que como asesor de la estudiante de la carrera de Ingeniería Civil María Laura del Carmen de León de León, con carné No. 2011-23036, he revisado el trabajo de graduación titulado "EFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO AGUACAPA".

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el tramite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

  
Claudio César Castañón Contreras  
Ingeniero Civil  
Col. 5,629  
Ing. Claudio César Castañón Contreras  
Colegiado No. 5629



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala, 26 de octubre de 2017

Ingeniero

Hugo Leonel Montenegro Franco

Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero

Le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado "EFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO AGUACAPA", desarrollado por la estudiante de ingeniería civil **María Laura del Carmen de León de León**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Claudio César Castañón Conteras.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y habiendo cumplido con los objetivos, doy mi aprobación al mismo, solicitando darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza  
Jefe del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*




**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA


<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Claudio César Castañón Contreras y Coordinador del Departamento de Hidráulica Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza, al trabajo de graduación de la estudiante María Laura del Carmen de León de León EFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO AGUACAPA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2017

/mrm.

---

*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*

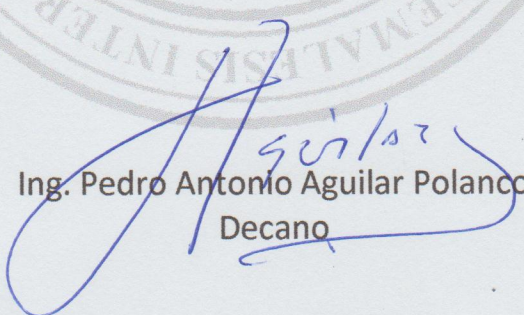




DTG. 547.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EFFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO AGUACAPA**, presentado por la estudiante universitaria: **María Laura del Carmen de León de León**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, noviembre de 2017

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser el centro de mi vida, darme la sabiduría que necesito y ser mi fortaleza.
<b>Mi madre</b>	Carmen Marisol de León López por ser el pilar más importante de mi vida, confiar en mí, darme su amor y su apoyo de manera incondicional.
<b>Mi padre</b>	Wilhem Estuardo de León López por estar conmigo siempre y creer en mí.
<b>Mis abuelitos</b>	Ilma Laura López Escobar (q. e. p. d.) y Alfredo Andrade, por apoyarme, aconsejarme y estar a mi lado en todo momento.
<b>Mis hermanos</b>	José Daniel Cajas, Dina Lucía Cajas, Eimmy Marysol de León, Adda Linssyn de León y Katherine Stacy de León, por apoyo, cariño y consejos.
<b>Mi hijo</b>	Por ser mi fuente de inspiración.
<b>Jeffrey René Cabrera</b>	Por brindarme su amor, consejos y apoyarme de manera incondicional.

**Mis tíos**

Martha Julieta de León, Alfredo Arnoldo Andrade, Claudia Martínez, Marga Liseth López, Julio Méndez, por su apoyo y cariño.

**Mis primos**

Kevin Méndez, Anddy Méndez, Adriana Andrade, Edgar Andrade, Marcela Andrade, Santiago Andrade y Héctor López, con cariño.

**Mis sobrinos**

Brissay Aryana López de León y Cristopher Alexander López de León, con mucho cariño.

**Mi familia en general**

Con inmensa gratitud y cariño.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San Carlos de Guatemala** Por abrirme las puertas a la superación personal.

**Facultad de Ingeniería** Por formarme como profesional.

**Mis amigos** Por el tiempo compartido, el apoyo y los sabios consejos.

**Ing. Claudio César Castañón Contreras** Por transmitirme sus conocimientos y apoyar mi carrera en todo momento.

**Familia Cabrera Mayén** Por darme apoyo y creer en mí.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. FENÓMENO EL NIÑO/OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS) .....	1
1.1. Descripción del fenómeno .....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Monitoreo.....	6
2. OBJETO DE ESTUDIO .....	9
2.1. Subcuenca del río Aguacapa.....	9
2.1.1. Ubicación geográfica .....	9
2.1.2. Características morfométricas .....	11
2.1.2.1. Perímetro de la subcuenca.....	11
2.1.2.2. Área de la subcuenca .....	11
2.1.2.3. Longitud del cauce principal .....	11
2.1.3. Estaciones hidrométricas de la subcuenca.....	12
3. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA .....	15
3.1. Tablas de contingencia.....	15
3.2. Correlaciones .....	16
3.2.1. Correlación simple .....	16

3.2.2.	Correlación múltiple.....	17
4.	VARIABLES DE ESTUDIO .....	19
4.1.	Hidrología de la cuenca.....	19
4.1.1.	Precipitación.....	19
4.1.2.	Caudal.....	26
4.2.	Nivel oceánico.....	28
4.2.1.	Temperatura superficial del mar.....	28
4.2.2.	Índice Oceánico El Niño –ONI-.....	29
4.3.	Nivel atmosférico.....	30
4.3.1.	Presión atmosférica.....	30
4.3.2.	Índice de Oscilación del Sur .....	30
5.	DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	33
5.1.	Tablas de contingencia .....	33
5.2.	Aplicación de correlaciones.....	42
5.2.1.	Correlación simple:.....	42
5.2.2.	Correlación múltiple.....	52
6.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	65
	CONCLUSIONES.....	67
	RECOMENDACIONES .....	69
	BIBLIOGRAFÍA.....	71
	ANEXOS.....	73

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Fenómeno El Niño activo el 5 de agosto de 2015.....	2
2.	Repercusiones climáticas del fenómeno El Niño en América Latina y el Caribe.....	4
3.	Regiones del fenómeno El Niño.....	7
4.	Ubicación de la subcuenca del río Aguacapa .....	10
5.	Ubicación y área de influencia de las estaciones de precipitación evaluadas.....	13
6.	Ubicación y área de influencia de la estación de caudal evaluada .....	14
7.	Análisis del coeficiente de correlación.....	17
8.	Estación El Mirador, comportamiento de precipitación media mensual (período 1982 - 2015) .....	21
9.	Estación Agua Caliente, comportamiento de precipitación media mensual (período 1982 - 2015) .....	22
10.	Estación La Pastoría, comportamiento de precipitación media mensual (período 1982 - 2015) .....	23
11.	Estación La Pampa, comportamiento de precipitación media mensual (período 1982 - 2015) .....	24
12.	Comportamiento precipitación promedio, (período 1982 - 2015) .....	25
13.	Estación Agua Caliente II, comportamiento de caudal medio mensual (período 1982 – 2015) .....	27
14.	Comportamiento del Índice Oceánico El Niño, (período 1982-2015).....	29
15.	Ubicación de Darwin – Tahití .....	31

16.	Comportamiento del Índice de Oscilación del Sur (período 1951 - 2017).....	32
17.	Estación El Mirador, comportamiento de la correlación simple, IOS.....	44
18.	Estación El Mirador, comportamiento de la correlación simple ONI .....	44
19.	Estación Agua Caliente, comportamiento de la correlación simple IOS.....	45
20.	Estación Agua Caliente, comportamiento de la correlación simple ONI.....	46
21.	Estación La Pastoría, comportamiento de la correlación simple IOS....	47
22.	Estación La Pastoría, comportamiento de la correlación simple ONI ...	47
23.	Estación La Pampa, comportamiento de la correlación simple IOS.....	48
24.	Estación La Pampa, comportamiento de la correlación simple ONI .....	49
25.	Precipitación promedio, comportamiento de la correlación simple IOS.....	50
26.	Precipitación promedio, comportamiento de la correlación simple ONI.....	50
27.	Estación Agua Caliente II, comportamiento de correlación simple IOS.....	51
28.	Estación Agua Caliente II, comportamiento de correlación simple ONI.....	52

## TABLAS

I.	Regiones del fenómeno El Niño .....	6
II.	Coordenadas de ubicación de la subcuenca .....	10
III.	Estaciones de precipitación evaluadas .....	12
IV.	Estación de caudal evaluada .....	14
V.	Tablas de contingencia utilizadas .....	15

VI.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de abril.....	33
VII.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de mayo.....	34
VIII.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de junio.....	34
IX.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de julio.....	35
X.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de agosto.....	35
XI.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de septiembre.....	36
XII.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de octubre.....	36
XIII.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de noviembre.....	37
XIV.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de abril.....	37
XV.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de mayo.....	38
XVI.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de junio.....	38
XVII.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de julio.....	39
XVIII.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de agosto.....	39
XIX.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de septiembre.....	40



XX.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de octubre .....	40
XXI.	Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de noviembre .....	41
XXII.	Estación el Mirador, coeficiente de correlación simple .....	43
XXIII.	Estación Agua Caliente, coeficiente de correlación simple .....	45
XXIV.	Estación La Pastoría, coeficiente de correlación simple .....	46
XXV.	Estación La Pampa, coeficiente de correlación simple .....	48
XXVI.	Precipitación promedio, coeficiente de correlación simple .....	49
XXVII.	Estación Agua Caliente II, coeficiente de correlación simple .....	51
XXVIII.	Estación El Mirador, coeficientes de correlación múltiple IOS .....	54
XXIX.	Estación Agua Caliente, coeficientes de correlación múltiple IOS .....	55
XXX.	Estación La Pastoría, coeficientes de correlación múltiple IOS .....	56
XXXI.	Estación La Pampa, coeficientes de correlación múltiple IOS .....	57
XXXII.	Precipitación promedio, coeficientes de correlación múltiple IOS .....	58
XXXIII.	Estación El Mirador, coeficientes de correlación múltiple ONI .....	59
XXXIV.	Estación Agua Caliente, coeficientes de correlación múltiple ONI .....	60
XXXV.	Estación La Pastoría, coeficientes de correlación múltiple ONI .....	61
XXXVI.	Estación La Pampa, coeficientes de correlación múltiple ONI .....	62
XXXVII.	Precipitación promedio, coeficientes de correlación múltiple ONI .....	63

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>a</b>	Coeficiente de correlación muestral
<b>b<sub>n</sub></b>	Coeficiente de correlación muestral
<b>r</b>	Coeficiente de correlación
<b>σ<sub>xy</sub></b>	Covarianza
<b>σ<sub>x</sub></b>	Desviación estándar de x
<b>σ<sub>y</sub></b>	Desviación estándar de y
<b>°C</b>	Grados Centígrados
<b>IOS</b>	Índice de Oscilación del Sur
<b>km</b>	Kilómetro
<b>km<sup>2</sup></b>	Kilómetro cuadrado
<b>μ</b>	Media aritmética
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>m/s</b>	Metro por segundo
<b>mm</b>	Milímetros
<b>msn</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>n</b>	Número de datos
<b>Y</b>	Variable dependiente
<b>X<sub>1</sub></b>	Variable independiente 1
<b>X<sub>2</sub></b>	Variable independiente 2



## GLOSARIO

<b>Boya meteorológica</b>	Equipo que recoge datos del tiempo y del océano, brindando respuesta de emergencia a derrames químicos y diseño de ingeniería.
<b>Contingencia</b>	Suceso que puede suceder o no, especialmente un problema que se plantea de forma imprevista.
<b>Correlación</b>	Valor que indica la fuerza y la dirección lineal que se establece entre dos o más variables aleatorias.
<b>Cuenca</b>	Área en la cual el agua drena, directa o indirectamente hasta un río principal y puede tener un tamaño muy variable.
<b>ENOS</b>	El Niño- Oscilación del sur
<b>Espectroradiómetro</b>	Instrumento que mide la radiación de la luz entrante, así como la reflectancia y la transmitancia en un rango espectral, es decir, permite medir la intensidad cuantitativa o absoluta en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético.
<b>IMN</b>	Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica

<b>INDE</b>	Instituto Nacional de Electrificación.
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
<b>NOAA</b>	National Oceanic and Atmospheric Administration.
<b>ONI</b>	Índice Oceánico de El Niño.
<b>Oscilación</b>	Fenómeno en el que se produce un cambio en el movimiento de algo y se realiza en forma de vaivén.
<b>QGis</b>	Sistema de Información Geográfica y de código libre para distintas plataformas.
<b>SIG</b>	Sistema de información geográfica.
<b>TSM</b>	Temperatura superficial del mar.
<b>Vientos Alisios</b>	Corrientes de aire que se generan en la atmósfera por motivos propios de la naturaleza y soplan en los Océanos Pacífico y Atlántico en las zonas de los trópicos.

## RESUMEN

El fenómeno El Niño, Oscilación del Sur, es un evento océano-atmosférico que, frecuentemente, cambia las condiciones meteorológicas del planeta. Se genera por la elevación de la temperatura del agua en el Océano Pacífico, la variación de los vientos alisios y de la presión atmosférica, durando varios meses. Para identificar la presencia del fenómeno, se evalúan diferentes parámetros, entre ellos, la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y el Índice de Oscilación del Sur (IOS).

El desarrollo del fenómeno se evalúa a partir de un área en el Océano Pacífico Tropical. Está dividida en cinco regiones: la región 3.4 en la que se establece el Índice Oceánico de El Niño (ONI), que determina si el evento es El Niño o La Niña y los períodos de tiempo en los que permanezca.

En este análisis se realizó un estudio que permite conocer los efectos del fenómeno de El Niño en los recursos hídricos de la subcuenca del río Aguacapa, la cual cuenta con registros de precipitación y caudal durante cierto período. Los efectos fueron evaluados por medio de métodos estadísticos que consistieron en correlaciones, tanto simples como múltiples, y los valores de los índices mencionados anteriormente.

Con los resultados, se estableció el valor de la correlación más alta, la cual determinó la zona de El Niño que más influye en los recursos hídricos de la subcuenca.

Con los datos históricos se crearon tablas de contingencia que contribuyeron a la identificación de los meses en los cuales el fenómeno El Niño tiene mayor incidencia en el área evaluada. También se obtuvieron datos de los efectos presentados y las condiciones, ya sean lluvioso, normal o seco a lo largo de la historia durante la presencia de un evento El Niño y de un evento de La Niña.

# OBJETIVOS

## General

Establecer la influencia de las variables que definen el fenómeno El Niño en la precipitación y los caudales en la subcuenca del río Aguacapa.

## Específicos

1. Determinar qué impactos ha tenido históricamente el fenómeno El Niño y la Niña en la lluvia de la subcuenca del río Aguacapa.
2. Determinar qué impactos ha tenido históricamente el fenómeno El Niño y la Niña en los caudales de la subcuenca del río Aguacapa.
3. Correlacionar los datos históricos del fenómeno el Niño con la precipitación y el caudal registrados en la subcuenca del río Aguacapa.
4. Presentar los modelos matemáticos que expliquen de mejor manera la correlación El Niño con el caudal y la lluvia.





## INTRODUCCIÓN

Guatemala enfrenta desafíos para gestionar adecuadamente sus recursos hídricos y conocer los fenómenos que aumentan o disminuyen, tanto la precipitación como el caudal, en las regiones del país.

El fenómeno denominado El Niño es la interacción de varios factores, razón por la cual se evalúan diferentes índices que dan a conocer las condiciones atmosféricas y oceánicas del evento, entre ellos, el Índice de Oscilación del Sur, Temperatura Superficial del Mar (TSM) e Índice Oceánico de El Niño (ONI).

Según los registros históricos del Centro de Predicción del Clima de Estados Unidos, el fenómeno El Niño es el causante de cambios en el régimen de precipitación en muchas partes del planeta, especialmente, en el continente Americano en las áreas sur, centro y una parte del norte. En ellas, ha causado inundaciones o episodios secos prolongados. Ante la ocurrencia del fenómeno, los países latinos han evidenciado su vulnerabilidad, como puede constatarse en los estudios de organizaciones, en los años anteriores.

En la siguiente investigación se pretende comprobar si la presencia del fenómeno tiene efectos directos sobre los recursos hídricos que se encuentran localizados en la subcuenca del río Aguacapa, ubicada entre los departamentos de Guatemala y Santa Rosa, y abarca algunos de sus municipios. Este estudio es importante porque en el área evaluada se encuentran plantas generadoras de energía eléctrica que necesitan conocer las condiciones climáticas durante la ocurrencia del evento.

Se abarcará un período de estudio significativo durante el cual se apliquen diferentes métodos estadísticos que evidencien la relación entre la presencia del fenómeno El Niño y los registros de cuatro estaciones de precipitación y una de caudal ubicadas dentro del área de estudio, además se identificarán los meses en los que se agudizan los efectos para, posteriormente, elaborar un plan de medidas de mitigación que minimicen los efectos del fenómeno.

# **1. FENÓMENO EL NIÑO/OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS)**

## **1.1. Descripción del fenómeno**

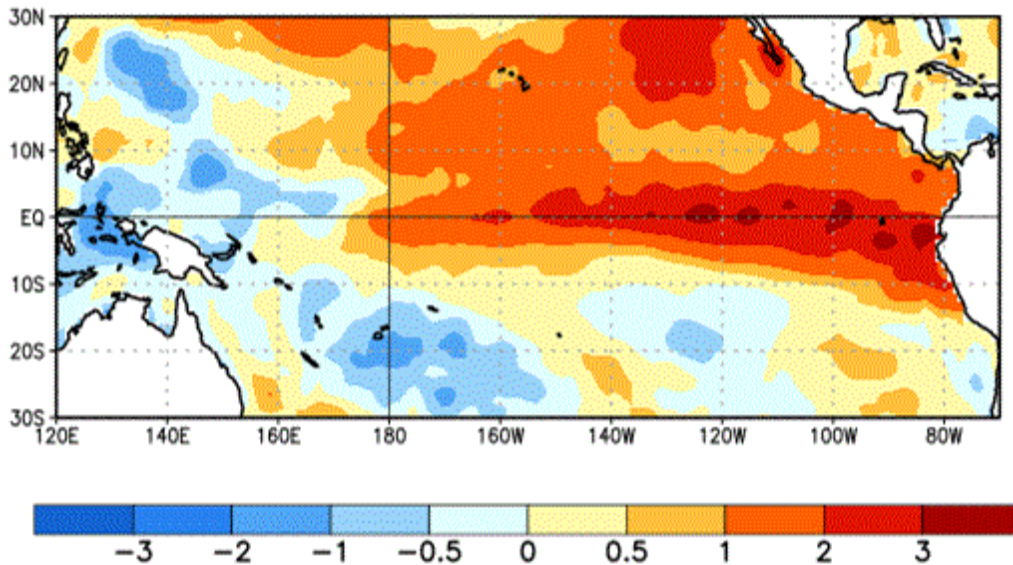
El fenómeno El Niño es la fase cálida del ciclo denominado ENOS (El niño-Oscilación del Sur), y el fenómeno La Niña es su fase fría. Se origina por la interacción de eventos, como la variación de la temperatura en las aguas del Océano Pacífico Tropical, cambios en los vientos alisios del este del Océano Pacífico y en la presión atmosférica.

La presencia del fenómeno se refleja en los cambios atmosféricos que se registran en diferentes partes del planeta, entre ellos, se encuentran, variación en la distribución de la precipitación que se presenta en las zonas tropicales, la circulación inversa del viento sobre el ecuador y la disminución de la cantidad de huracanes que regularmente se presentan en el Océano Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México.

El Niño da origen al afloramiento de las aguas profundas del océano que causan una variación en la presión atmosférica, ya que las aguas cálidas son trasladadas desde el este hacia el lado oeste del Océano Pacífico.

Se estima que el fenómeno El Niño se forma en el período de junio a agosto y sus efectos se intensifican durante los meses de diciembre a abril; generalmente, se desintegra en el transcurso de mayo a julio. Se estima que el fenómeno dura entre 9 y 12 meses, sin embargo, en algunas ocasiones ha permanecido durante 2 años o más. La periodicidad del fenómeno es bastante irregular ya que puede ser de 3 a 5 años.

Figura 1. Fenómeno El Niño activo el 5 de agosto de 2015



Fuente:

[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_disc\\_aug2015/figura1.gif](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_disc_aug2015/figura1.gif)

Consulta: 3 de junio de 2017.

## 1.2. Antecedentes

El fenómeno El Niño/Oscilación del Sur ha cobrado importancia mundial debido a que cambia las condiciones atmosféricas en todo el continente. Según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), en Guatemala, ha provocado carencia de lluvias e incremento en la temperatura ambiente.

Probablemente, la intensidad del fenómeno es un factor determinante en la forma en que afecta el país. El Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN) tiene registro de que el fenómeno El Niño que se presentó en el

período 2014 – 2015 ha sido el evento Niño de mayor intensidad en comparación a los ocurridos en 1982-1983 y 1997-1998.

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) registró, durante el año 2015, los principales efectos observados durante la presencia del fenómeno. Entre ellos están un fuerte déficit de lluvias en regiones Central y Pacífico, con canículas prolongadas hasta de 27 días, mientras que en algunas zonas del Caribe, se presentaron lluvias abundantes.

Durante la presencia del fenómeno los registros del Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN) señalan sequías severas en Norteamérica; en la región del Pacífico de Centroamérica se han presentado períodos de sequías, mientras que en el Atlántico y Golfo de México, precipitaciones excesivas. En la parte sur de América, en países, como Perú, Ecuador, Chile y Bolivia la precipitación ha sido intensa mientras que en Colombia y Venezuela la precipitación ha sido escasa. En Brasil, específicamente en el área del Amazonas, las sequías registradas son graves, y sus consecuencias han sido incendios forestales. En el lado este de Argentina, en Uruguay y en el sur de Brasil la precipitación registrada ha sido abundante en verano y primavera.

Figura 2. **Repercusiones climáticas del fenómeno El Niño en América Latina y el Caribe**



Fuente: [https://www.imn.ac.cr/documents/10179/37774/5-EL+NI%C3%91O\\_FASE\\_CALIDA\\_ENSO.pdf/218b0b44-31f1-48fe-92fa-4853c6beab46](https://www.imn.ac.cr/documents/10179/37774/5-EL+NI%C3%91O_FASE_CALIDA_ENSO.pdf/218b0b44-31f1-48fe-92fa-4853c6beab46).  
Consulta: 20 de junio 2017.

El Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica –IMN- registra que El Niño ha estado activo en los siguientes períodos:

- Marzo a noviembre de 1953
- Abril 1957 a junio 1958

- Junio 1963 a febrero 1964
- Mayo 1965 a junio 1966
- Abril 1972 a marzo 1973
- Agosto 1976 a marzo 1977
- Julio 1977 a enero 1978
- Abril 1982 a julio 1983
- Agosto 1986 febrero 1988
- Marzo 1991 a julio 1992
- Febrero 1993 septiembre 1993
- Junio 1994 a marzo 1995
- Abril 1997 a abril 1998
- Mayo 2002 a marzo 2003
- Junio 2009 a mayo 2010
- Octubre 2014 a octubre 2015.

El fenómeno la Niña en los siguientes períodos:

- Enero 1950 - marzo 1951
- Julio 1954 - diciembre 1957
- Julio 1964 - marzo 1965
- Octubre 1970 - diciembre 1971
- Julio 1973 - marzo 1976
- Octubre 1983 - junio 1985
- Julio 1988 - junio 1989
- Octubre 1995 - marzo 1996
- Junio 1998 - junio 2000
- Julio 2007 - mayo 2008
- Julio 2010 - marzo 2011



- Septiembre 2011 - marzo 2012

### 1.3. Monitoreo

La presencia del fenómeno El Niño afecta directamente la Temperatura Superficial del Mar (TSM), el nivel del mar, la intensidad y/o dirección de los vientos alisios y corrientes, la temperatura del aire y la presión atmosférica superficial. Por ello, se realiza una medición de estos parámetros y el área afectada del Océano Pacífico es dividida en 4 regiones, comprendidas de la siguiente forma:

Tabla I. **Regiones del fenómeno El Niño**

Región	Latitud	Longitud
1+2	0° - 10°S	90°O – 80°O
3	5°N - 5°S	150°O – 90°O
4	5°N - 5°S	150°O – 160°E
3.4	5°N - 5°S	170°O – 120°O

Fuente:

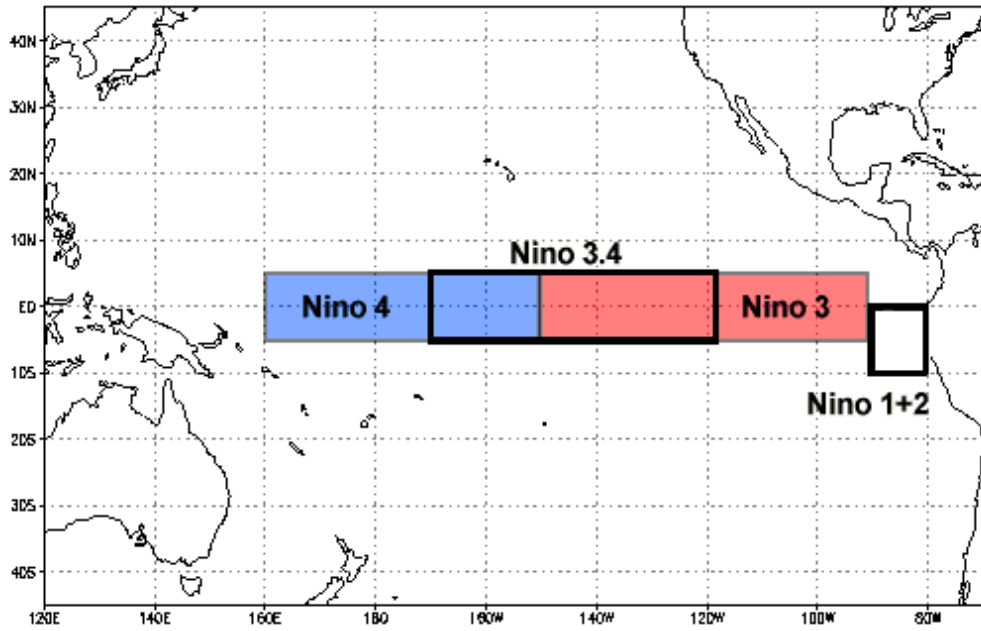
<http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/BOLETINES/hidroclimatico/INDICES-CLIMATICOS.pdf>

Consulta: 25 de junio de 2017.

Los cambios máximos en la Temperatura Superficial del Mar se localizan en las regiones Niño 3 y 4.

Las irregularidades en la temperatura superficial del mar son medidas por el Índice Oceánico del Niño. Se realiza calculando la media de 3 meses de anomalías en la temperatura. La medición de la TSM se realiza en la región Niño 3,4 a través de un sensor que condiciona un umbral de +/- 0,5 °C que define los episodios del Niño (+) o la Niña (-).

Figura 3. Regiones del fenómeno El Niño



Fuente: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>.

Consultado: 24 de junio de 2017.



## **2. OBJETO DE ESTUDIO**

### **2.1. Subcuenca del río Aguacapa**

Esta subcuenca forma parte de la cuenca del río María Linda cuya vertiente se ubica en el Océano Pacífico. Es muy importante estudiarla porque abarca tres plantas de generación de energía que funcionan con el recurso hídrico. Este estudio contribuirá a que el recurso sea administrado de manera más eficiente para favorecer el desarrollo económico y social de la población.

#### **2.1.1. Ubicación geográfica**

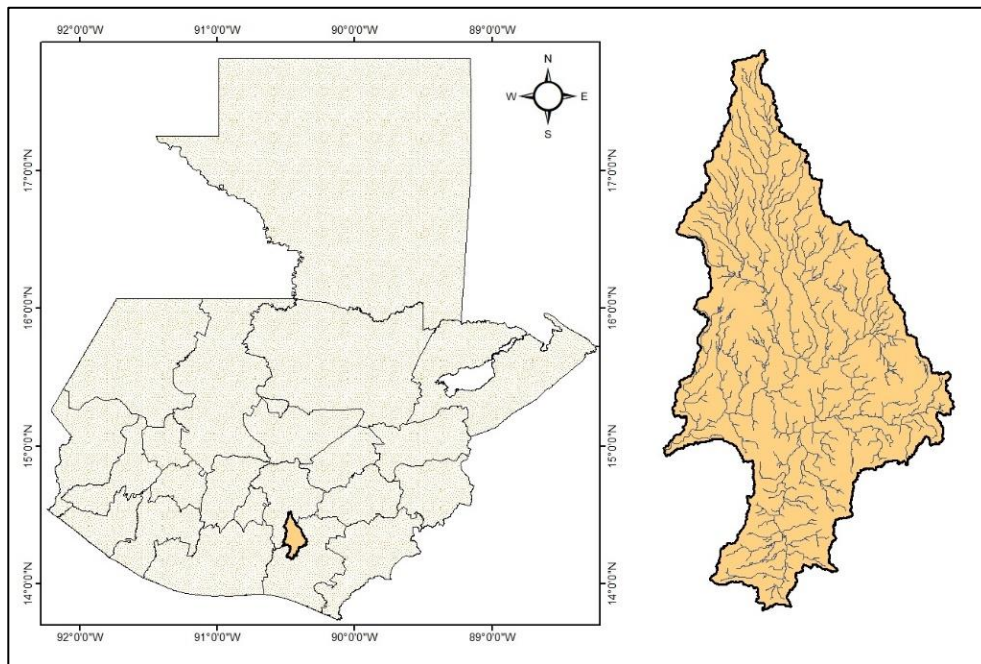
La subcuenca del río Aguacapa se localiza entre los departamentos de Guatemala y Santa Rosa, exactamente en los municipios de Villa Canales, Fraijanes, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Cruz Naranjo. La mayor parte de la subcuenta está en el municipio de Barberena. La subcuenca colinda al noreste con la subcuenca del río Las Cañas, al sureste con la subcuenca del área de captación del río Los Esclavos, al sur con la subcuenca del río Paso Hondo, al suroeste con la subcuenca del área de captación del río María Linda y al noroeste con la subcuenca del río Michatoya.

Tabla II. **Coordenadas de ubicación de la subcuenca**

Coordenadas		
	Latitud	Longitud
<b>Al Norte</b>	14°31'19,272"	90°28'20,175"
<b>Al Sur</b>	14°10'54,862"	90°27'38,415"

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Ubicación de la subcuenca del río Aguacapa**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

## **2.1.2. Características morfométricas**

El análisis morfométrico es un instrumento que se utiliza para determinar las características de una cuenca hidrográfica, como área, perímetro, longitud del cauce principal, entre otros. A través de él, se obtiene información precisa sobre la funcionalidad de la subcuenca ante eventos relacionados con los recursos hídricos que dentro de ella se encuentren, por ello, los datos obtenidos para este informe fueron determinados a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

### **2.1.2.1. Perímetro de la subcuenca**

El perímetro es el límite de la superficie que ocupa la subcuenca determinado por el parteaguas de la misma, cuya medición establece su forma.

Para la subcuenca del río Aguacapa, el perímetro es de 174,53 km.

### **2.1.2.2. Área de la subcuenca**

El área es la parte interna del perímetro, es decir, la superficie plana ocupada por la subcuenca. De acuerdo con la medición realizada se determinó que el área de la subcuenca del río Aguacapa es de 365,82 km<sup>2</sup>.

### **2.1.2.3. Longitud del cauce principal**

La longitud es la distancia desde el punto de salida hasta el drenaje del afluente principal de la subcuenca que recibe aportes de otros cauces. En esta investigación se determinó que la longitud del cauce principal es de 40,44 km.

### 2.1.3. Estaciones hidrométricas de la subcuenca

Las estaciones son lugares donde se obtiene información sobre la cantidad de precipitación, volúmenes, niveles, flujos de corriente, propiedades físicas, químicas entre otras sobre los ríos, lagos y embalses.

Para la subcuenca del río Aguacapa se cuentan con cuatro estaciones, a cargo del Instituto Nacional de Electrificación (INDE), que monitorean algunos de los parámetros descritos anteriormente entre ellos la precipitación.

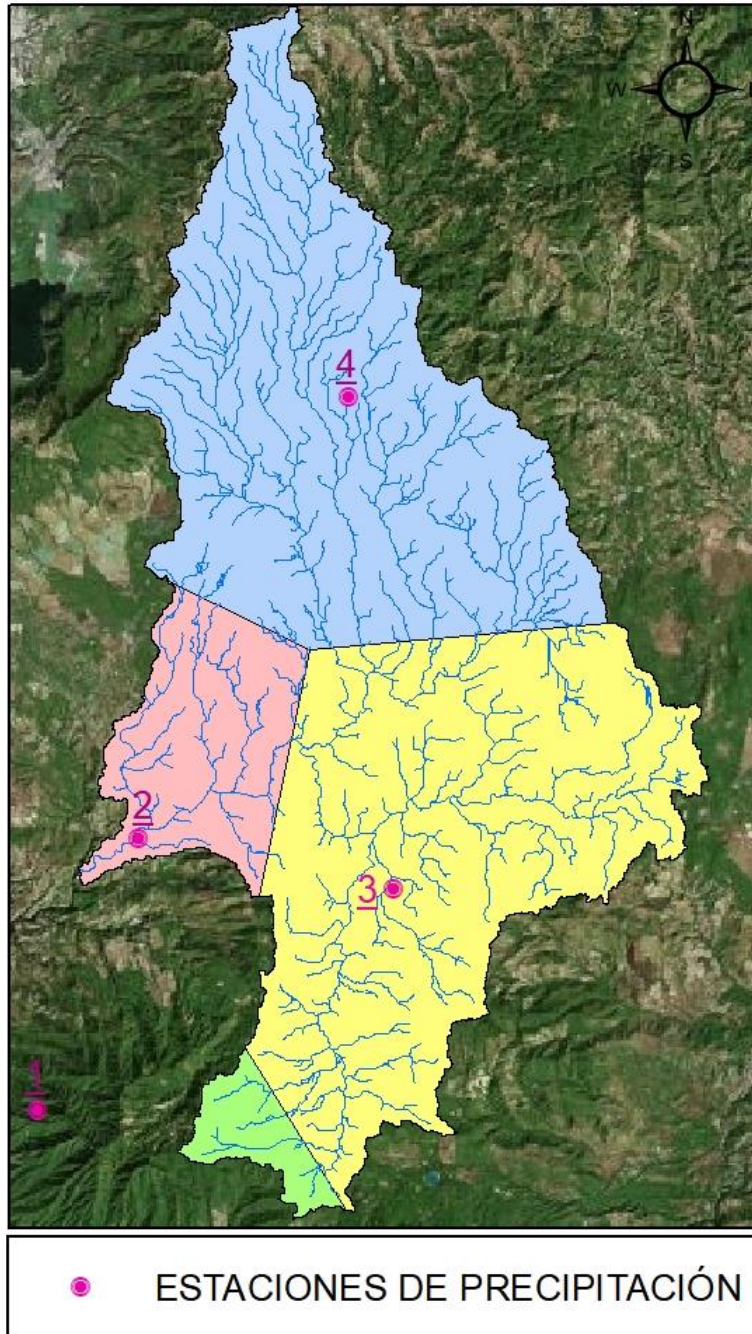
Tabla III. Estaciones de precipitación evaluadas

No.	Nombre de la Estación	Elevación (msnm)	Latitud	Longitud	Área de influencia (Km <sup>2</sup> )
1	<b>El Mirador</b>	760,00	14°12'40"	90°32'15"	10,975
2	<b>Agua Caliente</b>	720,00	14°17'20"	90°30'31"	41,487
3	<b>La Pastoría</b>	1 020,00	14°16'28"	90°26'10"	152,06
4	<b>La Pampa</b>	1 300,00	14°24'53"	90°26'55"	161,301

Fuente: elaboración propia.

El área de influencia de cada estación en la técnica de los polígonos de Thiessen se puede observar en la figura 5 y, para el monitoreo del caudal, se cuenta con una estación en la salida de la cuenca, ver figura 6.

Figura 5. **Ubicación y área de influencia de las estaciones de precipitación evaluadas**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

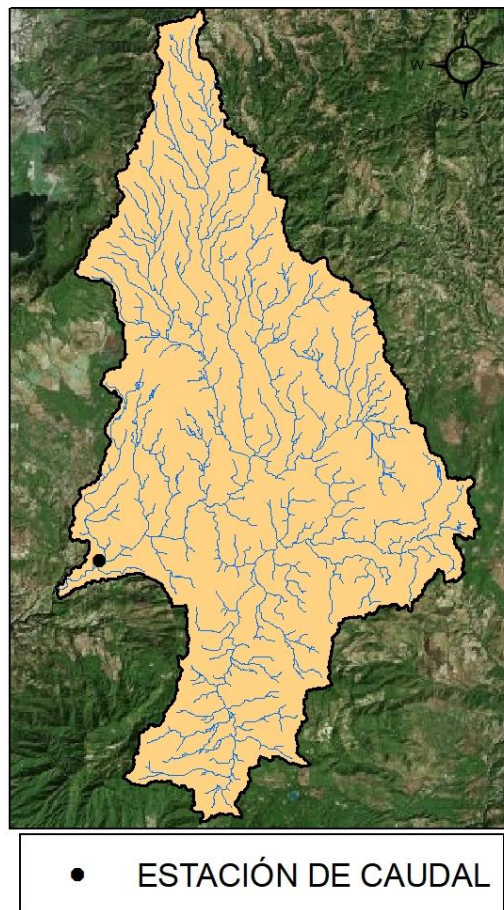


Tabla IV. **Estación de caudal evaluada**

Nombre de la Estación	Elevación (msnm)	Latitud	Longitud
Agua Caliente II	682,00	14°17'28"	90°30'29"

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Ubicación y área de influencia de la estación de caudal evaluada**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

### 3. METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

El análisis estadístico es elemental en la evaluación de los recursos hídricos para conocer la influencia que tienen los fenómenos sobre los mismos.

#### 3.1. Tablas de contingencia

Las tablas de contingencia, normalmente, se utilizan para comparar las características cualitativas de dos o más variables, es decir, analizar si existe una relación entre las variables que conforman las filas y las variables que conforman las columnas observándose una frecuencia en las casillas que la componen.

Para esta investigación las tablas de contingencia se elaborarán de la siguiente forma:

Tabla V. **Tablas de contingencia utilizadas**

Mes		Niña	Neutro	Niño
	Seco			
	Normal			
	Lluvioso			

Fuente: elaboración propia.

La clasificación de la columna se hará con base en la relación de la precipitación registrada en los meses evaluados durante el período establecido (34 años), con el cálculo de percentiles de esos mismos datos, de la siguiente manera:

Mes seco: precipitación < percentil 0,33

Mes Normal: percentil 0,33< precipitación < 0,66

Mes Lluvioso: percentil 0,66> precipitación.

La clasificación de las filas se hará en base al ONI, que se registra en los meses indicados durante los 34 años evaluados, la siguiente manera:

Niña: ONI < -0,5

Neutro: -0,5< ONI < 0,5

Niño: ONI >0,5

### **3.2. Correlaciones**

Una correlación es el grado de intensidad de la asociación que poseen dos o más variables aleatorias, explica solamente la variación de una en función de la otra u otras variables.

#### **3.2.1. Correlación simple**

Es el análisis estadístico para medir e indicar la variación conjunta de dos variables o su grado de relación, una variable es dependiente y la otra independiente.

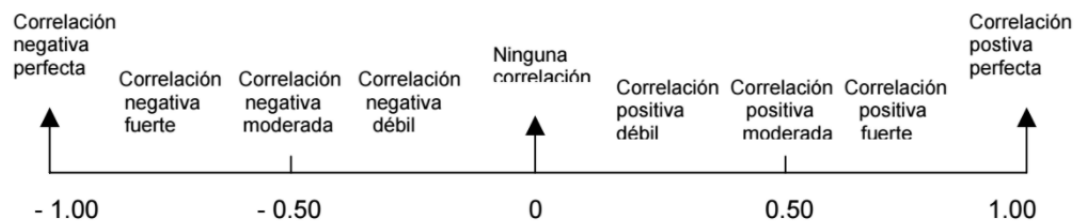
El valor de dicha relación se determina por medio del coeficiente de correlación lineal de Pearson, según la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Siendo r el coeficiente de correlación lineal de Pearson.

El valor del coeficiente puede estar comprendido entre -1 y 1. El valor es positivo cuando la correlación es directa y negativo cuando la correlación es inversa. Cuando no existe correlación el valor es 0.

Figura 7. **Análisis del coeficiente de correlación**



Fuente: VILLA, Alicia, SEDANO, Máximo, LÓPEZ, Ana, JUAN, Ángel A. *Correlación lineal y análisis de regresión*. p 4.

### 3.2.2. Correlación múltiple

La correlación múltiple es el análisis que se utiliza para conocer la relación entre dos o más variables independientes para conocer la variación de una sola variable dependiente. Se determina su comportamiento con la siguiente expresión:

$$y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

Siendo:

$Y$  = variable dependiente

$X_n$  = variables independientes

$a, b_1, b_2, \dots, b_n$  = coeficientes de correlación muestral

$$b_1 = \frac{[\sum x_2^2 - n(\bar{x}_2)^2][\sum X_1Y - n(\bar{X}_1)(\bar{Y})] - [\sum X_1X_2 - n(\bar{X}_1)(\bar{X}_2)][\sum X_2Y - n(\bar{X}_2)(\bar{Y})]}{[\sum x_1^2 - n(\bar{x}_1)^2][\sum x_2^2 - n(\bar{x}_2)^2] - [\sum X_1X_2 - n(\bar{X}_1)(\bar{X}_2)]^2}$$

$$b_2 = \frac{[\sum x_1^2 - n(\bar{x}_1)^2][\sum X_2Y - n(\bar{X}_2)(\bar{Y})] - [\sum X_1X_2 - n(\bar{X}_1)(\bar{X}_2)][\sum X_1Y - n(\bar{X}_1)(\bar{Y})]}{[\sum x_1^2 - n(\bar{x}_1)^2][\sum x_2^2 - n(\bar{x}_2)^2] - [\sum X_1X_2 - n(\bar{X}_1)(\bar{X}_2)]^2}$$

$$a = \bar{Y} - b_1\bar{X}_1 - b_2\bar{X}_2$$

Para determinar el grado de correlación se calcula un coeficiente de relación múltiple en el que se establece la relación entre la variable dependiente y una independiente, mientras las demás variables independientes son tomadas como constantes. El coeficiente se determina con la fórmula:

$$r = \sqrt{\frac{a \sum Y + b_1 \sum X_1Y + b_2 \sum X_2Y - n\bar{Y}^2}{\sum Y^2 - n\bar{Y}^2}}$$

Siendo r el coeficiente de correlación múltiple.

## **4. VARIABLES DE ESTUDIO**

Para realizar el análisis estadístico los datos deben estar ordenados, así se determina el período de tiempo sobre el que se realiza el estudio. En el caso de la subcuenca del río Aguacapa el período de estudio es de 34 años.

### **4.1. Hidrología de la cuenca**

La hidrología de una cuenca comprende los aspectos relacionados con el agua que se encuentre dentro de ella, sea esta superficial o subterránea. El estudio hidrológico de cuenca da a conocer el comportamiento que tiene el recurso hídrico para administrarlo de forma adecuada y conocer los riesgos que existen ante algún fenómeno o evento climatológico.

#### **4.1.1. Precipitación**

La precipitación es el agua procedente de la atmósfera y que en forma sólida o líquida se deposita en la superficie de la tierra. Este evento sucede cuando la atmósfera se satura de vapor de agua que, después, se condensa y las partículas tienden a caer. La atmósfera se satura de dos formas: la primera es enfriándose, lo cual reduce la cantidad de vapor de agua para saturarse y la segunda, es por la existencia de mayor humedad en el ambiente.

Para comprender el comportamiento de la precipitación en las estaciones estudiadas dentro de la cuenca, se observa en la figura 8 la precipitación de la estación El Mirador, cuyo promedio anual es de 2 862,6 mm, quedando definida la época lluviosa en los meses de mayo a octubre, en los que en promedio

llueve 2 652,7 mm, mientras que la época seca, comprendida entre los meses de noviembre a abril, en promedio caen 210 mm de lluvia.

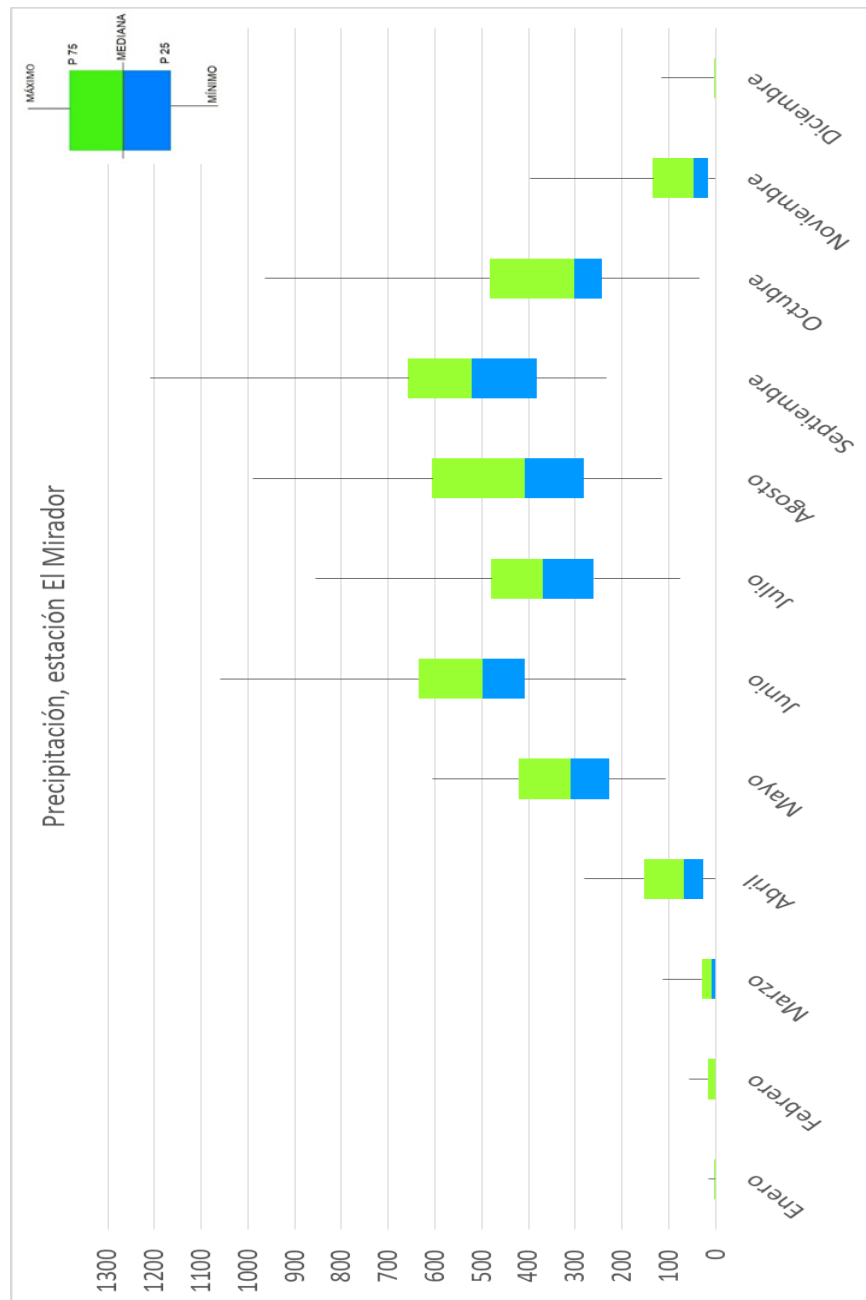
En la figura 9 se muestra la precipitación de la estación Agua Caliente cuyo promedio anual es de 1 703,9 mm, la época lluviosa está comprendida entre los meses de mayo a octubre y en promedio caen 1 586,7 mm, en la época seca comprendida entre los meses de noviembre a abril, en promedio caen 1 17,2 mm de lluvia.

La figura 10 indica la precipitación de la estación La Pastoría, que tiene un promedio anual de 1 769 mm y en la cual se observa que la época lluviosa queda comprendida entre los meses de mayo a octubre, teniendo un promedio de 1 611,1 mm, mientras que la época seca que se marca entre los meses de noviembre a abril, llueve en promedio 158 mm.

La figura 11 presenta el comportamiento de la precipitación de la estación La Pampa, en la que el promedio anual es de 2 286,9 mm, quedando como época lluviosa los meses de mayo a octubre, con un promedio de 2 112,7 mm y como época seca los meses de noviembre a abril, en los que el promedio de lluvia es de 174,3 mm.

En la figura 12 se observa el comportamiento de la precipitación promedio, cuyo valor anual es de 2 022,6 mm, la época lluviosa es entre los meses de mayo a octubre, en los que, en promedio, llueve 1 860,8 mm y la época seca comprendida entre los meses de noviembre a abril, en promedio, llueve 161,9mm. Los datos que dan origen a los gráficos fueron proporcionados por el INDE.

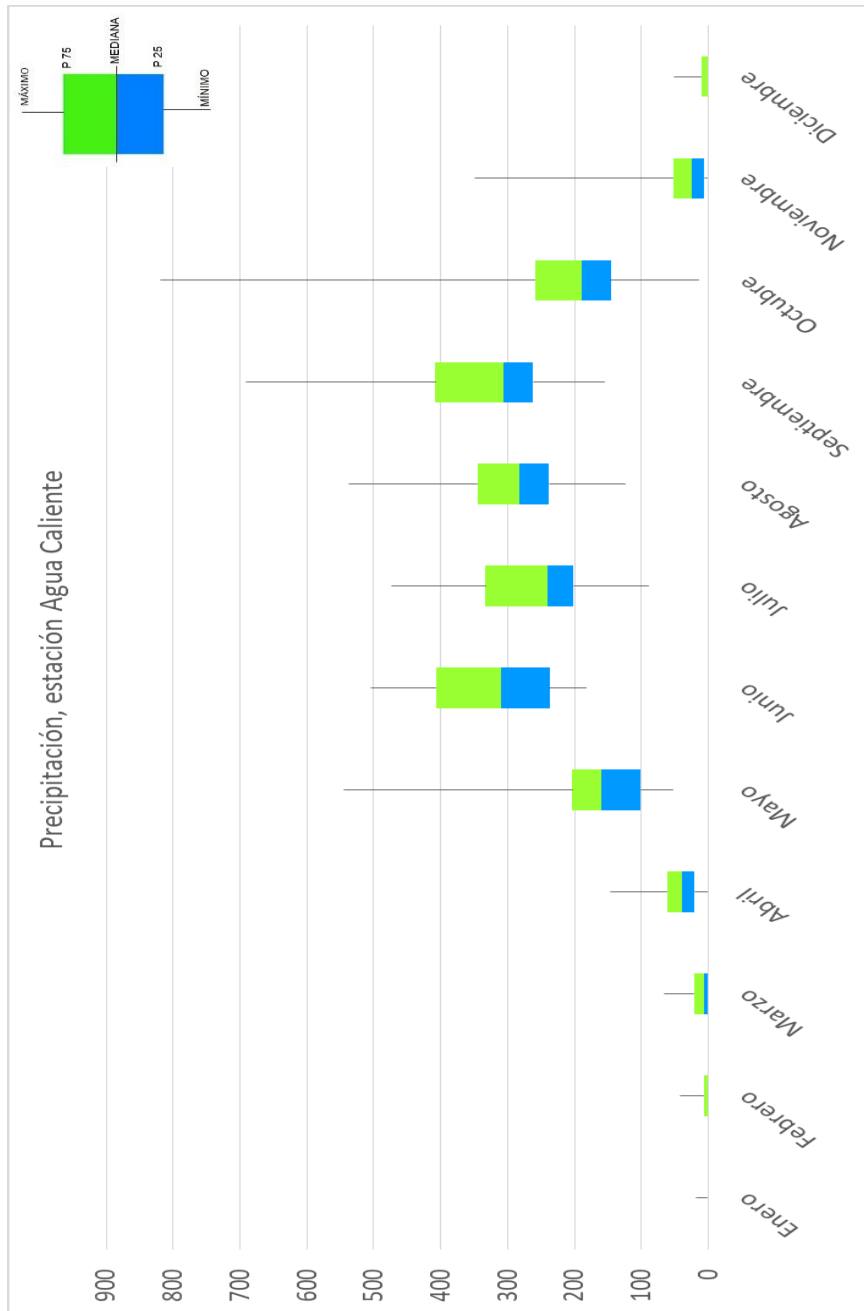
Figura 8. Estación El Mirador, comportamiento de precipitación media mensual (período 1982 - 2015)



Fuente: elaboración propia.

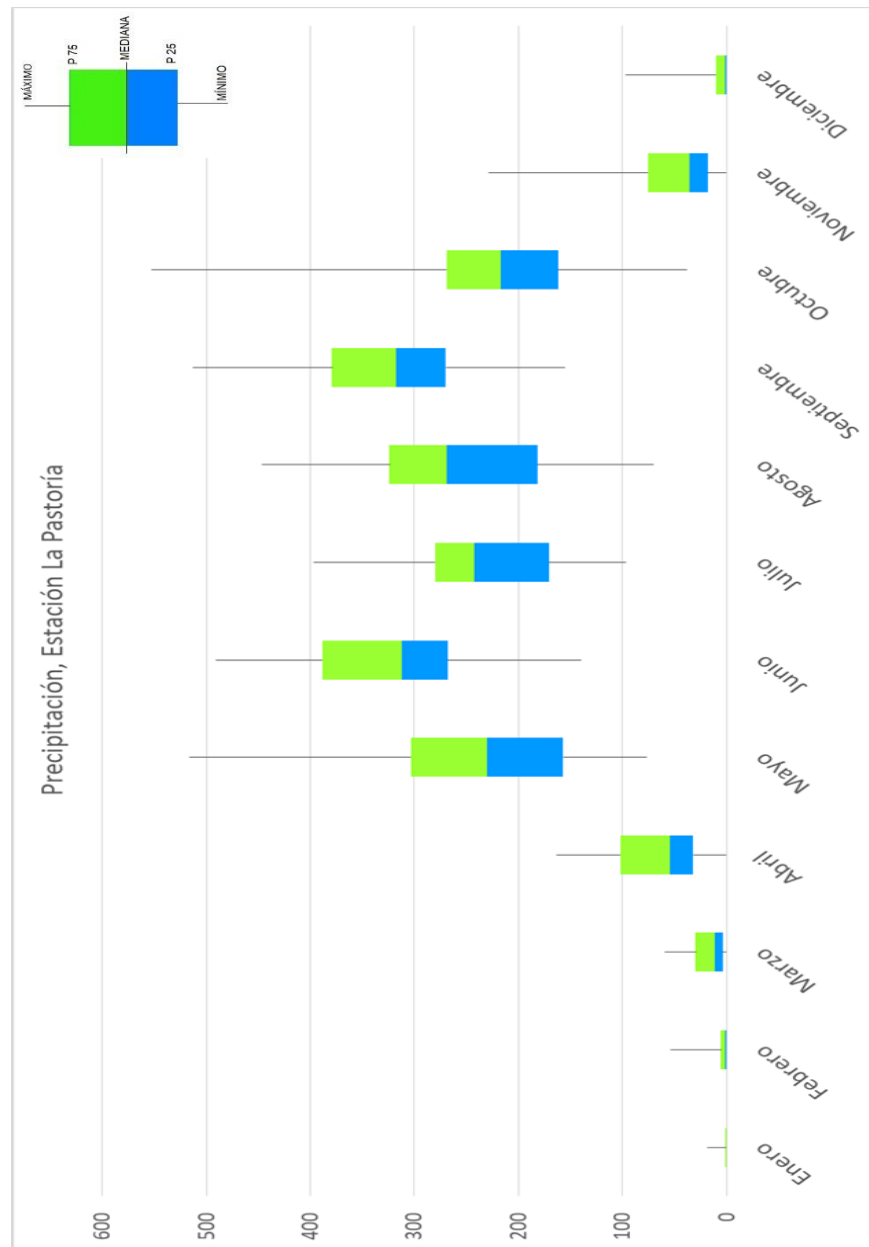


Figura 9. **Estación Agua Caliente, comportamiento de precipitación media mensual (período 1982 - 2015)**



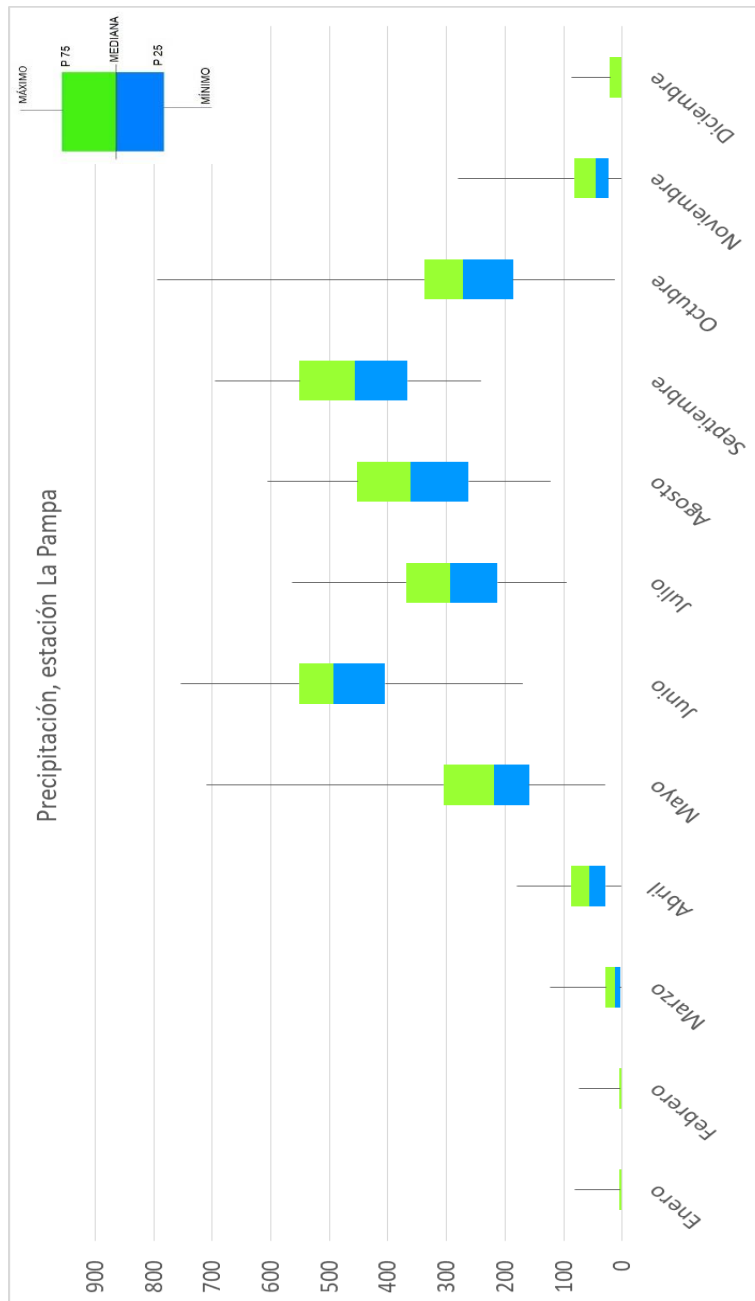
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Estación La Pastoría, comportamiento de precipitación media mensual (período 1982 - 2015)**



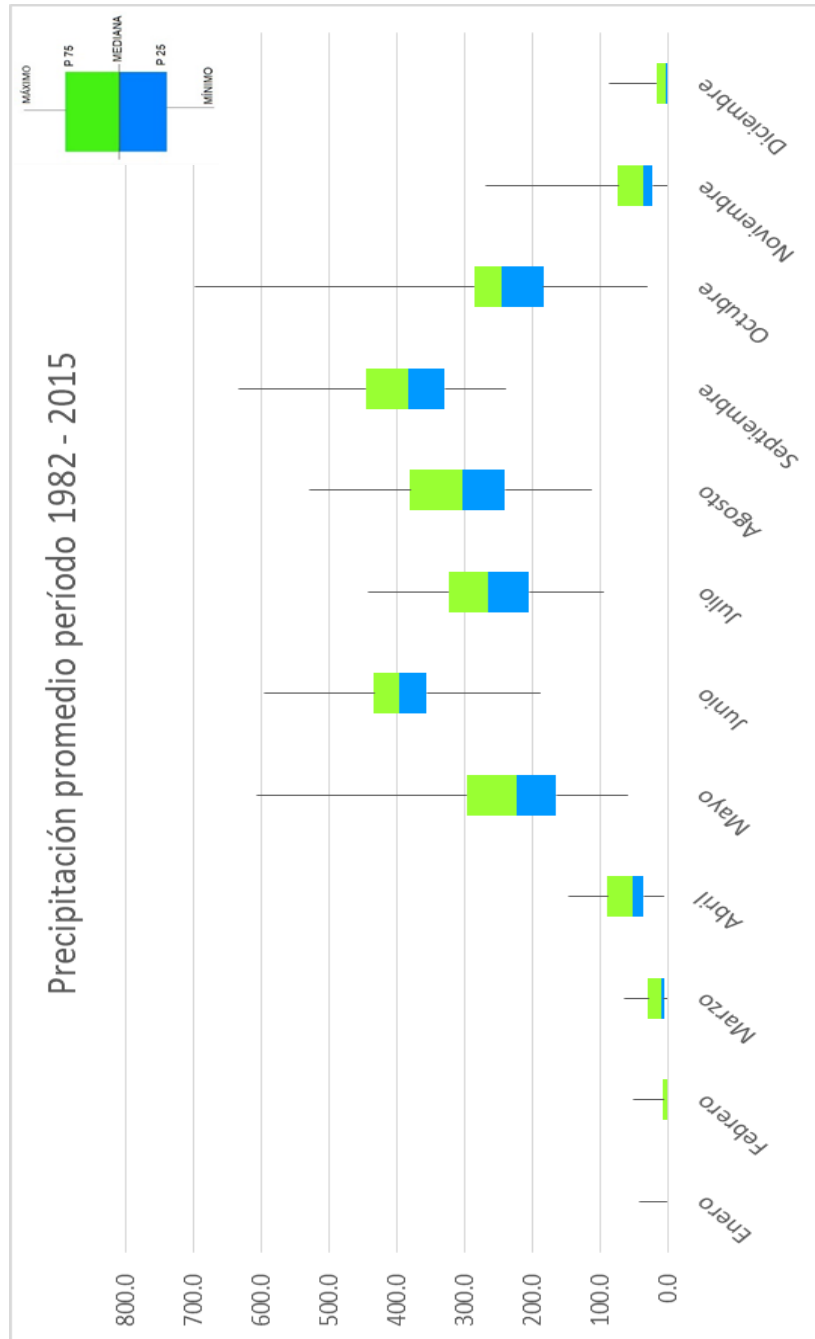
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Estación La Pampa, comportamiento de precipitación media mensual (período 1982 - 2015)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Comportamiento precipitación promedio, (período 1982 - 2015)**

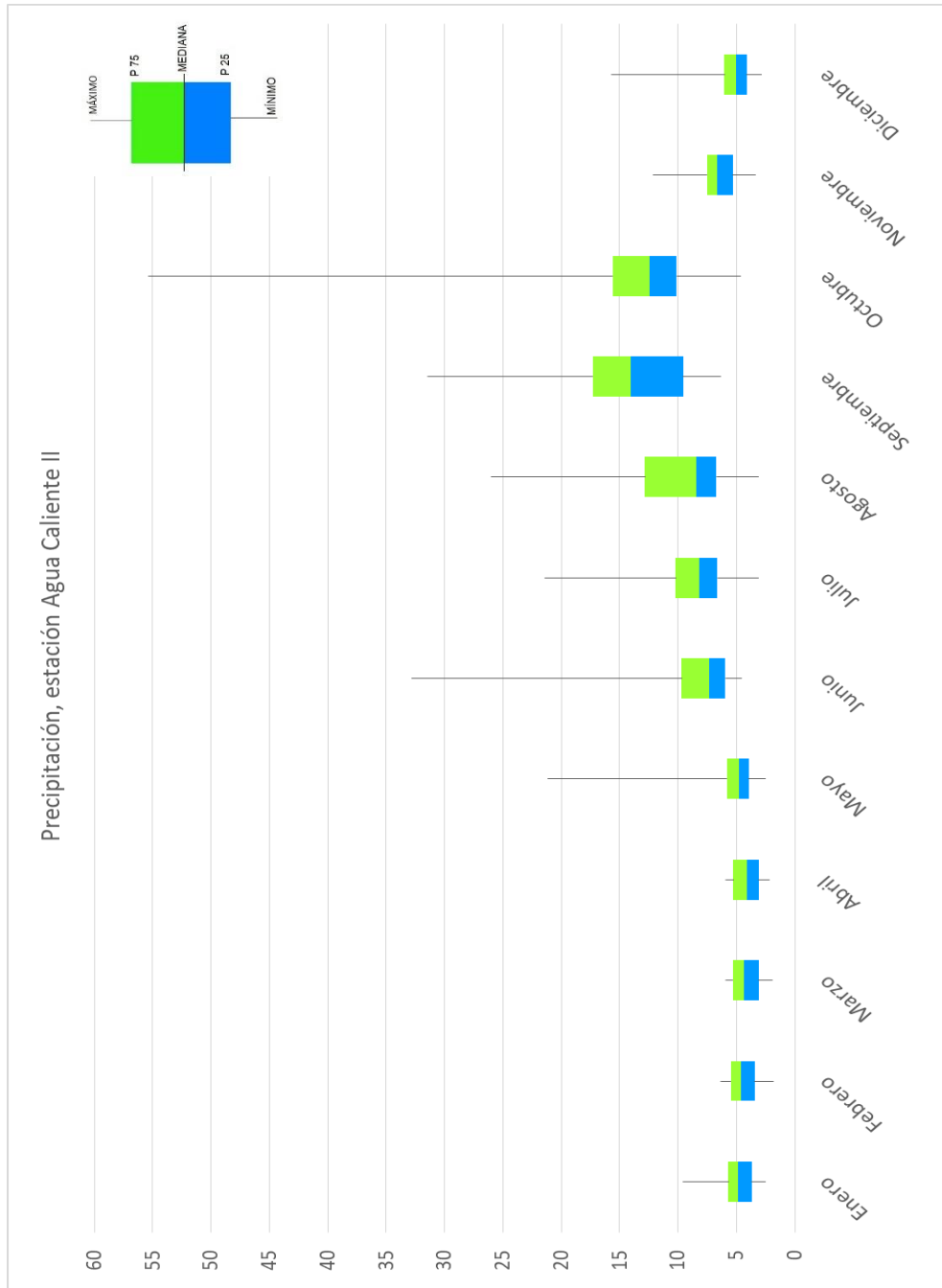


Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.2. Caudal**

El caudal se define como el volumen de un fluido que se encuentra en movimiento sobre un determinado lugar en una unidad de tiempo. El fluido analizado en esta investigación es el agua que se desplaza en la superficie de la cuenca. Para una mejor comprensión en la figura 13 se observa el comportamiento del caudal en la estación Agua Caliente II cuyo promedio anual es de 89,7 m<sup>3</sup>/s. En la época lluviosa, comprendida entre los meses de mayo a octubre, se registran los niveles más altos y tienen un caudal promedio de 60 m<sup>3</sup>/s mientras que en los meses de noviembre a abril se aprecian los niveles bajos con un promedio de 29,7 m<sup>3</sup>/s. Los datos que dan origen al gráfico fueron proporcionados por el INDE.

Figura 13. Estación Agua Caliente II, comportamiento de caudal medio mensual (período 1982 – 2015)



Fuente: elaboración propia.

## **4.2. Nivel oceánico**

El agua de los océanos, por su composición física, puede tener diferentes propiedades y para los efectos de esta investigación se estudiará únicamente la propiedad térmica debido a que la temperatura del mar influye directamente en la forma de distribución de las masas de agua en todo el océano.

### **4.2.1. Temperatura superficial del mar**

Es la medida de la energía debida al movimiento de las partículas en la capa superior de los océanos.

Inicialmente, se usaban instrumentos instalados en costas, barcos y boyas para determinar la temperatura superficial del mar. Desde 1980, la mayor parte de esta información se ha obtenido por medio de las observaciones satelitales, con instrumentos, como el espectroradiómetro de imágenes de resolución moderada. Los océanos emiten radiación en longitudes de onda infrarrojas y microondas; la amplitud de la longitud de onda depende de la temperatura del océano y, por lo tanto, puede ser utilizada para medirla. La radiación infrarroja del océano proviene de la capa superior de diez micrómetros de espesor y la radiación de las microondas proviene de la capa superior de un milímetro.

Además de los satélites y barcos, también existe una gran cantidad de boyas meteorológicas midiendo la temperatura y salinidad de los océanos.

#### 4.2.2. Índice Oceánico El Niño –ONI-

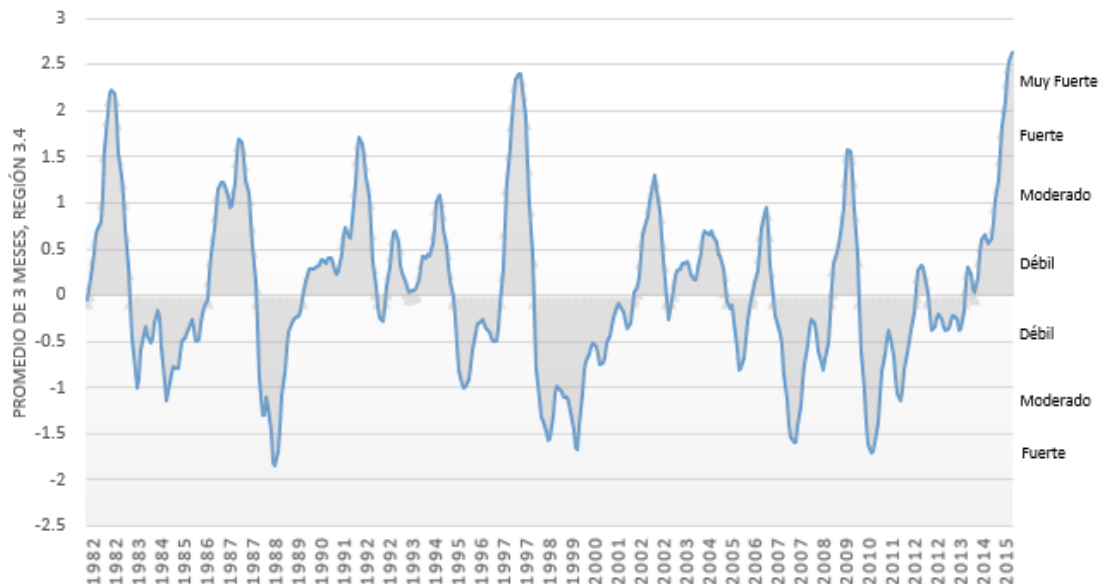
Es el parámetro utilizado para identificar los fenómenos, la fase cálida que es El Niño y la fase fría, que es La Niña del Océano Pacífico, es calculada como la media de tres meses consecutivos de anomalías en la temperatura superficial del mar, específicamente sobre la región 3.4.

Para identificar el fenómeno que se desarrolla, se utiliza una escala del ONI descrita de la siguiente manera:

Niña:  $ONI < -0,5$

Niño:  $ONI > 0,5$ .

Figura 14. **Comportamiento del Índice Oceánico El Niño, (período 1982-2015)**



Fuente: elaboración propia.



### **4.3. Nivel atmosférico**

La atmósfera es un componente principal del clima, ya que en ella se producen los fenómenos meteorológicos y climáticos que afectan la tierra. La interacción de los elementos terrestres, permiten que las masas de aire tengan movimiento y exista un equilibrio de temperatura en la tierra, con zonas de altas presiones y zonas de bajas presiones.

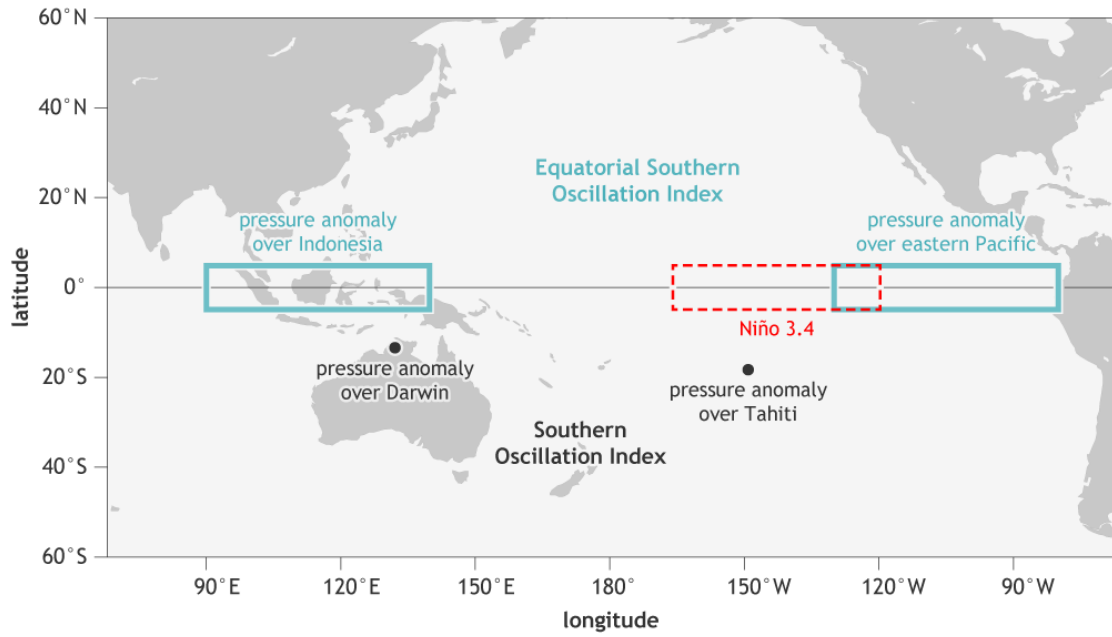
#### **4.3.1. Presión atmosférica**

Es la fuerza ejercida por el aire en cualquier punto de la atmósfera. Los valores de presión mayores se presentan en la troposfera, debido a que el peso del aire de las demás capas se adiciona.

#### **4.3.2. Índice de oscilación del sur**

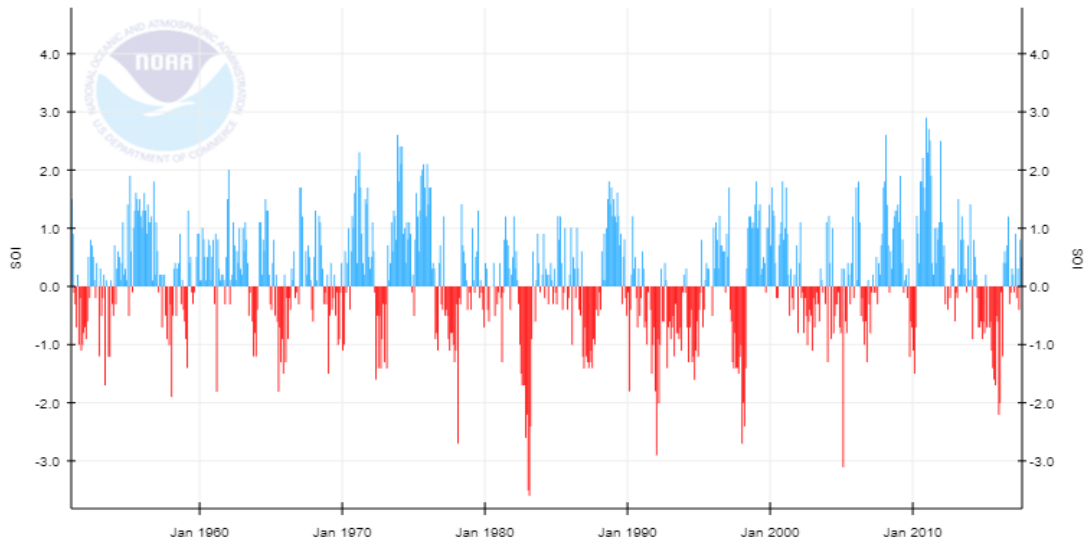
Es un valor que se obtiene de la diferencia de los valores superficiales de presión atmosférica entre la isla de Tahití, Polinesia Francesa y Darwin, Australia. El índice sirve para observar el comportamiento de las presiones atmosféricas y dar seguimiento a El Niño Oscilación del Sur (ENOS). En la figura 14 se observa la ubicación de los lugares en los que se toman los datos para calcular el índice y en la figura 15 se puede observar el comportamiento o la variación del índice desde el año 1950 hasta 2017.

Figura 15. **Ubicación de Darwin – Tahití**



Fuente: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/why-are-there-so-many-enso-indexes-instead-just-one>. Consulta: 5 de septiembre de 2017.

Figura 16. **Comportamiento del Índice de Oscilación del Sur (período 1951 - 2017)**



Fuente: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>. Consulta: 5 de septiembre de 2017.

## 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 5.1. Tablas de contingencia

Las tablas fueron determinadas para conocer los meses en los que probablemente los efectos del fenómeno El Niño se intensifiquen. Los datos utilizados fueron clasificados de acuerdo con su percentil 0,33 y 0,66 respectivamente y, a través de ellos, se determinaron tres posibles eventos: seco, normal y lluvioso.

Por medio del valor del índice ONI se supo si el fenómeno se estaba suscitando, ya sea Niño, Niña o Neutro. Al tener la clasificación completa de los datos por medio de los parámetros mencionados, se armó la tabla de contingencia para saber en qué mes se presenta el fenómeno y su intensidad. Enero, febrero, marzo y diciembre no fueron clasificados puesto que, generalmente, son meses con bajo registro de lluvia.

Tabla VI. **Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de abril**

		Niña	Neutro	Niño
ABRIL	Seco	17 %	36 %	33 %
	Normal	33 %	27 %	50 %
	Lluvioso	50 %	36 %	17 %

Fuente: elaboración propia.

En eventos El Niño, durante el mes de abril el 50 % del tiempo ha registrado condiciones normales mientras que durante un evento La Niña, el 50 % del tiempo se han registrado condiciones lluviosas.

Tabla VII. **Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de mayo**

		Niña	Neutro	Niño
MAYO	Seco	43 %	15 %	71 %
	Normal	43 %	30 %	29 %
	Lluvioso	14 %	55 %	0 %

Fuente: elaboración propia.

Durante el mes de mayo, en eventos El Niño el 71 % del tiempo han sido condiciones secas y no se han registrado condiciones lluviosas mientras que en eventos La Niña, las condiciones han sido tanto secas como normales, teniendo un 43 % de tiempo en ambos casos.

Tabla VIII. **Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de junio**

		Niña	Neutro	Niño
JUNIO	Seco	17 %	42 %	22 %
	Normal	33 %	37 %	22 %
	Lluvioso	50 %	21 %	56 %

Fuente: elaboración propia.

En junio, el 56 % del tiempo se han registrado condiciones lluviosas en un evento El Niño y en un evento La Niña el 50 % del tiempo ha registrado condiciones lluviosas.

**Tabla IX. Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de julio**

		Niña	Neutro	Niño
JULIO	Seco	17 %	27 %	67 %
	Normal	50 %	32 %	17 %
	Lluvioso	33 %	41 %	17 %

Fuente: elaboración propia.

En eventos El Niño, en el mes de julio, el 67 % del tiempo se han registrado condiciones secas y en eventos La Niña, el 50 % del tiempo se han registrado condiciones normales y solamente el 17 % han sido condiciones secas.

**Tabla X. Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de agosto**

		Niña	Neutro	Niño
AGOSTO	Seco	13 %	17 %	88 %
	Normal	13 %	50 %	13 %
	Lluvioso	75 %	33 %	0 %

Fuente: elaboración propia.

Durante el mes de agosto, el 88 % del tiempo en eventos El Niño, las condiciones registradas han sido secas mientras que el 13 % se han registrado condiciones normales. Para eventos La Niña, el 75 % del tiempo han sido condiciones lluviosas.

**Tabla XI. Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de septiembre**

		Niña	Neutro	Niño
SEPTIEMBRE	Seco	25 %	25 %	50 %
	Normal	25 %	38 %	30 %
	Lluvioso	50 %	38 %	20 %

Fuente: elaboración propia.

En eventos El Niño, durante el mes de septiembre, el 50 % del tiempo han sido condiciones secas y solamente el 20 % han sido condiciones lluviosas. En eventos La Niña, el 50 % del tiempo se han registrado condiciones lluviosas.

**Tabla XII. Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de octubre**

		Niña	Neutro	Niño
OCTUBRE	Seco	20 %	38 %	36 %
	Normal	50 %	23 %	27 %
	Lluvioso	30 %	38 %	36 %

Fuente: elaboración propia.

En octubre no existe una probabilidad definida cuando se presentan eventos el Niño, han sucedido tantos eventos secos como lluviosos. Durante eventos La Niña, las condiciones secas se han presentado un 50 % del tiempo y solamente el 20 % han sido secas.

**Tabla XIII. Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en la precipitación del mes de noviembre**

		Niña	Neutro	Niño
NOVIEMBRE	Seco	42 %	30 %	25 %
	Normal	42 %	30 %	25 %
	Lluvioso	17 %	40 %	50 %

Fuente: elaboración propia.

En noviembre, las condiciones presentadas en eventos El Niño, el 50 % del tiempo han sido lluviosas mientras que para eventos La Niña, las condiciones han sido tanto secas como normales con un 42 % del tiempo en cada una.

**Tabla XIV. Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de abril**

		Niña	Neutro	Niño
ABRIL	Seco	33 %	36 %	33 %
	Normal	50 %	32 %	17 %
	Caudaloso	17 %	32 %	50 %

Fuente: elaboración propia.



En eventos El Niño, el 50 % del tiempo se han registrado condiciones altas en el caudal, mientras que el 17 % se han registrado condiciones normales. En eventos La Niña, las condiciones del caudal el 50 % del tiempo han sido normales.

**Tabla XV. Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de mayo**

		Niña	Neutro	Niño
MAYO	Seco	14 %	40 %	43 %
	Normal	57 %	20 %	43 %
	Caudaloso	29 %	40 %	14 %

Fuente: elaboración propia.

En mayo, el caudal registrado durante un evento El Niño ha tenido condiciones tanto secas como normales con el 43 % de tiempo cada uno y para un evento La Niña, el 57 % del tiempo han sido condiciones normales.

**Tabla XVI. Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de junio**

		Niña	Neutro	Niño
JUNIO	Seco	17 %	32 %	56 %
	Normal	33 %	37 %	22 %
	Caudaloso	50 %	32 %	22 %

Fuente: elaboración propia.

En junio, durante un evento El Niño, las condiciones en el caudal el 56 % del tiempo han sido secas, mientras que en un evento La Niña han sido caudales altos el 50 % del tiempo.

Tabla XVII. **Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de julio**

		Niña	Neutro	Niño
JULIO	Seco	33 %	32 %	50 %
	Normal	33 %	27 %	50 %
	Caudaloso	33 %	41 %	0 %

Fuente: elaboración propia.

En eventos El Niño durante el mes de julio, no existe una probabilidad definida, las condiciones, tanto secas como normales, se han presentado de igual manera. En eventos La Niña, tampoco existe una probabilidad definida, las condiciones secas, normales y caudalosas se han presentado por tiempo igual.

Tabla XVIII. **Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de agosto**

		Niña	Neutro	Niño
AGOSTO	Seco	25 %	28 %	75 %
	Normal	13 %	39 %	25 %
	Caudaloso	63 %	33 %	0 %

Fuente: elaboración propia.

Durante el mes de agosto, las condiciones que ha presentado el caudal en eventos El Niño, el 75 % del tiempo han sido secas, sin registrarse en ningún momento caudales altos, mientras que en eventos La Niña, se han registrado caudales altos el 63 % del tiempo.

Tabla XIX. **Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de septiembre**

		Niña	Neutro	Niño
SEPTIEMBRE	Seco	25 %	25 %	80 %
	Normal	25 %	38 %	20 %
	Caudaloso	50 %	38 %	0 %

Fuente: elaboración propia.

En septiembre, en eventos El Niño, el 80 % del tiempo registra condiciones secas en el caudal, sin registro de caudales altos. En eventos La Niña, el 50 % del tiempo han sido caudales altos, mientras que las condiciones secas y normales han sido iguales con el 25 % del tiempo en cada uno.

Tabla XX. **Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de octubre**

		Niña	Neutro	Niño
OCTUBRE	Seco	30 %	31 %	55 %
	Normal	20 %	38 %	27 %
	Caudaloso	50 %	31 %	18 %

Fuente: elaboración propia

En octubre, el 55 % del tiempo han sido condiciones secas en el caudal durante eventos el Niño, mientras que en eventos La Niña, el 50 % del tiempo se han registrado caudales altos y solamente un 20 % han sido condiciones normales.

Tabla XXI. **Probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño en el caudal del mes de noviembre**

		Niña	Neutro	Niño
NOVIEMBRE	Seco	42 %	20 %	50 %
	Normal	17 %	30 %	42 %
	Caudaloso	42 %	50 %	8 %

Fuente: elaboración propia.

En eventos El Niño, en noviembre, las condiciones en el caudal han sido secas el 50 % del tiempo y solamente el 8 %, ha registrado caudales altos. En eventos La Niña, no existe una condición predominante, puesto que las condiciones secas y caudalosas se han presentado por tiempo igual.

Durante la presencia del fenómeno El Niño, los meses que registran una probabilidad alta de ser secos son: mayo con un 71 % de probabilidad, julio con el 67 %, agosto con 88 % y septiembre con el 50%; mientras que los meses de junio y noviembre la probabilidad de ser lluviosos es más alta, registrándose en un 56 % y 50 % respectivamente.

En la presencia del fenómeno La Niña, las probabilidades más altas de ser meses lluviosos se registran en abril con el 50 %, junio con el 50 %, agosto con el 75 % y septiembre con el 50 %. En octubre y julio es más probable que se presenten condiciones normales, mientras que en mayo y noviembre las

probabilidades de que sean secos o normales son iguales, teniendo el 43 % y el 42 % respectivamente, en ambos casos.

## 5.2. Aplicación de correlaciones

En el análisis estadístico se utilizaron los métodos de correlación, tanto simples como múltiples para conocer la relación que existe entre las variables estudiadas y la presencia del fenómeno El Niño. Se determinó un período de estudio de 34 años, desde el año 1982 hasta el año 2015.

### 5.2.1. Correlación simple

Se aplicó el método de correlación simple en cada región en la que se evalúa el fenómeno. Se utilizó como variables tanto los datos de caudal como de precipitación y la TSM, ya sea la  $TSM_{total}$  o la  $TSM_{Anomalía}$ , aplicando también los índices IOS y ONI según sea el caso. Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

- Estaciones de precipitación

$$r = \frac{\sigma_{TSM_{Total}, Precipitación}}{\sigma_{TSM_{Total}} \sigma_{Precipitación}}, -1 \leq r \leq 1$$

$$r = \frac{\sigma_{TSM_{Anomalía}, Precipitación}}{\sigma_{TSM_{Anomalía}} \sigma_{Precipitación}}, -1 \leq r \leq 1$$

$$r = \frac{\sigma_{IOS, Precipitación}}{\sigma_{IOS} \sigma_{Precipitación}}, -1 \leq r \leq 1$$

$$r = \frac{\sigma_{ONI, Precipitación}}{\sigma_{ONI} \sigma_{Precipitación}}, -1 \leq r \leq 1$$

- Estación de caudal

$$r = \frac{\sigma_{TSM_{Total}, Caudal}}{\sigma_{TSM_{Total}} \sigma_{Caudal}}, -1 \leq r \leq 1$$

$$r = \frac{\sigma_{TSM_{Anomalía}, Caudal}}{\sigma_{TSM_{Anomalía}} \sigma_{Caudal}}, -1 \leq r \leq 1$$

$$r = \frac{\sigma_{ONI, Caudal}}{\sigma_{ONI} \sigma_{Caudal}}, -1 \leq r \leq 1$$

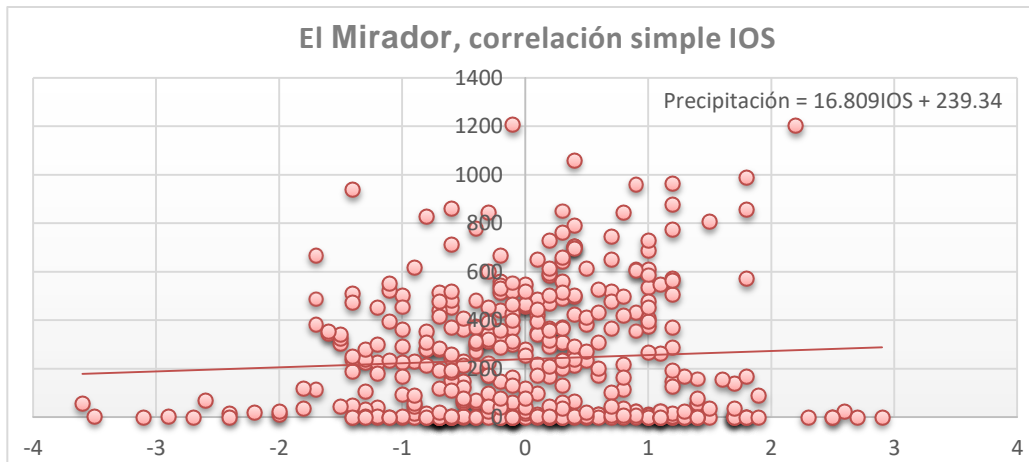
$$r = \frac{\sigma_{IOS, Caudal}}{\sigma_{IOS} \sigma_{Caudal}}, -1 \leq r \leq 1$$

Tabla XXII. Estación el Mirador, coeficiente de correlación simple

TSM	Regiones				IOS	ONI
	1+2	3	4	3,4		
Absoluta	-0,5225	-0,2210	0,1093	-0,0009	0,0657	-0,1115
Anomalía	-0,0640	-0,0888	-0,1097	-0,0977		

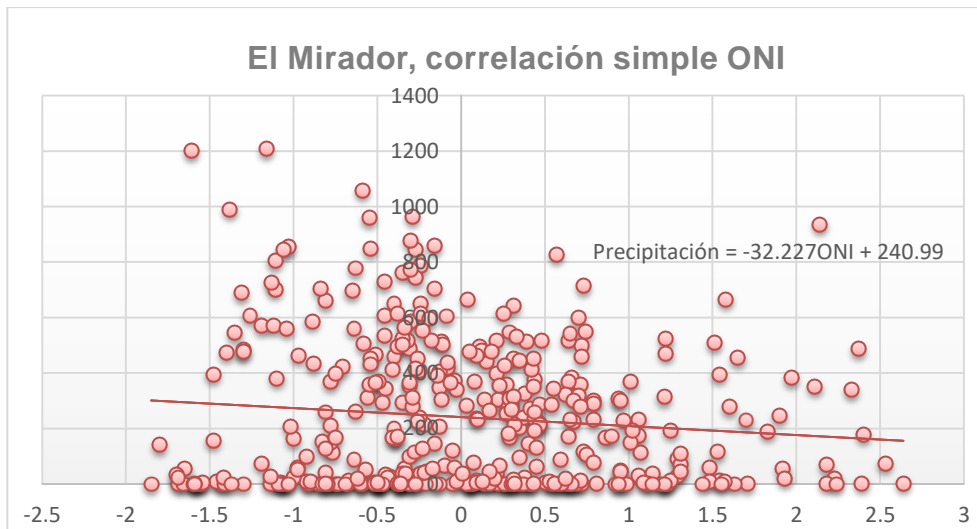
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Estación El Mirador, comportamiento de la correlación simple, IOS**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 18. **Estación El Mirador, comportamiento de la correlación simple ONI**



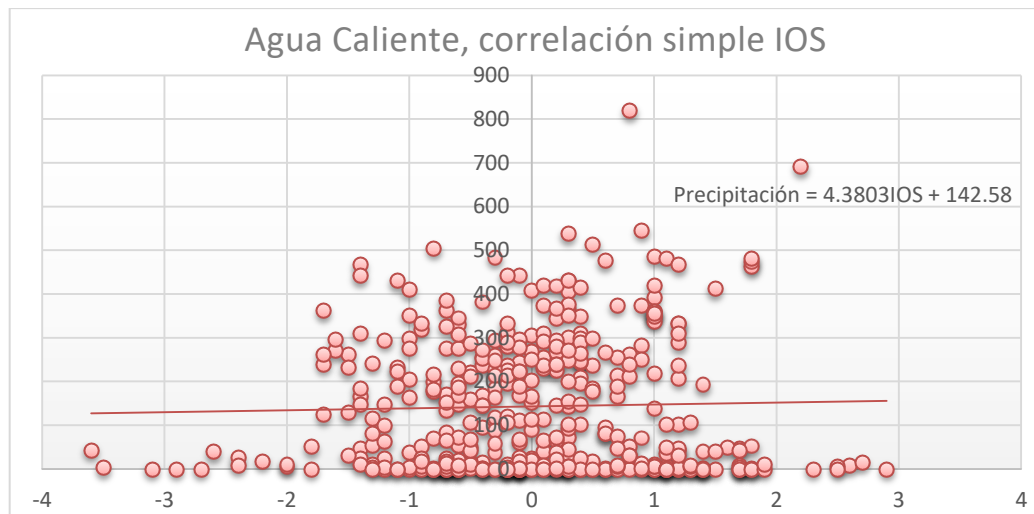
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXIII. **Estación Agua Caliente, coeficiente de correlación simple**

TSM	Regiones				IOS	ONI
	1+2	3	4	3.4		
Absoluta	-0,5299	-0,2149	0,1542	0,0279	0,0290	-0,0604
Anomalía	-0,0204	-0,0435	-0,0654	-0,0521		

Fuente: elaboración propia.

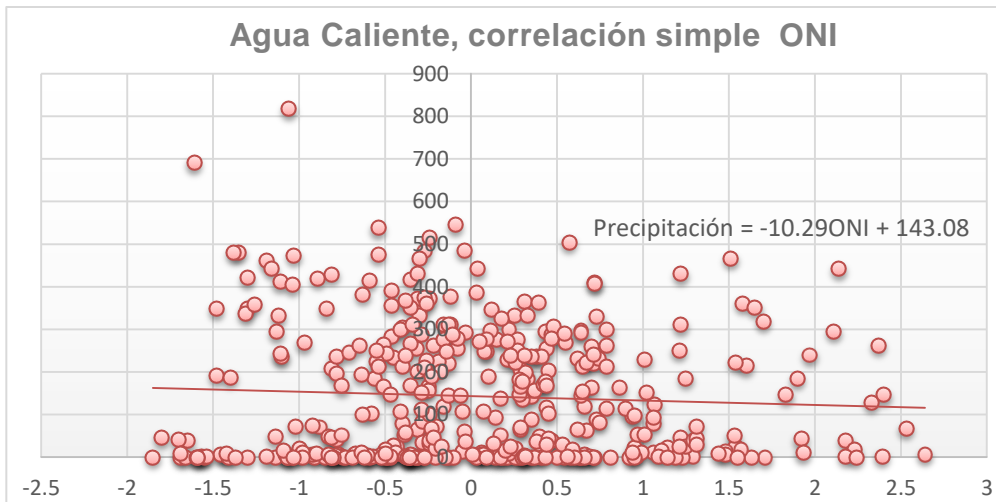
Figura 19. **Estación Agua Caliente, comportamiento de la correlación simple IOS**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.



Figura 20. **Estación Agua Caliente, comportamiento de la correlación simple ONI**



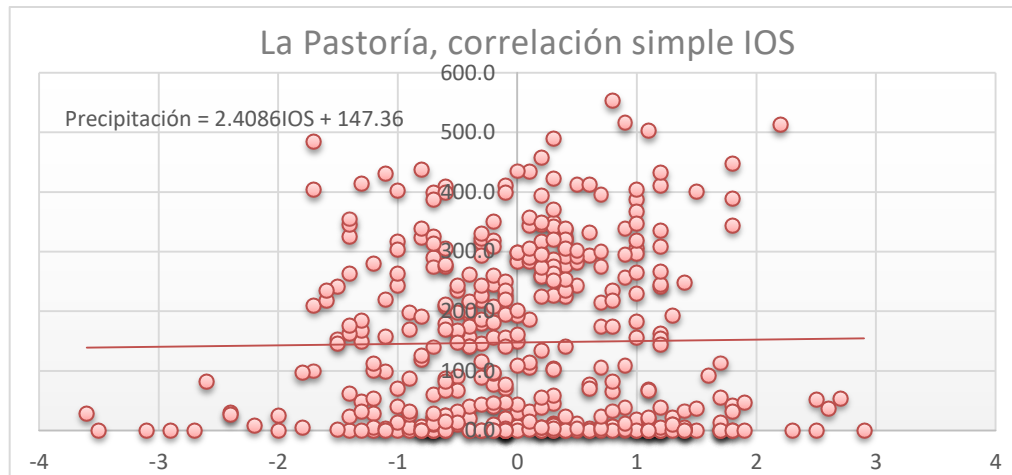
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXIV. **Estación La Pastoría, coeficiente de correlación simple**

TSM	Regiones				IOS	ONI
	1+2	3	4	3,4		
Absoluta	-0,5101	-0,1527	0,2129	0,0909	0,0169	-0,0364
Anomalía	-0,0241	-0,0272	-0,0204	-0,0282		

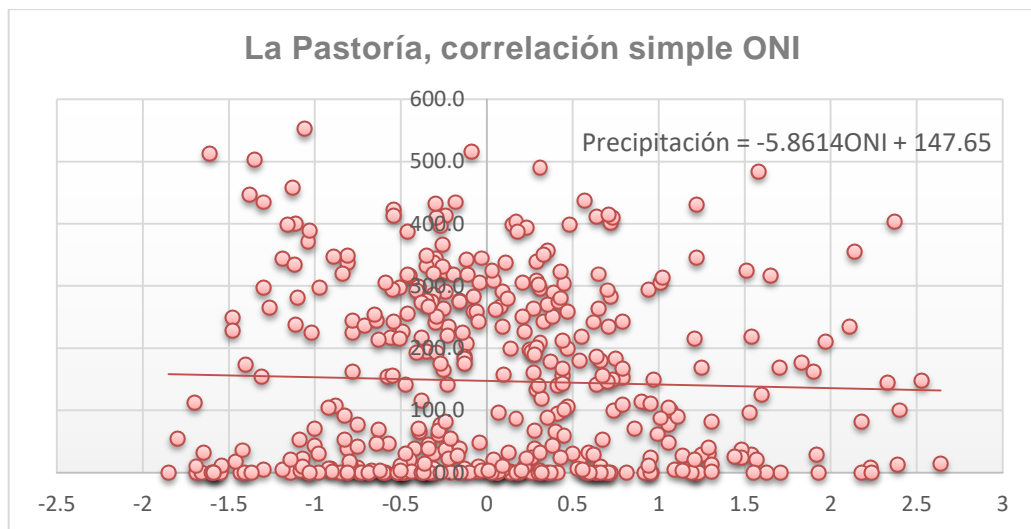
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Estación La Pastoría, comportamiento de la correlación simple IOS**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 22. **Estación La Pastoría, comportamiento de la correlación simple ONI**



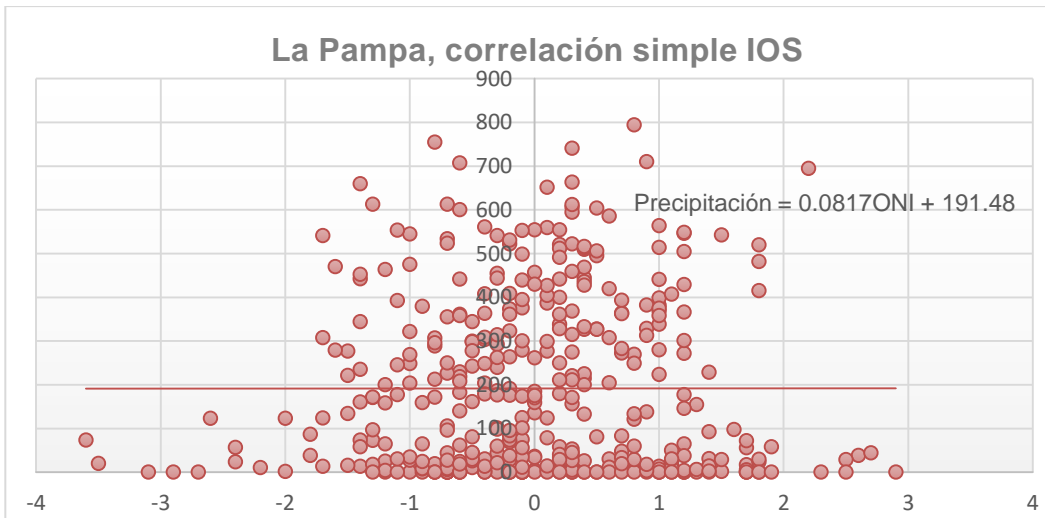
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXV. **Estación La Pampa, coeficiente de correlación simple**

TSM	Regiones				IOS	ONI
	1+2	3	4	3,4		
Absoluta	-0,5064	-0,1756	0,1988	0,0691	0,0004	-0,0355
Anomalía	-0,0248	-0,0318	-0,0215	-0,0279		

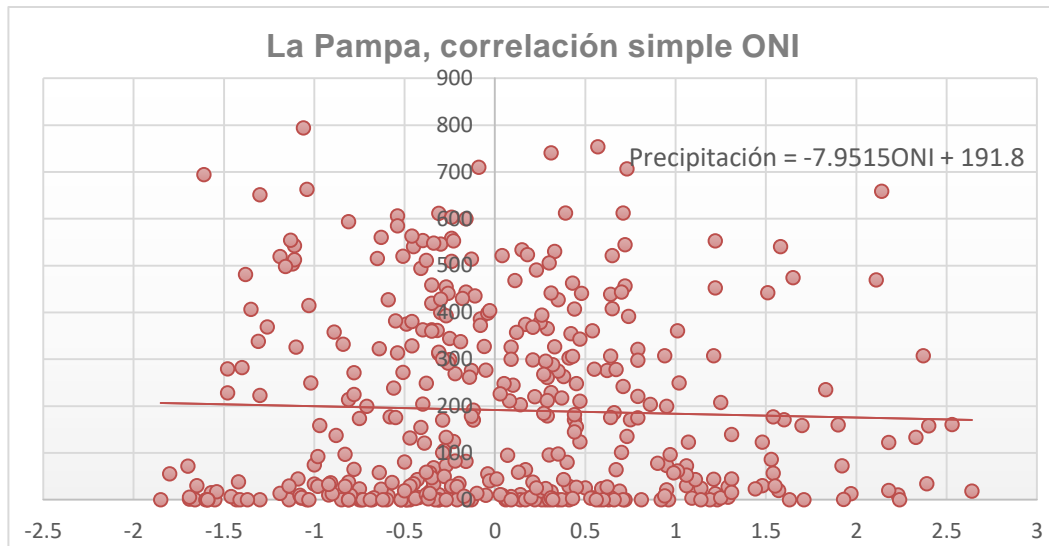
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Estación La Pampa, comportamiento de la correlación simple IOS**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 24. **Estación La Pampa, comportamiento de la correlación simple ONI**



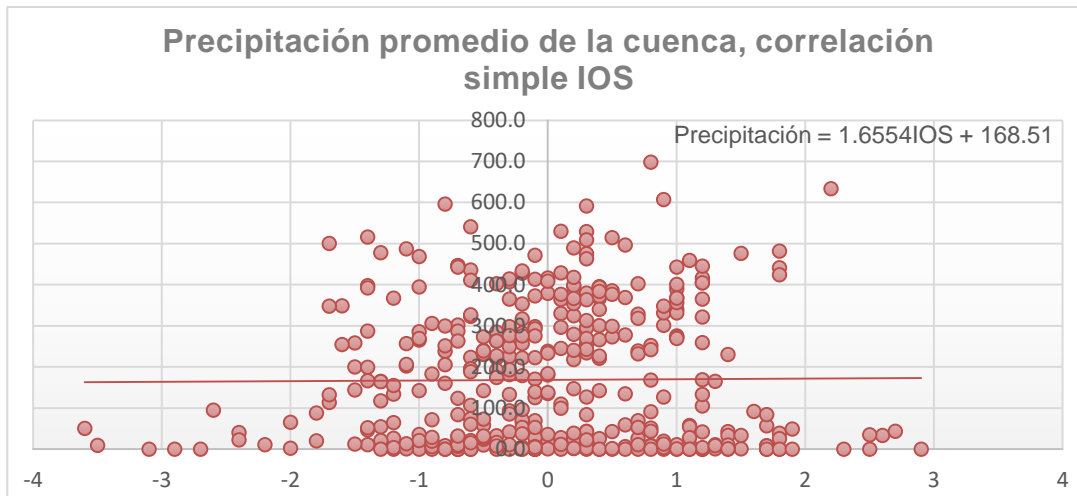
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXVI. **Precipitación promedio, coeficiente de correlación simple**

TSM	Regiones				IOS	ONI
	1+2	3	4	3,4		
Absoluta	-0,5271	-0,179	0,2024	0,0727	0,0099	-0,0428
Anomalía	-0,0252	-0,0351	-0,0301	-0,0344		

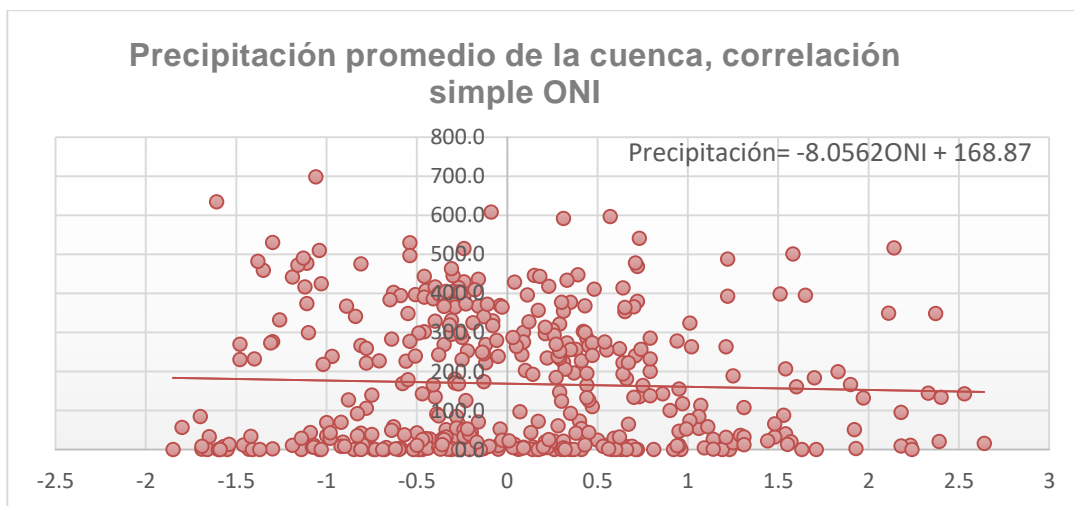
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Precipitación promedio, comportamiento de la correlación simple IOS**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 26. **Precipitación promedio, comportamiento de la correlación simple ONI**



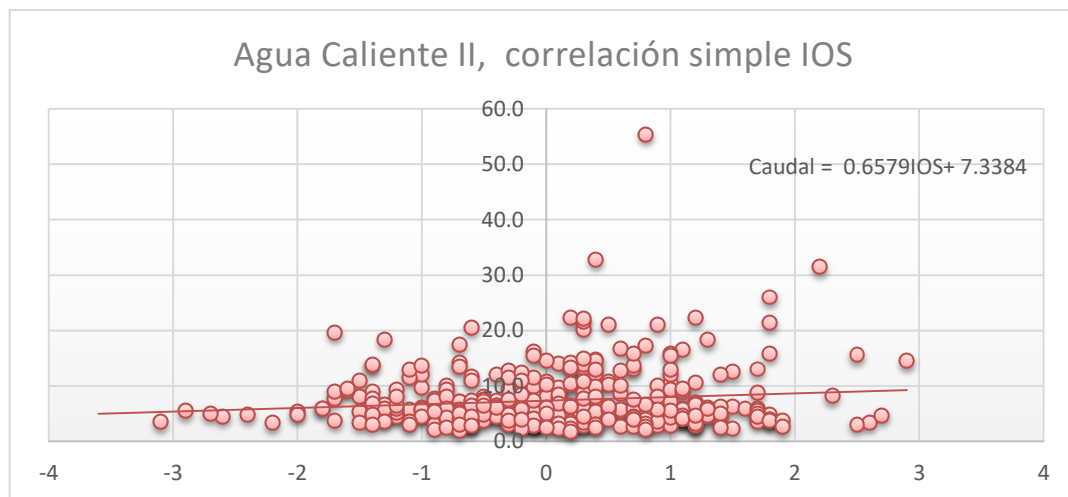
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXVII. **Estación Agua Caliente II, coeficiente de correlación simple**

TSM	Regiones				IOS	ONI
	1+2	3	4	3,4		
Absoluta	-0,5195	-0,4019	-0,0206	-0,2059	0,1235	-0,1603
Anomalía	-0,0750	-0,1314	-0,1465	-0,1393		

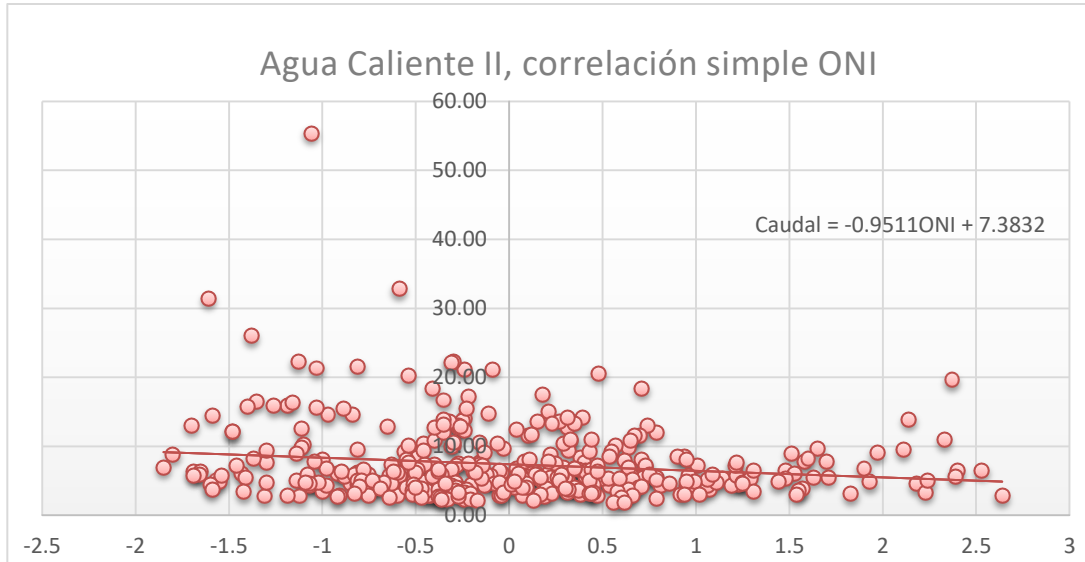
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Estación Agua Caliente II, comportamiento de correlación simple IOS**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 28. **Estación Agua Caliente II, comportamiento de correlación simple ONI**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

El comportamiento de la correlación simple, según las gráficas presentadas no establece un resultado favorable para conocer la relación que existe entre los recursos hídricos de la cuenca y el fenómeno El Niño, por lo que se realizará la aplicación de la correlación múltiple presentando los modelos matemáticos utilizados en su elaboración.

### 5.2.2. Correlación múltiple

- Estaciones de precipitación (P)

$$b_1 = \frac{[\sum ONI^2 - n(\overline{ONI})^2][\sum(TSM * P) - n(\overline{TSM})(\overline{P})] - [\sum(TSM * ONI) - n(\overline{TSM})(\overline{ONI})][\sum(ONI * P) - n(\overline{ONI})(\overline{P})]}{[\sum TSM^2 - n(\overline{TSM})^2][\sum ONI^2 - n(\overline{ONI})^2] - [\sum(TSM * ONI) - n(\overline{TSM})(\overline{ONI})]^2}$$

$$b_2 = \frac{[\sum TSM^2 - n(\overline{TSM})^2][\sum(ONI * P) - n(\overline{ONI})(\overline{P})] - [\sum(TSM * ONI) - n(\overline{TSM})(\overline{ONI})][\sum(TSM * P) - n(\overline{TSM})(\overline{P})]}{[\sum TSM^2 - n(\overline{TSM})^2][\sum ONI^2 - n(\overline{ONI})^2] - [\sum(TSM * ONI) - n(\overline{TSM})(\overline{ONI})]^2}$$

$$a = \bar{P} - b_1 \overline{TSM} - b_2 \overline{ONI}$$

$$r = \sqrt{\frac{a \sum P + b_1 \sum (TSM * P) + b_2 \sum (ONI * P) - n \bar{P}^2}{\sum P^2 - n \bar{P}^2}}, -1 \leq r \leq 1$$

- o Estación de caudal (C)

$$b_1 = \frac{[\sum ONI^2 - n(\overline{ONI})^2][\sum (TSM * C) - n(\overline{TSM})(\bar{C})] - [\sum (TSM * ONI) - n(\overline{TSM})(\overline{ONI})][\sum (ONI * C) - n(\overline{ONI})(\bar{C})]}{[\sum TSM^2 - n(\overline{TSM})^2][\sum ONI^2 - n(\overline{ONI})^2] - [\sum (TSM * ONI) - n(\overline{TSM})(\overline{ONI})]^2}$$

$$b_2 = \frac{[\sum TSM^2 - n(\overline{TSM})^2][\sum (ONI * C) - n(\overline{ONI})(\bar{C})] - [\sum (TSM * ONI) - n(\overline{TSM})(\overline{ONI})][\sum (TSM * C) - n(\overline{TSM})(\bar{C})]}{[\sum TSM^2 - n(\overline{TSM})^2][\sum ONI^2 - n(\overline{ONI})^2] - [\sum (TSM * ONI) - n(\overline{TSM})(\overline{ONI})]^2}$$

$$a = \bar{C} - b_1 \overline{TSM} - b_2 \overline{ONI}$$

$$r = \sqrt{\frac{a \sum C + b_1 \sum (TSM * C) + b_2 \sum (ONI * C) - n \bar{C}^2}{\sum C^2 - n \bar{C}^2}}, -1 \leq r \leq 1$$

Para evaluar el impacto del fenómeno El Niño en los recursos hídricos se aplicaron correlaciones a cada estación. Se presenta el modelo matemático utilizado, fueron evaluados en cuatro tiempos diferentes, sin retraso, con un mes de retraso, dos meses y tres meses de retraso. Se llevó a cabo el mismo procedimiento para cada resultado obtenido con los dos índices, IOS y ONI.



Tabla XXVIII. Estación El Mirador, coeficientes de correlación múltiple IOS

EL MIRADOR					
Región	TSM	Sin retraso	1 mes	2 meses	3 meses
1+2	Absoluta	0,4251	0,2072	0,1586	0,4808
	Anomalía	0,0720	0,0704	0,0674	0,0749
3	Absoluta	0,1323	0,0969	0,3958	0,5793
	Anomalía	0,0891	0,0804	0,0732	0,0742
4	Absoluta	0,0818	0,0946	0,1074	0,0822
	Anomalía	0,1106	0,1006	0,0858	0,0830
3,4	Absoluta	0,0658	0,1457	0,3868	0,3995
	Anomalía	0,0985	0,0907	0,0825	0,0798

Fuente. elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla XIV la mejor correlación está en la región 3 a los tres meses de retraso y el modelo matemático utilizado para la misma es el siguiente:

$$Precipitación\ mensual = -3085,683 + 127,974TSM + 94,537IOS$$

Tabla XXIX. **Estación Agua Caliente, coeficientes de correlación múltiple IOS**

AGUA CALIENTE					
Región	TSM	Sin retraso	1 mes	2 meses	3 meses
1+2	Absoluta	0,4334	0,2168	0,1403	0,5002
	Anomalía	0,0265	0,0232	0,0462	0,0925
3	Absoluta	0,1258	0,0651	0,4113	0,6293
	Anomalía	0,0440	0,0362	0,0415	0,0794
4	Absoluta	0,0656	0,0769	0,1308	0,0752
	Anomalía	0,0698	0,0633	0,0517	0,0735
3,4	Absoluta	0,0347	0,1332	0,4205	0,4664
	Anomalía	0,0552	0,0553	0,0493	0,0751

Fuente: elaboración propia.

La mejor correlación para la estación Agua Caliente, en la tabla XV, se encuentra en la región 3 con tres meses de retraso, el modelo matemático utilizado para el cálculo de la misma es el siguiente:

$$Precipitación\ mensual = -1989,993 + 82,074TSM + 59,672IOS$$

Tabla XXX. Estación La Pastoría, coeficientes de correlación múltiple IOS

LA PASTORÍA					
Región	TSM	Sin retraso	1 mes	2 meses	3 meses
1+2	Absoluta	0,5177	0,1999	0,1934	0,5350
	Anomalía	0,0248	0,0152	0,0199	0,0536
3	Absoluta	0,1642	0,1530	0,4392	0,6171
	Anomalía	0,0272	0,0281	0,0255	0,0468
4	Absoluta	0,2973	0,2373	0,1146	0,0454
	Anomalía	0,0208	0,0144	0,0189	0,0541
3,4	Absoluta	0,1374	0,3150	0,4135	0,4220
	Anomalía	0,0288	0,0351	0,0351	0,0456

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla XVI la mejor correlación está en la región 3 a los tres meses de retraso y el modelo matemático utilizado para la misma es el siguiente:

$$Precipitación\ mensual = -1829,853 + 76,127TSM + 51,536IOS$$

Tabla XXXI. **Estación La Pampa, coeficientes de correlación múltiple IOS**

LA PAMPA					
Región	TSM	Sin retraso	1 mes	2 meses	3 meses
1+2	Absoluta	0,4182	0,1943	0,1504	0,4957
	Anomalía	0,0278	0,0171	0,0164	0,0387
3	Absoluta	0,1074	0,0857	0,4181	0,6028
	Anomalía	0,0459	0,0221	0,0183	0,0383
4	Absoluta	0,0695	0,0866	0,1106	0,0387
	Anomalía	0,0318	0,0182	0,0225	0,0378
3,4	Absoluta	0,0346	0,1512	0,4155	0,4278
	Anomalía	0,0445	0,0222	0,0241	0,0383

Fuente: elaboración propia.

Para la estación La Pampa, tabla XVII, la mejor correlación se observa en la región 3 con tres meses de retraso y para su cálculo el modelo matemático es el siguiente:

$$Precipitación\ mensual = -2509,619 + 103,959TSM + 69,065IOS$$

Tabla XXXII. **Precipitación promedio, coeficientes de correlación múltiple IOS**

PRECIPITACIÓN PROMEDIO					
Región	TSM	Sin retraso	1 mes	2 meses	3 meses
1+2	Absoluta	0,5363	0,2216	0,1688	0,5244
	Anomalía	0,0253	0,0188	0,0188	0,0514
3	Absoluta	0,1968	0,1358	0,4363	0,6278
	Anomalía	0,0395	0,0283	0,0249	0,0480
4	Absoluta	0,2771	0,2396	0,1163	0,0472
	Anomalía	0,0333	0,0254	0,0255	0,0481
3,4	Absoluta	0,1063	0,3121	0,4263	0,4413
	Anomalía	0,0413	0,0333	0,0331	0,0472

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla XVIII la mejor correlación está en la región 3 a los tres meses de retraso y el modelo matemático utilizado para la misma es el siguiente:

$$Precipitación\ mensual = -2185,435 + 90,629TSM + 61,478IOS$$

Tabla XXXIII. **Estación El Mirador, coeficientes de correlación múltiple ONI**

EL MIRADOR					
Región	TSM	Sin retraso	1 mes	2 meses	3 meses
1+2	Total	0,4250	0,2073	0,1793	0,5025
	Absoluta	0,1126	0,0977	0,0834	0,0693
3	Absoluta	0,1448	0,1333	0,5027	0,7039
	Anomalía	0,1195	0,0967	0,0813	0,0640
4	Absoluta	0,1331	0,1225	0,1692	0,0762
	Anomalía	0,1140	0,1010	0,0854	0,0790
3,4	Absoluta	0,1234	0,1892	0,6907	0,6705
	Anomalía	0,1491	0,0926	0,0839	0,1118

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla XX la mejor correlación está en la región 3 a los tres meses de retraso y el modelo matemático utilizado para la misma es el siguiente:

$$Precipitación\ mensual = -460,430 + 186,989TSM - 207,184ONI$$

Tabla XXXIV. **Estación Agua Caliente, coeficientes de correlación múltiple ONI**

AGUA CALIENTE					
Región	TSM	Sin retraso	1 mes	2 meses	3 meses
1+2	Absoluta	0,4345	0,2166	0,1489	0,5077
	Anomalía	0,0669	0,0578	0,0513	0,0526
3	Absoluta	0,1261	0,0970	0,5019	0,7305
	Anomalía	0,0701	0,0557	0,0412	0,0293
4	Absoluta	0,0950	0,1009	0,1816	0,0351
	Anomalía	0,0654	0,0591	0,0521	0,0501
3,4	Absoluta	0,0746	0,1706	0,7109	0,7119
	Anomalía	0,0848	0,0519	0,0822	0,1134

Fuente: elaboración propia.

La mejor correlación para la estación Agua Caliente, en la tabla XXI, se encuentra en la región 3 con tres meses de retraso, el modelo matemático utilizado para el cálculo de la misma es el siguiente:

$$Precipitación\ mensual = -2835,587 + 114,815TSM - 120,674ONI$$

Tabla XXXV. **Estación La Pastoría, coeficientes de correlación múltiple ONI**

LA PASTORÍA					
Región	TSM	Sin retraso	1 mes	2 meses	3 meses
1+2	Absoluta	0,5277	0,2010	0,2037	0,5472
	Anomalía	0,0364	0,0291	0,0264	0,0211
3	Absoluta	0,1774	0,2049	0,5340	0,7218
	Anomalía	0,0414	0,0286	0,0260	0,0288
4	Absoluta	0,4392	0,3525	0,1637	0,0368
	Anomalía	0,0435	0,0360	0,0239	0,0148
3,4	Absoluta	0,2789	0,5675	0,6989	0,6539
	Anomalía	0,0707	0,0314	0,0930	0,1292

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla XXII la mejor correlación está en la región 3 a los tres meses de retraso y el modelo matemático utilizado para la misma es el siguiente:

$$Precipitación\ mensual = -2625,637 + 106,929TSM - 109,882ONI$$



Tabla XXXVI. **Estación La Pampa, coeficientes de correlación múltiple ONI**

LA PAMPA					
Región	TSM	Sin retraso	1 mes	2 meses	3 meses
1+2	Absoluta	0,4190	0,1961	0,1591	0,5074
	Anomalía	0,0353	0,0226	0,0171	0,0116
3	Absoluta	0,1028	0,1012	0,5085	0,7067
	Anomalía	0,0354	0,0227	0,0185	0,0320
4	Absoluta	0,0891	0,0960	0,1602	0,0420
	Anomalía	0,0407	0,0227	0,0225	0,0315
3,4	Absoluta	0,0644	0,1739	0,7030	0,6690
	Anomalía	0,0661	0,0228	0,0543	0,1031

Fuente: elaboración propia.

Para la estación La Pampa, tabla XXIII, la mejor correlación se observa en la región 3 con tres meses de retraso y para su cálculo el modelo matemático es el siguiente:

$$Precipitación\ mensual = -3602,631 + 146,263TSM - 149,553ONI$$

Tabla XXXVII. **Precipitación promedio, coeficientes de correlación múltiple ONI**

PRECIPITACIÓN PROMEDIO					
Región	TSM	Sin retraso	1 mes	2 meses	3 meses
1+2	Absoluta	0,5440	0,2236	0,1790	0,5367
	Anomalía	0,0430	0,0318	0,0237	0,0183
3	Absoluta	0,2079	0,1830	0,5319	0,7358
	Anomalía	0,0451	0,0314	0,0248	0,0295
4	Absoluta	0,4304	0,3524	0,1683	0,0408
	Anomalía	0,0454	0,0315	0,0255	0,0258
3,4	Absoluta	0,2520	0,5591	0,7230	0,6884
	Anomalía	0,0750	0,0315	0,0722	0,1163

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla XVIII la mejor correlación está en la región 3 a los tres meses de retraso y el modelo matemático utilizado para la misma es el siguiente

$$Precipitación\ mensual = -3139,800 + 127,570TSM - 131,518ONI$$



## 6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A través de las tablas de contingencia se determinó que el fenómeno El Niño ejerce influencia en los recursos hídricos de la subcuenca del río Aguacapa en meses con ausencia de lluvia. Agosto es el mes con mayor probabilidad de ser seco, que para esta investigación se obtuvo un resultado del 88% de probabilidad, mientras que, en la tabla elaborada para el caudal, el mes de septiembre presenta la mayor probabilidad de ser seco con un 80 %.

En presencia del fenómeno La Niña se observa que el mes que tiende a tener más influencia con condiciones más lluviosas y, por lo tanto, también más caudalosas, es agosto, con el 75 % y el 63 % de probabilidad respectivamente.

Para conocer el grado de influencia del fenómeno El Niño, se elaboraron dos tipos de correlaciones, la simple y la múltiple. En la correlación simple se analizaron las variables precipitación o caudal y la TSM o anomalía. También se analizaron los índices tanto ONI como IOS para cada región, pero según los resultados se dificulta conocer el grado de relación que ejerce el fenómeno sobre la cuenca.

En las correlaciones múltiples, donde se utilizaron la precipitación o caudal, la TSM o Anomalía y los índices respectivos en cada caso, se estableció también la evaluación con retraso en el tiempo en el que la influencia puede ser mayor, se observó que, cuando el fenómeno El Niño está presente sí muestra cambios en la cantidad de lluvia y por ende en el caudal de cada estación. Dichos cambios se valoran con los resultados obtenidos pudiendo

establecer que la correlación encontrada es positiva fuerte según la escala mostrada en la figura 7.

Para las estaciones de lluvia la relación más alta se encontró en la región 3 con un retraso de 3 meses evaluando con el índice ONI. Esto indica que los efectos que provoca el calentamiento del agua en el océano repercuten en la cuenca luego de 3 meses de haber iniciado el evento, mientras que, para la única estación de caudal evaluada, el mayor índice de correlación se obtuvo en la región 1+2 pero sin retraso que al igual que en la precipitación el índice evaluado era ONI.

Para una mayor comprensión de los datos utilizados en el cálculo de correlaciones se presentaron las tablas de modelos matemáticos con los que se puede determinar cada resultado presentado en las tablas de correlación de cada estación.

## CONCLUSIONES

1. Bajo condiciones El Niño la mayoría de los meses han registrados condiciones secas o lluvias bajo el promedio. Agosto es el mes con la más alta probabilidad de registrar este tipo de condiciones.
2. En eventos La Niña, se presentan condiciones lluviosas en la mayoría de los meses evaluados, en agosto la lluvia se incrementa y tiene un 75 % de probabilidad de ocurrencia.
3. El caudal se ve afectado en presencia del fenómeno El Niño, septiembre y agosto registran condiciones secas, cuentan con una probabilidad del 80 % y 75 %, mientras que bajo la influencia del fenómeno La Niña el caudal tiende a ser afectado arriba del promedio durante el mes de agosto.
4. En el análisis de correlación simple se determinó que, entre el índice de El Niño y la precipitación, los modelos matemáticos no presentaron un alto coeficiente de correlación, mientras que, con el análisis de correlación múltiple, en el que se analizaron los datos históricos de todas las regiones de El Niño y los registros de cada estación, tanto de precipitación como de caudal, se pudieron determinar modelos matemáticos que presentan mejores coeficientes de correlación.
5. Se hallaron los modelos matemáticos que explican la relación que existe entre el fenómeno El Niño y los registros de precipitación en la estación El Mirador, determinando que el coeficiente más alto de correlación se

encuentra entre los datos de precipitación de la región 3 y los registros de la estación aplicados con un rezago de tres meses.

6. Para la estación Agua Caliente, el mejor coeficiente de correlación se encuentra en el modelo matemático aplicado a los registros del fenómeno El Niño de la región 3 con un retraso de tres meses.
7. El modelo matemático que presentó un alto coeficiente de correlación entre los datos de precipitación de la estación La Pastoría y los registros del fenómeno El Niño de la región 3, es con tres meses de retraso.
8. El coeficiente de correlación más alto se encuentra en el modelo matemático hallado en el análisis de los datos de la estación La Pampa y los registros del fenómeno El Niño de la región 3, con un retraso de tres meses.
9. Para la precipitación promedio de la cuenca, el mejor coeficiente de correlación se encuentra en el análisis de dichos datos y los registros del fenómeno El Niño que pertenecen a la región 3, mismos que fueron aplicados con un retraso de tres meses.

## RECOMENDACIONES

1. Mantener una secuencia del registro de los datos de precipitación y caudal a través de la institución encargada para que no falten datos durante un largo período y mejorar así la exactitud de los cálculos en evaluaciones que con ellos puedan realizarse.
2. Implementar más estaciones en cuencas cuyo estudio es de suma importancia para contar con una disponibilidad mayor de los registros.
3. Crear un plan de mitigación de los efectos que producen los fenómenos tanto El Niño como La Niña.
4. Crear una dependencia que se encargue exclusivamente del estudio de los fenómenos, así como los efectos que producen la presencia de los mismos en todo el territorio guatemalteco debido a que cada vez son más recurrentes e intensos.





## BIBLIOGRAFÍA

1. ANDRADES RODRÍGUEZ, Marisol y MUÑEZ LEÓN, Carmen. *Fundamentos de climatología*. España: Universidad de La Rioja, 2012. 64 p.
2. CASAS CASTILLO, Carmen y ALARCÓN JORDÁN, Marta. *Meteorología y clima*. 1a ed. España: Universidad Politécnica de Catalunya, 1999. 157 p.
3. H. GLANTZ, Michael. Corriente de cambio: *El impacto de “El Niño” sobre el clima y la sociedad*. [en línea]. <[http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD\\_nino/pdf/spa/doc11405/doc11405.htm](http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_nino/pdf/spa/doc11405/doc11405.htm)>. [Consulta: junio de 2017].
4. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN). *ENOS*. [en línea]: <<https://www.imn.ac.cr/54>>. [Consulta: junio de 2017].
5. *Estadística*. [en línea]. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Contaduría y Administración. Licenciatura en Administración. Modalidad a Distancia. México. <[http://www.seduca2.uaemex.mx/ckfinder/uploads/files/u3tema\\_1\\_coeficiente.pdf](http://www.seduca2.uaemex.mx/ckfinder/uploads/files/u3tema_1_coeficiente.pdf)>. [Consulta: mayo de 2017].
6. *Monthly Atmospheric & SST Indices*. [en línea]. <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>>. [Consulta: mayo de 2017].

7. INSIVUMEH. *Meteorología* [en línea]. <<http://www.insivumeh.gob.gt/folletosmet.html>>. [Consulta: junio de 2017].
8. VILLÓN BEJAR, Máximo. *Hidrología Estadística*. 1a ed. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2006. 440p. ISBN 9977-66-178-8.
9. REYES TRUJILLO, Aldemar, ULISES BARROSO, Fiaban, CARVAJAL ESCOBAR, Yesid. *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas*. 1a ed. Santiago de Cali, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle, 2010. 88p. ISBN: 978-958-670-855-5.
10. *Southern Oscillation Index (SOI)*. [en línea]. <[https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/.](https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/)> [Consulta: mayo de 2017].

## ANEXO

**Anexo 1. Valores de Temperatura Superficial del Mar (TSM), Anomalía, Índice de Oscilación del Sur (IOS) e Índice Oceánico El Niño (ONI)**

AÑO-MES	NIÑO 1+2		NIÑO 3		NIÑO 4		NIÑO 3,4		ONI	IOS
	TOTAL	ANOM	TOTAL	ANOM	TOTAL	ANOM	TOTAL	ANOM		
1982-01	24,3	-0,24	25,86	0,19	28,29	0,05	26,67	0,12	-0,05	1,2
1982-02	25,31	-0,71	26,4	-0,01	28,02	-0,08	26,59	-0,16	0,07	0,3
1982-03	25,2	-1,22	27,11	-0,05	28,39	0,19	27,41	0,18	0,19	0,6
1982-04	24,73	-0,74	27,57	0,09	28,95	0,5	28,03	0,32	0,47	0,1
1982-05	24,11	-0,15	27,64	0,49	29,31	0,56	28,39	0,57	0,66	-0,3
1982-06	23,25	0,24	27,16	0,66	29,41	0,63	28,26	0,67	0,72	-1
1982-07	22,43	0,5	26,22	0,53	29,03	0,3	27,66	0,48	0,79	-1,5
1982-08	21,81	0,79	26,06	0,96	28,87	0,23	27,58	0,75	1,07	-1,7
1982-09	22,03	1,3	26,79	1,86	29,09	0,44	28,21	1,48	1,58	-1,7
1982-10	22,83	1,78	27,28	2,32	29,44	0,79	28,71	2,03	1,97	-1,7
1982-11	24,68	2,99	27,5	2,47	29,27	0,71	28,62	1,99	2,18	-2,6
1982-12	25,97	3,09	28,08	2,88	29,05	0,61	28,8	2,24	2,23	-2,2
1983-01	27,21	2,67	28,66	2,99	28,71	0,47	28,89	2,34	2,18	-3,5
1983-02	28,13	2,11	28,71	2,3	28,52	0,42	28,69	1,95	1,92	-3,6
1983-03	28,72	2,3	28,89	1,73	28,55	0,35	28,66	1,43	1,54	-2,4
1983-04	28,86	3,39	29,13	1,65	28,67	0,22	28,77	1,06	1,29	-0,9
1983-05	28,26	4	28,98	1,82	29,08	0,33	28,84	1,03	1,06	0,6
1983-06	27,36	4,35	28,14	1,64	28,97	0,18	28,27	0,68	0,72	0
1983-07	25,76	3,83	26,61	0,92	28,63	-0,1	27,18	0	0,31	-0,6
1983-08	23,93	2,92	25,77	0,67	28,39	-0,26	26,59	-0,25	-0,08	0,1
1983-09	22,1	1,36	25,03	0,1	27,98	-0,67	26,2	-0,53	-0,46	0,9
1983-10	22	0,95	24,37	-0,58	27,87	-0,77	25,56	-1,11	-0,81	0,4
1983-11	22,05	0,35	24,07	-0,97	27,68	-0,88	25,41	-1,22	-1	-0,1
1983-12	23,03	0,14	24,39	-0,81	27,71	-0,73	25,57	-0,99	-0,91	0
1984-01	24,18	-0,37	25,08	-0,59	27,49	-0,75	25,88	-0,68	-0,6	0,2
1984-02	25,22	-0,8	26,26	-0,15	27,48	-0,62	26,56	-0,18	-0,42	0,9
1984-03	25,62	-0,8	26,97	-0,18	27,47	-0,73	26,77	-0,47	-0,34	-0,2
1984-04	25,3	-0,17	27,09	-0,39	27,75	-0,7	27,14	-0,57	-0,43	0,3

Continuación de anexo 1.

1984-05	23,3	-0,96	26,32	-0,84	28,13	-0,62	27,2	-0,61	-0,51	0,2
1984-06	22,18	-0,83	25,45	-1,05	28,19	-0,6	26,83	-0,76	-0,45	-0,3
1984-07	21,33	-0,6	25,03	-0,66	28,3	-0,43	26,79	-0,39	-0,3	0,2
1984-08	20,45	-0,57	24,71	-0,39	28,17	-0,48	26,61	-0,22	-0,16	0,4
1984-09	20,66	-0,08	24,56	-0,37	28,22	-0,43	26,38	-0,35	-0,24	0,1
1984-10	20,51	-0,54	24,31	-0,64	28,02	-0,62	26,04	-0,63	-0,56	-0,3
1984-11	21,52	-0,17	24,11	-0,93	27,79	-0,77	25,52	-1,11	-0,92	0,3
1984-12	22,41	-0,48	23,96	-1,24	27,59	-0,85	25,25	-1,31	-1,14	-0,1
1985-01	23,79	-0,76	24,4	-1,27	27,68	-0,56	25,38	-1,17	-1,04	-0,3
1985-02	24,72	-1,3	25,5	-0,9	27,49	-0,61	26,03	-0,71	-0,85	1,2
1985-03	25,6	-0,82	26,42	-0,73	27,31	-0,9	26,5	-0,74	-0,77	0,8
1985-04	24,16	-1,31	26,53	-0,95	27,48	-0,97	26,64	-1,07	-0,78	1,2
1985-05	22,53	-1,73	26,19	-0,97	27,93	-0,81	26,9	-0,91	-0,78	0,4
1985-06	21,85	-1,16	25,6	-0,9	28,02	-0,77	26,81	-0,78	-0,63	-0,4
1985-07	20,56	-1,37	24,71	-0,98	28,18	-0,55	26,56	-0,62	-0,49	-0,1
1985-08	19,78	-1,24	24,24	-0,86	28,21	-0,43	26,3	-0,54	-0,46	1
1985-09	19,74	-1	24,04	-0,89	28,28	-0,38	26,02	-0,71	-0,4	0
1985-10	20,1	-0,95	24,18	-0,77	28,36	-0,28	26,23	-0,44	-0,35	-0,4
1985-11	20,86	-0,83	24,4	-0,63	28,35	-0,21	26,33	-0,3	-0,27	-0,2
1985-12	22,43	-0,46	24,5	-0,7	28,3	-0,14	26,19	-0,37	-0,36	0,2
1986-01	24,56	0,02	24,86	-0,81	28,07	-0,17	25,89	-0,67	-0,49	1
1986-02	26	-0,02	25,88	-0,53	27,96	-0,13	26,05	-0,7	-0,47	-1
1986-03	25,76	-0,66	26,83	-0,33	28,16	-0,04	26,87	-0,37	-0,31	0,5
1986-04	24,68	-0,78	27,2	-0,28	28,28	-0,17	27,49	-0,22	-0,2	0,3
1986-05	23,23	-1,03	26,65	-0,51	28,58	-0,17	27,4	-0,41	-0,12	-0,2
1986-06	22,05	-0,96	26,17	-0,33	28,77	-0,01	27,42	-0,17	-0,04	1
1986-07	21,47	-0,46	25,67	-0,02	28,82	0,08	27,18	0	0,22	0,3
1986-08	20,91	-0,11	25,29	0,19	28,85	0,2	27,17	0,34	0,44	-0,4
1986-09	20,91	0,17	25,2	0,27	28,98	0,32	27,24	0,52	0,71	-0,5
1986-10	21,27	0,22	25,51	0,55	28,99	0,35	27,53	0,85	0,94	0,6
1986-11	22,01	0,32	25,88	0,84	29,07	0,51	27,71	1,09	1,14	-1,2
1986-12	23,41	0,53	26,15	0,95	28,86	0,42	27,72	1,16	1,22	-1,4
1987-01	25,56	1,01	26,68	1,01	28,62	0,38	27,68	1,13	1,23	-0,7
1987-02	27,07	1,05	27,55	1,14	28,7	0,6	27,88	1,14	1,19	-1,2
1987-03	27,93	1,51	28,2	1,04	28,79	0,59	28,27	1,03	1,06	-1,3
1987-04	27,1	1,63	28,35	0,87	28,7	0,25	28,39	0,68	0,95	-1,4
1987-05	25,93	1,67	28,14	0,98	29,1	0,36	28,56	0,74	0,97	-1,3

Continuación de anexo 1.

1987-06	24,1	1,09	27,48	0,98	29,37	0,58	28,65	1,06	1,22	-1,1
1987-07	22,98	1,06	26,92	1,23	29,38	0,65	28,59	1,41	1,51	-1,4
1987-08	21,82	0,81	26,57	1,47	29,38	0,74	28,42	1,59	1,7	-0,9
1987-09	21,83	1,09	26,56	1,63	29,54	0,88	28,36	1,64	1,65	-1
1987-10	22,47	1,42	26,14	1,19	29,58	0,93	27,96	1,28	1,48	-0,4
1987-11	22,8	1,1	26,09	1,05	29,52	0,96	27,77	1,15	1,25	0
1987-12	23,48	0,59	26,23	1,02	29,3	0,86	27,54	0,98	1,11	-0,5
1988-01	24,59	0,04	26,34	0,68	28,96	0,73	27,45	0,9	0,81	-0,1
1988-02	25,79	-0,23	26,4	-0,01	28,65	0,55	27,03	0,29	0,54	-0,4
1988-03	25,68	-0,74	27,06	-0,1	28,46	0,26	27,38	0,15	0,14	0,6
1988-04	24,7	-0,76	26,93	-0,55	28,27	-0,18	27,38	-0,33	-0,31	0,1
1988-05	23,15	-1,11	25,68	-1,48	28,3	-0,45	26,68	-1,13	-0,88	0,9
1988-06	21,46	-1,55	24,44	-2,06	28,09	-0,7	25,99	-1,6	-1,3	0,1
1988-07	20,59	-1,34	23,74	-1,95	27,96	-0,78	25,56	-1,62	-1,3	1
1988-08	19,55	-1,47	23,64	-1,46	28,02	-0,63	25,66	-1,17	-1,11	1,5
1988-09	19,44	-1,3	23,81	-1,12	27,84	-0,82	25,72	-1,01	-1,19	1,8
1988-10	19,81	-1,24	23,43	-1,52	27,12	-1,52	24,82	-1,85	-1,48	1,4
1988-11	20,7	-1	23,44	-1,6	26,97	-1,59	24,65	-1,97	-1,8	1,7
1988-12	22,06	-0,82	23,62	-1,58	26,77	-1,67	24,63	-1,93	-1,85	1,2
1989-01	24,27	-0,28	24,22	-1,44	26,6	-1,64	24,58	-1,97	-1,69	1,5
1989-02	26,04	0,02	25,44	-0,97	26,66	-1,44	25,28	-1,46	-1,43	1,2
1989-03	26,34	-0,08	26,19	-0,97	27,16	-1,04	26,08	-1,16	-1,08	1,1
1989-04	25,45	-0,02	26,72	-0,76	27,61	-0,84	26,74	-0,97	-0,83	1,6
1989-05	23,21	-1,05	26,42	-0,74	28,13	-0,62	27,06	-0,75	-0,58	1,2
1989-06	22,04	-0,97	26,3	-0,2	28,05	-0,74	27,14	-0,45	-0,4	0,7
1989-07	21,17	-0,76	25,35	-0,34	28,05	-0,68	26,72	-0,46	-0,31	0,9
1989-08	20,71	-0,31	24,72	-0,38	28,02	-0,63	26,33	-0,51	-0,27	-0,3
1989-09	20,07	-0,66	24,6	-0,33	28,26	-0,4	26,42	-0,31	-0,24	0,5
1989-10	20,54	-0,51	24,58	-0,37	28,31	-0,33	26,32	-0,36	-0,22	0,8
1989-11	21,41	-0,29	24,51	-0,53	28,16	-0,4	26,25	-0,37	-0,16	-0,2
1989-12	22,41	-0,47	24,85	-0,35	28,42	-0,02	26,46	-0,1	-0,05	-0,5
1990-01	24,09	-0,46	25,37	-0,3	28,48	0,24	26,56	0,01	0,14	-0,1
1990-02	25,94	-0,08	26,42	0,01	28,58	0,48	26,96	0,22	0,21	-1,8
1990-03	26,04	-0,37	26,92	-0,24	28,63	0,43	27,33	0,09	0,28	-0,4
1990-04	25,02	-0,45	27,49	0	28,75	0,3	27,9	0,19	0,29	0,2
1990-05	24,18	-0,08	27,41	0,25	28,85	0,11	28,02	0,21	0,29	1,2
1990-06	22,83	-0,18	26,58	0,08	28,92	0,13	27,64	0,05	0,31	0,3

Continuación de anexo 1.

1990-07	21,3	-0,62	25,81	0,12	28,92	0,19	27,38	0,2	0,33	0,5
1990-08	20,57	-0,44	25,23	0,13	28,92	0,28	27,07	0,24	0,38	-0,2
1990-09	20,24	-0,5	25,02	0,09	28,98	0,33	26,94	0,21	0,39	-0,7
1990-10	20,31	-0,74	24,84	-0,12	29,15	0,51	26,93	0,26	0,35	0,3
1990-11	21	-0,69	24,9	-0,14	29,2	0,64	26,81	0,18	0,4	-0,5
1990-12	22,31	-0,57	25,15	-0,05	29,19	0,75	26,95	0,39	0,41	-0,2
1991-01	24,02	-0,52	25,79	0,12	28,9	0,66	27,03	0,48	0,41	0,6
1991-02	25,72	-0,3	26,41	0	28,73	0,63	27,07	0,33	0,26	0,3
1991-03	26,28	-0,14	27,04	-0,11	28,66	0,46	27,32	0,08	0,22	-0,7
1991-04	25,24	-0,23	27,53	0,05	28,97	0,52	28,01	0,3	0,26	-0,6
1991-05	24,09	-0,17	27,49	0,33	29,38	0,63	28,2	0,39	0,45	-1
1991-06	23,33	0,32	27,3	0,8	29,35	0,56	28,25	0,65	0,64	-0,1
1991-07	22,56	0,63	26,64	0,95	29,34	0,61	28,05	0,88	0,73	0
1991-08	21,37	0,36	25,63	0,53	29,26	0,61	27,53	0,7	0,64	-0,4
1991-09	21,19	0,45	25,26	0,33	29,09	0,44	27,14	0,41	0,62	-1,5
1991-10	21,67	0,62	25,59	0,64	29,47	0,82	27,58	0,9	0,79	-1
1991-11	22,38	0,68	26,05	1,01	29,39	0,83	27,9	1,27	1,21	-0,7
1991-12	23,64	0,76	26,48	1,28	29,35	0,91	28,29	1,73	1,53	-1,8
1992-01	25,03	0,49	27,03	1,36	28,94	0,7	28,38	1,83	1,71	-2,9
1992-02	26,71	0,69	27,67	1,26	29,08	0,98	28,53	1,79	1,63	-0,9
1992-03	27,73	1,31	28,26	1,1	28,96	0,76	28,66	1,43	1,48	-2
1992-04	27,72	2,25	28,75	1,27	29,09	0,64	29,02	1,31	1,29	-1
1992-05	26,63	2,37	28,44	1,29	29,23	0,48	28,98	1,16	1,06	0,3
1992-06	23,98	0,97	27,17	0,66	29,24	0,45	28,3	0,71	0,73	-0,6
1992-07	21,89	-0,04	25,75	0,06	29,21	0,48	27,51	0,34	0,37	-0,6
1992-08	20,87	-0,15	25,03	-0,07	28,93	0,29	26,91	0,07	0,09	0,4
1992-09	20,76	0,02	24,83	-0,1	28,86	0,2	26,65	-0,07	-0,13	0,1
1992-10	21,02	-0,03	24,64	-0,31	28,76	0,12	26,42	-0,25	-0,25	-1,4
1992-11	21,59	-0,11	24,64	-0,4	28,69	0,13	26,42	-0,21	-0,28	-0,7
1992-12	22,71	-0,17	24,87	-0,33	28,61	0,17	26,44	-0,12	-0,13	-0,6
1993-01	24,55	0,01	25,55	-0,12	28,54	0,3	26,69	0,14	0,09	-0,9
1993-02	26,4	0,38	26,8	0,39	28,3	0,2	27,16	0,42	0,3	-0,7
1993-03	27,09	0,67	27,61	0,45	28,37	0,17	27,67	0,44	0,5	-0,5
1993-04	26,79	1,32	28,42	0,94	28,66	0,21	28,41	0,7	0,67	-1,2
1993-05	25,57	1,31	28,33	1,17	28,98	0,23	28,71	0,9	0,7	-0,3
1993-06	24,16	1,15	27,06	0,56	29,01	0,22	28,08	0,49	0,57	-0,8
1993-07	22,66	0,74	26,05	0,36	28,97	0,24	27,52	0,34	0,32	-0,8

Continuación de anexo 1.

1993-08	21,57	0,55	25,36	0,26	28,92	0,27	26,99	0,15	0,25	-0,9
1993-09	21,11	0,37	25,22	0,29	29,06	0,4	27,07	0,34	0,15	-0,7
1993-10	21,57	0,52	25,11	0,16	28,78	0,14	26,77	0,1	0,1	-1,1
1993-11	21,96	0,27	25,09	0,05	28,79	0,23	26,71	0,08	0,04	-0,1
1993-12	22,83	-0,06	25,31	0,11	28,72	0,28	26,76	0,2	0,06	0,2
1994-01	24,47	-0,07	25,86	0,19	28,43	0,19	26,64	0,09	0,06	-0,1
1994-02	25,77	-0,25	26,33	-0,08	28,14	0,04	26,81	0,07	0,07	0,3
1994-03	25,48	-0,94	26,85	-0,31	28,37	0,17	27,39	0,15	0,17	-0,7
1994-04	24,27	-1,2	27,2	-0,28	28,74	0,29	28,08	0,37	0,31	-1,3
1994-05	23,36	-0,9	27,15	-0,01	29,14	0,39	28,24	0,43	0,42	-0,7
1994-06	22,21	-0,8	26,56	0,06	29,23	0,44	28,04	0,45	0,41	-0,4
1994-07	21,09	-0,83	25,53	-0,16	29,4	0,66	27,54	0,36	0,44	-1,3
1994-08	19,98	-1,04	24,86	-0,24	29,5	0,86	27,38	0,55	0,43	-1,2
1994-09	20,58	-0,16	24,85	-0,08	29,3	0,65	27,2	0,47	0,55	-1,6
1994-10	21,81	0,76	25,5	0,55	29,45	0,81	27,47	0,8	0,74	-1,1
1994-11	22,26	0,56	25,99	0,96	29,44	0,88	27,81	1,19	1,01	-0,6
1994-12	23,67	0,79	26,05	0,85	29,46	1,02	27,85	1,29	1,09	-1,2
1995-01	25,3	0,76	26,43	0,77	29,04	0,8	27,57	1,02	0,96	-0,4
1995-02	26,2	0,18	26,85	0,45	28,91	0,81	27,49	0,74	0,72	-0,1
1995-03	26	-0,42	27,18	0,02	29,03	0,83	27,75	0,51	0,53	0,8
1995-04	23,99	-1,48	27,18	-0,3	29,14	0,69	28,1	0,39	0,3	-0,7
1995-05	23	-1,26	26,53	-0,62	29,31	0,56	27,82	0,01	0,14	-0,4
1995-06	22,2	-0,81	26,07	-0,44	29,18	0,39	27,59	-0,01	-0,03	0,1
1995-07	21,35	-0,57	25,36	-0,33	28,93	0,2	27,08	-0,1	-0,24	0,4
1995-08	20,6	-0,41	24,21	-0,89	28,65	0	26,23	-0,61	-0,54	0,3
1995-09	20,44	-0,29	23,86	-1,07	28,41	-0,25	25,88	-0,84	-0,81	0,3
1995-10	20,46	-0,59	23,98	-0,97	28,31	-0,33	25,84	-0,83	-0,97	0
1995-11	21,37	-0,33	24,04	-1	28,11	-0,45	25,6	-1,03	-1	0
1995-12	21,96	-0,92	24,25	-0,95	28,04	-0,4	25,65	-0,91	-0,98	-0,5
1996-01	23,92	-0,63	24,85	-0,82	27,85	-0,39	25,69	-0,86	-0,9	1
1996-02	25,66	-0,36	25,73	-0,68	27,67	-0,43	25,89	-0,85	-0,75	0,3
1996-03	26,16	-0,26	26,67	-0,48	27,92	-0,28	26,67	-0,56	-0,59	1,1
1996-04	23,62	-1,85	26,75	-0,73	28,17	-0,28	27,35	-0,36	-0,39	0,8
1996-05	22,97	-1,29	26,51	-0,65	28,46	-0,29	27,55	-0,26	-0,31	0,3
1996-06	21,24	-1,78	25,86	-0,64	28,49	-0,3	27,29	-0,3	-0,3	1,2
1996-07	20,7	-1,23	25,17	-0,52	28,45	-0,29	26,85	-0,33	-0,27	0,7
1996-08	20,14	-0,88	24,69	-0,41	28,47	-0,17	26,64	-0,2	-0,32	0,7



Continuación de anexo 1.

1996-09	20,08	-0,66	24,41	-0,53	28,4	-0,26	26,27	-0,46	-0,35	0,6
1996-10	20,31	-0,74	24,39	-0,56	28,45	-0,19	26,27	-0,4	-0,4	0,6
1996-11	20,56	-1,14	24,45	-0,59	28,47	-0,09	26,29	-0,34	-0,45	-0,1
1996-12	21,68	-1,21	24,22	-0,98	28,35	-0,09	25,95	-0,61	-0,49	0,9
1997-01	23,66	-0,88	24,77	-0,9	28,33	0,09	26,01	-0,54	-0,5	0,5
1997-02	25,88	-0,14	25,73	-0,68	28,39	0,29	26,38	-0,36	-0,36	1,7
1997-03	27,03	0,61	26,86	-0,3	28,56	0,36	27,04	-0,2	-0,1	-0,4
1997-04	26,44	0,98	27,47	-0,02	29,22	0,77	27,98	0,27	0,28	-0,6
1997-05	26,54	2,28	27,9	0,75	29,44	0,7	28,58	0,77	0,75	-1,3
1997-06	26,12	3,11	28,13	1,62	29,23	0,44	28,82	1,23	1,22	-1,4
1997-07	25,59	3,66	27,9	2,21	29,37	0,64	28,86	1,68	1,6	-0,8
1997-08	24,96	3,95	27,71	2,61	29,29	0,64	28,75	1,91	1,9	-1,4
1997-09	24,69	3,95	27,74	2,81	29,44	0,78	28,85	2,12	2,14	-1,4
1997-10	24,69	3,64	28,06	3,11	29,34	0,7	29,08	2,41	2,33	-1,5
1997-11	26,12	4,43	28,37	3,33	29,39	0,83	29,12	2,49	2,4	-1,2
1997-12	27,06	4,18	28,53	3,33	29,11	0,67	28,89	2,33	2,39	-1
1998-01	28,12	3,57	28,74	3,08	28,95	0,72	28,93	2,37	2,24	-2,7
1998-02	28,74	2,72	28,9	2,49	28,79	0,69	28,78	2,04	1,93	-2
1998-03	29,23	2,81	29,12	1,96	28,62	0,42	28,62	1,39	1,44	-2,4
1998-04	28,22	2,75	29,22	1,74	28,56	0,11	28,6	0,89	0,99	-1,4
1998-05	27,14	2,88	28,64	1,48	28,66	-0,09	28,51	0,7	0,45	0,3
1998-06	25,36	2,35	26,99	0,49	28,26	-0,53	27,34	-0,26	-0,13	1
1998-07	23,37	1,45	25,42	-0,26	28,11	-0,62	26,3	-0,88	-0,78	1,2
1998-08	21,97	0,95	24,45	-0,65	27,77	-0,87	25,57	-1,26	-1,12	1,2
1998-09	20,95	0,21	23,95	-0,98	27,74	-0,91	25,46	-1,27	-1,31	1
1998-10	21,35	0,3	23,99	-0,96	27,42	-1,22	25,25	-1,42	-1,35	1,1
1998-11	21,51	-0,18	24,24	-0,8	27,24	-1,32	25,24	-1,39	-1,48	1
1998-12	22,63	-0,25	24,13	-1,07	27,06	-1,38	24,91	-1,65	-1,57	1,4
1999-01	23,79	-0,76	24,41	-1,26	26,64	-1,6	24,86	-1,7	-1,55	1,8
1999-02	25,56	-0,46	25,52	-0,88	26,56	-1,54	25,43	-1,31	-1,3	1
1999-03	26,45	0,03	26,68	-0,47	26,98	-1,23	26,33	-0,91	-1,07	1,3
1999-04	24,64	-0,83	26,71	-0,77	27,41	-1,04	26,7	-1,01	-0,98	1,4
1999-05	23,73	-0,53	26,45	-0,71	27,89	-0,86	26,79	-1,02	-1,02	0,2
1999-06	22,36	-0,65	25,72	-0,78	27,96	-0,83	26,53	-1,06	-1,04	0,3
1999-07	21,73	-0,2	25,05	-0,64	27,75	-0,98	26,13	-1,05	-1,1	0,5
1999-08	20,89	-0,12	24,28	-0,82	27,69	-0,96	25,63	-1,2	-1,11	0,4
1999-09	19,67	-1,06	23,79	-1,14	27,79	-0,86	25,63	-1,1	-1,16	-0,1

Continuación de anexo 1.

1999-10	20,15	-0,9	23,6	-1,36	27,79	-0,85	25,48	-1,19	-1,26	1
1999-11	20,43	-1,27	23,6	-1,44	27,42	-1,14	25,12	-1,51	-1,46	1
1999-12	22,17	-0,71	23,68	-1,52	27,18	-1,26	24,86	-1,7	-1,65	1,4
2000-01	23,81	-0,74	24	-1,67	26,99	-1,25	24,78	-1,77	-1,66	0,7
2000-02	25,48	-0,54	25,27	-1,14	26,73	-1,37	25,21	-1,54	-1,41	1,7
2000-03	26,02	-0,4	26,7	-0,46	26,89	-1,31	26,3	-0,94	-1,07	1,3
2000-04	25,5	0,03	27,41	-0,07	27,2	-1,25	26,95	-0,76	-0,81	1,2
2000-05	24,02	-0,24	26,88	-0,28	27,63	-1,12	27,07	-0,74	-0,71	0,4
2000-06	22,75	-0,27	26,03	-0,48	28,06	-0,73	26,94	-0,65	-0,64	-0,2
2000-07	21,68	-0,25	25,18	-0,5	28,17	-0,56	26,63	-0,55	-0,55	-0,2
2000-08	20,44	-0,58	24,64	-0,46	28,16	-0,48	26,37	-0,47	-0,51	0,7
2000-09	20,5	-0,24	24,59	-0,35	28,27	-0,38	26,2	-0,53	-0,55	0,9
2000-10	20,74	-0,31	24,48	-0,47	28,11	-0,53	26,02	-0,65	-0,63	1,1
2000-11	20,46	-1,23	24,4	-0,64	27,92	-0,63	25,92	-0,71	-0,75	1,8
2000-12	21,85	-1,03	24,57	-0,63	27,59	-0,85	25,68	-0,88	-0,74	0,8
2001-01	23,94	-0,61	25,24	-0,43	27,43	-0,81	25,81	-0,74	-0,68	1
2001-02	25,62	-0,4	26,12	-0,29	27,37	-0,73	26,12	-0,62	-0,52	1,7
2001-03	26,66	0,24	27,2	0,04	27,61	-0,59	26,8	-0,43	-0,44	0,9
2001-04	25,72	0,25	27,46	-0,02	28,04	-0,41	27,33	-0,38	-0,34	0,2
2001-05	23,71	-0,55	27,11	-0,05	28,53	-0,22	27,6	-0,21	-0,25	-0,5
2001-06	22,28	-0,73	26,34	-0,16	28,79	0,01	27,54	-0,05	-0,12	0,3
2001-07	21,38	-0,55	25,53	-0,15	28,98	0,25	27,25	0,07	-0,08	-0,2
2001-08	20,16	-0,85	24,9	-0,2	28,84	0,2	26,8	-0,03	-0,13	-0,4
2001-09	19,6	-1,14	24,31	-0,62	28,97	0,32	26,52	-0,21	-0,19	0,2
2001-10	19,88	-1,17	24,55	-0,4	28,95	0,3	26,57	-0,1	-0,29	0
2001-11	20,77	-0,93	24,42	-0,61	28,78	0,22	26,33	-0,29	-0,35	0,7
2001-12	21,79	-1,09	24,61	-0,59	28,66	0,22	26,19	-0,37	-0,31	-0,8
2002-01	23,79	-0,76	25,17	-0,5	28,72	0,48	26,39	-0,16	-0,15	0,4
2002-02	26,03	0,01	26,16	-0,24	28,66	0,56	26,71	-0,03	0,03	1,1
2002-03	27,25	0,84	27,35	0,19	28,57	0,37	27,29	0,05	0,09	-0,2
2002-04	26,35	0,89	27,58	0,1	29,03	0,58	27,84	0,13	0,2	-0,1
2002-05	25,04	0,78	27,51	0,35	29,52	0,77	28,24	0,43	0,43	-0,8
2002-06	23,51	0,5	27,19	0,69	29,61	0,82	28,44	0,85	0,65	-0,2
2002-07	21,72	-0,2	26,19	0,5	29,52	0,79	28,03	0,86	0,79	-0,5
2002-08	20,74	-0,27	25,63	0,53	29,43	0,78	27,72	0,89	0,86	-1
2002-09	20,93	0,19	25,76	0,83	29,37	0,72	27,81	1,08	1,01	-0,6
2002-10	21,39	0,34	25,97	1,02	29,41	0,77	27,96	1,29	1,21	-0,4

Continuación de anexo 1.

2002-11	22,63	0,93	26,4	1,37	29,55	0,99	28,17	1,54	1,31	-0,5
2002-12	23,91	1,03	26,44	1,23	29,38	0,94	27,97	1,41	1,14	-1,1
2003-01	24,69	0,15	26,23	0,56	28,89	0,65	27,15	0,6	0,92	-0,2
2003-02	25,98	-0,04	26,84	0,43	28,88	0,78	27,39	0,65	0,63	-0,7
2003-03	26,42	0	27,39	0,23	28,92	0,72	27,65	0,41	0,38	-0,3
2003-04	24,98	-0,49	27,14	-0,35	28,96	0,51	27,68	-0,03	-0,04	-0,1
2003-05	22,77	-1,49	26,29	-0,86	28,86	0,12	27,32	-0,49	-0,26	-0,3
2003-06	21,77	-1,24	26,03	-0,47	29,07	0,28	27,44	-0,15	-0,16	-0,6
2003-07	20,95	-0,98	25,92	0,24	29,08	0,35	27,5	0,32	0,08	0,3
2003-08	21,02	0	25,38	0,28	28,98	0,34	27,11	0,28	0,21	0,1
2003-09	20,28	-0,46	25,05	0,12	28,94	0,28	26,99	0,26	0,26	-0,1
2003-10	21,25	0,2	25,38	0,43	29,12	0,48	27,14	0,47	0,29	0
2003-11	21,94	0,24	25,75	0,71	29,07	0,51	27,04	0,41	0,35	-0,3
2003-12	23,03	0,15	26	0,8	28,97	0,53	27,03	0,47	0,35	1,1
2004-01	24,36	-0,19	26,08	0,41	28,75	0,51	26,81	0,26	0,37	-1,3
2004-02	26,03	0,02	26,7	0,29	28,57	0,47	26,98	0,24	0,31	1,2
2004-03	25,75	-0,67	27,34	0,18	28,42	0,22	27,4	0,17	0,23	0,4
2004-04	24,96	-0,5	27,52	0,03	28,71	0,26	27,89	0,18	0,17	-0,9
2004-05	22,82	-1,44	26,8	-0,36	29,02	0,28	28	0,18	0,17	1
2004-06	22,05	-0,96	26,35	-0,15	29,19	0,41	27,86	0,27	0,28	-0,8
2004-07	21,18	-0,75	25,78	0,09	29,32	0,59	27,78	0,6	0,47	-0,5
2004-08	20,26	-0,75	25,36	0,26	29,34	0,69	27,62	0,78	0,64	-0,3
2004-09	20,46	-0,28	25,35	0,42	29,45	0,79	27,53	0,8	0,7	-0,3
2004-10	21,16	0,11	25,52	0,57	29,46	0,82	27,44	0,77	0,67	-0,1
2004-11	22,37	0,67	25,73	0,7	29,45	0,89	27,36	0,73	0,66	-0,7
2004-12	23,18	0,29	25,91	0,71	29,41	0,97	27,34	0,78	0,69	-0,8
2005-01	24,54	0	25,98	0,32	29,2	0,96	27,21	0,66	0,64	0,3
2005-02	25,16	-0,86	26,31	-0,1	28,87	0,77	27,11	0,37	0,58	-3,1
2005-03	25,03	-1,39	27,14	-0,02	28,93	0,73	27,73	0,49	0,45	0,3
2005-04	25,12	-0,35	27,53	0,05	29,05	0,6	28,08	0,37	0,43	-0,6
2005-05	24,04	-0,23	27,41	0,25	29,21	0,46	28,24	0,42	0,29	-0,8
2005-06	22,35	-0,66	26,68	0,18	29,14	0,35	27,77	0,18	0,11	0,4
2005-07	21,61	-0,32	25,91	0,22	28,79	0,05	27,06	-0,12	-0,06	0,2
2005-08	20,61	-0,41	25,3	0,2	28,73	0,09	26,8	-0,03	-0,14	-0,3
2005-09	19,99	-0,75	24,82	-0,11	28,79	0,14	26,68	-0,04	-0,11	0,4
2005-10	19,75	-1,3	24,64	-0,32	28,85	0,21	26,65	-0,02	-0,29	1,2
2005-11	20,23	-1,47	23,97	-1,07	28,55	-0,01	26,11	-0,51	-0,57	-0,2

Continuación de anexo 1.

2005-12	21,89	-1	24	-1,2	28,28	-0,16	25,68	-0,89	-0,81	0
2006-01	24,19	-0,35	24,85	-0,82	27,82	-0,42	25,63	-0,92	-0,79	1,7
2006-02	26,32	0,3	26,06	-0,35	27,52	-0,58	26,08	-0,66	-0,67	0,1
2006-03	26,2	-0,22	26,65	-0,51	27,73	-0,47	26,57	-0,66	-0,47	1,8
2006-04	24,04	-1,43	27,16	-0,32	28,29	-0,16	27,5	-0,21	-0,28	1,1
2006-05	23,86	-0,4	27,17	0,01	28,86	0,11	27,85	0,04	-0,05	-0,5
2006-06	22,91	-0,1	26,61	0,11	29,03	0,24	27,73	0,14	0,04	-0,2
2006-07	22,16	0,23	25,82	0,13	29,1	0,36	27,3	0,12	0,12	-0,6
2006-08	21,71	0,69	25,51	0,41	29,21	0,56	27,16	0,33	0,27	-1
2006-09	21,7	0,96	25,73	0,8	29,4	0,74	27,32	0,59	0,48	-0,6
2006-10	22,07	1,02	25,86	0,91	29,45	0,81	27,41	0,74	0,71	-1,3
2006-11	22,45	0,75	26,1	1,06	29,62	1,06	27,69	1,06	0,9	0,1
2006-12	23,52	0,64	26,37	1,17	29,46	1,02	27,74	1,18	0,95	-0,3
2007-01	25,23	0,68	26,53	0,86	28,97	0,73	27,24	0,69	0,71	-0,8
2007-02	26,21	0,19	26,49	0,08	28,66	0,56	26,88	0,14	0,32	-0,1
2007-03	25,84	-0,57	26,8	-0,35	28,66	0,46	27,1	-0,13	-0,03	0,2
2007-04	24,31	-1,16	26,95	-0,53	28,73	0,28	27,5	-0,21	-0,23	-0,1
2007-05	22,63	-1,63	26,37	-0,79	28,84	0,09	27,46	-0,35	-0,29	-0,1
2007-06	21,52	-1,49	25,9	-0,6	28,9	0,11	27,37	-0,22	-0,41	0,5
2007-07	20,98	-0,95	24,85	-0,84	28,68	-0,06	26,71	-0,47	-0,54	-0,3
2007-08	19,81	-1,21	23,94	-1,16	28,48	-0,17	26,14	-0,7	-0,84	0,4
2007-09	19,75	-0,98	23,63	-1,3	28,11	-0,54	25,61	-1,12	-1,13	0,2
2007-10	19,5	-1,55	23,55	-1,41	27,91	-0,73	25,32	-1,35	-1,4	0,7
2007-11	19,92	-1,77	23,48	-1,55	27,61	-0,95	25,17	-1,46	-1,54	0,9
2007-12	21,15	-1,73	23,57	-1,63	27,42	-1,02	25,01	-1,55	-1,6	1,7
2008-01	24,08	-0,46	24,19	-1,47	26,87	-1,37	24,86	-1,69	-1,59	1,8
2008-02	26,32	0,3	25,16	-1,24	26,62	-1,48	25,08	-1,66	-1,42	2,6
2008-03	26,88	0,46	26,45	-0,71	26,97	-1,24	26,07	-1,16	-1,19	1,4
2008-04	25,94	0,48	27,12	-0,36	27,46	-0,99	26,83	-0,88	-0,92	0,7
2008-05	24,95	0,69	27	-0,16	27,81	-0,94	27,09	-0,72	-0,75	-0,1
2008-06	23,68	0,67	26,46	-0,04	27,96	-0,83	27,04	-0,55	-0,54	0,6
2008-07	22,95	1,02	26,08	0,39	28,07	-0,66	26,99	-0,19	-0,35	0,3
2008-08	22,4	1,39	25,62	0,52	28,04	-0,6	26,72	-0,11	-0,26	1
2008-09	21,75	1,01	25,2	0,27	28,08	-0,58	26,47	-0,26	-0,3	1,2
2008-10	21,37	0,32	25,07	0,12	28,17	-0,47	26,37	-0,31	-0,41	1,3
2008-11	21,38	-0,32	24,98	-0,06	27,98	-0,58	26,25	-0,38	-0,6	1,3

Continuación de anexo 1.

2008-12	22,36	-0,53	24,66	-0,54	27,73	-0,71	25,74	-0,82	-0,73	1,4
2009-01	24,4	-0,15	25,15	-0,51	27,37	-0,87	25,66	-0,9	-0,8	1,1
2009-02	25,42	-0,6	25,84	-0,57	27,35	-0,75	25,96	-0,78	-0,69	1,9
2009-03	25,67	-0,74	26,49	-0,67	27,74	-0,47	26,59	-0,65	-0,52	0,4
2009-04	25,94	0,48	27,41	-0,07	28,37	-0,08	27,47	-0,24	-0,24	0,8
2009-05	24,76	0,5	27,54	0,38	28,9	0,16	27,99	0,18	0,09	-0,1
2009-06	23,78	0,77	27,18	0,68	29,14	0,36	28,04	0,45	0,35	0,1
2009-07	22,71	0,78	26,49	0,8	29,19	0,45	27,78	0,6	0,47	0,2
2009-08	21,85	0,83	25,92	0,82	29,23	0,59	27,42	0,58	0,54	-0,2
2009-09	21,23	0,5	25,69	0,76	29,33	0,67	27,4	0,67	0,65	0,3
2009-10	21,34	0,29	25,76	0,8	29,68	1,04	27,6	0,93	0,95	-1,2
2009-11	21,99	0,29	26,18	1,15	29,82	1,26	28,16	1,53	1,31	-0,6
2009-12	23,41	0,53	26,55	1,35	29,72	1,28	28,34	1,78	1,57	-0,7
2010-01	24,85	0,3	26,73	1,06	29,44	1,2	28,07	1,51	1,55	-1,1
2010-02	26,22	0,2	27,28	0,88	29,08	0,98	28,01	1,26	1,31	-1,5
2010-03	26,56	0,14	27,76	0,6	29,07	0,86	28,18	0,95	0,94	-0,7
2010-04	25,43	-0,04	27,85	0,37	29,13	0,68	28,2	0,49	0,44	1,2
2010-05	24,65	0,39	27,08	-0,08	29,01	0,26	27,71	-0,1	-0,09	0,9
2010-06	23,14	0,13	25,91	-0,59	28,66	-0,13	27,04	-0,55	-0,59	0,4
2010-07	20,93	-1	24,79	-0,9	28,1	-0,63	26,22	-0,96	-1,03	1,8
2010-08	19,7	-1,32	23,97	-1,13	27,54	-1,11	25,47	-1,37	-1,38	1,8
2010-09	19,5	-1,23	23,61	-1,32	27,32	-1,34	25,12	-1,61	-1,61	2,2
2010-10	19,73	-1,32	23,5	-1,45	27,15	-1,49	25,03	-1,64	-1,7	1,7
2010-11	20,34	-1,35	23,59	-1,45	27,11	-1,45	25,06	-1,57	-1,69	1,3
2010-12	21,91	-0,98	23,73	-1,47	27,09	-1,35	25	-1,57	-1,59	2,9
2011-01	24,08	-0,46	24,4	-1,26	26,92	-1,32	25	-1,55	-1,37	2,3
2011-02	25,94	-0,07	25,63	-0,77	27,15	-0,95	25,64	-1,1	-1,09	2,7
2011-03	25,61	-0,81	26,47	-0,68	27,51	-0,69	26,36	-0,88	-0,83	2,5
2011-04	25,34	-0,13	27,25	-0,23	27,89	-0,56	27,05	-0,66	-0,64	1,9
2011-05	24,53	0,27	26,96	-0,2	28,35	-0,4	27,41	-0,4	-0,47	0,4
2011-06	23,42	0,41	26,5	0	28,46	-0,33	27,35	-0,24	-0,38	0,2
2011-07	22,06	0,13	25,61	-0,08	28,42	-0,32	26,87	-0,31	-0,46	1
2011-08	20,79	-0,22	24,73	-0,37	28,16	-0,49	26,21	-0,63	-0,65	0,4
2011-09	19,99	-0,75	24,29	-0,64	28	-0,65	25,92	-0,81	-0,89	1
2011-10	20,24	-0,81	23,92	-1,04	27,86	-0,79	25,67	-1,01	-1,06	0,8
2011-11	21,09	-0,61	23,98	-1,06	27,8	-0,76	25,52	-1,11	-1,14	1,1
2011-12	22,13	-0,75	24,31	-0,9	27,53	-0,91	25,54	-1,02	-1,03	2,5

Continuación de anexo 1.

2012-01	24,38	-0,16	25,09	-0,58	27,3	-0,94	25,67	-0,88	-0,81	1,1
2012-02	26,46	0,44	26,22	-0,19	27,29	-0,81	26,08	-0,66	-0,62	0,5
2012-03	26,65	0,23	27,02	-0,13	27,56	-0,65	26,67	-0,57	-0,5	0,7
2012-04	26,44	0,97	27,56	0,08	28,03	-0,42	27,32	-0,39	-0,38	-0,3
2012-05	25,29	1,03	27,34	0,18	28,4	-0,35	27,61	-0,2	-0,18	0
2012-06	24,14	1,13	27,05	0,55	28,58	-0,21	27,75	0,16	0,05	-0,4
2012-07	22,36	0,43	26,37	0,68	28,64	-0,1	27,54	0,36	0,27	0
2012-08	21,07	0,06	25,64	0,54	28,86	0,22	27,32	0,49	0,33	-0,2
2012-09	20,79	0,05	25,24	0,31	28,97	0,31	27,1	0,38	0,31	0,2
2012-10	20,65	-0,4	25	0,05	29,07	0,43	26,98	0,31	0,21	0,3
2012-11	21,24	-0,45	25,08	0,05	29	0,44	26,86	0,23	0,01	0,3
2012-12	21,96	-0,92	24,8	-0,4	28,6	0,16	26,34	-0,22	-0,21	-0,6
2013-01	23,89	-0,66	25	-0,67	28,24	0	26,01	-0,54	-0,38	-0,1
2013-02	25,37	-0,65	25,84	-0,57	28,01	-0,09	26,24	-0,51	-0,33	-0,2
2013-03	25,81	-0,6	27,08	-0,08	27,95	-0,25	27,03	-0,21	-0,24	1,5
2013-04	24,31	-1,16	27,22	-0,26	28,36	-0,09	27,57	-0,14	-0,21	0,2
2013-05	22,83	-1,43	26,43	-0,73	28,69	-0,06	27,53	-0,28	-0,27	0,8
2013-06	21,22	-1,79	25,73	-0,77	28,77	-0,02	27,3	-0,29	-0,34	1,2
2013-07	20,36	-1,57	25,1	-0,59	28,66	-0,07	26,91	-0,27	-0,38	0,8
2013-08	19,85	-1,17	24,47	-0,63	28,61	-0,03	26,47	-0,36	-0,35	0,2
2013-09	19,95	-0,78	24,58	-0,36	28,65	-0,01	26,54	-0,19	-0,31	0,3
2013-10	20,27	-0,78	24,79	-0,17	28,72	0,08	26,52	-0,16	-0,23	-0,1
2013-11	21,09	-0,6	24,9	-0,13	28,74	0,18	26,56	-0,07	-0,22	0,7
2013-12	22,37	-0,51	25,09	-0,11	28,48	0,04	26,43	-0,13	-0,27	0,1
2014-1	24,56	0,02	25,23	-0,44	28,14	-0,1	26,05	-0,5	-0,37	1,4
2014-2	25,49	-0,53	25,62	-0,79	28,27	0,17	26,14	-0,61	-0,36	0,1
2014-3	26,17	-0,24	26,89	-0,27	28,6	0,4	27	-0,23	-0,17	-0,9
2014-4	25,51	0,04	27,64	0,16	28,98	0,53	27,9	0,19	0,13	0,8
2014-5	25,48	1,22	27,64	0,48	29,45	0,7	28,25	0,44	0,3	0,5
2014-6	24,67	1,66	27,15	0,65	29,36	0,57	27,96	0,37	0,23	0,2
2014-7	22,94	1,01	26,12	0,43	29,04	0,31	27,23	0,05	0,07	-0,2
2014-8	21,9	0,88	25,3	0,2	29,04	0,4	26,82	-0,01	0,03	-0,7
2014-9	21,52	0,79	25,27	0,34	29,16	0,5	27,01	0,28	0,18	-0,7
2014-10	21,71	0,66	25,56	0,61	29,24	0,6	27,16	0,48	0,44	-0,6
2014-11	22,45	0,76	25,88	0,84	29,43	0,87	27,46	0,83	0,59	-0,9
2014-12	23,22	0,34	25,91	0,71	29,3	0,86	27,31	0,75	0,66	-0,6
2015-01	24,41	-0,13	26,01	0,35	29,07	0,84	27,05	0,5	0,6	-0,8

Continuación de anexo 1.

2015-02	25,57	-0,45	26,46	0,05	29,07	0,97	27,17	0,43	0,56	0,2
2015-03	26,57	0,16	27,3	0,14	29,22	1,02	27,75	0,52	0,62	-0,7
2015-04	26,54	1,07	28,21	0,73	29,61	1,16	28,52	0,81	0,79	0
2015-05	25,96	1,7	28,2	1,04	29,85	1,11	28,85	1,04	1,02	-0,7
2015-06	25,32	2,31	28,07	1,57	29,88	1,1	28,9	1,31	1,25	-0,6
2015-07	24,5	2,57	27,66	1,97	29,78	1,04	28,75	1,57	1,54	-1,1
2015-08	22,66	1,64	27,21	2,11	29,77	1,13	28,79	1,95	1,83	-1,4
2015-09	23,01	2,27	27,4	2,47	29,82	1,16	28,93	2,2	2,11	-1,6
2015-10	23,14	2,09	27,6	2,65	29,84	1,19	29,08	2,41	2,37	-1,7
2015-11	23,93	2,23	27,95	2,91	30,13	1,57	29,42	2,8	2,53	-0,5
2015-12	25,02	2,14	28,07	2,87	29,91	1,47	29,26	2,7	2,64	-0,6

Fuente: *Monthly Atmospheric & SST Indices*. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>.

Consulta: 24 de octubre de 2017.