



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**INFLUENCIA DE PATRONES CLIMÁTICOS GLOBALES EN EL
CAUDAL SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS**

Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en Gestión
Integral de Cuencas Hidrográficas

DIRECTORA:

Mg. Verónica Pilar Ríos Briones

AUTOR:

Ing. Cristina Cuasapaz Chamorro

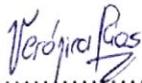
IBARRA - ECUADOR

2018

Aprobación del tutor

En calidad de tutor del Trabajo de Grado, presentado por la Ingeniera Cristina Salomé Cuasapaz Chamorro, para optar por el grado de Magister en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, doy fe de que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a presentación (pública) y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra a los 30 días del mes de agosto de 2018.



.....
Mg. Verónica Pilar Ríos Briones

C.C. 1719365288

Aprobación del Jurado

“INFLUENCIA DE PATRONES CLIMÁTICOS GLOBALES EN EL CAUDAL SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS”

AUTORA: Cristina Salomé Cuasapaz Chamorro

Trabajo de grado de Magister, aprobado en nombre de la Universidad Técnica del Norte, por el siguiente jurado, a los 16 días del mes de octubre de 2018.

Mg. Verónica Pilar Ríos Briones



.....

Dr. Jesús Aranguren Carrera



.....

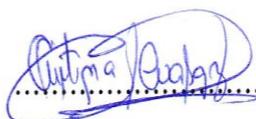
Dr. Alí Moncada Rengel



.....

Autoría

Yo, Cristina Salomé Cuasapaz Chamorro, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado, ni calificación profesional, que he consultado referencias bibliográficas que se incluyen en este documento y que todos los datos presentados son resultado de mi trabajo.



.....
Cristina Salomé Cuasapaz Chamorro

C.C. 1002608337



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1002608337		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cuasapaz Chamorro Cristina Salomé		
DIRECCIÓN:	Calle Gral. Julio Andrade 4-33 y José Miguel Leoro		
EMAIL:	crissc2003@yahoo.com		
TELÉFONO FIJO:	06 2585222	TELÉFONO MÓVIL:	0986116218
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	“INFLUENCIA DE PATRONES CLIMÁTICOS GLOBALES EN EL CAUDAL SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS”		
AUTOR (ES):	Cristina Salomé Cuasapaz Chamorro		
FECHA: DD/MM/AAAA	16 de octubre de 2018		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO		
TITULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas		
ASESOR /DIRECTOR:	Mg. Verónica Pilar Ríos Briones		

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 16 días del mes de octubre de 2018

EL AUTOR:

.....

Cristina Salomé Cuasapaz Chamorro

Dedicatoria

A Dios por darme la fuerza, sabiduría y la voluntad para alcanzar una meta más en mi vida,

A mis padres Antonio Cuasapaz y María Chamorro porque siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo, amor y consejos.

A mis hermanos Sergio, Marco, Norma y Miguel por ser mi compañía y brindarme el apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, a mis sobrinos por darme paz, tranquilidad y amor incondicional.

Cristina Salomé Cuasapaz Chamorro

Agradecimiento

A la Universidad Técnica del Norte e Instituto de Posgrado que me han brindado la oportunidad de continuar mis estudios en búsqueda de la superación profesional.

A la Mg. Verónica Ríos, directora de Tesis, quien me brindó todo el apoyo durante el desarrollo de mi trabajo de investigación.

Al Dr. Jesús Arangúren por su gran paciencia y sus aportes importantes en este trabajo investigativo.

Al Dr. Fernando Caicedo por sus aportes importantes en este trabajo investigativo.

A mi familia por la comprensión, paciencia y el apoyo diario.

A todas aquellas personas, compañeros de aula y amigos que estuvieron pendientes, que me colaboraron y apoyaron durante el desarrollo de este trabajo.

Cristina Salomé Cuasapaz Chamorro

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE
CUENCAS HIDROGRÁFICAS

“INFLUENCIA DE PATRONES CLIMÁTICOS GLOBALES EN EL
CAUDAL SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS”

Autora: Cristina Salomé Cuasapaz Chamorro

Tutor: Verónica Pilar Ríos Briones

Año: 2018

RESUMEN

Esta investigación analiza la influencia de los patrones macroclimáticos globales como el ENSO en el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas. Partiendo de información documental y estadística de investigaciones realizadas en países que tienen influencia directa de estos patrones y la recopilación de base de datos de caudales medios mensuales, se analizó los registros históricos de caudales dentro un periodo comprendido entre los años 1965 al 2013, de 12 estaciones hidrológicas. Se calculó los parámetros morfométricos de la cuenca del Río Esmeraldas y se ubicaron las estaciones hidrológicas que registran el caudal de la cuenca. Con la base de datos homogenizados, se dividió a la cuenca de estudio en cuenca alta, media y baja y se calcularon las medidas de tendencia central y dispersión, expresadas a través del coeficiente de variación, se realizó un análisis de anomalías de los caudales, y se determinó la correlación entre los índices que influyen en las costas del Pacífico y Atlántico y los caudales medios multianuales de las cuencas alta, media y baja. Los resultados obtenidos muestran que los: a) Los coeficientes de variación, de la cuenca baja presenta un valor de 150%, cuenca media de 54% y cuenca alta de 67%; esto indica que existe gran variabilidad en los caudales de los ríos, en especial en la cuenca baja, provocada por la influencia de variables macroclimáticas como el ENSO, y que la mayor variabilidad tiene lugar entre los meses de noviembre y abril, meses donde la temperatura superficial del mar aumenta. b) Las mayores anomalías de caudales se encontraron en los registros de los periodos 1997-1998 con un aumento de caudal del 100% para la zona baja, 43% para la zona media y 36% para la zona alta, registros superiores a la media mensual multianual, lo que indica que el calentamiento de las agua superficiales del océano Pacífico generan anomalías significativas con caudales superficiales y precipitaciones extremas. c) Los resultados de correlación lineal entre el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas y los índices macroclimáticos demuestran que los índices MEI, SOI y ONI son los que presentan las mejores correlaciones, de 0,92, 0,53 y 0,90 respectivamente, además el grado de significancia de la influencia va disminuyendo conforme se va acercando hacia la cordillera de los

Andes, a la cercanía o lejanía al Océano Pacífico, al relieve y a las condiciones meteorológicas, reflejándose la dependencia en las distintas escalas en su fase positiva y negativa.

Finalmente, como complemento a la investigación, se definieron lineamientos para la automatización de las estaciones hidrológicas que registran el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas, con el objeto de corregir errores concebidos por fallas humanas y facilitar el trabajo de campo, generando información confiable en tiempo real, que permita la adopción de medidas de control de inundaciones y gestión del recurso hídrico de la cuenca.

Palabras clave: Cuenca hidrográfica, caudal, índices macroclimáticos, ENSO, MEI, SOI, ONI, NAO, PDO, AMO, CAR.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE
CUENCAS HIDROGRÁFICAS
WATER BASINS COMPREHENSIVE MANAGEMENT MASTER PROGRAM

“GLOBAL CLIMATE PATTERNS INFLUENCE ON “RIO ESMERALDAS”
BASIN SHALLOW FLOW

Author: Cristina Salomé Cuasapaz Chamorro
Tutor: Verónica Pilar Ríos Briones
Academic Year: 2018

ABSTRACT

This study analyzes the global macro-climate influence ENSO on “Rio Esmeraldas” basin shallow flow on the basis of documental and statistical data provided by research conducted in countries which have had a direct impact from patterns along with mid-month data gathering. Water basins historic records were analyzed at 12 hydrological stations within a comprehensive period between 1965 and 2013. Rio Esmeraldas’ water basin morphometric parameters were evaluated. In addition, the hydrological stations that record the water basin were also located. After that, with the data-base standardized, measurements of central tendency and geographical dispersion were estimated for water basin anomaly analysis. Next, through a lineal correlation, four macro-climatic indexes influencing the Pacific Ocean coastal area were analyzed: two indexes at the Atlantic Ocean coastal area and an index at the Caribbean Sea with the water basin from the Rio Esmeraldas. The results which characterize morphometric in turn, indicate a value of $Kc=2.11$ compactness coefficient and contribute to a change from an oval oblong shape to a rectangular one as well as a length index of $Ia = 1, 24$. This outcome shows that the water basin has the capacity to spread intense rain runoff with low probability for water shortages, due to the shape factor low value of $Ff=0,36$. On the other hand, the water basin lower area variation coefficients present a $CV=150\%$ w. Middle area has a $CV= 54\%$ finally high area coefficient is $CV= 67\%$. Such results therefore demonstrate that there is a certain irregularity in the river water basin caused by the macro-climate variables forces such as ENSO thus, the highest impact takes place between November and April when ocean superficial temperature rises. The worst water basin anomalies were found in the records of the period between 1997 and 1998 with a 100% increase of water basin in the lower area, whereas in the middle area there was 43% increase and 36% in the higher area. Higher records were found at the multi-annual mid-month periods, which tell us that there is a surface water warming in the Pacific Ocean which creates significant anomalies accompanied with surface abundant flows as well as extreme precipitation. Furthermore, the lineal correlation assessment between The Rio Esmeraldas surface river water basin abundance and the macro-

climatic indexes show that particular indexes as MEI, SOI and ONI offer the best correlation of 0,92, 0,53 and 0,90 respectively, furthermore it goes to decreasing on the degree of impact occurs at the same time that the force start approaching The Andes range besides, depending on the closeness or the remoteness to the Pacific Ocean, to the landform in addition to the weather conditions. Therefore, the dependency on several scales at positive and negative phases gets to be emulated. Finally, hydrological stations automation guidelines for the recording of The Rio Esmeraldas's surface basin flow were established so as to correct mistakes created by human error as well as facilitate field work so reliable database is generated providing trustworthiness to operators who many times are being exposed to unfavorable weather conditions.

Key words: Hydrographical water basin, flow, indexes, macro-climatic, ENSO, MEI, SOI, ONI, NAO, PDO, AMO, CAR.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	20
CAPÍTULO I.....	22
EL PROBLEMA	22
2.1. Problema de investigación.....	22
2.2. Objetivos de la investigación.....	23
2.2.1.Objetivo general	23
2.2.2.Objetivos específicos	23
2.3. Justificación.....	23
CAPÍTULO II.....	25
Marco referencial.....	25
2.1. Antecedentes.....	25
2.2. Referentes teóricos	27
2.2.1.Cuenca hidrográfica:	27
2.2.2.Coefficientes morfométricos de una cuenca hidrográfica	28
2.2.3.Estaciones hidrométricas	28
2.2.4.Caudal.....	29
2.2.5.Anomalías de caudal.....	29
2.2.6.Atmósfera	29
2.2.7.El clima y su variabilidad	29
2.2.8.Factores que inciden en el clima	30
2.2.8.1.Latitud.....	30
2.2.8.2.Altitud.....	30
2.2.8.3.Localización o continentalidad.....	30
2.2.8.4.Sistemas montañosos.....	30
2.2.8.5.Corrientes oceánicas	30
2.2.8.6.Zona de convergencia intertropical	31
2.2.8.7.Vientos alisios	31
2.2.9.Índices climáticos	31
2.2.10.Diferencia entre los términos enos y el niño	33
2.2.11.Origen del enos.....	33
2.2.11.1.Fase cálida (El Niño)	33
2.2.11.2.Fase fría (La Niña).....	32

2.2.12. Descripción de los índices que influyen en las costas del Océano Pacífico.....	36
2.2.13. Descripción de los índices que influyen en las costas del Océano Atlántico.....	41
2.2.14. Descripción del índice que influye en las costas del mar Caribe	43
2.2.15. Influencia del ENOS en el Ecuador.....	43
2.2.15.1. Efectos del ENOS sobre las precipitaciones en Ecuador	44
2.2.15.2. El niño 2009 – 2010 en el Ecuador	45
2.2.15.3. Efectos del ENOS sobre los caudales mínimos en los Andes Ecuatorianos ...	45
2.2.16. Influencia del ENOS en otros países	46
2.2.16.1. Influencia del fenómeno El Niño-oscilación del sur en la oferta hídrica de la cuenca hidrográfica del Río Dagua-Colombia	46
2.2.16.5. Influencia de el niño y la niña en la oferta hídrica mensual de la cuenca del río Cali-Colombia	47
2.2.16.3. Variabilidad de las anomalías y de la escala de fluctuación de caudales medios mensuales con el área de la cuenca	47
2.2.16.4. Impacto hidrológico del fenómeno El Niño-La Niña. En la cuenca del Río Santa-Perú.....	47
2.2.16.5. Impacto hidrológico del fenómeno El Niño-La Niña. Cuencas de los ríos Piura, Chira, Tumbes y Zarumill.....	48
2.2.16.6. Caudales y variabilidad climática en una cuenca de latitudes medias en sudamérica: Río Aconcagua Chile	48
2.2.17. Influencia de El Niño y La Niña en la actualidad.....	49
2.3. Marco legal.....	49
2.3.1. Constitución de la República del Ecuador (2008).....	49
2.3.2. Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización (COOTAD, 2012).....	51
2.3.3. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua (2014)	52
2.3.4. Código orgánico del ambiente (COA, 2017).....	52
2.3.5. Plan nacional de desarrollo 2017-2021	53
2.3.6. Plan nacional de seguridad integral (2017).	53
CAPÍTULO III	54
MARCO METODOLÓGICO	54
3.1. Área de estudio	54
3.1.1. Ubicación.....	54
3.1.2. Hidrología.....	55

3.1.3. Características físicas de la cuenca.....	55
3.1.3.1. Pendiente del terreno	55
3.1.3.2. Geología	55
3.1.3.3. Textura.....	56
3.1.3.4. Cobertura vegetal y uso del suelo.....	56
3.1.4. Características climáticas	56
3.1.4.1. Precipitación	56
3.1.4.2. Temperatura.....	58
3.2. Diseño y tipo de investigación	59
3.3. Procedimiento de investigación.....	59
CAPÍTULO IV	66
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
4.1. Análisis de la variabilidad histórica de los caudales medios mensuales	66
4.1.1. Características morfométricas	66
4.1.2. Selección de las estaciones hidrológicas	66
4.1.3. Estandarización de la base de datos.....	67
4.1.4. Espacialización y agrupación de las estaciones hidrológicas por su ubicación geográfica.	68
4.1.5. Determinación del área de influencia de cada estación hidrológica.....	71
4.1.6. Cálculo de medidas de tendencia central y dispersión	74
4.1.7. Análisis de la incidencia del enos en las anomalías de caudal (m ³ /s).....	80
4.2. Correlación entre variables macroclimáticas asociadas al ENOS y la hidrología (caudal).....	82
4.3. Lineamientos de automatización de las estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas.....	86
4.3.1. Justificación.....	86
4.3.2. Diagnóstico y agrupación de las estaciones hidrológicas.....	87
3.3.2. Tiempo estipulado para la implementación.....	89
4.3.3. Equipamiento sugerido.....	89
4.3.4. Software sugerido	91
4.3.5. Control de calidad del hardware de una estación automática.....	92
4.3.7. Almacenamiento de datos.....	92
4.3.7. Beneficios de la automatización de toma de datos en campo.....	93
CAPÍTULO V	94

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS	96
ANEXOS	102
Anexo A Gráficas anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación	102
Anexo B Fotografías de las estaciones hidrológicas	108
Anexo C Valores calculados de correlación mensual multianual de los índices macroclimáticos.....	111
Anexo D Valores mensuales de los índices macroclimáticos, calculados por el NOAA	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Regiones o zonas Niño, dimensiones e índices asociados	37
Tabla 2.Clasificación de los eventos según el valor del SOI según el criterio del Western Regional Climate Center de la NOAA. EN: El Niño; LN: La Niña.....	38
Tabla 3.Valores de Precipitación multianual de un período comprendido entre los años 1985 y 2013 de las estaciones meteorológicas ubicada dentro del área de influencia de la cuenca del río Esmeraldas.....	57
Tabla 4.Valores de Temperatura media mensual multianual de un período comprendido entre los años 1985 y 2013 de las estaciones meteorológicas ubicada dentro del área de influencia de la cuenca del Río Esmeraldas.....	58
Tabla 5.Principales características morfométricas de la cuenca del Río Esmeraldas	66
Tabla 6.Listado de estaciones hidrológicas Lignigráficas (LG) y estaciones hidrológicas Lignimétricas (LM) ubicadas en el área de influencia de la cuenca del Río Esmeraldas.....	67
Tabla 7.Número de años de información disponible de cada estación hidrológica que se encuentra ubicada en el área de influencia de la cuenca del Río Esmeraldas.	67
Tabla 8.Agrupación de las estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas de acuerdo con la aproximación al océano Pacífico y altitud	69
Tabla 9.Superficie total del área de influencia de cada estación hidrológica de la cuenca del Río Esmeraldas.....	71
Tabla 10.Medidas de tendencia central y dispersión de las estaciones hidrológicas ubicadas en la parte baja de la cuenca del río Esmeraldas	76

Tabla 11. Medidas de tendencia central y dispersión de las estaciones hidrológicas ubicadas en la parte media de la cuenca del río Esmeraldas	77
Tabla 12. Medidas de tendencia central y dispersión de las estaciones hidrológicas ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Esmeraldas	78
Tabla 13. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables macroclimáticas y la variable hidrológica de caudal en la cuenca del Río Esmeraldas.	85
Tabla 14. Resultados de la correlación entre el ENSO y las variables hidrometeorológicas de otros estudios.	86
Tabla 15. Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice Multivariado de ENOS.	111
Tabla 16. Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice de Oscilación del Sur.	112
Tabla 17. Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice del Niño Oceánico	113
Tabla 18. Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice de Oscilación del Pacífico Norte.	114
Tabla 19. Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice de Oscilación del Atlántico Norte.	115
Tabla 20. Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice de Oscilación Multidecadal del Atlántico.	116
Tabla 21. Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice del Caribe.	117
Tabla 22. Valores Mensuales del SOI, calculados por el NOAA.	118
Tabla 23. Valores Trimestrales del ONI, calculados por el NOAA	119
Tabla 24. Valores bimensuales del MEI, calculados por el NOAA	120
Tabla 25. Valores mensuales del PDO, calculados por el NOAA	121
Tabla 26. Valores mensuales del NAO, calculados por el NOAA.	122
Tabla 27. Valores mensuales del AMO, calculados por el NOAA	123
Tabla 28. Valores trimestrales del CAR, calculados por el NOAA	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo esquemático de circulación de vientos sobre la Tierra	31
Figura 2. En el mapamundi se muestra la ubicación geográfica de algunos de los índices más utilizados	32

Figura 3. Índice Multivariado de El Niño (MEI). Nótese que la altura de los picos a uno u otro lado reflejan la fortaleza de cada evento La Niña graficado con color azul y El Niño graficado en color rojo.	36
Figura 4. Regiones El Niño, definidas por la comunidad científica internacional con fines de seguimiento y vigilancia de los fenómenos del Ciclo ENOS.	37
Figura 5. Índice de Oscilación del Sur (SOI). La altura de los picos a uno u otro lado reflejan la fortaleza de cada evento La Niña graficado con color azul con valores positivos y El Niño graficado en color rojo con valores negativos.	38
Figura 6. Ubicación de las localidades en las que se mide la presión atmosférica	39
Figura 7. Índice de El Niño Oceánico (ONI). Nótese que la altura de los picos refleja la fortaleza de cada evento La Niña graficado con color azul con valores negativos y El Niño graficado en color rojo con valores positivos.	40
Figura 8. Índice de Oscilación del Pacífico Norte (PDO). La fortaleza de cada evento se refleja en la altura de los picos a uno u otro lado, La Niña graficado con color azul y valores negativos y El Niño graficado en color rojo y valores positivos.	41
Figura 9. Índice de Oscilación del Atlántico Norte (NAO). La magnitud de cada evento se muestra en la altura de los picos, para la fase fría con valores negativos figurados de color azul y la fase cálida con valores positivos figurados de color rojo.	42
Figura 10. Índice de Oscilación Multidecadal del Atlántico Norte (AMO). La altura de los picos representa la magnitud del evento, mayor altura mayor magnitud, menor altura menor magnitud. La fase fría se representa con valores negativos figurados de color azul y la fase cálida con valores positivos figurados de color rojo	42
Figura 11. Índice del Caribe (CAR). La mayor o menor magnitud del evento es representada por la altura de los picos, mayor altura mayor magnitud, menor altura menor magnitud. La fase fría se representa con valores negativos figurados de color azul y la fase cálida con valores positivos figurados de color rojo	43
Figura 12. Grado de relación entre el ENOS y los totales anuales de precipitación, y límite de relación significativa	44
Figura 13. Cuenca del Río Esmeraldas ubicada al noroccidente del Ecuador	54
Figura 14. Ubicación de las treinta Estaciones Hidrológicas que registran el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas	61
Figura 15. Modelo cartográfico para obtención de las áreas de influencia de cada estación hidrológica de la cuenca del Río Esmeraldas.	63

Figura 16. Ubicación de las estaciones hidrométricas dentro del área de influencia de la cuenca del Río Esmeraldas	70
Figura 17. Áreas de influencia de las estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas.....	73
Figura 18. Distribución de los caudales medios mensuales multianuales de la cuenca del Río Esmeraldas	80
Figura 19. Análisis de los años más representativos de El ENOS sobre la variable caudal de la zona baja de la cuenca del Río Esmeraldas	81
Figura 20. Análisis de los años más representativos de El ENOS sobre la variable caudal de la zona media de la cuenca del Río Esmeraldas	81
Figura 21. Análisis de los años más representativos de El ENOS sobre la variable caudal de la zona alta de la cuenca del Río Esmeraldas	82
Figura 23. Relación entre variables macroclimáticas que influyen las costas del Océano Atlántico y Caribe con las estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas	84
Figura 24. Infraestructura de las estaciones hidrométricas de la cuenca del Río Esmeraldas.....	87
Figura 25. Lista de estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas agrupadas de acuerdo al mayor y menor caudal y propuestas para la automatización.....	88
Figura 26. Implementación de las estaciones hidrológicas automatizadas.	90
Figura 27. Diagrama de recolección y procesamiento de datos	92
Figura 28. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0173, desde el año 1965 hasta 2013	102
Figura 29. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0172, desde el año 1965 hasta 2013	102
Figura 30. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0138, desde el año 1965 hasta 2013	103
Figura 31. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0146, desde el año 1965 hasta 2013	103
Figura 32. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0161, desde el año 1965 hasta 2013	104
Figura 33. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0156, desde el año 1965 hasta 2013	104

Figura 34. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0150, desde el año 1965 hasta 2013	105
Figura 35. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0166, desde el año 1965 hasta 2013	105
Figura 36. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0144, desde el año 1965 hasta 2013	106
Figura 37. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0143, desde el año 1965 hasta 2013	106
Figura 38. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0159, desde el año 1965 hasta 2013	107
Figura 39. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0158, desde el año 1965 hasta 2013	107
Figura 40. Estación H0138 Blanco DJ Toachi	108
Figura 41. Estación H0172 Teaone DJ Tabiazo	108
Figura 42. Estación H0173 Teaone DJ Esmeraldas	109
Figura 43. Estación H0161 Toachi AJ Pilatón	109
Figura 44. Estación H0166 Toachi en las Pampas	110
Figura 45. Estación H0156 Pilatón AJ Toachi	110

INTRODUCCIÓN

La diversidad y complejidad del clima en el mundo son el resultado de la interacción de numerosos factores tales como las corrientes oceánicas, la orografía, los sistemas montañosos, intensidad de los vientos, factores geográficos y meteorológicos que caracterizan las distintas regiones del planeta (Rodríguez, Benito, y Portela, 2004). El clima ha sido una variable fundamental de cambio y determinante de patrones y procesos de producción, extracción, asentamientos y consumo. La variable climática impone retos a la sociedad, que trascienden lo ambiental e incluyen todos los aspectos relacionados con las actividades sobre el territorio (Montealegre, 2012).

El conocimiento adecuado de los fenómenos macroclimáticos y su influencia en el régimen hídrico de las cuencas hidrográficas permite establecer estrategias en la gestión del recurso hídrico, mejorar el conocimiento sobre el comportamiento del caudal frente a una determinada condición climática, minimizar pérdidas humanas y económicas; como también brindar elementos de juicio en el establecimiento de medidas de prevención ante la ocurrencia de fenómenos extremas como El Niño.

Con el propósito de contribuir con información relevante sobre las variables hidrometeorológicas ante la presencia de los fenómenos macroclimáticos, varios investigadores nacionales como internacionales, han realizado estudios de la influencia de los fenómenos macroclimáticos sobre las variables hidrometeorológicas de caudal y precipitación, entre los que destacan Andrade y Ríos 2014; Gutiérrez y Carvajal 2013; Martínez *et al.*, 2012; Montealegre 2012 y 2007; De la Casa y Nasello 20011; Poveda 2004 y 2002; Lavado y Ordoñez 2005; Rossel 1997; Poveda y Mesa, 1996; Pourrut 1983.

La influencia de los patrones climáticos globales en el caudal de los ríos se determina a través de análisis estadístico de correlación. El presente trabajo de investigación se enfoca en dar a conocer la influencia de los fenómenos macroclimáticos globales en el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas, mediante análisis de correlación entre los índices macroclimáticos globales con el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas. Este estudio se justifica

considerando que, en la zona norte del Ecuador no se han realizado estudios relacionados a esta temática, que representa información útil para la toma de decisiones referentes al manejo y control de inundaciones y al diseño de sistemas de alerta temprana en cuencas de crecidas rápidas, como son las cuencas de la zona norte del país. La metodología de análisis descriptivo y estadístico correlacional del presente estudio consistió en: a) caracterización cuantitativa y cualitativa de la información morfométrica e hidrométrica, b) análisis de la variabilidad histórica de caudales medios mensuales y sus anomalías dentro de un periodo de 48 años comprendidos entre 1965 y 2013, y c) análisis de la relación existente entre las variables macroclimáticas y el caudal en la cuenca del río Esmeraldas.

En términos de resultados, se presenta una caracterización completa de la base histórica de caudales, con la variabilidad y sus anomalías dentro del período de estudio, y los valores de correlación estadísticamente significativos, entre los índices macroclimáticos y el caudal de la cuenca del Río Esmeraldas

El trabajo está compuesto por cinco capítulos; el capítulo uno presenta una introducción a la problemática, el capítulo dos contiene el marco de referencia y revisión bibliográfica relevante para la investigación, el capítulo tres corresponde al marco metodológico basado en investigaciones realizadas en Colombia, Perú, Chile, donde se presenta con fuerza el fenómeno de El Niño, el capítulo cuatro contiene los resultados obtenidos y la discusión, y finalmente el capítulo cinco contiene las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

2.1. Problema de investigación

En la cuenca del Río Esmeraldas no existen estudios que demuestren la influencia de los fenómenos macroclimáticos sobre el caudal superficial de la cuenca. El Niño es un fenómeno meteorológico de escala global, conocido hace muchos años atrás, que ha provocado secuencialmente efectos destructivos en las costas del Pacífico. En Ecuador se tiene registros de que el fenómeno de El Niño ocasiona inundaciones y deslizamientos en masa, lo que ocasiona a la vez alta sedimentación en la parte baja de las cuencas; mientras que en la zona de cordillera se evidencia erosión eólica y desertificación por baja pluviosidad (Pourrut, 1983), además se conoce que el ENOS tiene un periodo de retorno de entre 5 y 7 años, sin embargo es difícil conocer en su totalidad el comportamiento del fenómeno, a pesar de presentar características similares pero aleatorias (Rossel, 1997).

En este sentido es importante destacar que la llegada del fenómeno El Niño es incierta y que los modelos probabilísticos de predicción desarrollados dan cuenta con seguridad de las causas, efectos e intensidad del mismo. Por esta razón, se ve la necesidad de aportar al país, con estudios que sirvan de base para investigaciones especializadas que permitan conocer cuál es la influencia de El Niño en la hidrología de la cuenca del Río Esmeraldas.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) Provinciales (Esmeraldas, Manabí, Imbabura, Santo Domingo de los Tsachilas y Pichincha), Cantonales y Parroquiales que se encuentran ubicados al interior de la cuenca del Río Esmeraldas, por desconocimiento del grado de influencia de los fenómenos macroclimáticos en el caudal superficial, no han sumado esfuerzos para realizar estudios sobre esta temática, ni sobre los efectos negativos generados por el ENOS, tales como inundaciones, arrastre de materiales y acumulación de sedimentos y que según el Código Orgánico de Organización Territorial, Autónoma y Descentralizada (COOTAD, 2012) en sus artículos, 37, 42, 54 y 140, es competencia directa. Además de existir poca preocupación por implementar obras de infraestructura de protección y defensa en los sitios de alto riesgo por amenazas de origen natural.

2.2. Objetivos de la investigación

2.2.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de patrones climáticos globales en el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas.

2.2.2. Objetivos específicos

- Analizar la variabilidad histórica de los caudales medios mensuales y sus anomalías dentro del período comprendido entre los años 1965 y 2013.
- Analizar la relación que existe entre las variables macroclimáticas y la variable hidrológica de caudal en la cuenca del río Esmeraldas.
- Proponer lineamientos para la automatización de las estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas, para contar con registros hidrológicos confiables en tiempo real.

2.3. Justificación

El presente estudio considera la importancia de la información para la toma de decisiones. Conociendo que la cuenca del Río Esmeraldas constituye uno de los sistemas fluviales más importantes de la costa ecuatoriana y principalmente por el recurso agua que es de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida enmarcada dentro de los artículos 12 de la Constitución de la República y 1 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua del año 2014. Además, es imperioso contar con información que ayude a la toma de decisiones, referente a los impactos negativos causados por el fenómeno de El Niño.

El sistema hidrográfico de la cuenca del río Esmeraldas está formado por tres grandes afluentes: el río Guayllabamba, Blanco y Quinindé. Esta red de drenaje nace en las estribaciones de la Cordillera de los Andes y desemboca en el Océano Pacífico, tiene una superficie de 21668,32 Km² que representa aproximadamente el 8,8% del área del Ecuador continental y está ocupada por más de 3 millones de habitantes. Es muy importante debido a que algunos de sus ríos se han convertido en vías de acceso natural para el transporte de madera y productos agrícolas, además, posee una gran cantidad de

recursos marinos, que constituyen un rubro significativo en la economía del país (Instituto Oceanográfico de la Armada [INOCAR], 2005).

La información generada producto del análisis correlacional, servirá como insumo para la realización de nuevas investigaciones, que ayuden a instituciones gubernamentales y no gubernamentales en la toma de decisiones y ejecución de medidas precautelarias referentes a desastres naturales como inundaciones, deslaves y sequías en la zona de estudio de acuerdo a la Plan Nacional de Seguridad Integral del año 2017, asimismo servirá de ayuda en la ejecución de planes y programas agrícolas, sociales y ecológico para el desarrollo económico de la zona, enmarcados dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021.

De la misma manera los resultados obtenidos servirán para determinar las zonas de mayor influencia dentro de la cuenca del Río Esmeraldas, insumo que puede utilizarse en el desarrollo de proyectos de conservación, producción, diseño y construcción de obras de protección. Además, ayudará a tomar medidas de contingencia ante eventos de desastre y enfermedades con la participación de la comunidad y enmarcándose en el art. 289 del Código Orgánico Ambiental (COA, 2017).

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

El estudio de la influencia de los patrones macroclimáticos globales en la magnitud de los caudales de los ríos, constituye una herramienta útil que permite en cierta forma mitigar los efectos negativos de los eventos extremos como crecidas y sequías. Los modelos probabilísticos, al tener un grado de incertidumbre, no pueden predecir con certeza los eventos que pueden ocurrir, ni la magnitud de sus impactos negativos en la infraestructura, economía y salud de la población (Andrade y Ríos, 2014).

Los registros históricos de las entidades encargadas de monitoreo y control de las variables hidrometeorológicas, evidencian que el fenómeno de El Niño viene produciéndose hacia algunos siglos atrás, causando devastaciones en las costas del noroccidente de América del Sur, en países como Colombia, Ecuador, Perú y Chile. Año tras año se sufre las consecuencias de la presencia de oleajes y agujajes, así como cada cierto número de años, se tiene que afrontar los daños ocasionados por el Fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENOS), que varía notablemente en su intensidad y duración (Rossel, 1997).

En el Ecuador, la documentación más relevante sobre el ENOS comienza a partir de los años 1982 y 1983, donde se registró un fenómeno de El Niño con una duración de 11 meses, que provocó innumerables desastres y grandes pérdidas económicas (*Op. cit.*).

En el año de 1996, a partir de la regionalización y zonificación de la pluviometría, elaborada por Rossel, Cadier y Gómez (1996), se evaluó la correlación existente entre el ENOS y los totales anuales de precipitación de la costa ecuatoriana. Los primeros análisis se realizaron en los sectores más afectados, entre estos, la cuenca del río Guayas, donde se encontró una relación más fuerte entre el ENOS y su pluviometría. A partir de este estudio la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del río Guayas (CEDEGE) emprendió el diseño y construcción de varias obras

de protección contra inundaciones ocasionadas por crecidas extremas (Rossel *et al.*, 1996). En los años siguientes las investigaciones continuaron y se demostró que el evento de El Niño 1997-1998 fue el más largo, registrado históricamente, con 19 meses de duración y una acumulación de precipitación de más 1090 mm con respecto al fenómeno del 1982, lluvias que se presentaron de manera continua y de larga duración, provocando efectos devastadores sin precedentes en la historia. Umpiérrez (2012) estimó un monto de daños ocasionados por el fenómeno de 2882 millones de dólares, que representaron el 450% de incremento respecto al Niño ocurrido en el año 1982 con 640,6 millones de dólares; en cuanto a la evaluación hidrológica se determinó un área inundada de 5974,4 Km² por desbordamiento de ríos y 14361,5 Km² por precipitaciones extremas.

En los años 2009-2010, el Comité Nacional para el Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN) mostró en sus boletines que el fenómeno de El Niño no fue superior al ocurrido en el año 1997, pero presentó lluvias que sobrepasaron los valores medios normales en Manabí, Guayas, El Oro y Loja. Estas lluvias provocaron inundaciones debido al incremento de caudales de los ríos y deslizamientos en las partes altas de la cordillera occidental, entre los sectores productivos y sociales con mayor impacto estuvieron la agricultura, ganadería, red vial, salud y saneamiento (Umpiérrez, 2012).

En el año 2014 se presentó el estudio de variabilidad climática y caudales mínimos en los Andes Ecuatorianos realizado por Andrade y Ríos (2014), donde muestra que las correlaciones son mejores en las cuencas con influencia climática occidental del Pacífico, además de la existencia de una gran dependencia entre la variabilidad climática y los caudales mínimos. Además señala que la influencia del ENOS se presenta principalmente en las cuencas occidentales con cotas menores a los 2000 m.s.n.m.

En la actualidad se siguen realizando análisis y estudios de métodos lineales y no lineales de predicción, con el propósito de generar modelos probabilísticos que ayuden a conocer las causas, efectos e intensidad del fenómeno.

2.2. Referentes teóricos

2.2.1. Cuenca hidrográfica: su definición

Es un territorio delimitado por la divisoria de aguas y drenado por un único sistema de drenaje natural hacia el mar, además se le describe como la unidad mínima de gestión desde la cual puede manejarse adecuadamente las interacciones entre los factores naturales y sociales (Zury, 2004).

Cuenca hidrográfica es el área limitada por el contorno en cuyo interior el agua precipitada se acumula en un punto dado (Burbano, 1989).

Fierro y Jiménez (2011) definen a la cuenca hidrográfica como una unidad territorial natural que capta la precipitación, y es por donde circula el escurrimiento hasta un punto de salida en el cauce principal.

Así mismo Cordero (2013) define a las cuencas hidrográficas como áreas fisiográficas delimitadas naturalmente por la divisoria de agua o también denominado *divortium aquarum* en la que fluye el agua hacia un río, lago o mar.

Gómez (2008) define las cuencas hidrográficas como unidades fisiográficas organizadas por el medio físico y en torno al factor agua. Su funcionamiento y características biofísicas permiten diagnosticar, planificar y gestionar el medio físico y el agua.

Gaspari *et al* (2013) define a las cuencas hidrográficas como una unidad espacial compuesta de una gran diversidad de componentes bióticos y abióticos que interactúan entre sí.

La definición que asumirá en esta investigación de cuenca hidrográfica es la que describe Gómez (2008), la cual hace referencia que es un sistema dinámico donde se desarrolla actividades antrópicas. También es un sistema donde se presenta deslaves, inundaciones y sequías, etc. causados por fenómenos naturales y el ser humano.

2.2.2. Coeficientes morfométricos de una cuenca hidrográfica

Los coeficientes morfométricos para el análisis de una cuenca hidrográfica son de gran importancia para poder conocer e interpretar su comportamiento. Además, se complementa la caracterización con aspectos edáficos, cobertura vegetal y uso de suelo.

Los coeficientes morfométricos según (Gaspari *et al.* 2013) se definen como:

- Perímetro del contorno de la cuenca (P), expresado en Km.
- Área de la cuenca (A), expresada en Km².
- Longitud axial (La), representada como la distancia medida entre la desembocadura y el punto más alejado de la cuenca expresada en Km.
- Ancho promedio (AP), obtenido como el cociente entre el área de la cuenca y longitud axial expresada en Km.
- Coeficiente de compacidad (Kc), que es la relación entre el perímetro de la cuenca real y el perímetro de otra teórica de forma circular y de la misma área que la primera, valor adimensional.
- Índice de alargamiento (Ia), relación entre la longitud máxima de la cuenca y el ancho máximo, valor adimensional.
- Factor de forma (FF) expresado por el cociente entre el ancho promedio de la cuenca y la longitud axial, valor adimensional.

2.2.3. Estaciones Hidrométricas

Una estación hidrométrica es un sitio ubicado en el cauce de un río, lago o embalse, en donde se instala equipos específicos que permiten medir el flujo de la escorrentía directa, transporte y depósito de sedimentos (Barros y Troncoso, 2010).

La red hidrométrica del Ecuador cuenta con un total de 824 estaciones hidrológicas de tres tipos: automáticas (AU), limnigráficas (LG), y limnimétricas (LM), las mismas que fueron instaladas de acuerdo con las normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y referencias establecidas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI, 2013).

2.2.4. Caudal

Es la cantidad de agua que fluye a través de un cauce y se define como la relación entre el volumen de agua que atraviesa una sección transversal y el tiempo que tarda en hacerlo. En una cuenca hidrográfica, el caudal va aumentando aguas abajo a medida que se va recogiendo los aportes de sus drenajes y de las cuencas de otros ríos que se unen como afluentes. Conforme a lo indicado, los ríos suelen tener caudales bajos en las montañas, cerca de su nacimiento y altos en las tierras bajas, próximas a su desembocadura (Góez y Poveda, 2005).

2.2.5. Anomalías de caudal

El autor anteriormente citado define a las anomalías de caudal como la desviación de los valores de los caudales observados con respecto al promedio mensual de largo plazo y escalados por la desviación típica mensual

2.2.6. Atmósfera

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea la superficie de la Tierra y en donde se producen los fenómenos atmosféricos o meteorológicos, tales como: precipitación, humedad relativa, viento, presión atmosférica y radiación solar, está adherida a la Tierra debido a la atracción gravitatoria del propio planeta, y su función es regular la temperatura en la superficie de la Tierra. El tiempo atmosférico, es la descripción de las variables meteorológicas en un momento dado (Zúñiga y Crespo del Arco, 2010).

2.2.7. El Clima y su variabilidad

La palabra clima viene del griego Klima. Es el conjunto de condiciones ambientales de un lugar determinado, y se caracteriza por ser el promedio de los estados de tiempo, calculado mediante observaciones realizadas durante un largo período entre 10 y 30 años (Rodríguez *et al.*, 2004).

La variabilidad climática se muestra mediante la fluctuación en el tiempo de las diferentes características de la atmósfera como son precipitación, temperatura, evaporación, entre otras, que distribuidas espacialmente muestran los rasgos propios o efectivos de los regímenes climáticos de determinados sitios (Ríos, 2010)

2.2.8. Factores que inciden en el Clima

La existencia de diferentes zonas climáticas se debe a la acción e interacción de varios factores como: latitud, altitud, localización o continentalidad, sistemas montañosos y corrientes oceánicas

2.2.8.1. Latitud

Tiene relación con el movimiento de rotación de la Tierra, que se manifiesta a través de la inclinación de los rayos solares y el número de horas de luz solar. El comportamiento varía de acuerdo con la lejanía o cercanía al paralelo cero (Zúñiga y Crespo del Arco, 2010).

2.2.8.2. Altitud

El autor anteriormente citado manifiesta que la altitud de una región caracteriza los distintos pisos climáticos, y que la temperatura es inversamente proporcional a la altitud, además se ha determinado que por cada 1000 m.s.n.m. la temperatura disminuye 6.4°C aproximadamente.

2.2.8.3. Localización o continentalidad

Barros y Troncoso (2010), puntualizan que la localización continental es un factor importante para la definición del clima de una localidad, puesto que las localidades ubicadas al interior de los continentes tienen una mayor amplitud térmica originando inviernos fuertes y veranos extremos, mientras que en las zonas costeras las brisas marinas calman por las mañanas el calor y las brisas terrestres impiden la irradiación nocturna, lo que provoca que la variación térmica sea mínima.

2.2.8.4. Sistemas montañosos

Las cadenas montañosas son barreras naturales y reguladores térmicos que limitan el paso de los vientos o provocan corrientes de aire (Winckell *et al.*, 1997).

2.2.8.5. Corrientes oceánicas

Las corrientes marinas permiten que masas de agua cálida y fría se trasladen de un lugar a otro, provocando cambios en las condiciones atmosféricas (Barros y Troncoso, 2010).

2.2.8.6. Zona de convergencia intertropical

La zona de convergencia intertropical es la región donde confluyen los vientos alisios del norte con los del sur. La influencia de la baja presión atmosférica superficial con ascenso de vientos húmedos y alta nubosidad caracteriza el desarrollo de mecanismos de convección profunda (Poveda, 2004).

2.2.8.7. Vientos alisios

Se describe los vientos alisios como vientos superficiales que soplan sobre los océanos en cada uno de los hemisferios, y que pueden agruparse en tres cinturones como se muestra en la Figura 1: vientos alisios desde los 0° a 30° de la latitud, vientos dominantes del oeste, desde los 30° a 60° de latitud y vientos polares del este, desde los 60° a los 90° de latitud (Maturana, Bello, y Manley, 2004).

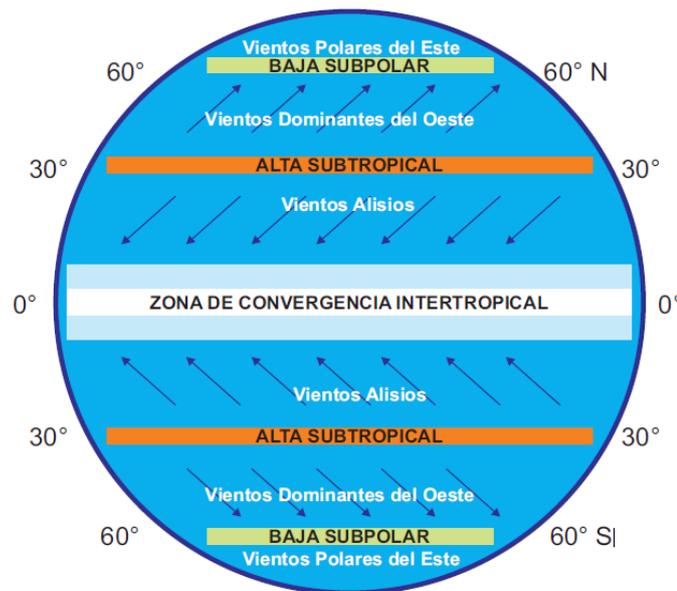


Figura 1. Modelo esquemático de circulación de vientos sobre la Tierra

Fuente: Maturana, Bello y Manley (2004)

2.2.9. Índices climáticos

Un índice climático es un valor que puede ser usado para describir el estado del sistema climático y sus cambios (Figura 2). Los primeros índices climáticos se definieron hace aproximadamente un siglo, como es el caso de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO, por sus siglas en inglés), que es el primer patrón de teleconexión

detectado. Los índices climáticos permiten realizar análisis estadísticos tales como la comparación entre series de tiempo, la estimación de medias y la identificación de valores extremos y tendencias (Jiménez, 2014).

Existen muchos indicadores que se basan en determinadas variables y describen solo algunos aspectos del clima. Cada uno de ellos es definido por una ecuación que utiliza variables de tipo atmosférico, ya sea de presión, temperatura, precipitación, radiación solar o temperatura superficial marina. Los índices de valores promedio y extremos son los más simples, como también las tendencias lineales y las desviaciones estándar de series prolongadas de tiempo (Rossel, 1997).

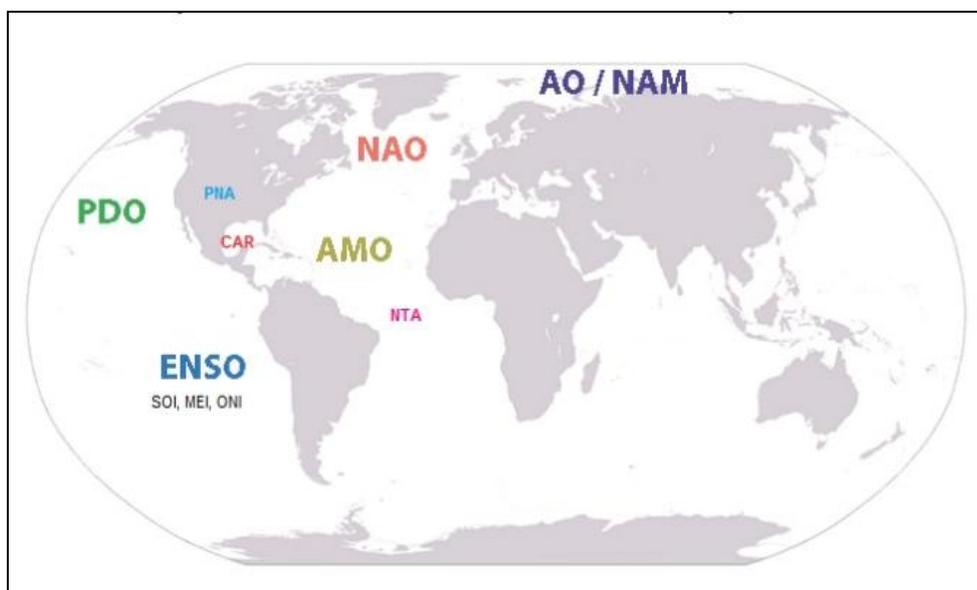


Figura 2. En el mapamundi se muestra la ubicación geográfica de algunos de los índices más utilizados

Fuente: Jiménez (2004)

En costas del océano Pacífico de América del Sur, se presenta el fenómeno del ENOS, descrito por Enríquez, Guzmán y Narváez (2004) como una interacción oceánica atmosférica en el Pacífico Ecuatorial, en el que se observan variaciones de la temperatura superficial del mar en el sector centro-occidental del Pacífico con cambios en el comportamiento regular de los vientos alisios y el clima.

2.2.10. Diferencia entre los términos ENOS y el Niño

El nombre de El Niño fue atribuido hace décadas atrás por pescadores peruanos y ecuatorianos a la presencia de una débil corriente costera que circula en la época navideña, de norte a sur transportando aguas calientes del hemisferio septentrional; mientras que ENOS se describe como el conjunto de condiciones atmosféricas y oceánicas de gran escala que aparecen con los recalentamientos del Pacífico Oriental (Pourrut, 1983).

2.2.11. Origen del ENOS

El origen del fenómeno lo detalla Rossel (1997) mediante una recopilación de estudios realizados por diferentes investigadores, quien presenta tres criterios:

1. Se forma a partir de la concatenación de eventos anómalos de la circulación atmosférica de la superficie del Pacífico.
2. Se ubica el origen del fenómeno por encima del océano Índico, que es la zona de los monzones de verano y de invierno caracterizados por la alteración estacional del régimen de los vientos. Los monzones del Índico están acoplados a los vientos alisios del Pacífico, lo que muestra una fuerte correlación entre las fluctuaciones de los dos sistemas.
3. El origen del fenómeno aún es muy complejo de determinar.

El ENOS está compuesto su vez por dos fases: una cálida conocida como El Niño y una fase fría denominada La Niña, las cuales se describe a continuación:

2.2.11.1. Fase cálida (El Niño)

Se caracteriza por un debilitamiento a gran escala de los vientos alisios y un calentamiento de la superficie del mar en el Océano Pacífico Ecuatorial central y del este. Se manifiesta a través de anomalías positivas de la temperatura superficial del mar (TSM), las que se obtienen entre la diferencia del valor observado con la media climatológica del lugar. Las presiones atmosféricas son mucho más altas de lo normal en el lado oeste del Pacífico y algunas regiones del océano Índico, mientras que en el

lado suroeste del Pacífico la presión atmosférica es baja a nivel del mar (Maturana *et al.*, 2004:17).

El autor anteriormente citado describe el comportamiento de la fase cálida de la manera siguiente:

Vientos alisios

En bajas latitudes y para ambos hemisferios, los alisios del noreste para el hemisferio norte y alisios del sureste para el hemisferio sur, convergen hacia el área Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) cerca de la línea ecuatorial, luego se dirigen de este (América del Sur) al oeste (Indonesia) con un cambio de intensidad y de dirección. Es decir, los alisios se relajan o debilitan en el oeste y centro del Océano Pacífico.

Presión atmosférica

La presión atmosférica en la fase cálida se eleva en el oeste (Indonesia) y disminuye en el este (Ecuador).

Precipitación

Al producirse un debilitamiento de los vientos alisios con su correspondiente cambio de dirección, se traslada la reserva de calor representada por agua de mar con temperaturas altas del oeste hacia el este y centro del Pacífico. Esto lleva consigo la condensación de vapor de agua en conglomerados nubosos hacia lo largo del Ecuador, y con la baja presión atmosférica se produce precipitaciones muy frecuentes e intensas.

Temperatura Superficial del Mar (TSM) y Termoclima

El Océano Pacífico está compuesto de tres capas a lo largo del Ecuador, una superficial que se caracteriza por ser cálida y bien mezclada, otra profunda, fría y estratificada, y entre estas dos capas una zona de transición denominada termoclima.

Al comienzo de la fase cálida de un ciclo del ENOS se produce un aumento significativo de la TSM en el este del Pacífico ecuatorial y junto a la costa sudamericana que se genera por las bruscas fluctuaciones de los vientos alisios en el sector occidental del Pacífico. Ello induce la profundización de la termoclina en dicho sector y la

generación de una capa cálida de mayor grosor, lo que provoca grandes anomalías en la TSM.

2.2.11.2. Fase fría (La Niña)

Maturana, Bello y Mandelej en el año 2004 presentan la descripción del comportamiento de La Niña o Antiniño.

Vientos alisios

En presencia de La Niña, los vientos que soplan normalmente hacia el oeste a lo largo del Pacífico Tropical se intensifican, observando la presencia de anomalías negativas de la TSM.

Presión atmosférica

La presión atmosférica es baja en el sector Indonesia y el Norte de Australia, mientras que en el Pacífico tropical (Ecuador) la presión atmosférica es más alta de lo normal.

Precipitaciones

Durante la fase fría de La Niña se manifiesta un déficit de precipitaciones en la parte este del Pacífico (Ecuador), observando condiciones atmosféricas más secas.

Temperatura Superficial del Mar (TSM)

La temperatura superficial del mar disminuye por debajo del valor medio climatológico, también se evidencia la aparición de aguas relativamente frías a lo largo de las costas del Ecuador.

La Niña tiene un impacto positivo en la industria pesquera y puede durar entre uno y tres años, a diferencia de El Niño que raramente se prolonga más de un año. Además, según estudio de Quinn y Neal (1992), citado por Jiménez (2014, p.19), la periodicidad de El Niño o La Niña es irregular y su intensidad varía de un evento a otro.

Sobre la base de las consideraciones anteriores el Grupo de Expertos en Detección de Cambio Climático e Índices (ETCCDI) formularon y definieron un conjunto de índices globales climáticos que permiten describir el estado y los cambios

en el sistema a escala global, analizando estadísticamente las series de tiempo, valores extremos y tendencias. En relación con lo expuesto, el autor anteriormente citado clasifica a los índices climáticos globales de la manera siguiente:

2.2.12 Descripción de los índices que influyen en las costas del Océano Pacífico

MEI Índice Multivariado de ENOS (Multivariate ENOS Index).- Puede ser entendido como la media ponderada de la combinación lineal de seis variables atmosféricas y marinas sobre el Pacífico tropical: presión a nivel del mar (P), zonal (U), meridional (V), temperatura superficial del mar (S), temperatura del aire en la superficie (A) y nubosidad (DO), medidas en la región Niño3, que según Montealegre (2007) considera a la región o área central del Pacífico tropical donde se observa los mayores contrastes de la termodinámica oceánica debido a su alta sensibilidad de las alteraciones que se producen durante la ocurrencia del ENOS.

En la Figura 3 se presentan valores del índice multivariado (MEI) entre los años 1950 y 2010, en períodos bimensuales. La figura muestra que los valores negativos representan una fase fría del ENSO (La Niña) y los valores positivos representan la fase cálida del ENSO (El Niño).

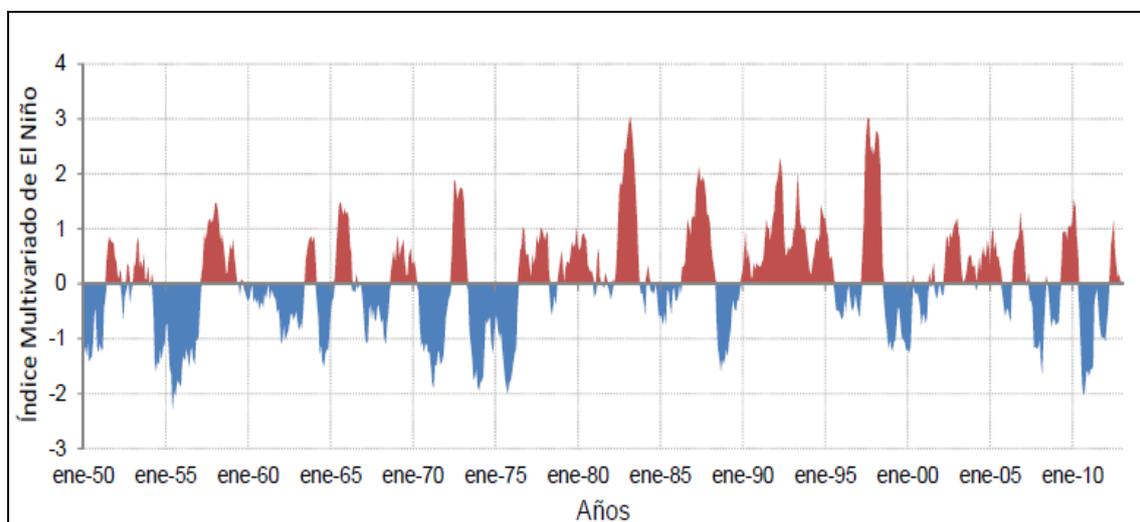


Figura 3. Índice Multivariado de El Niño (MEI). Nótese que la altura de los picos a uno u otro lado reflejan la fortaleza de cada evento La Niña graficado con color azul y El Niño graficado en color rojo.

Fuente: Jiménez (2004)

Para la vigilancia de la variabilidad de la temperatura superficial del mar en la franja tropical del Pacífico se ha establecido cuatro regiones muy bien definidas como se muestra en la Figura 4 (Montealegre, 2007).

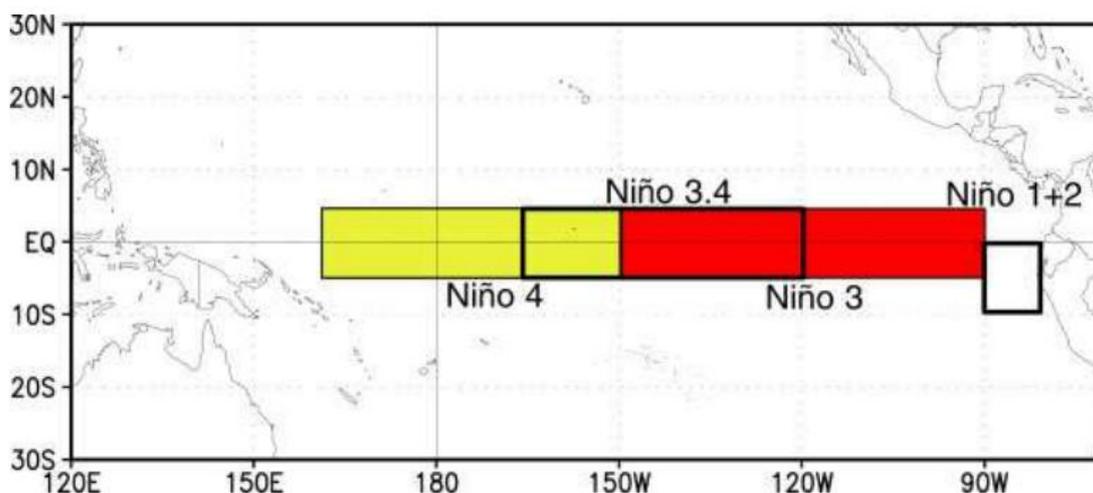


Figura 4. Regiones El Niño, definidas por la comunidad científica internacional con fines de seguimiento y vigilancia de los fenómenos del Ciclo ENOS.

Fuente: Jiménez (2004)

En la Tabla 1 se muestra la delimitación de latitud y longitud de cada una de las regiones que se encuentran en la franja tropical del Pacífico, donde se mide la temperatura de la superficie del mar en grados Celsius y se determinan sus anomalías (Montealegre, 2007).

Tabla 1.

Regiones o zonas Niño, dimensiones e índices asociados

Región	Latitud	Longitud	Índices ENOS
Región Niño 1+2(N1+2)	0° a 10° S	80°W a 90°W	N1+2
Región Niño 3 (N3)	5°N a 5°S	90°W a 150°W	N3
Región Niño 4 (N4)	5°N a 5°S	120°W a 170°W	N4
Región Niño 3 4(N3.4)	5°N a 5°S	160°W a 150°W	N3.4 o N3+4

Fuente: Montealegre (2007)

SOI Índice de Oscilación del Sur (South Oscillation Index).- Este índice ha sido calculado desde la época el siglo XIX. Es un indicador que se obtiene en el

Pacífico Ecuatorial debido al efecto de subida y bajada de la presión atmosférica entre las islas de Tahití y Darwin. Es obtenido calculando las desviaciones de la media de las diferencias de presión a nivel del mar entre Tahití y Darwin y la magnitud de su oscilación se relaciona con el desarrollo e intensidad de los eventos del El Niño y La Niña. Los valores mensuales de este índice se muestran en el Anexo D los cuales fueron tomados de la página Australian Government-Bureau of Meteorology (Oficina de Meteorología del Gobierno Australiano, 2016).

En las Figuras 5 y 6 se muestran los valores de las anomalías del índice de oscilación del Sur y la ubicación de las localidades donde se mide la presión atmosférica.

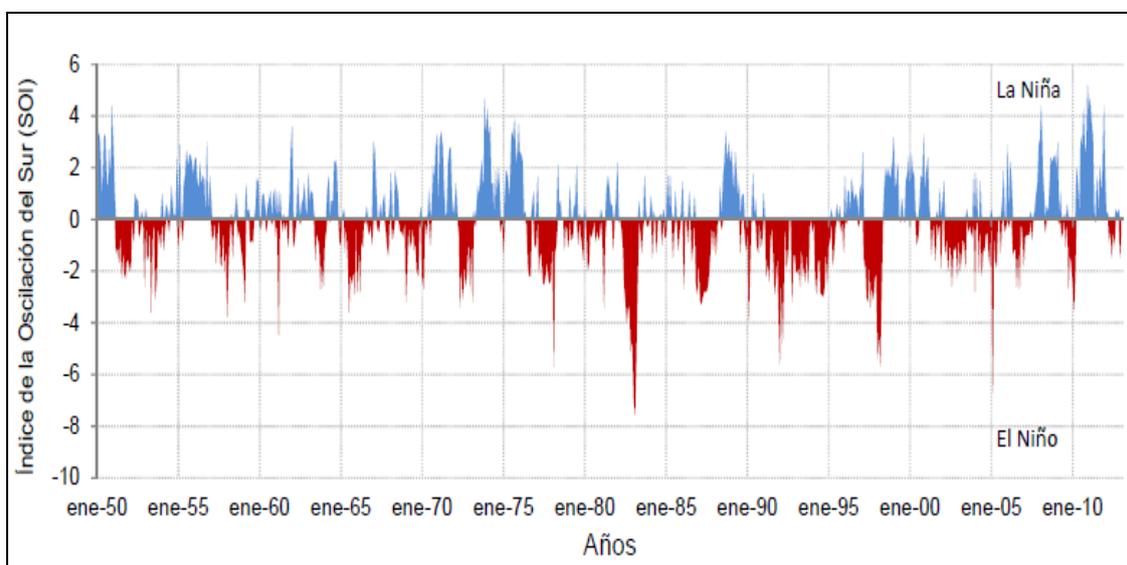


Figura 5. Índice de Oscilación del Sur (SOI). La altura de los picos a uno u otro lado reflejan la fortaleza de cada evento La Niña graficado con color azul con valores positivos y El Niño graficado en color rojo con valores negativos.

Fuente: Jiménez (2004)

En la Tabla 2 se presenta la clasificación de los eventos positivos o negativos según la intensidad del evento.

Tabla 2.

Clasificación de los eventos según el valor del SOI según el criterio del Western Regional Climate Center de la NOAA. EN: El Niño; LN: La Niña

CLAVE	INTENSIDAD DEL EVENTO	SOI	CLASIFICACIÓN EVENTO
I EN	Fuertemente Negativo	$\leq - 1.0$	El Niño Intenso
M EN-	Moderadamente Negativo	≤ -0.50	El Niño Moderado

N	Normal	-0.5 y + 0.50	Normal
MLN	Moderadamente Positivo	$\geq +0.50$	La Niña Moderada
ILN	Fuertemente Positivo	$\geq +1.00$	La Niña Intensa

Fuente: NOAA/NCEP/CAC, USA

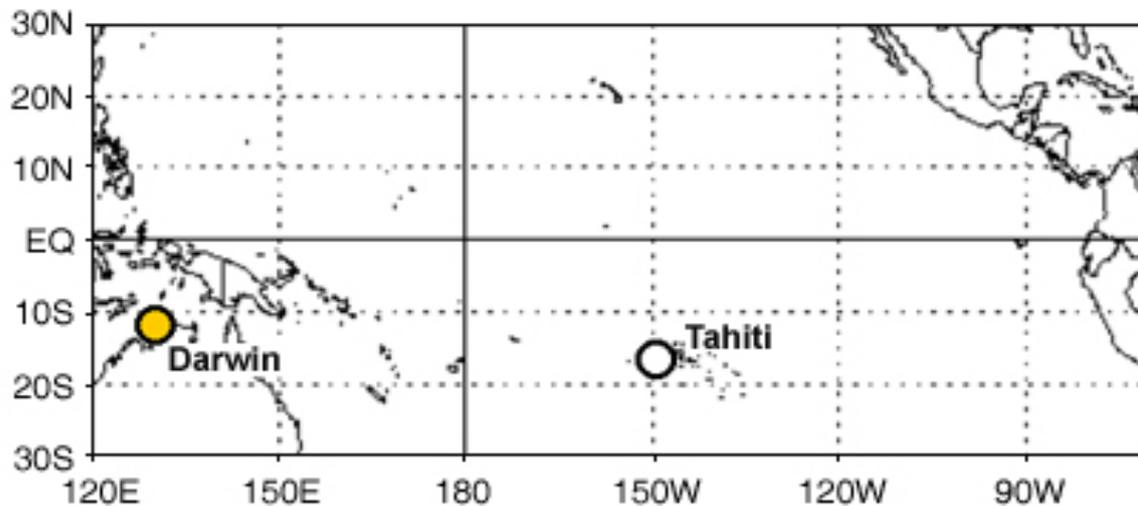


Figura 6. Ubicación de las localidades en las que se mide la presión atmosférica

Nota: El signo de la diferencia entre los registros de Tahití y Darwin (Australia) indica la presencia de El Niño o La Niña.

Fuente: NOAA/NCEP/CAC, USA

ONI Índice de El Niño Oceánico (El Niño Oceanic Index).-Son las anomalías de la temperatura superficial marina (TSM), en una serie de tiempo, calculadas a partir de mediciones in situ efectuadas en la región El Niño 3.4 (5°N-5°S, 120-170°O). El periodo base de datos se encuentran entre los años de 1971 a 2000 utilizando el método de medias móviles aplicado a periodos de tres meses (Figura 7).

Se calcula mediante el promedio móvil de tres meses de la anomalía de temperatura de la superficie del mar para el periodo base. Un evento cálido se produce cuando durante 5 meses consecutivos la TSM presenta una anomalía mayor o igual que +0,5°C y un evento frío cuando durante 5 meses consecutivos la TSM presenta una anomalía menor o igual que -0,5°C (Lavado *et al.* 2007).

Los valores de los índices mensuales se presentan en el anexo D los cuales fueron tomados de la página del Servicio de Consultoría Meteorológica (Golden Gate Weather Services [GGWS], 2013).

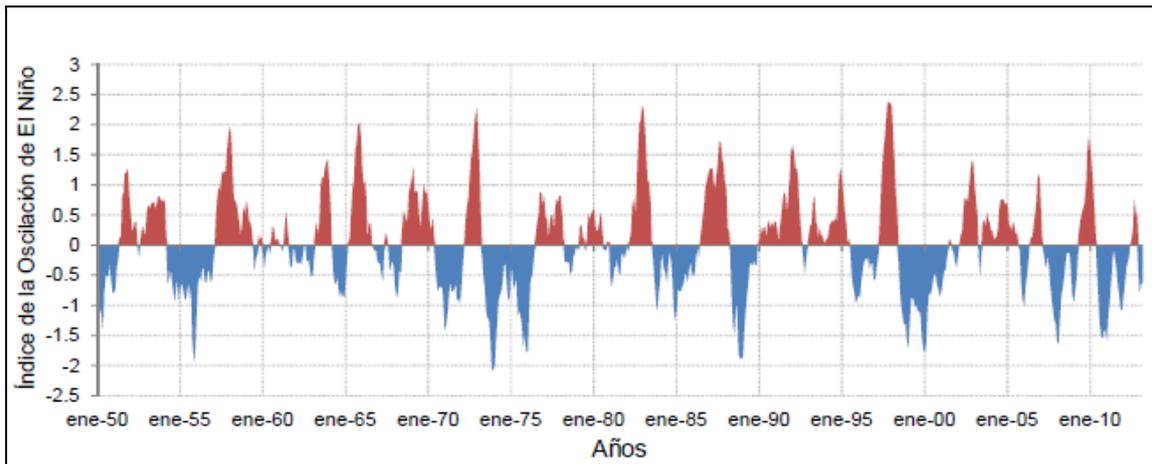


Figura 7. Índice de El Niño Oceánico (ONI). Nótese que la altura de los picos refleja la fortaleza de cada evento La Niña graficado con color azul con valores negativos y El Niño graficado en color rojo con valores positivos.

Fuente: Jiménez (2004)

PDO Índice de Oscilación del Pacífico Norte. – Los valores de este índice son presentados por Jiménez (2004) entre los años 1950 y 2010 (Figura 8). Resume las variaciones mensuales de la temperatura superficial marina en el Océano Pacífico al norte de los 20°N. La periodicidad de este evento es de 15 a 20 años y los cambios de temperatura tienen gran impacto en el clima de Norteamérica al alterar el patrón de vientos.

El autor anteriormente citado menciona que el índice es positivo cuando la temperatura es anómalamente cálida a lo largo de la costa de Norteamérica, Centroamérica y el Ecuador, y fría en el interior del Pacífico Norte, con una distribución del índice con valores negativos.

Además, cuando una correlación es positiva indica que el índice del PDO se incrementa, la variable sea precipitación, caudal o temperatura también aumenta, y si la PDO disminuye, la variable en cuestión también lo hace (Ramírez, 2009).

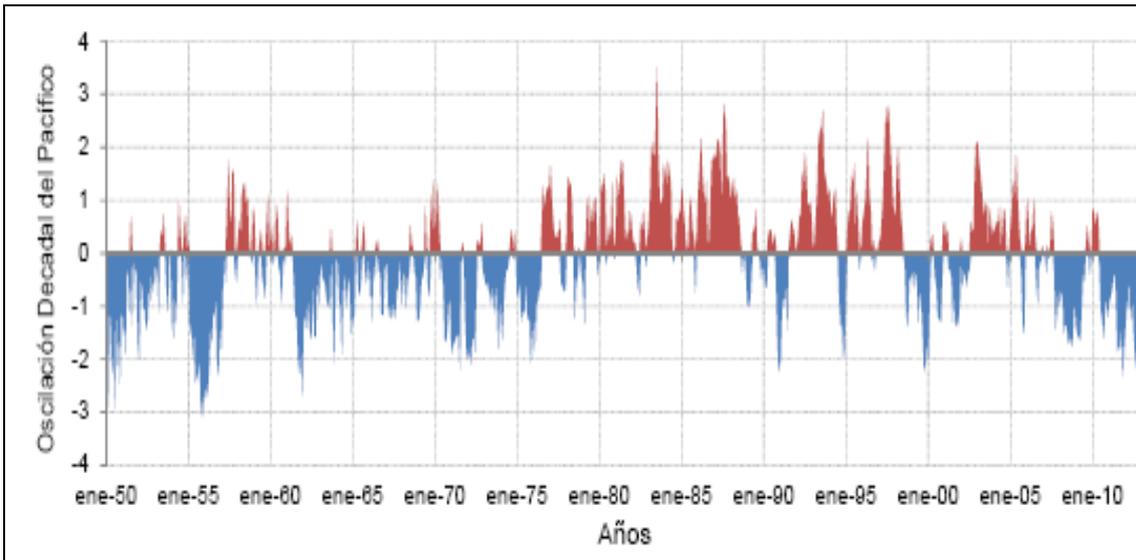


Figura 8. Índice de Oscilación del Pacífico Norte (PDO). La fortaleza de cada evento se refleja en la altura de los picos a uno u otro lado, La Niña graficado con color azul y valores negativos y El Niño graficado en color rojo y valores positivos.

Fuente: Jiménez (2004)

2.2.13 Descripción de los índices que influyen en las costas del Océano Atlántico

NAO Oscilación del Atlántico Norte. – Jiménez (2004) describe este índice como la variabilidad de la circulación atmosférica desde el centro de Norteamérica hasta Europa e incluso parte de Asia. Varía anualmente, pero también puede permanecer en una determinada fase durante años. Además, Hurrell *et al.* (2001) define el NAO como la diferencia normalizada de presión al nivel del mar, medida en las estaciones ubicadas en las Azores e Islandia; considerando que es positivo cuando la presión subtropical es mayor de lo normal, mientras que un NAO negativo es cuando la presión subtropical es débil. (Figura 9)

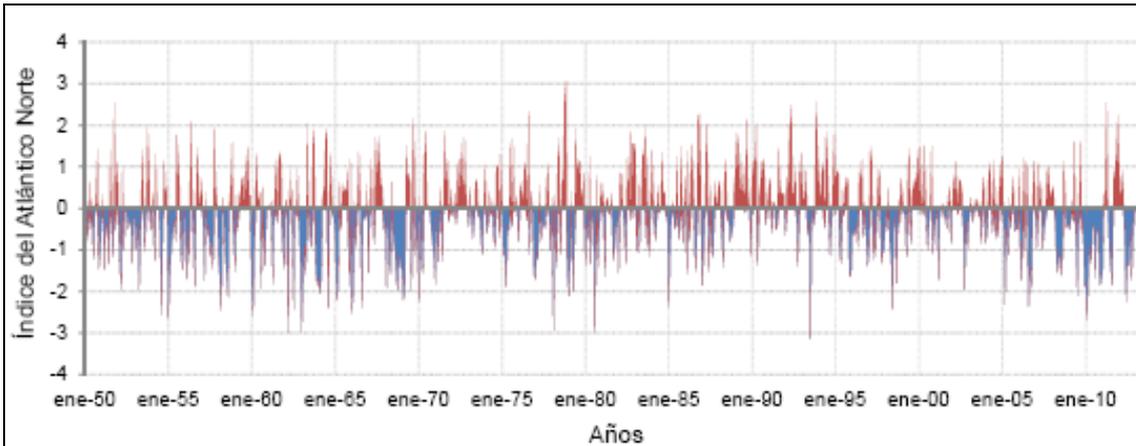


Figura 9. Índice de Oscilación del Atlántico Norte (NAO). La magnitud de cada evento se muestra en la altura de los picos, para la fase fría con valores negativos figurados de color azul y la fase cálida con valores positivos figurados de color rojo.

Fuente: Jiménez (2004)

AMO Índice de Oscilación Multidecadal del Atlántico. –Describe los ciclos de mediano plazo en la temperatura superficial marina que se presentan en el Atlántico Norte, las fases frías y cálidas duran cada una de 20 a 40 años y pueden afectar el Pacífico Norte (Figura 10). Este índice se obtiene de los valores mensuales de la anomalía en la temperatura promedio del Atlántico Norte (De La Casa y Nasello, 2010).

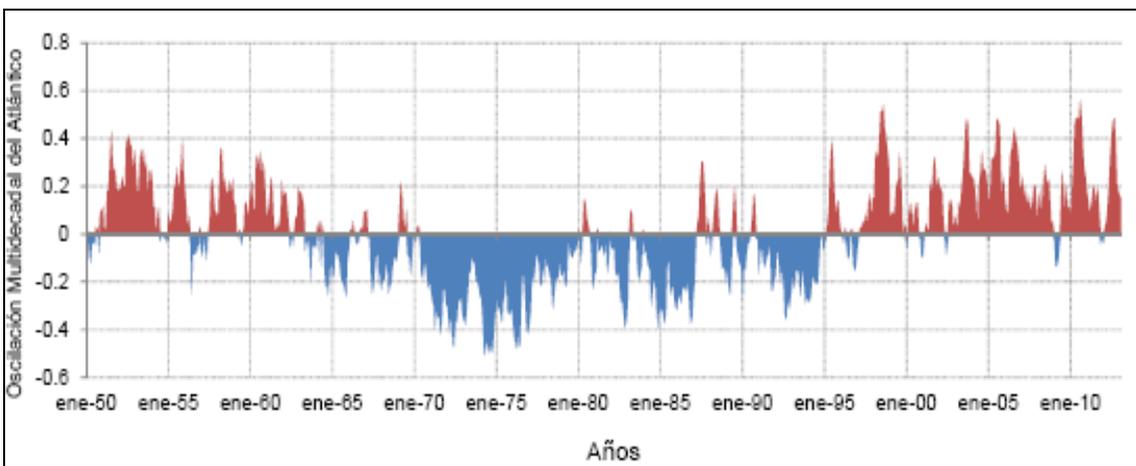


Figura 10. Índice de Oscilación Multidecadal del Atlántico Norte (AMO). La altura de los picos representa la magnitud del evento, mayor altura mayor magnitud, menor altura menor magnitud. La fase fría se representa con valores negativos figurados de color azul y la fase cálida con valores positivos figurados de color rojo

Fuente: Jiménez (2004)

2.2.14 Descripción del índice que influye en las costas del mar Caribe

CAR Índice del Caribe. – Según Jiménez (2004) este indicador se calcula con las anomalías promedio de la temperatura superficial marina del Caribe y Golfo de México, en el área comprendida entre las coordenadas 9-27 °N y 60-70 °O (Figura 11)

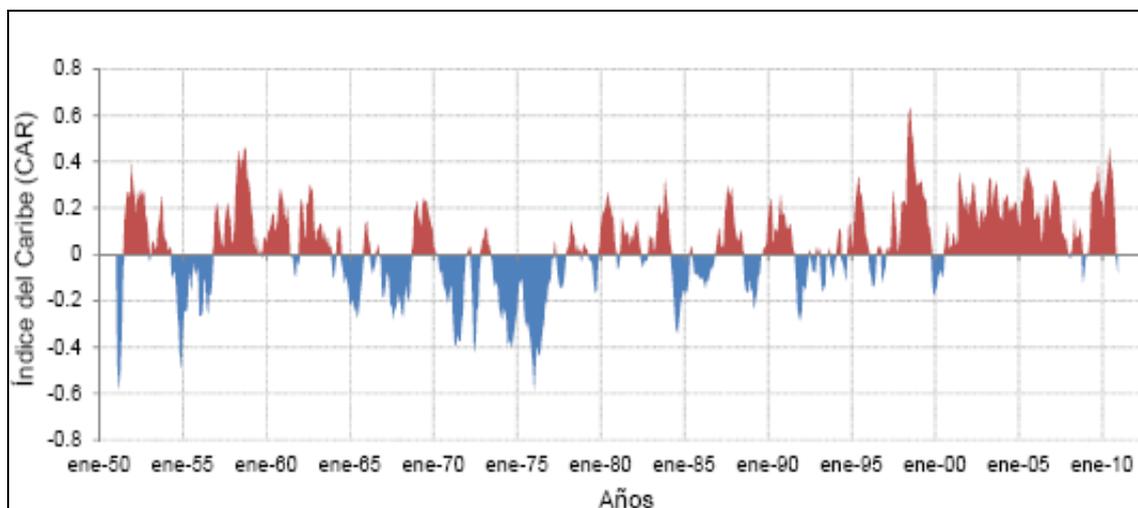


Figura 11. Índice del Caribe (CAR). La mayor o menor magnitud del evento es representada por la altura de los picos, mayor altura mayor magnitud, menor altura menor magnitud. La fase fría se representa con valores negativos figurados de color azul y la fase cálida con valores positivos figurados de color rojo

Fuente: Jiménez (2004)

2.2.15 Influencia del ENOS en el Ecuador

En el Ecuador por su posición estratégica en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) existe variabilidad climática (Barros y Troncoso, 2010), influenciada por la corriente fría de Humboldt y la corriente cálida de El Niño, que genera variaciones de temperatura mensual entre los 2°C y 5°C y mayores precipitaciones en una misma localidad (Casas y Alarcón, 1999). De la misma manera, la disposición de los accidentes topográficos como la Cordillera de los Andes y las diferencias altitudinales, ayuda la formación de grandes masas de aire que se desplazan de un sitio a otro modificando el clima (Barros y Troncoso, 2010).

Por lo expuesto anteriormente, en la región costa el ENOS presenta una fuerte influencia en la variación de las precipitaciones, mientras que en los valles interandinos y vertiente amazónica no tiene una relación directa; además, los flancos occidentales de

la Cordillera de los Andes y norte de las costas del Ecuador, constituye una zona de transición influenciada por El Niño, pero de manera menos intensa que el resto de la región costa (Rossel, 1997).

2.2.15.1 Efectos del ENOS sobre las precipitaciones en Ecuador

Rossel (1996) realizó un estudio para encontrar el grado de relación existente entre el ENOS y las precipitaciones anuales en el Ecuador, además el límite de relación significativa entre estas variables. Sus resultados mostraron que el ENOS ocasiona fuertes precipitaciones en la costa ecuatoriana durante los meses de marzo, abril, mayo y junio, con excepción de la parte costera extrema norte, que corresponde a Eloy Alfaro y que tienen menor influencia en la región Sierra y Amazonía, como se observa en la Figura 12

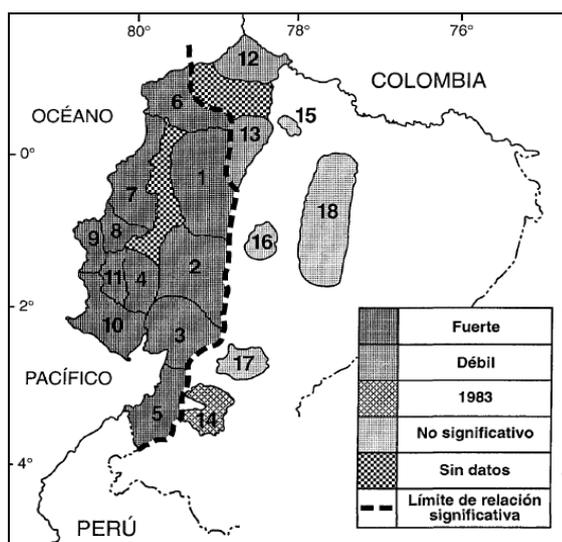


Figura 12. Grado de relación entre el ENOS y los totales anuales de precipitación, y límite de relación significativa

Fuente: Rossel (1996)

Adicionalmente, Rossel (1997) realizó un estudio sobre la influencia de El Niño sobre los regímenes hidro-pluviométricos del Ecuador, con el objeto de confirmar la hipótesis de no influencia de El Niño en los totales pluviométricos de cuatro regiones de los valles interandinos y una de la cuenca oriental.

El análisis descriptivo y estadístico utilizado permitió evidenciar la fuerte influencia de EL Niño sobre la pluviometría en la mayor parte de la costa ecuatoriana,

siendo evidente el aumento de las precipitaciones cuando la temperatura superficial del mar del Pacífico Oriental es superior a los valores normales interandinos y cuando los vientos alisios son más débiles. Sin embargo, en los valles interandinos, el incremento de la precipitación no es significativo, y la influencia de El Niño va disminuyendo hacia el norte hasta llegar a la vertiente occidental de los Andes (Rossel, 1997).

2.2.15.2 *El Niño 2009 – 2010 en el Ecuador*

El Comité Nacional para el Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN) indicó en sus boletines de enero y febrero del año 2009 que las condiciones atmosféricas frente a las costas ecuatorianas no presentaron un escenario de presencia fuerte del ENOS. Sin embargo, a finales de febrero del año 2010 se presentaron lluvias que en algunos sitios sobrepasaron los valores medios normales y provocaron inundaciones con incremento de caudales y deslizamientos en las partes altas de la cordillera.

En las estaciones meteorológicas de Santa Rosa de la costa sur del país y San Cristóbal en Galápagos registraron precipitaciones que sobrepasaron en 178% y 172% los valores normales, respectivamente. Estos excedentes provocaron desbordamientos de los cauces de los ríos, ocasionando graves pérdidas de cultivos, viviendas, ganado y vidas humanas (Umpiérrez, 2012).

El mismo autor manifiesta que en zonas como Manabí, Carchi, Azuay y Loja las precipitaciones disminuyeron, llegando a provocar una disminución considerable en los caudales en algunos ríos y emergencia eléctrica. La generación eléctrica del país, que proveniente en su mayoría de centrales hidroeléctricas situadas en la provincia de Azuay, tuvo una reducción de hasta el 60% debido a la reducción de los niveles de agua en los embalses.

2.2.15.3 *Efectos del ENOS sobre los caudales mínimos en los Andes Ecuatorianos*

Andrade y Ríos (2014) estudiaron seis cuencas hidrográficas localizadas en los Andes Ecuatorianos, dos que desembocan en la vertiente occidental y cuatro en la vertiente oriental, analizaron la correlación existente entre series de información meteorológica e hidrológica y el ENOS, encontrando que existe dependencia entre las series de precipitación y caudal, además que los resultados de correlación son mejores para las cuencas con influencia climática occidental. Asimismo, manifiestan que la

distribución estacional e interanual de la precipitación está condicionada por la Cordillera de los Andes y por los fenómenos de escala regional, como son: la zona de convergencia intertropical, la circulación del aire y el ENOS, que trae como consecuencia en los valles interandinos la presencia de períodos secos de junio a septiembre y diciembre a enero.

2.2.16 Influencia del ENOS en otros países

La influencia del ENOS ha sido estudiada en países como Venezuela, Colombia, Perú, Chile, y Brasil, en donde se han realizado investigaciones sobre la influencia de los fenómenos macroclimáticos, utilizando índices globales con modelos estadísticos que pronostican la vulnerabilidad a eventos extremos. A continuación, se detalla algunos de los estudios realizados.

2.2.16.1 Influencia del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur en la oferta hídrica de la Cuenca Hidrográfica del Río Dagua-Colombia

En el estudio realizado por Gutiérrez, Carvajal y Ávila (2013) sobre la influencia del fenómeno El Niño (Oscilación del Sur) en la oferta hídrica de la cuenca hidrográfica del río Dagua, manifiestan que durante El Niño, la zona alta de la cuenca presenta disminución de precipitaciones hasta un 32% del valor medio anual, mientras que en las zonas bajas de la cuenca la disminución es del 25%. Sin embargo, durante La Niña se genera incremento de la precipitación de hasta un 18% (3361 mm) con respecto al valor medio anual en la zona baja de la cuenca y precipitaciones fuertes con un incremento del 47% en la zona alta; de manera análoga, en el análisis del caudal, se obtuvo una disminución del 31% que fue el más representativo durante la fase de El Niño en el año 1992; y en el año de 1999 la mayor anomalía se presentó durante la fase de La Niña con un aumento de caudal en 32% sobre el valor medio anual. Además, el índice macroclimático MEI presentó mayor grado de incidencia sobre la hidrometeorología con una correlación significativa de $r=0,45$ en precipitación y $r=0,55$ para caudal. Además manifiestan que la correlación entre índices macroclimáticos y la hidrometeorología de la cuenca va disminuyendo conforme se acerca a la zona oriente de Colombia.

2.2.16.5 Influencia de El Niño y La Niña en la oferta hídrica mensual de la cuenca del río Cali-Colombia

La oferta hídrica mensual de la cuenca del Río Cali es analizada por Ávila, Carvajal y Gutiérrez en el año del 2013 mediante una correlación de variables macroclimáticas asociadas al fenómeno ENOS. En los resultados obtenidos, manifestaron que el comportamiento de los caudales está influenciado por el fenómeno ENOS, lo que se refleja una correlación significativa sobre la variable caudal de $r=0,44$; mientras que para la variable de precipitación la correlación tuvo un resultado $r=0,31$.

Además, los índices macroclimáticas ONI y MEI son los que tienen mayor incidencia sobre las variables hidrometeorológicas analizadas, el porcentaje de influencia fue del 24% para precipitación y 44% para caudal. Se determinó que la oferta hídrica en el área de estudio decrece en un 40% en épocas de la fase El Niño y aumenta su disponibilidad hasta un 65% en épocas de La Niña. Las mayores anomalías de caudal se presentaron en períodos de mayor estiaje, con valores que oscilan entre $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ y $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.2.16.3 Variabilidad de las anomalías y de la escala de fluctuación de caudales medios mensuales con el área de la cuenca

El análisis de la variabilidad de las anomalías de caudales medios mensuales fue realizado por Góez y Poveda (2005) en las cuencas de los ríos Magdalena-Cauca en Colombia y Tocantins-Purus en Brasil. Los resultados del análisis muestran que existe una influencia significativa y alta correlación con valores de $r=0,6$ para las cuencas de Colombia y $r=0,9$ para las cuencas del Brasil entre las series de anomalías de los caudales y la Oscilación del Sur (ENOS). Además describen un comportamiento decreciente en los coeficientes de correlación de las anomalías a medida que el área de drenaje aumenta, este hecho se produce por la capacidad de regulación que va adquiriendo la cuenca a medida que el área de drenaje crece (Góez y Poveda, 2005).

2.2.16.4 Impacto Hidrológico del Fenómeno El Niño-La Niña. En la cuenca del río Santa-Perú

El análisis del comportamiento pluviométrico de las series anuales para los eventos ENOS realizado por Lavado, Ordoñez y Yerren en el año 2005 en la cuenca del

Río Santa en Perú muestra que el comportamiento pluviométrico ante la presencia del ENOS en los años 1982 y 1983 se caracterizó por presentar un exceso moderado de precipitación. Mientras que en los años 1991-92 y 1997-98 se presentó un déficit pluviométrico moderado. Además, los resultados de correlación para el fenómeno El Niño fueron de $r=0,57$ y $r=0,67$ demostrando una influencia significativa sobre la variable pluviométrica. Para el fenómeno de La Niña los resultados de correlación fueron de $r=0,43$ a $r=0,49$, presentando un exceso pluviométrico moderado en los años de 1970-71 y los años desde 1973 a 1976 y 1988-89.

2.2.16.5 Impacto Hidrológico del Fenómeno El Niño-La Niña. Cuencas de los ríos Piura, Chira, Tumbes y Zarumill

En el estudio realizado por Lavado, Ordoñez y Yerren en el año 2007 se manifiesta que los ríos Tumbes, Chira, Piura, Chancay y Jambayeque que se encuentran en la zona norte de la vertiente del Pacífico presentaron incrementos importantes en los caudales ante la influencia de eventos ENOS fuerte ocurridos en los años 1982-83 y 1997-98. Los ríos Rimac y Camaná de la zona centro y sur de la vertiente del Pacífico registraron déficit hídrico importante para los registros de caudales en los años 1982-83 y 1991-92, ante la influencia del fenómeno macroclimático ENOS. Además analizando los resultados en toda la serie histórica se observa que la correlación varía en promedio entre $r=0,7$ y $r=0,2$, demostrando que el decrecimiento de la correlación está en función de la longitud del cauce del río, es decir mientras más cercanas está las estaciones al océano Pacífico la correlación será mayor (Lavado *et al.* 2007)

2.2.16.6 Caudales y variabilidad climática en una cuenca de latitudes medias en Sudamérica: Río Aconcagua Chile

El estudio de caudales y variabilidad climática del río Aconcagua de Chile, realizado por Martínez, Fernández y Rubio en el año 2012 afirma que la influencia del ENOS sobre la variabilidad hidrológica es positiva y significativa con valores superiores de 0,5 y 1%, lo que representa que el aumento de caudales está directamente relacionado con el aumento de la temperatura superficial del mar (TSM). Además, este estudio manifiesta que el comportamiento de los caudales mensuales en los ríos de Chile Central es estacional, los cuales se incrementan hasta el 32,1% como resultado de la presencia de El Niño y disminuyen en un 11,3% en condiciones de La Niña. Los

caudales medios anuales máximos registrados durante eventos El Niño fueron en la parte media de la cuenca con 754 m³/s en el año 1987 y 819 m³/s en el año 1992 (Martínez *et al.* 2012)

2.2.17 Influencia de El Niño y La Niña en la actualidad

La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2017) en su boletín del 5 de octubre del 2017 señala que las temperaturas de la superficie del mar en la parte oriental del Pacífico tropical se han enfriado más de lo normal, acercándose a los niveles de La Niña, mientras que las condiciones atmosféricas se han mantenido fundamentalmente neutras. En el boletín publicado en junio del 2018 la OMM señala que el episodio de La Niña de 2017/2018 se terminó en abril de 2018 y la mayoría de las condiciones oceánicas y atmosféricas del Pacífico Tropical han vuelto a niveles neutros. Además señalan que existe un 75% de probabilidad de que las condiciones neutras del fenómeno EL Niño se mantenga hasta agosto del 2018 y se descarte la posibilidad de formarse un episodio de La Niña. Para finales del año 2018, los modelos probabilístico prevén que se forme un episodio débil de El Niño, recalando que esta predicción tiene un alto grado de incertidumbre

2.3. Marco Legal

A continuación, se muestra las distintas leyes y normas del Ecuador referentes al manejo integrado de los recursos hídricos, y específicamente a la protección frente a desastres naturales ocasionados por fenómenos naturales del clima.

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador (2008).

En la Constitución de la Republica (2008) se establece algunos artículos fundamentales para el amparo de la sociedad ante peligros provocados por desastres naturales, además dispone a las instituciones del estado coordinar acciones para prevención, mitigación y recuperación de desastres naturales como es el caso del fenómeno de El Niño y La Niña.

De la misma manera tomará las medidas necesarias para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo, brindándole un ambiente sano, equilibrado e impulsando el desarrollo económico, social y ambiental.

Art. 389.- Es obligación del Estado proteger a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

Además, el documento en mención señala que, de conformidad con la ley de la materia, son funciones del organismo técnico rector del sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos, entre otras, articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre; realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidad y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.

Art 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

Art. 406.- El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará

medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

2.3.2. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2012)

Al Estado Ecuatoriano se le reconoce como descentralizado con atribuciones y competencias exclusivas. Se rigen por los principios de equidad, integración, solidaridad y unidad territorial. Cada gobierno autónomo descentralizado ejecutara obras en cuencas y microcuencas de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico, como lo describen los siguientes artículos:

Art. 32.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado regional. Literal b) Gestionar el ordenamiento de cuencas hidrográficas y propiciar la creación de consejos de cuencas hidrográficas, de acuerdo con la ley.

Art. 37.- Atribuciones del gobernador o gobernadora regional.- Le corresponde al gobernador o gobernadora regional. Literal m) Dictar, en caso de emergencia grave, ocasionada por desastres naturales, bajo su responsabilidad y en la sesión subsiguiente, medidas de carácter urgente y transitorio y dar cuenta de ellas al consejo, cuando se reúna, si a este hubiere correspondido adoptarlas, para su ratificación.

Art. 42.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado provincial.- Los gobiernos autónomos descentralizados provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen. Literal c) Ejecutar, en coordinación con el gobierno regional y los demás gobiernos autónomos descentralizados, obras en cuencas y micro cuencas.

Art. 54.- Funciones.- Son funciones del gobierno autónomo descentralizado municipal. Literal o) Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal, con especial atención a las normas de control y prevención de riesgos y desastres.

Art. 140.- Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos.- La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que

afecten al cantón se gestionarán de manera concurrente y de forma articulada con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley.

2.3.3. Ley Orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua (2014)

La Ley Orgánica de los Recursos Hídricos instaure varios artículos a favor del cuidado y conservación del agua ya que es un recurso indispensable para la vida, por lo cual en el Art. 1 manifiesta que los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria.

De la misma manera en el Art. 12. Dice que el Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.

2.3.4. Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017).

El Código Orgánico Ambiental en su art. 288 tiene por objeto regular y orientar las acciones y medidas de reparación integral de los daños ambientales generados por personas naturales o jurídicas, ya sean públicas o privadas, nacionales o extranjeras, o los causados por eventos naturales. Además en su art. 289 la Autoridad Ambiental Nacional determinará los criterios para caracterizar, evaluar y valorar el daño ambiental, así como las diferentes medidas de prevención y restauración. Para ello, podrá solicitar o recibir el apoyo y colaboración de las instituciones públicas o privadas, así como de instituciones científicas y académicas.

2.3.5. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021

La protección y el cuidado de las reservas naturales y de los ecosistemas frágiles y amenazados, es un tema de preocupación para el gobierno, debido a las consecuencias provocadas por los fenómenos climáticos globales como El Niño y la intervención del ser humano. Razón por la cual para potenciar el aprovechamiento sostenible es necesario el desarrollo de la investigación y generación de conocimiento en base a una gobernanza y políticas de ordenamiento, conservación y manejo de los recursos que está enmarcado dentro del Plan Nacional de Desarrollo en el Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

2.3.6. Plan Nacional de Seguridad Integral (2017).

El Ministerio Coordinador de Seguridad en el año 2017 presenta el Plan Nacional de Seguridad Integral y manifiesta que la vulnerabilidad como factor interno del riesgo representa las características y circunstancias que posee un sujeto, una comunidad, un sistema o bien que los hacen susceptibles a los daños de una amenaza de origen natural, socio-natural o antrópico. Y el riesgo, que representa la probabilidad de ocurrencia de dichas amenazas, debe ser analizado en el orden social, económico, político e institucional para desarrollar la gestión de riesgos con la finalidad de generar las acciones necesarias de mitigación, respuesta y atención en desastres, además de la reconstrucción por sus efectos.

La gobernabilidad en la gestión del riesgo incluye la coordinación y comunicación entre las diferentes entidades involucradas, es así que, la descentralización de responsabilidades ha involucrado la asignación de recursos dentro de los diferentes presupuestos, lo cual ha implicado reformas a la legislación, políticas y marcos institucionales. En Ecuador, se han promovido acciones como el proyecto “Estimación de vulnerabilidades y reducción del riesgo de desastres a nivel municipal”, metodología desarrollada en un esfuerzo conjunto con universidades y municipios.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Área de estudio

3.1.1. Ubicación

El área de influencia de la cuenca del Río Esmeraldas se encuentra en la región Costa y Sierra entre las provincias de Pichincha, Esmeraldas, Imbabura, Cotopaxi y Santo Domingo de los Tsáchilas, como se muestra en la Figura 13.

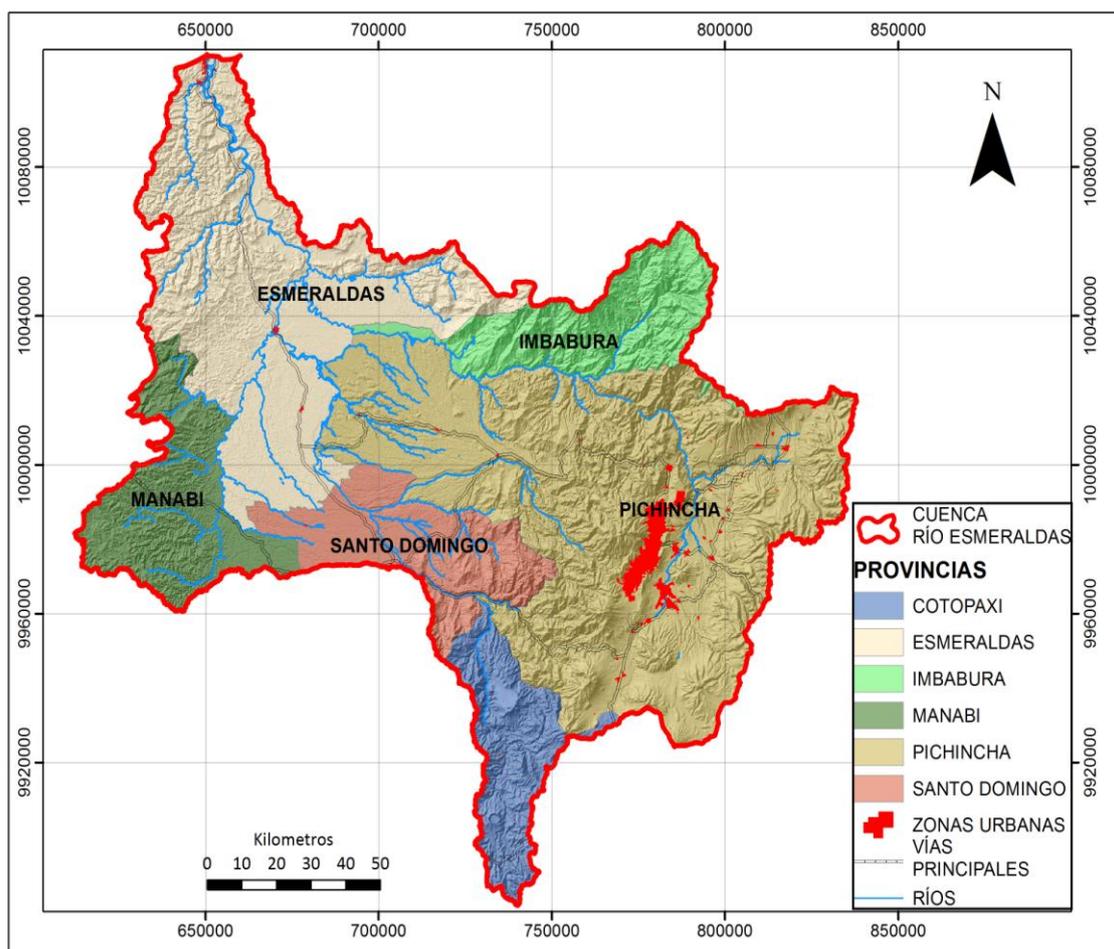


Figura 13. Cuenca del Río Esmeraldas ubicada al noroccidente del Ecuador

3.1.2. Hidrología

La cuenca del río Esmeraldas pertenece a la vertiente del Pacífico, está formada por tres grandes afluentes que son el río Guayllabamba, el río Blanco y el río Quinindé. En esta cuenca drenan aproximadamente 70 ríos y numerosas quebradas. Su cauce es navegable desde la confluencia con el río Guayllabamba hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Esta amplia corriente fluvial va recorriendo algunas localidades muy pobladas, dejando a su paso gran utilidad e uso doméstico, agropecuario e industrial.

La cuenca del río Esmeraldas durante el periodo comprendido entre los años 1965 al año 2013 ha producido un caudal medio mensual de 904,44 m³/s con un caudal medio máximo aproximado de 1906,69 m³/s y caudal mínimo medio aproximado de 434,27 m³/s. Los meses que presentaron menor caudal son agosto y septiembre y el aumento de caudal comienza en los meses de noviembre a diciembre. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2013)

3.1.3. Características físicas de la cuenca

Se realizó la caracterización del relieve, geología, textura y cobertura vegetal y uso de suelo de la cuenca de estudio, utilizando cartografía digital a escala 1:25000 generado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en convenio con el Instituto Espacial Ecuatoriano correspondiente a un período entre los años 2009 y 2015.

3.1.3.1. *Pendiente del Terreno*

La pendiente del terreno controla la velocidad de escorrentía superficial y el tiempo que tarda la lluvia en concentrarse en la salida de la red de drenaje de la cuenca (Monsalve, 2010). El área de influencia de la cuenca del Río Esmeraldas está caracterizada por pendientes que varían entre suaves (>2% hasta el 12%) a moderadas (12% - 25%) para la costa, y pendientes fuertes (40% - 70%) y escarpadas (70% - >100%) para la sierra y zona de cordillera.

3.1.3.2. *Geología*

La zona de estudio cuenta con una gran variedad de unidades geológicas de diferentes edades y orígenes, destacándose las Formaciones de San Tadeo, Borbón,

Viche, Angostura, Onzole, Macuchi, Batolito de Apuela y Cangahua; además se tiene depósitos aluviales, coluviales y de origen volcánico.

3.1.3.3. *Textura*

La textura del suelo es una característica física que determina su capacidad de infiltración, depende de la naturaleza de la roca madre y de los procesos de evolución. Entre más fina es la textura (suelo arcilloso) mayor retención de agua, pero con menor drenaje y si la textura es gruesa (suelo arenoso), hay menor retención de agua y mayor drenaje (Van Voss, Aguirre, y Hofstede, 2001).

Entre las texturas más representativas tenemos: arcillosas, franco arenoso, franco arcillosa y franco arcillo-arenosa.

3.1.3.4. *Cobertura vegetal y uso del suelo*

El área de estudio presenta diferente cobertura vegetal y uso de suelo, debido a la diversidad de pisos térmicos, relieve, condiciones geológicas y actividades antrópicas que caracterizan a cada una de las zonas. El uso de suelo más representativo es: cultivos agrícolas, producción agropecuaria, avícola, conservación, protección y producción; y la cobertura vegetal más representativa es: cultivos anuales, cultivos semipermanentes, cultivos permanentes, pastos, vegetación herbácea y bosques. (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2010).

3.1.4. Características climáticas

Para la descripción de la precipitación y temperatura del área de estudio se utilizó información cartografía digital a escala 1:50000 generada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en convenio con el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2010, y bases de datos comprendidos entre los años 1985 y 2013 proporcionados por el INAMHI en el año 2013.

3.1.4.1. *Precipitación*

La precipitación multianual del área de estudio (Tabla 3) se encuentra distribuida en un rango de 3200 mm hasta 863 mm en la zona baja, 3900 a 1400 mm en la zona media y 1300mm a 400 mm en la zona alta.

Tabla 3.

Valores de Precipitación multianual de un período comprendido entre los años 1985 y 2013 de las estaciones meteorológicas ubicada dentro del área de influencia de la cuenca del río Esmeraldas.

CUENCA	CODIGO	NOMBRE	ALTITUD (m.s.n.m)	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL MULTIANUAL (mm)	PRECIPITACION MULTIANUAL (mm)
	M269	ESMERALDAS INOCAR(LAS PALMAS)	5	75,602	907,220
BAJA	M058	ESMERALDAS-TACHINA	8	71,931	863,166
	M156	QUININDE(CONV.MADRES LAURITAS)	110	165,784	1989,413
	M025	LA CONCORDIA	220	272,633	3271,592
MEDIA	M209	ALLURIQUIN INECEL	805	171,164	2053,971
	M216	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	1140	325,270	3903,239
	M198	PALO QUEMADO	1260	154,206	1850,473
	M213	LA PERLA	1260	120,979	1451,750
	M214	PERUCHO INECEL	1830	43,549	522,592
	M210	VINDOBONA	2060	34,673	416,079
	M009	LA VICTORIA INERHI	2240	45,153	541,836
	M114	TUMBACO	2350	71,306	855,667
	M115	SAN ANTONIO DE PICHINCHA	2430	36,685	440,214
	M002	LA TOLA	2479	70,317	843,800
ALTA	M112	CONOCOTO	2520	102,025	1224,297
	M118	INIAP-SUPLEMENTARIA PORCINOS	2650	124,773	1310,619
	M024	QUITO INAMHI-INNAQUITO	2789	90,019	1080,228
	M055	QUITO AEROPUERTO-DAC	2811	69,284	831,407
	M111	MALCHINGUI INAMHI	2840	38,475	461,696
	M003	IZOBAMBA	3052	120,423	1445,076
	M023	OLMEDO-PICHINCHA	3120	67,013	804,155
	M120	COTOPAXI-MINITRAK	3590	93,581	1122,968
	M121	EL REFUGIO-COTOPAXI	4570	74,811	897,734

Fuente: Tomado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

Las variaciones de precipitación se deben tanto a los límites altitudinales como a la influencia del Pacífico para la zona baja y media de la cuenca, mientras que la zona alta de la cuenca presenta influencia de los vientos provenientes del Atlántico (Ramírez, 2015).

3.1.4.2. *Temperatura*

La temperatura media anual del área de estudio (Tabla 4) se encuentra distribuida en un rango de 24°C hasta los 26°C para la zona baja de la cuenca, de 19°C a 22°C en la zona media, y de 0°C a 17°C en la zona alta.

Tabla 4.

Valores de Temperatura media mensual multianual de un período comprendido entre los años 1985 y 2013 de las estaciones meteorológicas ubicada dentro del área de influencia de la cuenca del río Esmeraldas.

CUENCA	CODIGO	NOMBRE	ALTITUD (m.s.n.m)	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL MULTIANUAL (°C)
BAJA	M269	ESMERALDAS INOCAR(LAS PALMAS)	5	25,9
	M058	ESMERALDAS-TACHINA	8	26,0
	M156	QUININDE(CONV.MADRES LAURITAS)	110	25,3
	M025	LA CONCORDIA	220	24,3
	M209	ALLURIQUIN INECEL	805	22,1
MEDIA	M216	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	1140	19,0
	M198	PALO QUEMADO	1260	20,0
	M213	LA PERLA	1260	19,2
	M214	PERUCHO INECEL	1830	18,4
	M210	VINDOBONA	2060	18,0
	M009	LA VICTORIA INERHI	2240	17,2
	M114	TUMBACO	2350	16,7
	M115	SAN ANTONIO DE PICHINCHA	2430	16,1
	M002	LA TOLA	2479	15,6
	M112	CONOCOTO	2520	15,5
ALTA	M118	INIAP-SUPLEMENTARIA PORCINOS	2650	14,3
	M024	QUITO INAMHI-INNAQUITO	2789	14,9
	M055	QUITO AEROPUERTO-DAC	2811	13,7
	M111	MALCHINGUI INAMHI	2840	14,8
	M003	IZOBAMBA	3052	11,9
	M023	OLMEDO-PICHINCHA	3120	11,8
	M120	COTOPAXI-MINITRAK	3590	8,3
	M121	EL REFUGIO-COTOPAXI	4570	0,9

Fuente: Tomado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

Cabe mencionar que la temperatura tiene una relación inversamente proporcional a la altitud, por cada 100 m de ascenso la temperatura disminuye entre 0,5°C y 0,7°C (Castaño, 2002).

3.2. Diseño y tipo de investigación

Se realizó una investigación de tipo documental, de alcance descriptivo de las relaciones entre variables macroclimáticas en un momento determinado y su tendencia a través del tiempo.

Para el estudio de la variabilidad histórica se realizó un análisis de las características morfométricas de la cuenca del río Esmeraldas, análisis cualitativo y descriptivo de las estaciones hidrológicas y un análisis estadístico de anomalías de caudales medios mensuales.

Para el análisis de relación entre las variables de los patrones macroclimáticos globales asociados al fenómeno de El Niño y La Niña y la variable hidrológica caudal de la cuenca del río Esmeraldas, se realizó un análisis estadístico de correlación lineal entre índices mensuales macroclimáticos y la información histórica de caudal (m^3/s), en un período comprendido entre los años 1965 y 2013.

3.3. Procedimiento de investigación

3.3.1. Recopilación de información

Se revisó y recopiló literatura de estudios realizados para el fenómeno de El Niño y La Niña en el Ecuador y países vecinos que están influenciados por este tipo de fenómenos.

Se recopiló información de base de datos de caudales medios mensuales proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), y mapas de temperatura, precipitación medios mensuales, pendientes, geología, textura y cobertura y uso de suelo de la cuenca hidrográfica del río Esmeraldas proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, (MAG).

Se recopiló información sobre los índices macroclimáticos atmosféricos publicados en la página de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos (NOAA).

3.3.2. Procesamiento de la información

3.3.2.1. Variabilidad histórica de los caudales medios mensuales y sus anomalías

Dentro de la primera fase de estudio se presenta el análisis de variabilidad histórica de los caudales medios mensuales. Se inició con la caracterización de la información necesaria para continuar con el cálculo de las medidas de tendencia central y las anomalías de caudal.

3.3.2.1.1. Características morfométricas de la cuenca

Se realizó el análisis morfométrico de la cuenca de estudio con ayuda de sistemas de información geográfica. Según la metodología de Gaspari *et al.* (2013).

3.3.2.1.2. Selección de las estaciones hidrológicas para el análisis

De las 30 estaciones hidrológicas que registran el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas se procedió a seleccionar 12, las más representativas de la zona de estudio, para continuar con la recopilación de la información hidrológica comprendida entre un período común de registros entre los años 1965 y 2013. Se realizó un proceso de depuración y comparación de datos que tengan error de tipeo con la base histórica del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dentro del periodo seleccionado se consideró trabajar con un mínimo de 30 años de registro de información según consideraciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1989), con 18 años completos y un porcentaje del 15% de vacíos de información en el total de la base para cada estación hidrológica, según las metodologías propuestas por Andrade y Ríos (2014), Carvajal *et al.* (2014) y Gutiérrez *et al.* (2013).

En la Figura 14 se muestra la ubicación en coordenadas UTM de las 30 estaciones hidrológicas que registran el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas.

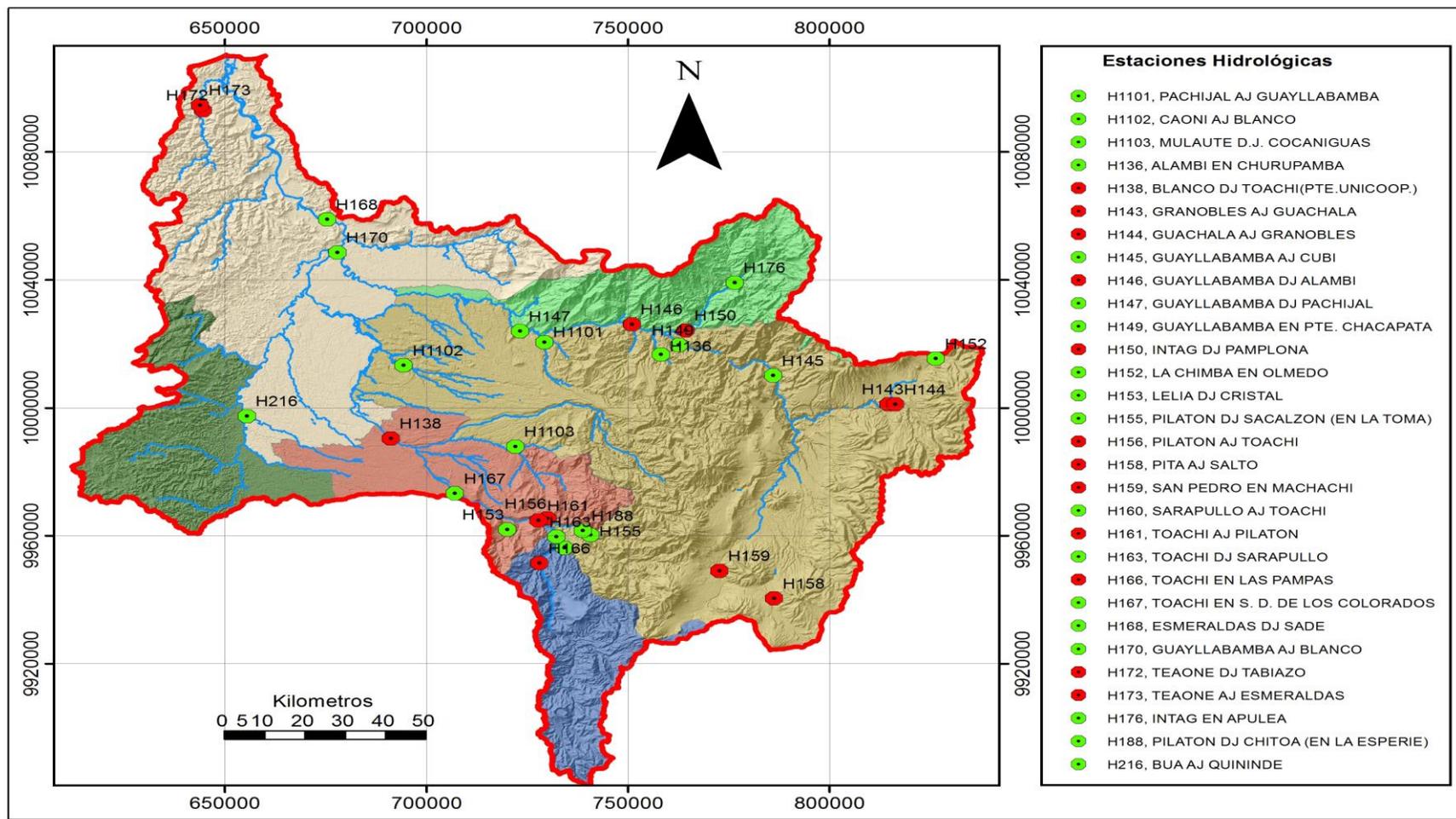


Figura 14. Ubicación de las treinta Estaciones Hidrológicas que registran el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas
 Nota: Las doce Estaciones Hidrológicas seleccionadas están figuradas de color rojo.

3.3.2.1.3. Agrupación de las Estaciones Hidrológicas por su ubicación geográfica.

Mediante un análisis cualitativo se procedió agrupar las estaciones hidrológicas de acuerdo a la ubicación geográfica, la aproximación al océano Pacífico y altitud, clasificando como estaciones de la parte baja de la cuenca las ubicadas entre los 0 msnm hasta los 600 msnm, estaciones de la parte media de la cuenca de los 600 msnm hasta los 1200 msnm y estaciones de la parte alta de la cuenca de los 2000 msnm hasta los 4000 msnm de acuerdo al criterio de Carvajal y Marulanda (1995); lo anterior con el objeto de analizar la variabilidad del caudal de acuerdo a la aproximación a la Cordillera de los Andes, que es un factor importante en la variabilidad climática de la zona (Gutiérrez *et al.*, 2013).

3.3.2.1.4. Espacialización y digitalización del área de influencia de cada estación hidrológica

Utilizando la metodología propuesta por Delgado y Gáspari (2010) se ubicó espacialmente las estaciones hidrológicas seleccionadas y mediante un modelo cartográfico, cartografía de sistemas de drenaje, relieve y el mapa de ubicación de cada estación se digitalizó el área de influencia (Figura 15).

Sobre la base del mapa vectorial generado de la digitalización de la cuenca del río Esmeraldas, se incorporó por digitalización manual la red hídrica, el mapa de ubicación de cada estación hidrológica y la red de drenaje que permitió la posterior delimitación de cada área de influencia siguiendo el parte de aguas a nivel de cada estación hidrológica.

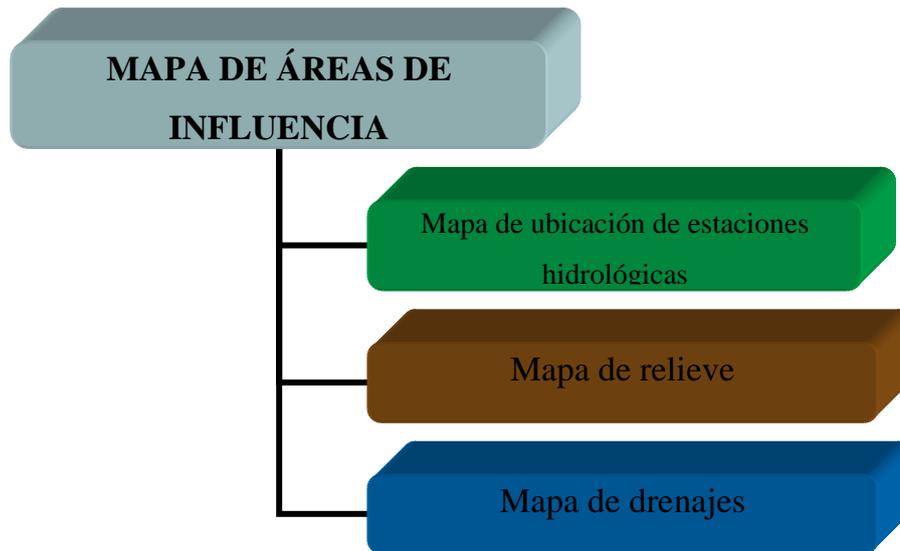


Figura 15. Modelo cartográfico para obtención de las áreas de influencia de cada estación hidrológica de la cuenca del Río Esmeraldas.

3.3.2.1.5. Cálculo de las principales medidas de tendencia central y dispersión

Los caudales medios mensuales de cada estación hidrológica fueron analizados estadísticamente para determinar las medidas de tendencia central y dispersión según González (1985).

3.3.2.1.6. Cálculo de las anomalías promedio de los registros históricos de caudales de la cuenca del Río Esmeraldas

Para el cálculo de las anomalías promedio se utilizó los registros históricos depurados de caudales medios mensuales desde el año 1965 hasta el año 2013, con los resultados obtenidos se realizó un análisis trimestral, para conocer la variabilidad de las anomalías dentro de los meses que se registran mayor caudal y menor caudal. Además se realizó una representación gráfica de los valores calculados de anomalías utilizando estadística descriptiva.

Las anomalías (estandarizadas) de los caudales medios mensuales son definidas por Montgomery y Runger (1996), como la desviación de los valores de caudales observados, $Q(i,t)$, con respecto al promedio mensual a largo plazo, $\mu(i)$ y dividido por la desviación típica mensual, $\sigma(i)$.

Para este análisis se utilizó la siguiente ecuación:

$$q(i,t) = \frac{Q(i,t) - \mu(i)}{\sigma(i)} \quad (\text{IX})$$

Donde:

$i=1, \dots, 12$ los meses

$t=1, \dots, T$ los años del registro

3.3.2.2. Correlación lineal entre las variables de caudal e índices macroclimáticos.

En la fase dos se analizaron las variables macroclimáticas y la influencia de sobre el caudal superficial de la cuenca del río Esmeraldas.

El análisis se realizó a partir de una correlación lineal y con la ayuda del software SPSS Statistics20 se evaluó y se interpretó el grado de relación existente entre los caudales medios mensuales (m^3/s) de los años 1965 al 2013 de la cuenca del río Esmeraldas y los índices mensuales macroclimáticos globales asociados al fenómeno de El Niño y La Niña. Según Rossel (1997), Gutiérrez y Carvajal (2013) y Ávila *et al.* (2013), el análisis estadístico de correlación lineal es el más utilizado para estudiar el grado de relación que existe entre variables cuantitativas.

Los valores de los índices macroclimáticos utilizados para la correlación con el caudal superficial de la cuenca fueron tomados de la página web de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), los cuales se presentan en el Anexo D.

3.3.2.3. Lineamientos de automatización de las estaciones hidrológicas de la cuenca el Río Esmeraldas.

En la tercera fase de la investigación se presenta lineamientos de automatización de las estaciones hidrológicas que registran el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas. Estos sistemas aseguran y garantizan la obtención de datos confiables en tiempo real con un adecuado control de calidad, que ayudan al operador economizar

tiempo, organizar y procesar la información, además que se proveerá a otras instituciones información que será utilizada eficientemente en análisis estadísticos.

Para la automatización de las estaciones hidrológicas se realizará un diagnóstico descriptivo de la infraestructura de cada una de las estaciones, para seguir con el proceso de agrupar de acuerdo al caudal: en estaciones de bajo y alto caudal. Se sugerirá un tiempo de implementación estimado de por lo menos 12 estaciones hidrológicas automatizadas hasta el tercer año de ejecución de acuerdo a las condiciones de la infraestructura de cada estación. El equipamiento se realizará en función de las necesidades de medición y la infraestructura existente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de la variabilidad histórica de los caudales medios mensuales

Para la primera fase del estudio fue necesario conocer las características morfométricas de la cuenca del Río Esmeraldas, así como también las estaciones hidrológicas representativas para la estandarización de la base de datos y la ubicación espacial con cada área de influencia. Estos análisis previos ayudaron a determinar con mayor facilidad la influencia del ENOS, su variabilidad y anomalías del caudal superficial de la cuenca.

4.1.1. Características Morfométricas

Las principales características morfométricas de la cuenca del río Esmeraldas analizadas en este estudio indican que: el valor del coeficiente de compacidad es $Kc=2.11$ valor que atribuye a una forma de oval oblonga a rectangular oblonga, por otro lado el índice de alargamiento de $Ia=1,24$ nos muestra que la cuenca tiene la capacidad de dispersar el escurrimiento de lluvias intensas. Además, presenta menos probabilidad de crecientes, por el bajo valor del factor de forma $Ff=0,36$. Estos resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5.

Principales características morfométricas de la cuenca del Río Esmeraldas

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	VALORES
Área (km ²)	21668,39
Perímetro (km)	1104,18
Longitud axial (km)	244,1
Ancho promedio (km)	88,77
Cota máxima (msnm)	4720
Cota mínima (msnm)	0
Coficiente de compacidad (kc)	2,11
Índice de alargamiento	1,24
Factor de forma	0,36

4.1.2. Selección de las Estaciones Hidrológicas

El caudal de la red hídrica de la cuenca del Río Esmeraldas está registrado en 30 estaciones hidrológicas distribuidas en toda su área de influencia. Se seleccionaron 12

estaciones hidrológicas debido a que presentan información representativa en los años comprendidos entre 1965 y 2013 (Tabla 6). En el Anexo B se muestra la infraestructura de algunas de las estaciones hidrológicas.

Tabla 6.

Listado de estaciones hidrológicas Lignigráficas (LG) y estaciones hidrológicas Lignimétricas (LM) ubicadas en el área de influencia de la cuenca del Río Esmeraldas.

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO
H173	TEAONE AJ ESMERALDAS	LG
H172	TEAONE DJ TABIAZO	LM
H138	BLANCO DJ TOACHI (PTE.UNICOOP.)	LM
H146	GUAYLLABAMBA DJ ALAMBI	LG
H161	TOACHI AJ PILATON	LG
H156	PILATON AJ TOACHI	LG
H150	INTAG DJ PAMPLONA	LG
H166	TOACHI EN LAS PAMPAS	LG
H144	GUACHALA AJ GRANOBLES	LG
H143	GRANOBLES AJ GUACHALA	LG
H159	SAN PEDRO EN MACHACHI	LG
H158	PITA AJ SALTO	LG

Fuente: Tomado de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

4.1.3. Estandarización de la base de datos

Las 12 estaciones hidrológicas seleccionadas contienen información de mínimo 30 años de registro de datos dentro del período comprendido entre 1965 y 2013, cumpliendo con el número de años recomendados por la Organización Mundial Meteorológica (OMM, 1989) para obtener estadísticas confiables. En la Tabla 7 se presenta el número de años con información y el porcentaje de vacíos de cada estación hidrológica.

Tabla 7.

Número de años de información disponible de cada estación hidrológica que se encuentra ubicada en el área de influencia de la cuenca del Río Esmeraldas.

CÓDIGO	NOMBRE	N° AÑOS CON INFORMACIÓN	N° AÑOS COMPLETOS CON INFORMACIÓN	% VACIOS
H173	TEAONE AJ ESMERALDAS	38	18	12,9
H172	TEAONE DJ TABIAZO	40	31	2,3
H138	BLANCO DJ TOACHI (PTE.UNICOOP.)	30	18	6,8
H146	GUAYLLABAMBA DJ ALAMBI	43	28	11,0

H161	TOACHI AJ PILATON	48	28	15,1
H156	PILATON AJ TOACHI	33	18	13,6
H150	INTAG DJ PAMPLONA	37	18	16,9
H166	TOACHI EN LAS PAMPAS	48	29	10,1
H144	GUACHALA AJ GRANOBLES	35	18	9,9
H143	GRANOBLES AJ GUACHALA	47	27	12,6
H159	SAN PEDRO EN MACHACHI	49	26	8,1
H158	PITA AJ SALTO	42	19	18,8

4.1.4. Espacialización y agrupación de las Estaciones Hidrológicas por su ubicación geográfica.

En función de la ubicación geográfica con respecto al nivel del mar, se agrupó las 12 estaciones seleccionadas, en la zona baja, media y alta de la cuenca del río Esmeraldas.

Zona baja o parte baja.- 3 estaciones hidrológicas (H0172, H0173 y H0138) ubicada entre los 0 msnm hasta los 600 msnm.

Zona media o parte media.- 5 estaciones hidrológicas (H0146, H0161, H0150, H0156 y H0166) ubicada entre los 601 msnm hasta los 1200 msnm.

Zona alta o parte alta.- 4 estaciones hidrológicas (H0143, H0144, H0158 y H0159) ubicadas entre los 2000 msnm hasta los 4000 msnm.

Como se puede observar en la Tabla 8 y Figura 16 las estaciones seleccionadas y espacializadas se encuentran distribuidas en las tres zonas. Esta distribución indica que para el análisis se cuenta con estaciones tanto en la zona de cordillera, zona media y zona baja de la cuenca; se conocerá la variabilidad del caudal en cada rango altitudinal.

Gutiérrez, Carvajal y Ávila (2013) manifiestan que la variabilidad hidrológica por la influencia del ENOS va disminuyendo con la aproximación a la Cordillera de los Andes, lo que indica que las estaciones hidrológicas ubicadas cerca del Océano Pacífico o bajo los 1000msnm tendrán mayor influencia.

Tabla 8.

Agrupación de las estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas de acuerdo con la aproximación al océano Pacífico y altitud

CUENCA	RANGO DE ALTITUD (msnm)	CÓDIGO	NOMBRE	LONGITUD (E)	LATITUD (N)	ALTITUD (msnm)
BAJA	0-600	H173	TEAONE AJ ESMERALDAS	643847	10094483	14
		H172	TEAONE DJ TABIAZO	644942	10099291	21
		H138	BLANCO DJ TOACHI (PTE.UNICOOP.)	691201	9990338	281
MEDIA	601-1200	H146	GUAYLLABAMBA DJ ALAMBI	750999	10026044	654
		H161	TOACHI AJ PILATON	727712	9964720	842
		H156	PILATON AJ TOACHI	730006	9965448	869
		H150	INTAG DJ PAMPLONA	764289	10024095	1011
		H166	TOACHI EN LAS PAMPAS	727934	9951359	1138
ALTA	2000- 4000	H144	GUACHALA AJ GRANOBLES	816300	10000974	2740
		H143	GRANOBLES AJ GUACHALA	814627	10001051	2750
		H159	SAN PEDRO EN MACHACHI	772694	9948996	2771
		H158	PITA AJ SALTO	786248	9940370	3550

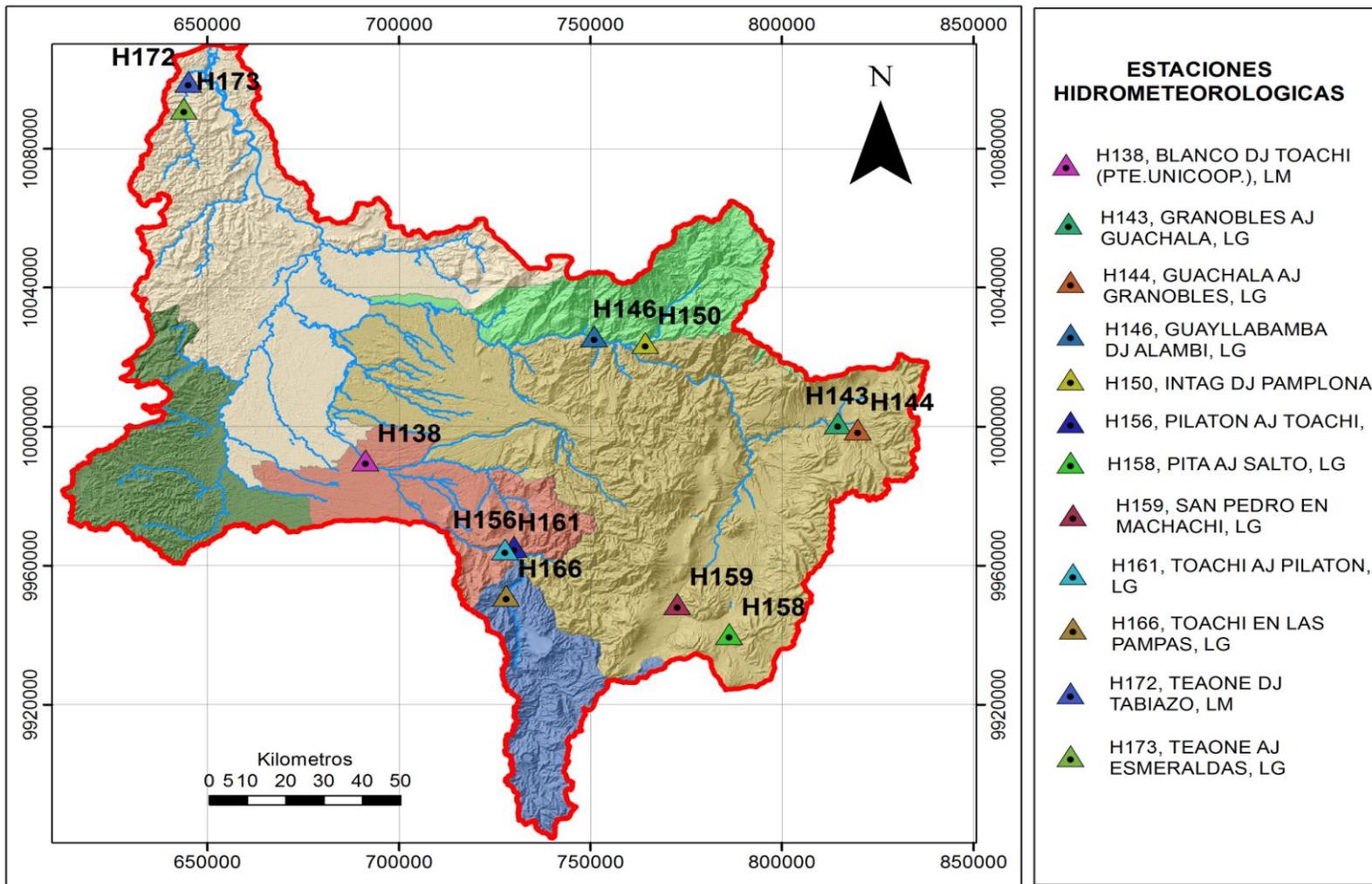


Figura 16. Ubicación de las estaciones hidrométricas dentro del área de influencia de la cuenca del Río Esmeraldas

4.1.5. Determinación del Área de Influencia de cada estación hidrológica

El área de influencia de cada estación hidrológica tiene gran relevancia para el análisis, debido a que, cuando la superficie de drenaje de una cuenca es grande, la capacidad de regulación contribuye a que la memoria de la cuenca sea más larga y la escala de fluctuación adopte un valor alto, y cuando una cuenca es pequeña la capacidad de regulación será corta (Góez, 2005).

En el presente estudio las estaciones hidrológicas que presentaron mayor área de influencia y por ende mayor drenaje son las estaciones H138 y H146 con superficies de 3749,6 Km² y 6640,0 Km² respectivamente, razón por la cual los registros de caudales son superiores al resto de estaciones. La variación del caudal a lo largo del año será baja, mientras que para estaciones con el área de influencia pequeña estará sometida a variabilidades altas (Tabla 9 y Figura 17).

Dentro del análisis también se comprobó que el 50% de la superficie que se encuentra entre la parte media y baja de la cuenca en relación al total de la superficie no cuenta con información necesaria para el estudio, a pesar de disponer con 10 estaciones hidrológicas en esta zona. Dichas estaciones contienen datos históricos de entre 9 y 13 años completos con un porcentaje de vacíos superior al 20% información que no cumple con los requerimientos necesarios.

Tabla 9

Superficie total del área de influencia de cada estación hidrológica de la cuenca del Río Esmeraldas.

CÓDIGO	CÓDIGOS DE ÁREAS PARCIALES	VALORES DE SUPERFICIES PARCIALES (Km ²)	ÁREA TOTAL (Km ²)
H173	ÁREA H0172 + ÁREA H0173	420.9 + 56.3	477.2
H172	ÁREA H172	420.9	420.9
H138	ÁREA H161 + ÁREA H156 + ÁREA H138	1154.7 + 360.2 + 2234.7	3749.6
H146	ÁREA H158 + ÁREA H159 + ÁREA H144 + ÁREA H143 + ÁREA H150 + H0146	174.8+360.2+315.3 +400.1+ 1025.9+4163.9	6640.0
H161	ÁREA H166 + ÁREA H161	1046.0+ 108.7	1154.7
H156	ÁREA H156	992.4	992.4
H150	ÁREA H150	1025.9	1025.8
H166	ÁREA H166	1046.0	1046.0
H144	ÁREA H144	315.3	315.3

H143	ÁREA H143	400.1	400.1
H159	ÁREA H159	360.2	360.2
H158	ÁREA H158	174.8	174.8

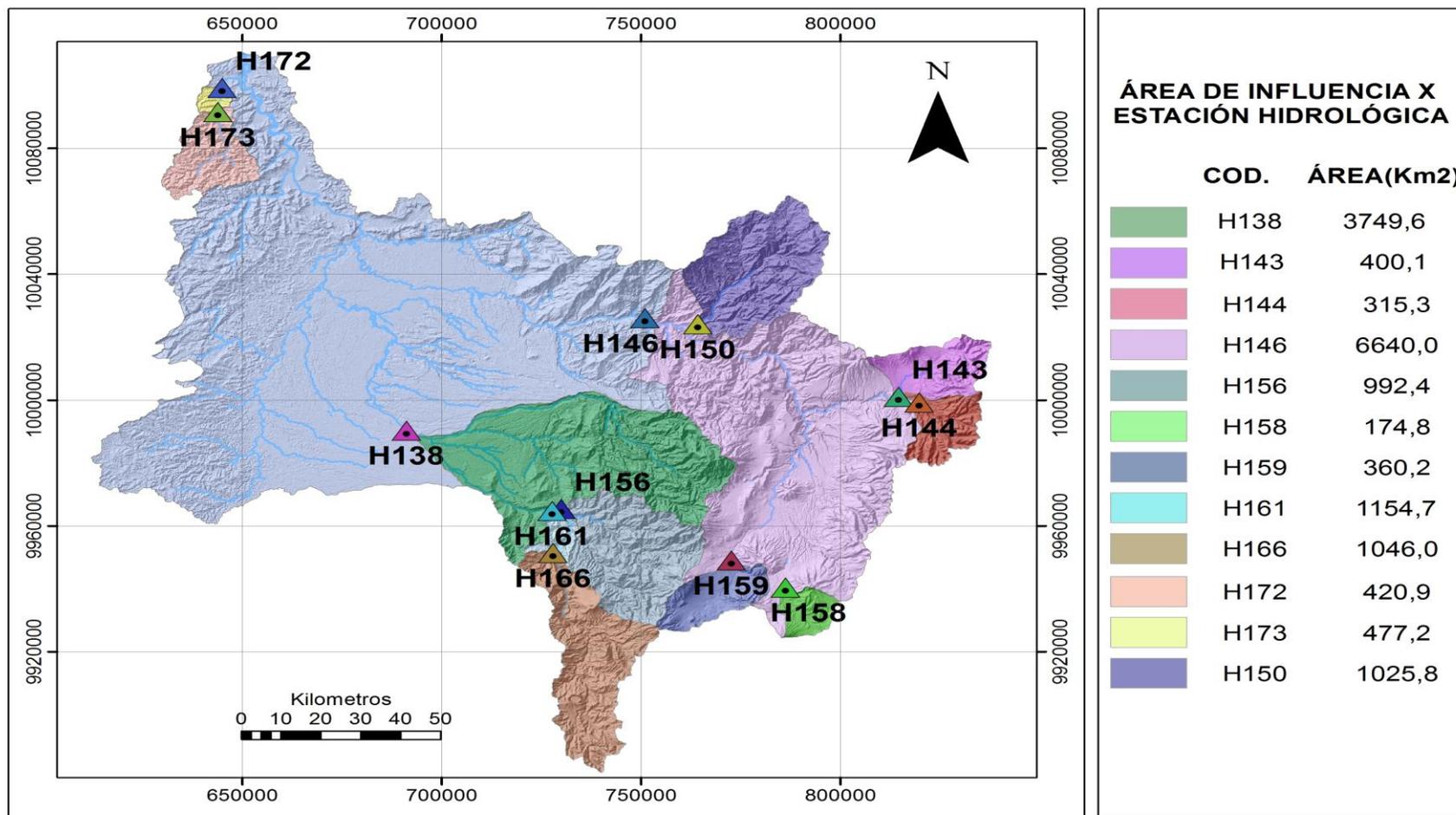


Figura 17. Áreas de influencia de las estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas

4.1.6. Cálculo de Medidas de Tendencia Central y Dispersión

El cálculo de las medidas de tendencia central y dispersión, ayuda a resumir y describir la base de datos de las estaciones hidrológicas que fueron utilizadas para el análisis (Carvajal, Grisales y Mateus, 1999, p. 11).

La Tabla 10 muestra que las estaciones ubicadas en la parte baja de la cuenca, presentaron una gran variabilidad entre los valores del coeficiente de variación (CV), de cada mes y entre estaciones; los valores más altos del coeficiente de variación se presentan en los meses de diciembre para la estación H0173 con $CV=186,24\%$ y noviembre para las estaciones H0172 y H0138 con valores de $CV=269,35\%$ y $CV=93,00\%$ respectivamente, corroborando que el fenómeno de El Niño se presenta en los últimos meses del año. El coeficiente de variación promedio de las estaciones distribuidas en la zona baja de la cuenca hidrológica fue de $CV= 150 \%$ en los meses de noviembre y diciembre, debido a que el océano Pacífico en estas fechas experimenta aumentos de la temperatura superficial del mar.

De la misma manera, para las estaciones ubicadas en la parte media de la cuenca se encontró mayor variabilidad en los meses de noviembre hasta marzo con valores de coeficiente de variación aproximados de 47% hasta 67% , lo que representa una dispersión mayor y una menor representatividad de la media en las estaciones. Adicionalmente el coeficiente de variación promedio de los meses de noviembre y diciembre de todas las estaciones distribuidas en la zona media de la cuenca hidrológica es del $CV= 54 \%$ (Tabla 11).

Por último las estaciones que se encuentran ubicadas en la parte alta de la cuenca, presentaron mayor variabilidad en los meses de enero y febrero con valores de $CV = 62, 51\%$ para la estación H0144, $CV = 134,36\%$ para la estación H0143, $CV= 65,31\%$ para la estación H0159 y $CV = 50,83\%$ para la estación H=158 (Tabla 12).

Los coeficientes de variación demuestran que existe irregularidad en los caudales de los ríos, provocados por la influencia de las variables macroclimáticas como el ENSO que tiene afectación directa en las costas del Ecuador. Las situaciones más preocupantes son inundaciones en la zona baja como la ocurrida en los años 1997-1998 y sequía extrema como las ocurridas en los años 1988 y 1989 para la zona alta, que ha

provocado pérdidas económicas tanto en el área de influencia de la cuenca del Río Esmeraldas, como en el país.

Tabla 10.

Medidas de tendencia central y dispersión de las estaciones hidrológicas ubicadas en la parte baja de la cuenca del río Esmeraldas

ESTACIÓN HIDROLÓGICA	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
H0173	Xmed.	11.35	14.68	18.33	14.63	15.73	6.27	5.09	3.13	3.56	3.39	3.49	4.21
	S ²	207.61	148.04	189.23	122.05	286.74	45.73	36.92	6.24	25.28	24.86	40.49	61.58
	S	14.41	12.17	13.76	11.05	16.93	6.76	6.08	2.50	5.03	4.99	6.36	7.85
	CV (%)	126.97	82.87	75.06	75.50	107.68	107.78	119.30	79.76	141.05	147.26	182.36	186.24
H0172	Xmed.	6.79	11.52	11.46	10.33	8.07	4.33	3.21	1.96	2.27	2.29	3.03	2.69
	S ²	38.12	80.22	72.48	54.82	52.86	13.50	8.74	2.03	3.98	6.04	66.54	8.44
	S	6.17	8.96	8.51	7.40	7.27	3.67	2.96	1.43	1.99	2.46	8.16	2.91
	CV (%)	90.92	77.78	74.28	71.66	90.12	84.84	92.16	72.65	87.71	107.50	269.35	107.94
H0138	Xmed.	395.68	510.81	524.50	512.45	375.32	185.75	124.80	89.36	88.49	110.31	135.46	211.33
	S ²	13503.34	11954.26	18781.43	14716.15	9873.55	6800.46	3344.71	1751.37	2409.22	5817.63	15870.72	16899.89
	S	116.20	109.34	137.05	121.31	99.37	82.46	57.83	41.85	49.08	76.27	125.98	130.00
	CV (%)	29.37	21.40	26.13	23.67	26.47	44.39	46.34	46.83	55.47	69.14	93.00	61.52

Tabla 11.

Medidas de tendencia central y dispersión de las estaciones hidrológicas ubicadas en la parte media de la cuenca del río Esmeraldas

ESTACIÓN HIDROLÓGICA	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
H0146	Prom.	147.04	206.07	205.61	231.62	176.55	119.05	89.42	66.88	65.18	70.06	89.71	108.36
	S ²	3696.29	12256.25	9816.12	13066.00	4398.20	1450.94	653.75	544.54	727.37	501.98	1848.92	2752.97
	S	60.80	110.71	99.08	114.31	66.32	38.09	25.57	23.34	26.97	22.40	43.00	52.47
	CV (%)	41.35	53.72	48.19	49.35	37.56	32.00	28.59	34.89	41.38	31.98	47.93	48.42
H0161	Prom.	52.00	74.58	82.41	84.45	62.71	38.55	25.35	19.17	18.41	21.65	23.81	30.89
	S ²	693.88	1123.10	1051.22	975.94	576.88	193.07	39.81	15.62	32.03	75.59	205.13	365.00
	S	26.34	33.51	32.42	31.24	24.02	13.89	6.31	3.95	5.66	8.69	14.32	19.10
	CV (%)	50.66	44.93	39.34	36.99	38.30	36.05	24.89	20.62	30.74	40.15	60.16	61.85
H0156	Prom.	47.97	66.47	65.88	73.12	50.08	31.92	21.16	15.48	15.15	19.00	21.38	27.92
	S ²	495.40	715.03	421.94	1370.17	457.58	149.20	59.24	23.42	28.51	67.78	102.30	203.68
	S	22.26	26.74	20.54	37.02	21.39	12.21	7.70	4.84	5.34	8.23	10.11	14.27
	CV (%)	46.40	40.23	31.18	50.62	42.72	38.27	36.37	31.26	35.24	43.32	47.31	51.12
H0150	Prom.	49.74	59.95	62.06	61.99	53.99	35.94	26.39	21.04	20.49	21.55	29.67	38.16
	S ²	462.51	890.25	652.37	447.95	224.57	85.04	4255	41.42	62.57	68.42	301.09	669.57
	S	21.51	29.84	25.54	21.16	14.99	9.22	6.52	6.44	7.91	8.27	17.35	25.88
	CV (%)	43.23	49.77	41.16	34.14	27.76	25.66	24.72	30.59	38.60	38.37	58.48	67.80
H0166	Prom.	22.38	36.27	38.37	39.85	31.82	19.91	13.16	9.26	8.66	9.02	9.79	11.24
	S ²	123.53	307.12	234.75	139.07	69.63	34.98	20.14	4.95	7.40	9.51	24.86	29.66
	S	11.11	17.52	15.32	11.79	8.34	5.91	4.49	2.22	2.72	3.08	4.99	5.45
	CV (%)	49.66	48.31	39.93	29.59	26.23	29.70	34.10	24.01	31.40	34.19	50.91	48.44

Tabla 12.

Medidas de tendencia central y dispersión de las estaciones hidrológicas ubicadas en la parte alta de la cuenca del río Esmeraldas

ESTACIÓN HIDROLÓGICA	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
H0144	Prom.	4.01	4.71	5.35	5.82	6.10	7.72	9.10	6.08	4.60	4.45	4.42	4.35
	S ²	4.59	8.66	6.64	6.52	6.13	10.44	13.64	9.09	3.09	3.21	4.82	4.24
	S	2.14	2.94	2.58	2.55	2.48	3.23	3.69	3.02	1.76	1.79	2.19	2.06
	CV(%)	53.42	62.51	48.17	43.89	40.60	41.83	40.58	49.62	38.20	40.19	49.61	47.33
H0143	Prom.	4.87	6.46	5.23	8.28	8.60	6.40	5.26	2.74	2.11	3.31	5.35	7.32
	S ²	27.43	75.35	9.45	94.14	272.78	26.42	15.11	3.50	2.37	4.06	21.77	82.22
	S	5.24	8.68	3.07	9.70	16.52	5.14	3.89	1.87	1.54	2.02	4.67	9.07
	CV(%)	107.47	134.36	58.79	117.23	192.15	80.25	73.98	68.32	73.06	60.82	87.21	123.85
H0159	Prom.	4.60	5.46	6.53	6.99	6.36	4.85	3.33	2.58	2.96	3.59	3.94	4.21
	S ²	7.87	12.74	15.83	13.94	10.56	8.77	3.50	1.96	2.30	4.59	5.50	5.46
	S	2.81	3.57	3.98	3.73	3.25	2.96	1.87	1.40	1.52	2.14	2.35	2.34
	CV(%)	61.05	65.31	60.90	53.42	51.11	61.08	56.15	54.20	51.24	59.65	59.48	55.50
H0158	Prom.	2.56	2.69	2.68	2.71	2.59	2.49	2.60	2.46	2.32	2.55	2.48	2.48
	S ²	1.46	1.87	1.44	1.60	0.89	0.82	0.63	0.59	0.61	1.17	0.79	0.85
	S	1.21	1.37	1.20	1.27	0.94	0.91	0.79	0.77	0.78	1.08	0.89	0.92
	CV(%)	47.07	50.83	44.73	46.78	36.41	36.38	30.51	31.13	33.71	42.32	35.95	37.19

Los resultados del coeficiente de variación promedio fueron de CV= 150 % en las estaciones distribuidas en la zona baja, CV= 54 % en la zona media y CV= 67 % para la zona alta de la cuenca. Los resultados obtenidos son similares a los presentados por Rossel en su estudio sobre la influencia el ENSO del año 1996 con valores del coeficiente de variación del CV= 72% y CV= 76% en la zona del litoral. Estos resultados corroboran que la mayor influencia del fenómeno de El Niño se presenta en la parte baja de la cuenca.

En la Figura 18 se muestra el comportamiento del caudal durante el periodo de análisis, se identificó un marcado ciclo anual y un comportamiento de tipo unimodal. El aumento de caudal comienza en el mes de noviembre hasta el mes de abril, donde el hidrograma empieza a decaer. Similares resultados reportan, que el mayor impacto tiene lugar entre noviembre y abril debido a que en el Pacífico ecuatorial las temperaturas superficiales son más cálidas en esta época del año (Bedoya *et al.* 2010)

Los meses donde se evidenció el mayor aumento de caudal fue febrero-abril con un valor de 85 m³/s sobre la media normal de caudal y el menor caudal se registró en los meses de agosto-octubre, con un valor promedio de 20,71 m³/s bajo la media normal. Esto indica que la variabilidad del caudal está influenciada en los meses que se presenta el fenómeno de El Niño y que la intensidad del fenómeno depende en gran medida de la magnitud de las anomalías océano-atmósfera.

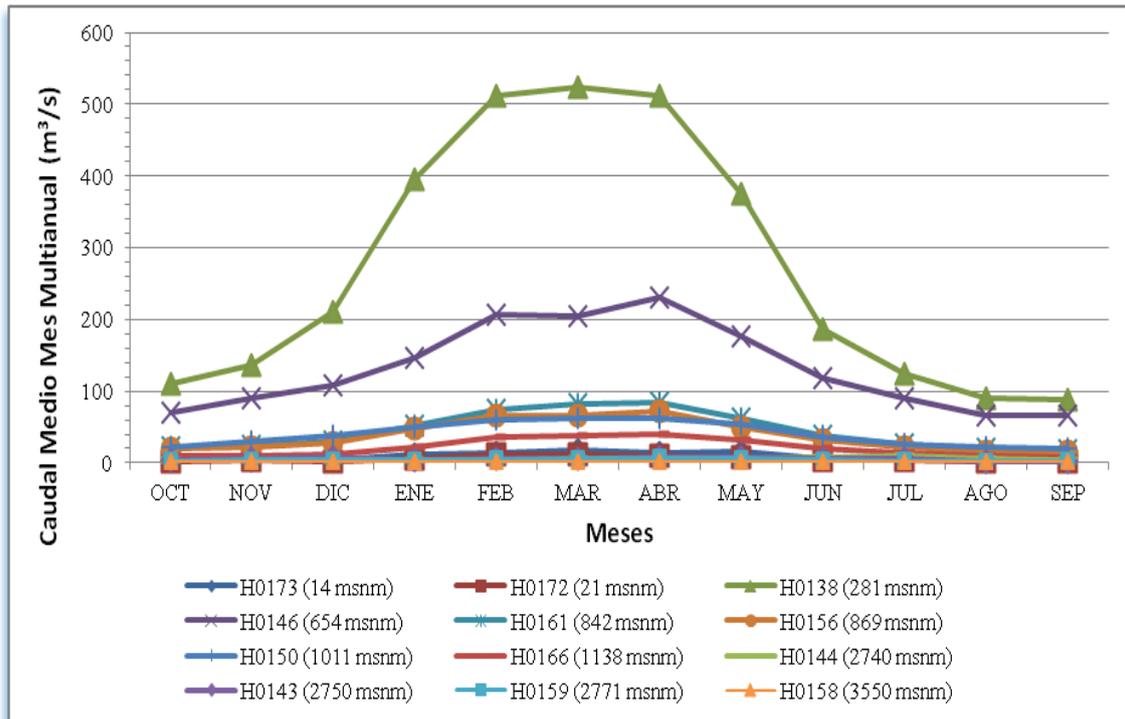


Figura 18. Distribución de los caudales medios mensuales multianuales de la cuenca del Río Esmeraldas

4.1.7. Análisis de la Incidencia del ENOS en las Anomalías de Caudal (m³/s)

En la fase de El Niño los valores anómalos de caudal más elevados se encontraron en los registros de los periodos 1997-1998, con valores anómalos superiores al 100% en la zona baja, 43% para la zona media y 36% en la zona alta de la cuenca, registros superiores a la media mensual multianual. En lo referente a la precipitación Lavado *et al.* (2007) indica que el impacto del ENOS fue el más intenso en los años 97-98, presentando anomalías de 490% y 500% sobre el valor normal de precipitación.

Sobre el comportamiento del caudal en la fase La Niña el periodo comprendido entre los años 1988 y 1989, registra mayor anomalía con un porcentaje del 36% para la zona baja, 58% en la zona media y 19% en la zona alta de la cuenca del Río Esmeraldas.

En las Figuras 19 y 20 de la zona baja y media, los trimestres de junio, julio, agosto (JUN-JUL-AGO) y septiembre, octubre, noviembre (SEP-OCT-NOV) presentaron las mayores anomalías de caudal en los años 1997-1998 esto debido a la presencia de los índices macroclimáticos ligados al fenómeno de El Niño, es decir que el calentamiento de las aguas superficiales del océano Pacífico generan anomalías

significativas con flujos superficiales caudalosos y precipitaciones extremas como las ocurridas en Guayaquil con 4600mm y 2833mm en Salinas, (Pourrut, 1998). Por otro lado, en la Figura 21 correspondiente a la zona alta de la cuenca, las mayores anomalías de caudal se presentan en el primer y segundo trimestre diciembre, enero, febrero (DIC-ENE-FEB) y marzo, abril y mayo (MAR-ABR-MAY), debido a la presencia de la cordillera de los Andes que constituye una barrera que incide en la ocurrencia y distribución de las lluvias.

En el caso del evento La Niña para la zona baja el trimestre de junio, julio y agosto (JUN-JUL-AGO) mostró la máxima anomalía de caudal (Figura 19); mientras que, para la zona media, (Figura 20) la mayor anomalía se presentó en el segundo trimestre marzo, abril y mayo (MAR-ABR-MAY). Para la zona alta de la cuenca (Figura 21) las mayores anomalías se presentan en los meses de septiembre, octubre y noviembre (SEP-OCT-NOV).

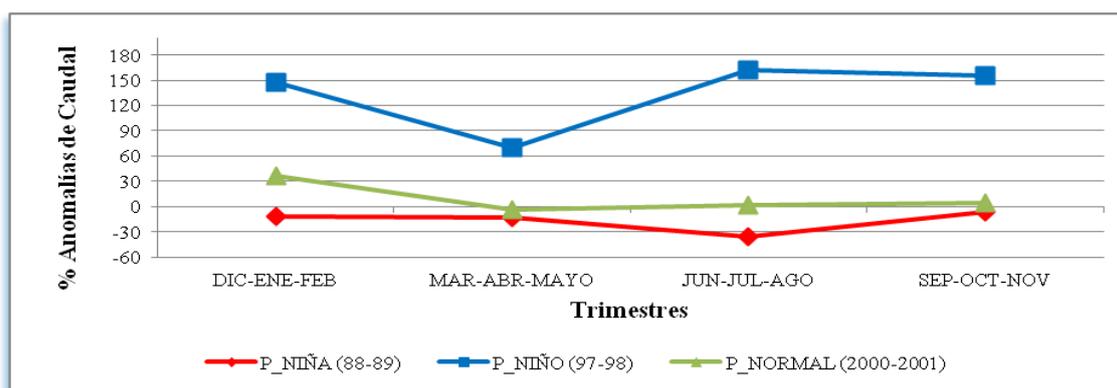


Figura 19. Análisis de los años más representativos de El ENOS sobre la variable caudal de la zona baja de la cuenca del Río Esmeraldas

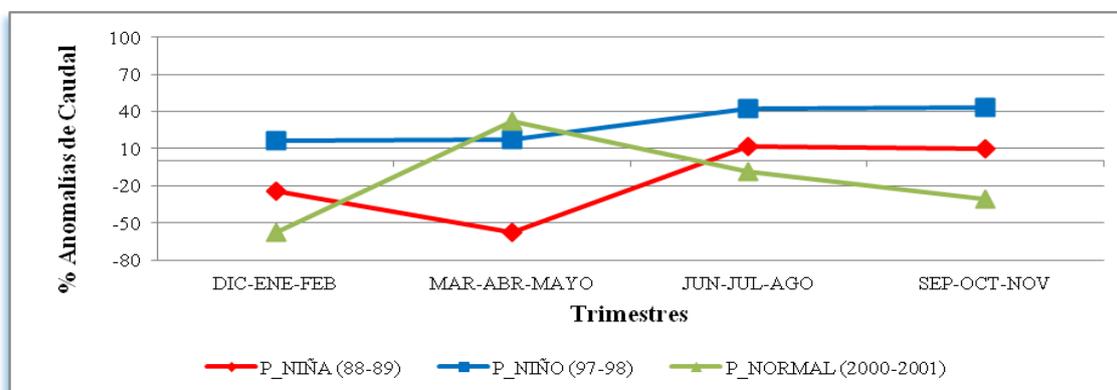


Figura 20. Análisis de los años más representativos de El ENOS sobre la variable caudal de la zona media de la cuenca del Río Esmeraldas

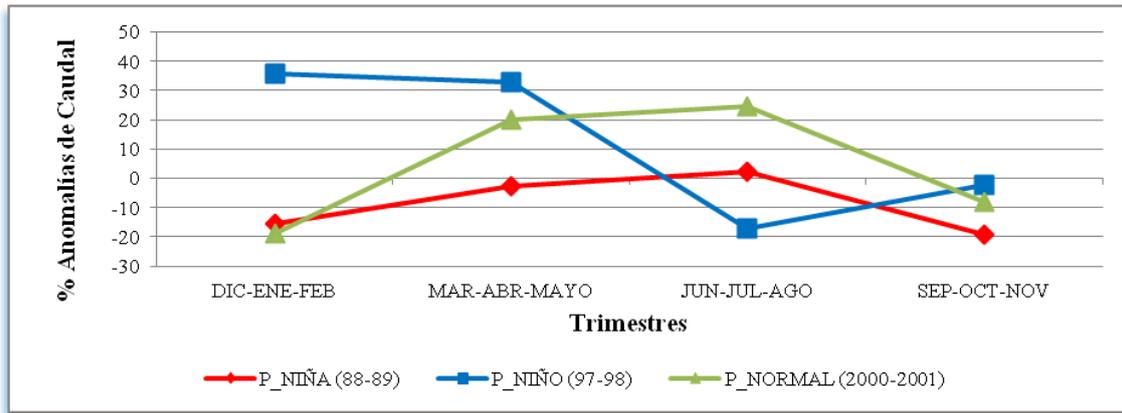


Figura 21. Análisis de los años más representativos de El ENOS sobre la variable caudal de la zona alta de la cuenca del Río Esmeraldas

En el anexo A se muestra los gráficos de las anomalías de la fase de El Niño como la fase de La Niña de cada una de las estaciones hidrológicas que se encuentran en el área de influencia la cuenca del Río Esmeraldas.

4.2. Correlación entre Variables Macroclimáticas Asociadas al ENOS y la Hidrología (caudal)

En la segunda fase del presente estudio se evalúa la influencia de las variables macroclimáticas a partir de una correlación lineal sobre el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas. Iniciamos con la ubicación de los valores de correlación de cada estación hidrológica de acuerdo a la distribución espacial dentro del área de influencia, la estación H0173 que se encuentra a 14 msnm al occidente, hasta la estación H0158 que se encuentra a los 3550 msnm al este de la cuenca (Figura 22). Los valores del coeficiente de correlación para la zona baja están dentro de un rango de $r = -0,4$ hasta $r = 0,9$ y un rango de $r = -0,20$ hasta $r = 0,20$ para la zona alta y zona media de la cuenca del Río Esmeraldas. Además, se observa que los valores de correlación van disminuyendo conforme nos acercamos a las estaciones ubicadas en la Cordillera de los Andes y oriente de la cuenca del Río Esmeraldas.

Los resultados obtenidos concuerdan con Rossel *et al.*, (1996) y Lavado *et al.* (2007) quienes manifiestan que la magnitud e intensidad del fenómeno El ENOS (El Niño y La Niña) varía debido a la presencia de la Cordillera de los Andes, y que la correlación es proporcional a la longitud, es decir, mientras más cercanos al Océano Pacífico estén las estaciones, la correlación será mayor.

De igual manera Pourrut y Gómez (1998) afirman que la influencia del ENOS se ve profundamente modificada por factores como relieve, altura y la Cordillera de los Andes que condicionan el impacto y las anomalías hidrometeorológicas. Además, las mejores correlaciones son para las estaciones hidrológicas que tienen influencia climática occidental, puesto que el período de estiaje es más largo y severo, mientras que las estaciones con influencia oriental el estiaje es más corto y menos pronunciado (Andrade y Ríos, 2014)

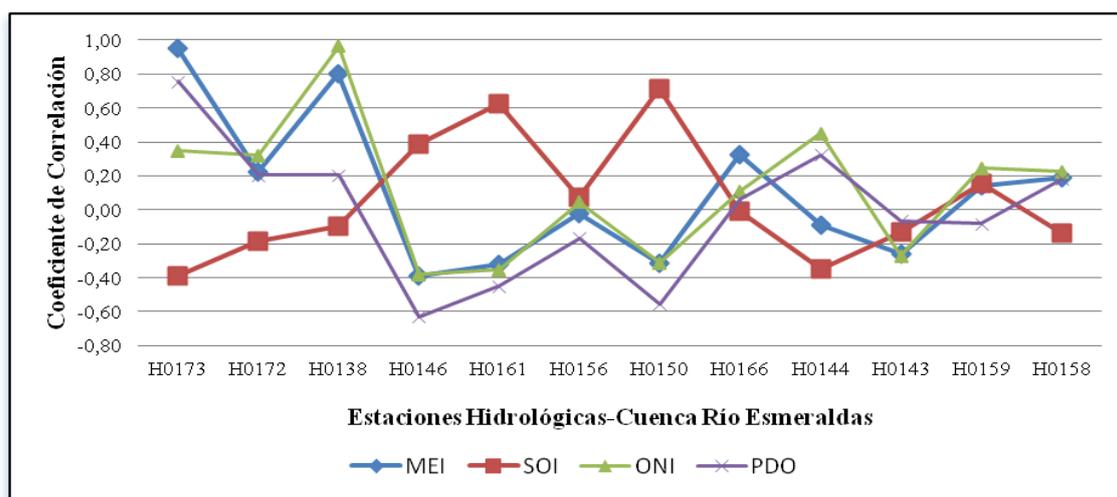


Figura 22. Relación entre variables macroclimáticas que influyen las costas del Océano Pacífico con las estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas

La influencia de las variables macroclimáticas de las costas del océano Atlántico y Caribe sobre la variable hidrológica se muestra en la Figura 23. La correlación promedio está dentro de un rango de $r=0,60$ y $r=-0,80$ para las tres zonas de la cuenca, alta, media y baja. Este resultado indica que sí existe influencia en el caudal de la cuenca del Río Esmeraldas por las anomalías de la presión atmosférica del océano Atlántico (NAO), las anomalías de la temperatura superficial del Atlántico (AMO) y anomalías de la temperatura superficial del mar Caribe (CAR). Es decir que los valores de correlación bajos pero significativos son debido a la poca influencia de estos índices macroclimáticos y que las variaciones climáticas y oceánicas del Atlántico también tienen influencia sobre el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas.

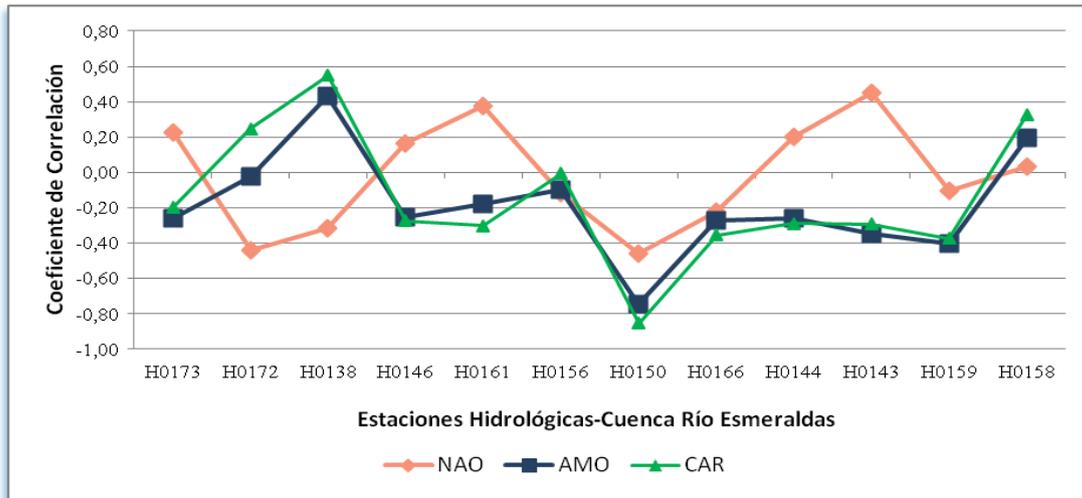


Figura 23. Relación entre variables macroclimáticas que influyen las costas del Océano Atlántico y Caribe con las estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas

En la Tabla 13 se presentan los coeficientes de correlación de Pearson que resultaron significativos ($p\text{-valor} < \alpha=0.05$). Valores que demuestran que el comportamiento de los caudales en la cuenca del Río Esmeraldas está influenciado por el fenómeno del ENOS. Los datos que se presentan son los que representaron mayor valor de r y un p menor al 5%, lo que quiere decir que son estadísticamente significativos.

También se detalla los valores promedios de r de acuerdo con la intensidad del fenómeno, clasificación realizada por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica con sus siglas en inglés NOAA: intensidad fuerte en los años 1972-1973, 1982-1983, 1997-1998; intensidad moderada en los años 1986-1987, 1994-1995, 2002-2003 y de intensidad débil en los años 1969-1970, 1976-1977, 1987-1988.

Las variables macroclimáticas con mejores correlaciones son MEI, SOI y ONI, debido a que tienen una influencia directa en nuestro país, y por la cantidad de variables que estas reúnen para monitoreo del ENOS.

Tabla 13

Coefficientes de correlación de Pearson entre las variables macroclimáticas y la variable hidrológica de caudal en la cuenca del Río Esmeraldas.

VARIABLE MACROCLIMÁTICA	CUENCA CÓDIGO	BAJA				MEDIA				ALTA			
		H0173	H0172	H0138	H0146	H0161	H0156	H0150	H0166	H0144	H0143	H0159	H0158
MEI	FUERTES	0.97	0.83	0.96	0.57	0.88	0.93	-0.97	0.59	-0.65	-0.77	0.64	0.80
	MODERADO	0.99	0.73	0.66	-0.85	-0.98		-0.98	-0.55	0.99	0.78	0.66	0.72
	DÉBIL	0.91	-0.89		-0.88	-0.87	-0.96	-0.95	0.95	-0.61	-0.80	-0.88	-0.96
SOI	FUERTES	0.45	0.50	-0.64	0.51	0.43	-0.73	0.47	-0.32		0.27	-0.41	-0.58
	MODERADO	-0.91	-0.49	0.45	0.31	0.94		0.91	-0.33	-0.35	-0.38	0.22	-0.26
	DÉBIL	-0.70	-0.57		0.33	0.50	0.88	0.76	0.63		-0.29	0.65	0.43
ONI	FUERTES	0.98	-0.79	0.94	0.53	-0.97	0.96	0.98	0.71	0.91	-0.89	0.54	0.71
	MODERADO	0.97	0.87	0.95	-0.96	-0.99		-0.91	0.61	0.97	-0.80	0.63	0.90
	DÉBIL	-0.91	0.89		-0.63	-0.98	-0.90	-0.93	-0.99	-0.53	0.87	-0.43	-0.93
PDO	FUERTES	0.62	0.74	0.85	-0.45	0.38	0.53	-0.49	0.21	0.57	-0.46	-0.41	0.74
	MODERADO	0.73	0.56	-0.44	-0.73	-0.88		-0.57	0.45	0.77	-0.25	0.67	-0.70
	DÉBIL	0.92	-0.69		-0.71	-0.85	-0.86	-0.60	-0.48	-0.37	0.52	-0.50	0.50
NAO	FUERTES	0.36	-0.57	-0.49	-0.37	0.30	-0.76	-0.37	-0.56	-0.24	0.22	-0.43	-0.56
	MODERADO	-0.33	-0.28	-0.14	0.54	0.39		-0.45	-0.42	0.64	0.55	-0.37	0.38
	DÉBIL	0.64	-0.48		0.32	0.44	0.53	-0.55	0.32		0.58	0.49	0.28
AMO	FUERTES	0.62	0.74	0.66	0.53	-0.36	0.64	-0.58	0.21	0.22	0.25	-0.35	0.96
	MODERADO	-0.47		0.20	-0.53	0.59		-0.68	-0.61	-0.47	-0.78	-0.64	0.56
	DÉBIL	-0.93	-0.79		-0.77	-0.77	-0.84	-0.98	-0.42	-0.53	-0.52	-0.23	-0.93
CAR	FUERTES	0.95	0.81	0.99	0.45	-0.95	0.95	-0.94	0.62	0.68	0.83	-0.96	0.99
	MODERADO	-0.59	0.90	0.68	-0.61	0.97		-0.86	-0.81	-0.99	-0.98	-0.97	0.94
	DÉBIL	-0.96	-0.96		-0.66	-0.93	-0.95	-0.76	-0.88	-0.61	-0.75	0.81	-0.96

Los resultados obtenidos en el presente estudio (Tabla 13) concuerdan con los resultados de otros estudios, realizados en Ecuador, Colombia, Perú y México (Tabla 14). En dichos estudios se demuestra que la presencia de los fenómenos macroclimáticos como su duración y magnitud influye fuertemente en el régimen hídrico provocando eventos extremos de inundaciones o sequías, debido a que los índices macroclimáticos que están asociados al ENSO se encuentran ligados a las variaciones climáticas y oceánicas producidas en la costa oeste de América del Sur.

Tabla 14.

Resultados de la correlación entre el ENSO y las variables hidrometeorológicas de otros estudios.

AUTOR	AÑO DE PUBLICACIÓN	VARIABLE	RESULTADO	METODOLOGIA
Andrade y Ríos	2014	Precipitación	0,53	Correlación
		Caudal	0,58	
Ávila <i>et al.</i>	2013	Precipitación	0,31	
		Caudal	0,44	
Gutiérrez <i>et al.</i>	2013	Precipitación	0,45	
		Caudal	0,52	
Guarín y Ochoa	2011	Precipitación	-0,70	
		Precipitación	0,70	
Lavado <i>et al.</i>	2007	Caudal	0,43	
		Caudal	0,70	
Lavado <i>et al.</i>	2005	Precipitación	0,67	
Martínez <i>et al.</i>	2002	Precipitación	0,65	
Poveda <i>et al.</i>	2002	Caudal	0,50	
Rossel	1997	Precipitación	0,76	
Poveda y Mesa	1996	Caudal	0,50	
Rossel	1996	Precipitación	0,65	

4.3. Lineamientos de automatización de las estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas.

En la tercera fase del estudio se presenta lineamientos para automatizar las estaciones hidrológicas que registran el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas.

4.3.1. Justificación

Entre los principales motivos para la instalación de estaciones hidrológicas automatizadas, se citan los siguientes:

- Facilitar el registro de datos en lugares de difícil acceso o inhóspitos, donde se complica el registro manual.
- Incrementar la seguridad y confiabilidad de los datos y normalizar los métodos y horarios de las observaciones en las estaciones de una misma red.
- Reducir gastos relacionados al personal operativo en las estaciones hidrológico.

4.3.2. Diagnóstico y agrupación de las estaciones hidrológicas.

El caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas es registrado por 30 estaciones hidrológicas, 5 lignimétricas y 25 lignigráficas. En campo se pudo visitar 2 estaciones lignimétricas que están en buen estado y 7 lignigráficas. Además se cuenta con 28 estaciones operativas y dos abandonadas H0153 y H01103. Las estaciones H0144, H0145, H0153, H0155, H0160, H0163, H01103 no cuenta con registros desde el año 1997 pero su infraestructura se encuentra en buen estado. (Figura 24).



Figura 24. Infraestructura de las estaciones hidrométricas de la cuenca del Río Esmeraldas

Se sugiere se ubique estaciones automáticas en los mismos sitios en donde actualmente están situadas las estaciones manuales. La propuesta plantea ubicar 12 estaciones automáticas en los sitios con mayes caudales, distribuidas en la parte baja, media y alta de la cuenca del río Esmeraldas. Su prioridad de automatización, es en orden de la ubicación y el área de influencia. Para la zona baja de la cuenca se seleccionaron las estaciones H0138, H0168, H0170 y H0216 siendo las que registran mayor caudal; para la parte media de la cuenca las estaciones H161, H0146, H0153 y H0156, y para la parte alta de la cuenca las estaciones H0158, H0159, H0143 y H0145 (Figura 25).

Adicionalmente a estas 12 estaciones, se propone ubicar al menos dos estaciones automáticas en la zona media baja de la cuenca, para cubrir con la totalidad del área de la cuenca del río Esmeraldas, debido a que como se indicó en el capítulo IV, literal 4.1.5, el área de influencia de las actuales estaciones hidrológicas, no cubren toda el área de estudio.

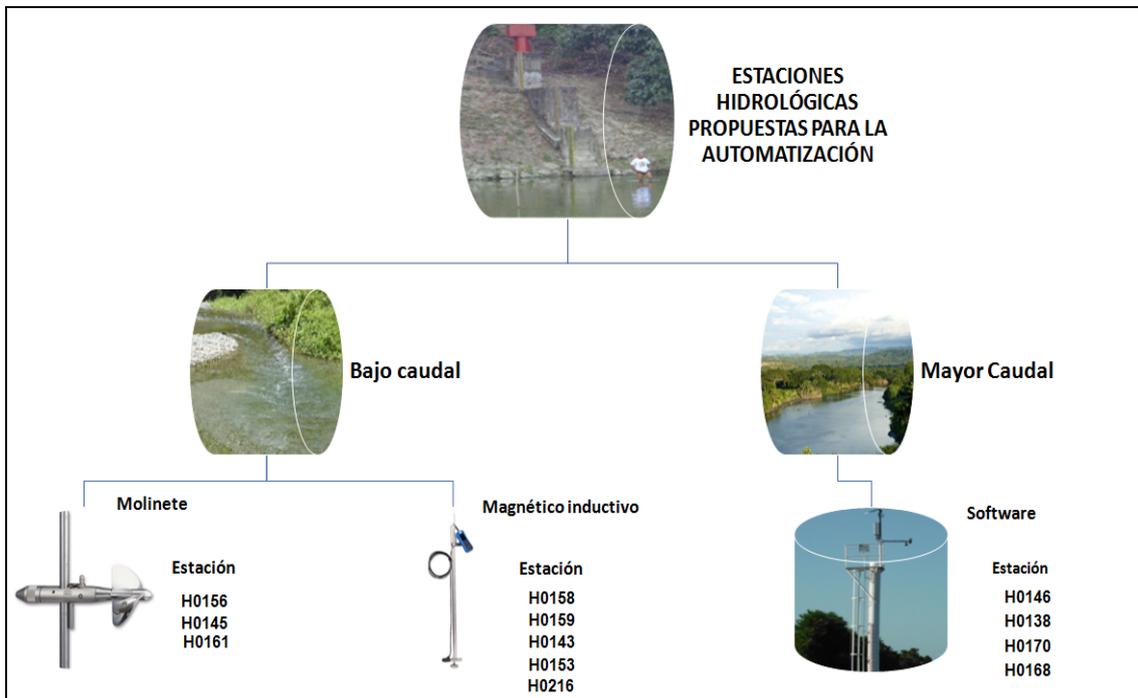


Figura 25. Lista de estaciones hidrológicas de la cuenca del Río Esmeraldas agrupadas de acuerdo al mayor y menor caudal y propuestas para la automatización.

3.3.2 Tiempo estipulado para la implementación.

La implementación de la automatización de las estaciones hidrológicas se dividió en 3 etapas (Figura 26).

- Inicio, planificación y evaluación: se realiza un análisis de brecha entre las estaciones hidrológicas convencionales y las automatizadas.
- Implementación: La implementación se la realiza de manera secuencial en un horizonte de tiempo de 5 años.
- Consolidación: Revisión de los resultados y aplicación de medidas correctivas de los problemas que surjan.

4.3.3 Equipamiento sugerido

La selección del equipamiento se la realiza en función de las necesidades de medición en cada una de las estaciones seleccionadas y se tomará en cuenta lo siguiente:

- Contar con infraestructura resistente ante eventos hidrológicos extremos.
- Se utilizará los lugares donde ya se cuenta con una estación hidrológica para aprovechar la infraestructura que sea necesaria.
- Se colocará nuevas estaciones en lugares estratégicos y de difícil acceso.
- El número de estaciones nuevas serán las que cumplan con satisfacer la necesidad de dato y se refleje las diferencias que existen entre las condiciones costeras, de cordillera y laderas.
- Utilizar equipos que ya fueron utilizados y comprobados con éxito en otros países
- Se realizará convenio con comunidades, juntas parroquiales y academia para el cuidado.

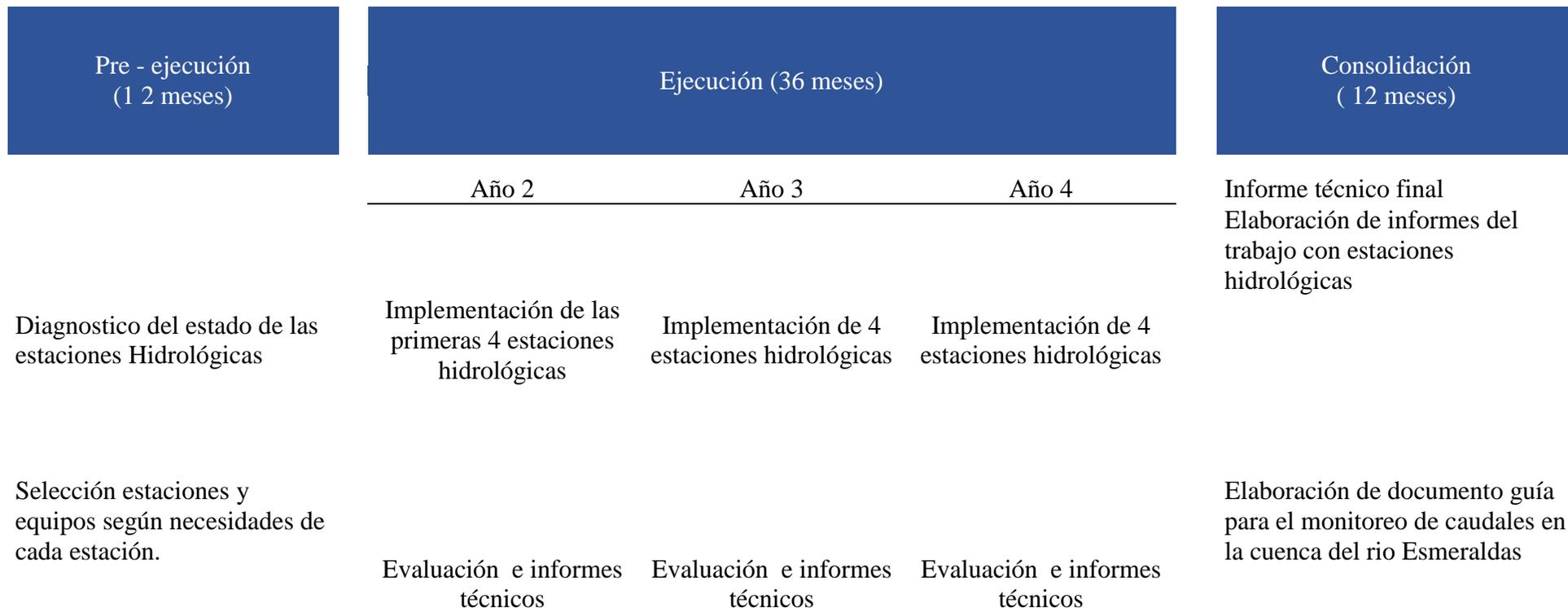


Figura 26. Implementación de las estaciones hidrológicas automatizadas.

4.3.4 Software sugerido

El software a utilizar debe ser desarrollado para facilitar la gestión profesional de datos en redes de medición hidrométrica y meteorológica, con una estructura de software cómoda y amigable para la transmisión, representación, edición y evaluación de los datos de medición de determinados sensores o de estaciones de medición completas. El paquete de software debe tener un diseño modular que incluya potentes funciones y una base de datos especializada para gestionar series de tiempos.

Plataforma informática necesaria: Microsoft Windows 95/98/2000, Windows NT 4.0, Windows XP, Windows Vista, Windows 7.

Puntos destacados: Editor gráfico, visualización de mapas, gestión de alarmas, parametrización y consulta de datos de estaciones, autoimportación de datos, visualización de datos.

Banco de datos: Contiene la información de ríos y de vasos de almacenamiento de la red hidrológica de la cuenca del río Esmeraldas, la operación de este banco de información se realiza a través del software y la aplicación de la web con una plataforma de alerta cuando se observa cambio de caudal.

Los registradores de datos son el corazón de una estación de medición. Asumen la gestión de la estación y cumplen múltiples funciones: Recogen, calculan y guardan los datos, vigilan los valores límite y transmiten mensajes de alarma y de estado. Las formas de transmitir los datos van desde la consulta manual in situ hasta el uso de modernas soluciones de transmisión IP, por radio y por satélite.

En la Figura 27 se muestra el diagrama de recolección de datos los cuales son transmitidos al satélite por medio de un modem, toda la información es transferida al programa y entregada al INAMHI para el procesamiento y entrega a los usuarios.

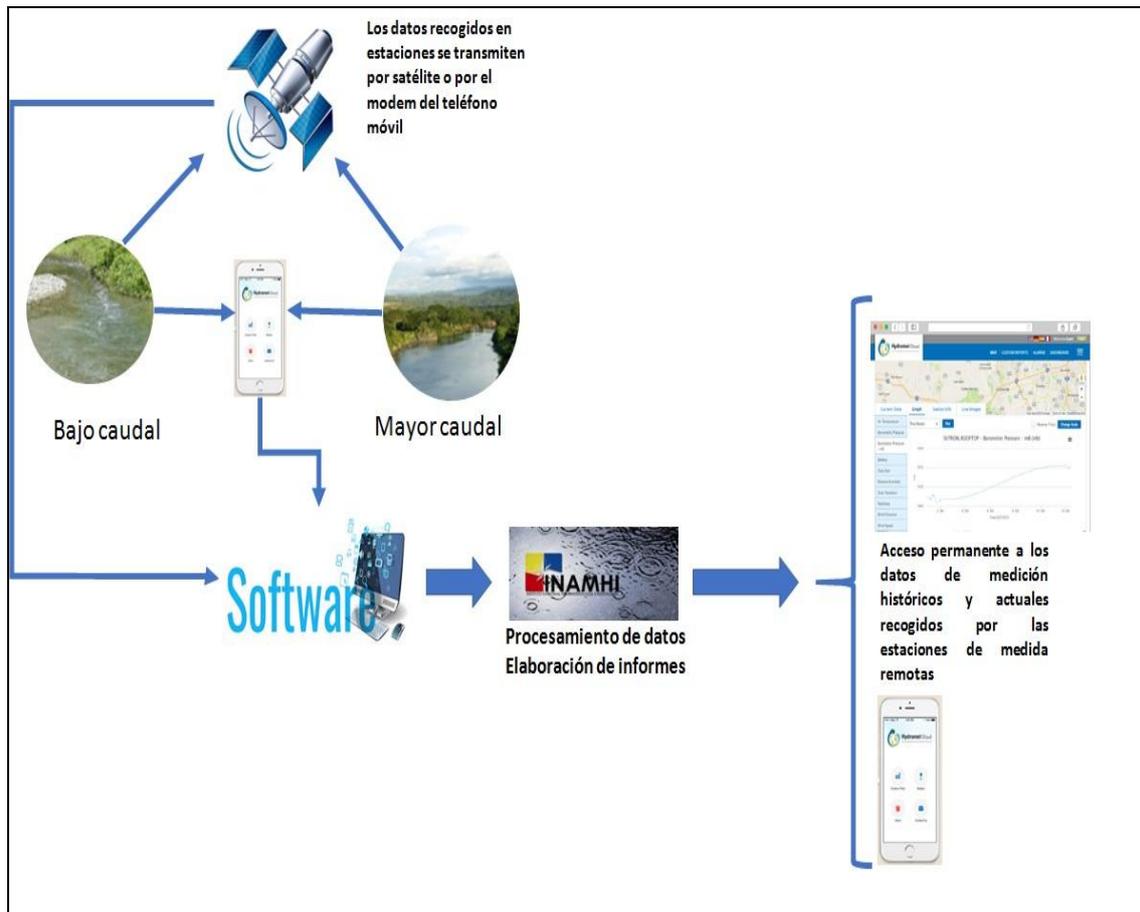


Figura 27. Diagrama de recolección y procesamiento de datos

4.3.5 Control de calidad del hardware de una estación automática

Se recomienda una calibración inicial para asegurarse de que en el transporte del equipo no sufrió desperfectos, inspección de campo para monitorear el correcto funcionamiento y calibración en laboratorio si algún equipo fue reparado (Basualdo, 2015).

4.3.7 Almacenamiento de datos

Los datos serán almacenados en un disco o soporte los cuales serán descargados para utilidad de los usuarios.

4.3.7 Beneficios de la automatización de toma de datos en campo.

La automatización de la toma de datos en campo es una tendencia mundial, la cual persigue corregir errores concebidos por fallas humanas, además, pretende facilitar el trabajo de campo generando datos confiables, además de dar seguridad al operador que, en muchas ocasiones se ve expuesto a condiciones climáticas no favorables. Los principales beneficios que se obtiene de esta automatización se detallan a continuación:

- Se eliminan errores en la toma de datos por el operador
- Se incrementa la seguridad de los datos y se normalizan los métodos y horarios de las observaciones en todas las estaciones de una misma red.
- Se cuenta con datos confiables y disponibles para instituciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas
- Se realiza una comparación de datos logrando detectar a tiempo datos erróneos por falla en el sistema, de calibración o de mantenimiento.
- Permite conocer en tiempo real los cambios extremos que se genere en el cauce de la cuenca
- Genera disponibilidad de bases de datos completos y reales en poco tiempo.
- La velocidad de transmisión de los datos permite la elaboración de productos hidrológicos en tiempo real.
- Garantiza la buena calidad de los productos derivados de estos datos controlados
- Mejorará el pronóstico regional de crecidas y sequias.
- Con mayor cantidad de datos de entrada, el pronóstico tendrá mejores niveles de acierto y con resultados benéficos en la toma de decisiones a corto plazo
- El Monitoreo en tiempo real puede favorecer a la toma de decisiones ante eventos como desastres y epidemias ayudando activar sistemas de alerta temprana.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido a la magnitud de la cuenca del Río Esmeraldas y a su diversidad de pisos climáticos, se dividió la zona de estudio en cuenca alta, media y baja. La influencia de los índices macroclimáticos en cada subcuenca, fue diferente atribuyéndose a la cercanía o lejanía al océano Pacífico. Se obtuvo una fuerte influencia o relación directa con el ENSO en la zona baja, mientras que en la zona alta la influencia es poco significativa debido a la presencia de la Cordillera de los Andes que condiciona el impacto del fenómeno de El Niño.

Se determinó que la influencia del índice multivariado del ENSO (MEI), las variaciones de presión atmosférica (SOI) y temperatura superficial del mar (ONI) en el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas se identifica por el incremento importante de caudal en los meses de noviembre hasta febrero donde los valores de los coeficientes de variación fueron mayores.

Se demostró con el análisis de las anomalías que los meses en que se presentan mayores variaciones de caudal, fueron los meses comprendidos entre noviembre y marzo en la zona baja y media, mientras que en la zona alta las mayores anomalías se presentaron en los meses de diciembre hasta febrero.

Del resultado de correlación entre el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas y los índices macroclimáticos se comprobó que la influencia es significativa en la parte baja de la cuenca y que conforme se va acercando hacia la cordillera el grado de significancia va disminuyendo. Es decir la influencia de los patrones macroclimáticos se ven reflejados en las distintas escalas de su fase positiva y negativa, atribuyéndose a la cercanía o lejanía al Océano Pacífico al relieve y a las condiciones meteorológicas.

Las índices macroclimáticas MEI y ONI por sus altos valores de correlación son los que provocan mayor irregularidad en los caudales con situaciones extremas que provocan inundaciones o sequías, debido a su influencia directa en la cuenca del Río Esmeraldas y por el número de variables que se utiliza para el análisis.

Cabe nombrar que el presente análisis está limitado, por la representatividad de las estaciones hidrometeorológicas en el área de influencia de la cuenca y el registro secuencial de datos, sin embargo, se ha logrado demostrar que existe dependencia entre el fenómeno ENOS y el caudal superficial de la cuenca del Río Esmeraldas. Además entre mayor información se genere de la influencia de las variables macroclimáticas y las variables hidrometeorológicas, permitirá el desarrollo de nuevos modelos matemáticos de pronóstico para alerta de inundaciones y la evaluación continua con gestión de los recursos hídricos disponibles en la cuenca. Además de favorecer la actividad productiva de la región que cuenta con una mejor cuantificación y distribución del insumo elemental que es el agua.

Además, un sistema automatizado para la toma de datos de las estaciones hidrológicas es necesario ya que permitirá contar con información confiable en tiempo real, para actuar de manera oportuna ante cualquier incremento de lluvias y niveles en los ríos, y mejorar los resultados obtenidos en futuras investigaciones relacionadas con la temática.

REFERENCIAS

- Andrade, L. y Ríos, C. (2014). Variabilidad climática y caudales mínimos en los Andes Ecuatorianos. *Epn*, 33(1).
- Asamblea Nacional República del Ecuador. (2014). Constitución de la República del Ecuador. Quito. EDIJUR.
- Asamblea Nacional República del Ecuador. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. Quito-Ecuador.
- Asamblea Nacional República del Ecuador. (2017). Código Orgánico del Ambiente. COA. Quito-Ecuador.
- Ávila, A., Carvajal, Y. y Gutiérrez, S. (2013). Análisis de la influencia de El Niño y La Niña en la oferta hídrica mensual de la cuenca del río Cali. *Revista Tecnura*, 18(41), 120-133.
- Barros, J. y Troncoso, A. (2010). Atlas climatológico del Ecuador. (Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. Pag.134.
- Basualdo, A. (2015). Manual de buenas prácticas para la generación, el almacenamiento y la difusión de información climática en instituciones y organismos del MERCOSUR. *IICA P40*. IICA, San José-Costa Rica.
- Bedoya, M., Contreras, C. y Ruiz, F. (2010). Alteraciones del Régimen Hidrológico y de la Oferta Hídrica por Variabilidad y Cambio Climático. *Estudio Nacional del Agua*, 282-320.
- Burbano, F. (1989). Notas de Hidrología Preparado para el 4º Año de ingeniería Forestal. Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 125 p.
- Carvajal, Y., Grisales, C. y Mateus, J. (1999). Correlación de variables Macroclimáticas del Océano Pacífico con los caudales en los Ríos Interandinos del Valle del Cauca. *El Niño*, 98, 9-17
- Carvajal, Y. y Marulanda, E. (1995). Estudio probabilístico de precipitación y caudal en la cuenca hidrográfica del río Cali. *Acta Agronómica*, 45(2-4), 79-88.
- Casas, M. y Alarcón, M. (1999). Meteorología y Clima. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona: UPC.

- Castaño, C. (2002). Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición hotspot y global climatic tensor. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.
- Consejo Nacional de Planificación [CNP]. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Recuperado de:
http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-final_0K.compressed1.pdf.
- Cordero, I. (2013). Evaluación de la gestión territorial de la cuenca del Río Paute, estrategias y líneas de acción para superarlas. (Tesis de Maestría). Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador.
- Delgado, M. y Gáspari, F. (2010). Caracterización morfométrica geoespacial, estudio de caso: Arroyo Belisario, Argentina. *Tecnociencia Chihuahua*, 4(3), 154-163.
- De La Casa, A., y Nasello, O. (2010). Capacidad predictiva del niño-oscilación sur (ENSO) y de otros indicadores climáticos sobre la precipitación en Córdoba, Argentina. *ANALES AFA*, 22, 114-119.
- Descentralizados, M. D. (2012). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. COOTAD. Registro Oficial 303. Quito, Ecuador.
- Enríquez, O., Guzmán, A. y Narváez, G. (2014). Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos EL Niño y La Niña. *Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía*, 23(1), 165-178.
- Fierro, D. y Jiménez, L. (2011). Caracterización de la Microcuenca del río Manzano, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo y Propuesta de Plan de Manejo, Utilizando Herramientas SIG. (Tesis de grado). Escuela Politécnica del Ejército. Sangolqui-Ecuador. 237p.
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado, M., y Besteiro, S. (2013). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGMDOMUS*, 4, 143-158
- Góez, C. y Poveda, G. (2005). Variabilidad de las anomalías y la escala de fluctuación de caudales medios mensuales con el área de la cuenca. *Avances en Recursos Hidráulicos*, (12), 77-89.
- GOLDEN GATE WEATHER SERVICES GGWS (2013). Servicios de Consultoría Meteorológica. Valores del Índice de El Niño Oceánico (ONI) calculados por el Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) desde el año 1950

hasta el año 2013. Recuperado de:

[http://informesanuales.xm.com.co/2013/SitePages/operacion/2-8-Anex-Indice-ceanico-de-El-Ni%C3%B1o-\(ONI\).aspx](http://informesanuales.xm.com.co/2013/SitePages/operacion/2-8-Anex-Indice-ceanico-de-El-Ni%C3%B1o-(ONI).aspx).

- Gómez, Orea. (2008). *Ordenamiento Territorial*. Madrid: Mundi-Presa/AEDOS.
- González, G. (1985). *Métodos estadísticos y principios de diseño experimental*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC (2002). *Cambio climático y biodiversidad*. ISBN 92-9169-104-7.
- Guarín, G. y Ochoa, A. (2011). Impacto de la Variabilidad Climática en la producción de banano en el Urabá Antioqueño. Índices macroclimáticos, precipitación y producción en Urabá. (Tesis de Maestría). Ingeniería de Recursos Hídricos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín-Colombia. pag. 107.
- Gutiérrez, E., Carvajal, Y. y Ávila, J. (2013). Estudio de la influencia del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur en la oferta hídrica de la Cuenca Hidrográfica del Río Dagua-Colombia. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 7(13), 26-33.
- Hurrell, J. Kushnir, Y. y Visbeck, M. (2001). The North Atlantic Oscillation. *Science*, 291(5505), 603-605.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2013). Estaciones meteorológicas e hidrológicas operativas y series de caudales medios mensuales. Quito:INAMHI.
- Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR (2005). La Costa continental e Insular del Ecuador. Guayaquil. *Recuperado de:*
http://www.inocar.mil.ec/boletin/ALN/Derrotero_2005.pdf
- Jiménez, M. (2004). Indicadores Climáticos. Una manera para identificar la variabilidad climática a escala global. *Inapesca*, 29. 12-19.
- Lavado, S., Ordoñez, J. y Yerren, J. (2005). Impacto Hidrológico del Fenómeno El Niño-La Niña. Cuencas del río Santa. Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima-Perú.
- Lavado, S., Ordoñez, J. y Yerren, J. (2007). Impacto Hidrológico del Fenómeno El Niño-La Niña. Cuencas de los ríos Piura, Chira, Tumbes y Zarumilla. Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima-Perú.
- Martínez, C., Fernández, A. y Rubio, P. (2012). Caudales y variabilidad climática en una cuenca de latitudes medias en Sudamérica: Río Aconcagua. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 58, 227-248.

- Martínez, R., Zambrano, E., Vera, L., Briones, K. y Zambrano, L. (2002). Índice Multivariado de El Niño en el Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 11(1)
- Monsalve, J. (2010). Desarrollo de un modelo conceptual de producción, transporte y depósito de sedimentos (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de Valencia, 236.
- Maturana, J., Bello, M. y Manley, M. (2004). Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. En: Avaria, S., Carrasco, J., Rutllant, J y Yáñez, E (eds). El Niño-La Niña 1997-2000, pp. 13-27. Valparaíso: Comité Oceanográfico Nacional (CONA).
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (2010). Metodología de cobertura y uso de la tierra, cobertura vegetal natural, sistemas de producción agropecuaria y actividades de extracción minera del Proyecto Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio A Nivel Nacional. Quito-Ecuador.
- Montgomery, D.y Runger, G. (1996). Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. Santafé de Bogotá: McGraw Hill. p895.
- Montealegre, J. (2007). Modelo Institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Subdirección de Meteorología. Bogotá, DC.*
- Montealegre, J. (2012). Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca. *Plan Regional Integral de Cambio Climático*, 24-25
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) /National Centers for Environmental Prediction (NCEP). El Niño Southern Oscillation (ENSO) Recuperado de: <http://www.noaa/ncep/cac>
- Oficina de Meteorología del Gobierno Australiano (2016). Datos mensuales del Índice de Oscilación del Sur (SOI) desde el año 1876 hasta mayo del 2016. Recuperado de: <http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtml1.shtml>
- OMM. (2017). El Niño y La Niña situación actual y perspectivas. *Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño: Boletín Técnico*, (10), 12-15.
- OMM, (1989). Cálculo del estándar mensual y anual de 30 años normales. Organización Meteorológica Mundial, *WCDP 10*, WMO/TD 341, 11 pp.
- Ministerio Coordinador de Seguridad (2017). Plan Nacional de Seguridad Integral. Quito-Ecuador

- Poveda, G. y Mesa, O. (1996). Las fases extremas del fenómeno ENSO (El Niño y La Niña) y su influencia sobre la hidrología de Colombia. *Ingeniería Hidráulica en México*, 11(1), 21-37
- Poveda, G., Vélez, J., Mesa, O., Hoyos, C., Salazar, L., Mejía, J., Barco, O. y Correa, P. (2002). Influencia de fenómenos macroclimáticos sobre el ciclo anual de la hidrología colombiana: cuantificación lineal, no lineal y percentiles probabilísticos. *Meteorología Colombiana*, 6, 121-130.
- Poveda, G. (2004). La hidrología de Colombia. Una síntesis de la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Acad. Colomb.Cienc*, 28(107), 201-222
- Pourrut, P. (1983). Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos. *Los Climas del Ecuador*, 4, 8-40
- Pourrut, P. y Gómez, G. (1998). El Ecuador al cruce de varias influencias climáticas. Una situación estratégica para el estudio del fenómeno El Niño. *Bulletin de l'Institut francais d'études andines*, 27(3), 449-457
- Pourrut, P. (1998). El Niño 1982-1983 a la luz de las enseñanzas de los eventos del pasado-impactos en el Ecuador. *Bulletin de l'Institut francais d'études andines*, 27(3), 501-515
- Ramírez, L. (2015). Alternativas de manejo sustentable de la subcuenca del río Pitura. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 136.
- Ríos, L. (2010). Incidencia de la variabilidad climática en los caudales mínimos del Ecuador. (Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. pag.180
- Rodríguez, R., Benito, A. y Portela, A. (2004). *Meteorología y Climatología*. España: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. FECYT
- Rossel, F., Cadier, E. y Gómez, G. (1996). Las inundaciones en la zona costera Ecuatoriana: Causas, obras de protección existentes y previstas. *Bull. Inst. Fr. Etud. Andines*, 25(3), 399-420
- Rossel, F. (1997). Influencia de El Niño sobre los regímenes hidro-pluviométricos del Ecuador. *Serie INSEQ*, 18
- Secretaría Nacional del Agua SENAGUA. (2012). Estudio exploratorio “Problemática y Conflictos sobre los Recursos Hídricos por efectos del Cambio Climático”. Quito-Ecuador. Pag.28. Recuperado de:
http://www.utpl.edu.ec/obsa/wpcontent/uploads/2012/09/3_ded-senagua_capt-0_resumen-ejecutivo.pdf.

- Umpiérrez, O. (2012). Análisis de impactos hidrológicos de El Niño. Compilación, estudios e investigación. Chile: Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas (DGAMOP)
- Van Voss, O., Aguirre, N. y Hofstede, R. (2001). Sistemas forestales integrales para la Sierra del Ecuador. *Ecopar*, 14-23.
- Velasco, A. y Granados, M. (2006). Tendencias and Incidence of macroclimatic phenomena in the hydrology of the high and middle Magdalena basins. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada.
- Winckell, A., Marocco, R., Winter, T., Huttel, C., Pourrut, P., Zebrowski, C. y Sourdat, M. (1992). Los Paisajes Naturales de Ecuador. Las Condiciones Generales del Medio Natural. *Geografía Básica del Ecuador*, 4(1)
- Zúñiga, I. y Crespo del Arco, E. (2010). Meteorología y Climatología. Madrid: Unidad Didáctica. UNED.
- Zury, W. (2004). Manual de planificación y gestión participativa de cuencas y microcuencas. Proyecto de Apoyo Forestal Comunal en los Andes de Ecuador. ONU (Organización de las Naciones Unidas). *SOBOC*, 384.

ANEXOS

ANEXO A

Graficas Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación

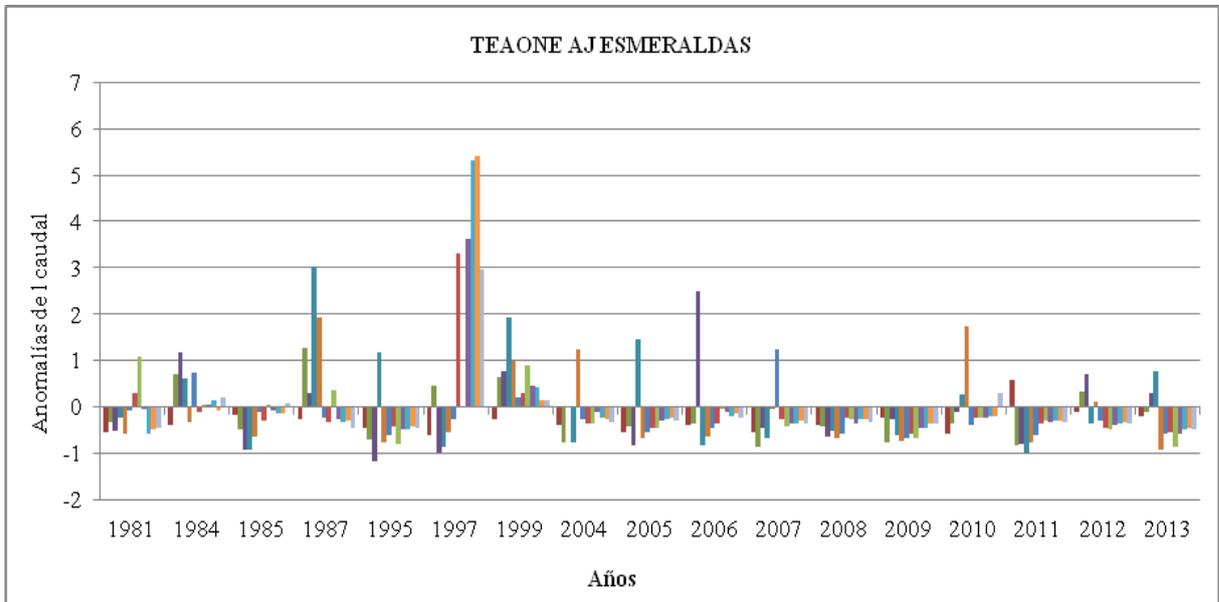


Figura 28. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0173, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

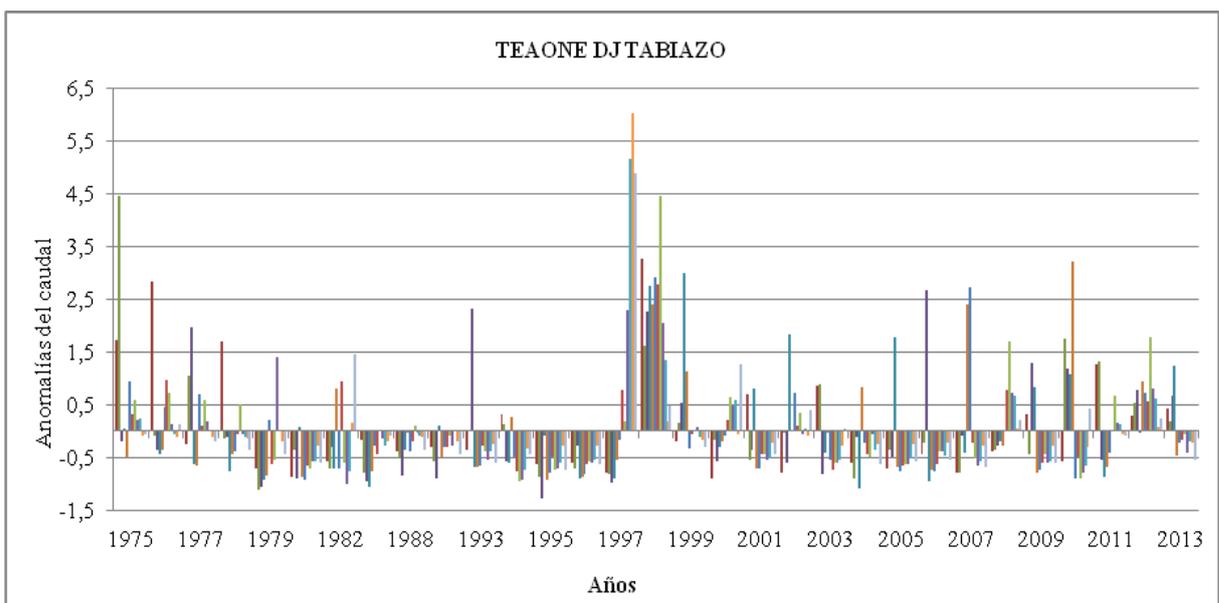


Figura 29. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0172, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

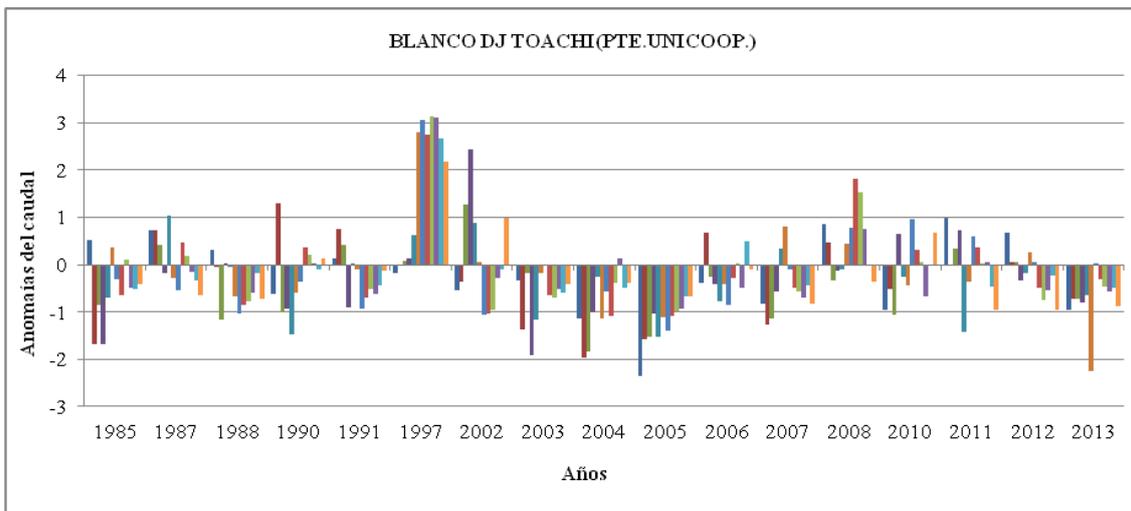


Figura 30. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0138, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

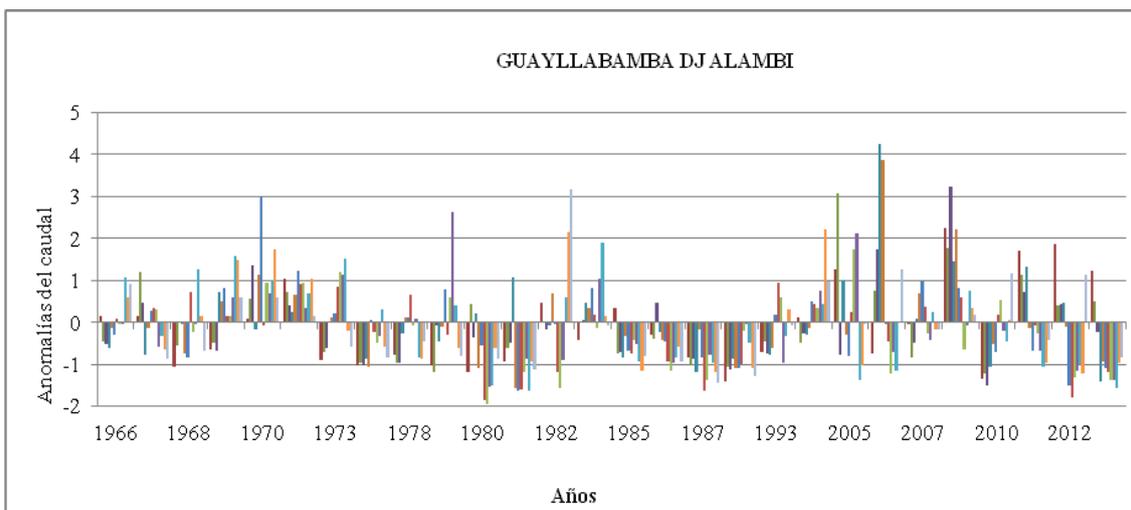


Figura 31. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0146, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

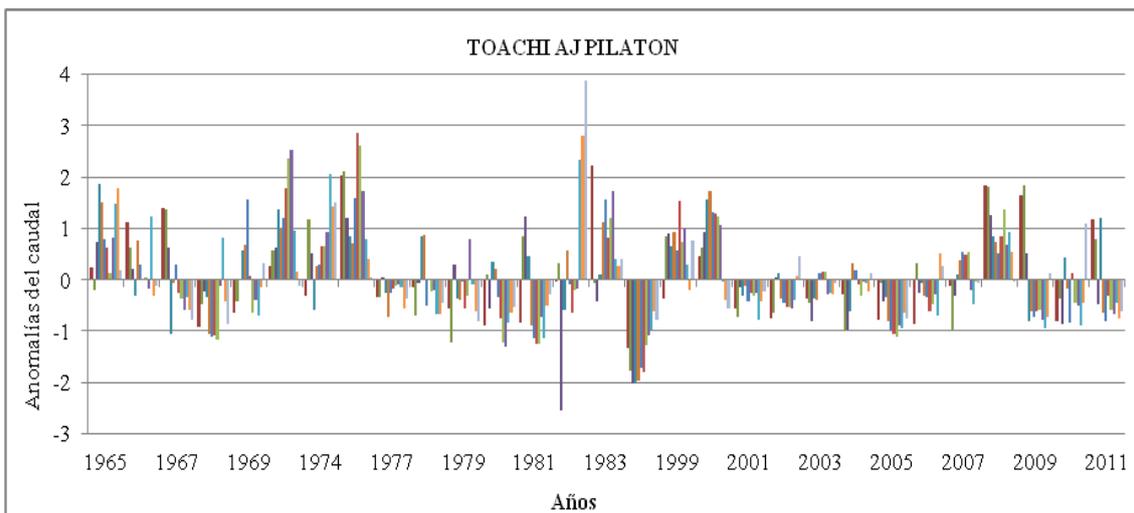


Figura 32. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0161, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

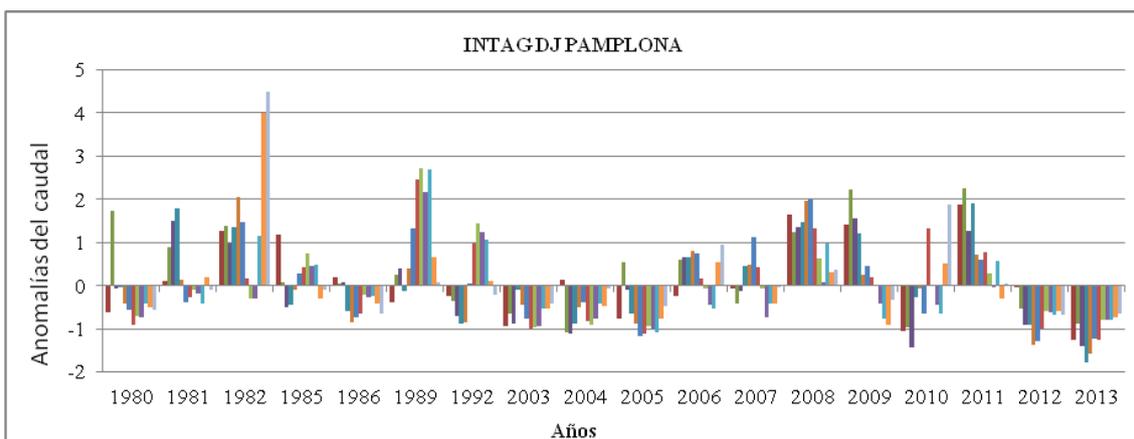


Figura 33. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0156, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

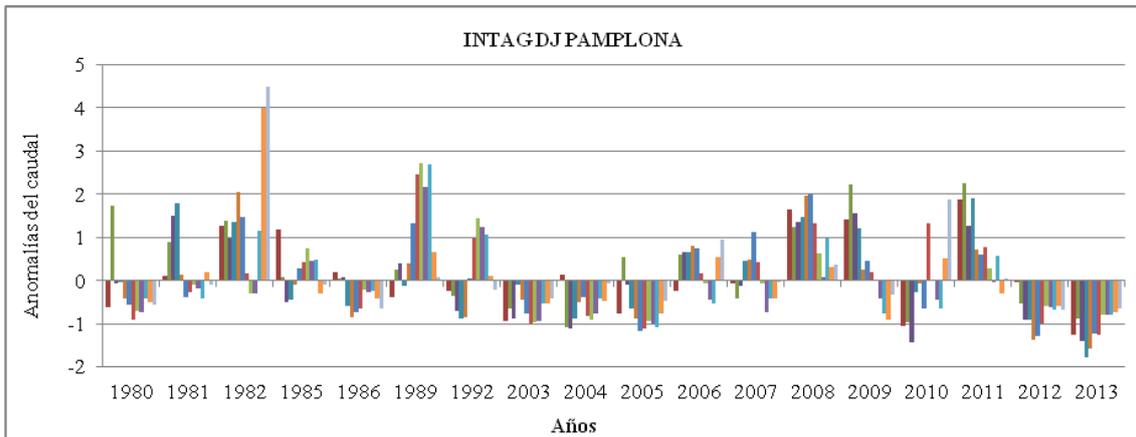


Figura 34. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0150, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

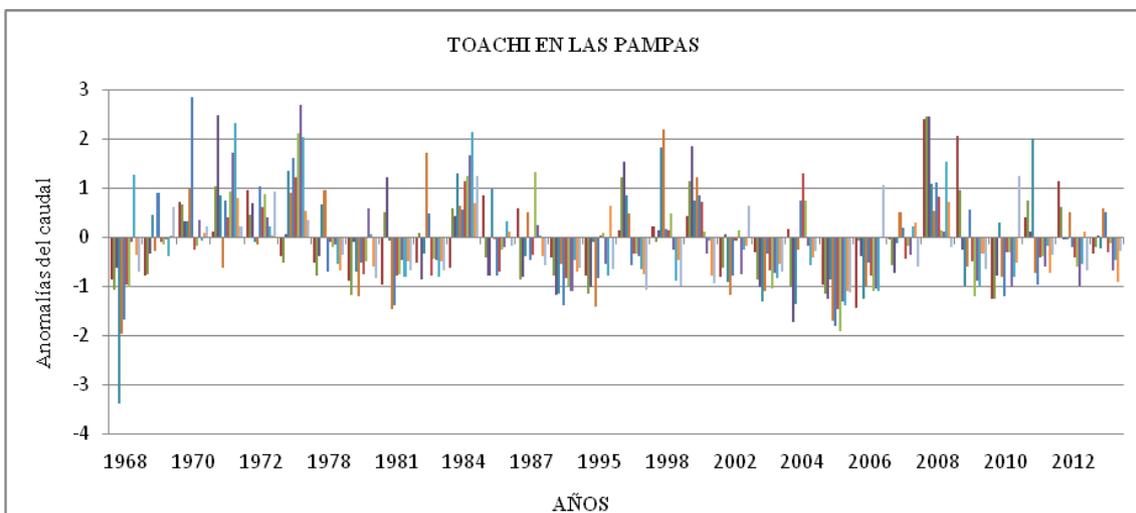


Figura 35. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0166, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

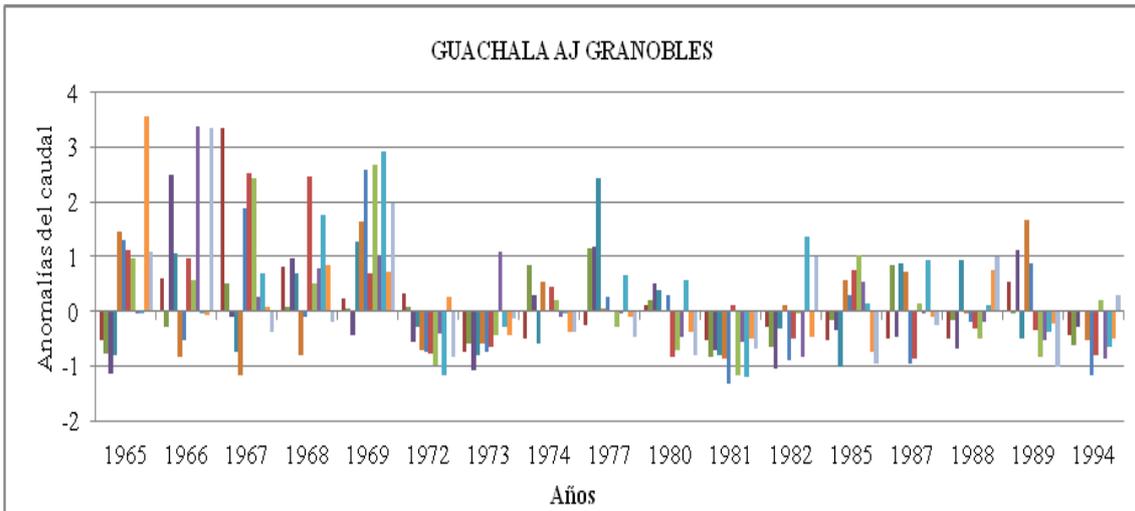


Figura 36. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0144, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

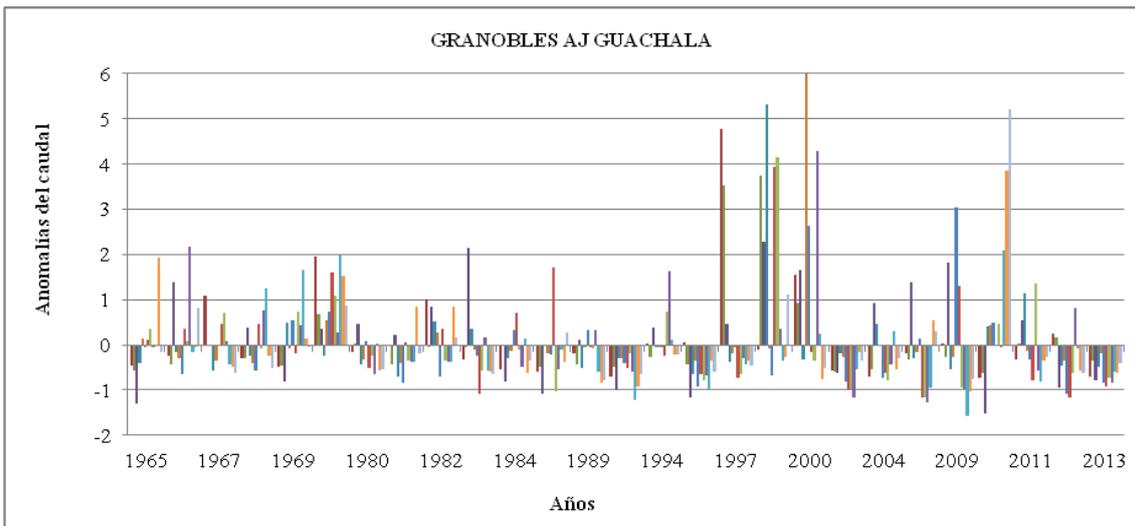


Figura 37. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0143, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

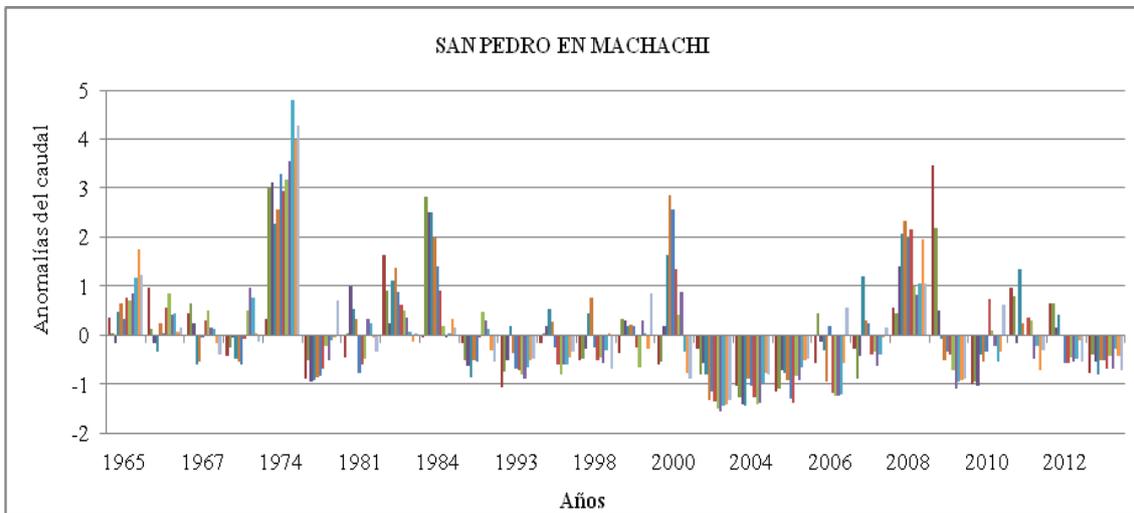


Figura 38. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0159, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

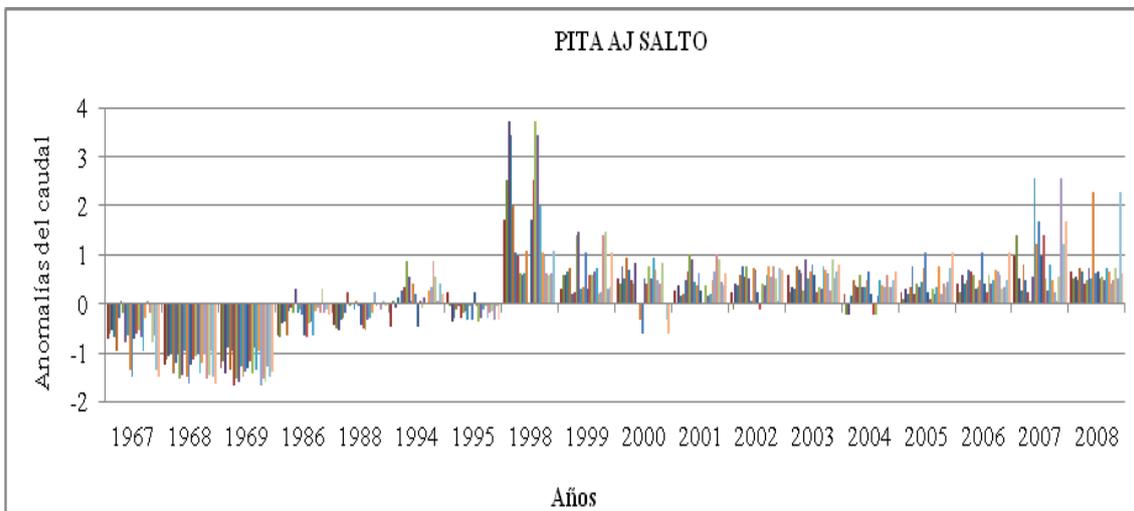


Figura 39. Anomalías de caudales medios mensuales registrados en la estación H0158, desde el año 1965 hasta 2013

Nota: Cada barra representa los valores mensuales multianuales

ANEXOS B

Fotografías de las estaciones hidrológicas



Figura 40. Estación H0138 Blanco DJ Toachi



Figura 41. Estación H0172 Teane DJ Tabiazo



Figura 42. Estación H0173 Teaone DJ Esmeraldas

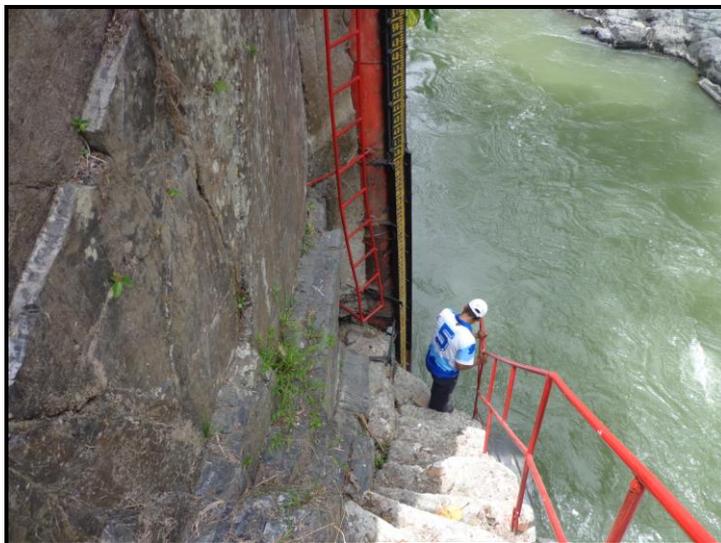


Figura 43. Estación H0161 Toachi AJ Pilatón



Figura 44. Estación H0166 Toachi en las Pampas



Figura 45. Estación H0156 Pilatón AJ Toachi

ANEXO C

Valores calculados de correlación mensual multianual de los Índices Macroclimáticos

Tabla 15.

Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice Multivariado de ENOS.

(MEI) INDICE MULTIVARIADO DE ENOS														
CODIGO	NOMBRE	DE	EF	FM	MA	AM	MJ	JJ	JA	AS	SO	ON	ND	
CUENCA BAJA	H0138	BLANCO DJ TOACHI(PTE.U NICOOP.)	0.23	-0.18	0.05	0.20	0.51**	0.63**	0.51**	0.30	0.27	0.34	0.62**	0.61**
	H0172	TEAONE DJ TABIAZO	0.12	0.04	0.18	0.35*	0.36*	0.20	0.19	0.06	-0.00	0.10	0.34*	0.36*
	H0173	TEAONE AJ ESMERALDAS	0.16	0.31	0.42*	0.39*	0.38*	0.24	0.37*	0.31	0.22	-0.10	0.07	0.40*
CUENCA MEDIA	H0146	GUAYLLABAM BA DJ ALAMBI	-0.21	-0.50**	-0.55**	-0.44**	-0.21	-0.10	-0.13	-0.18	-0.16	-0.15	0.13	0.18
	H0150	INTAG DJ PAMPLONA	-0.34	-0.49**	-0.47*	-0.39*	-0.33	-0.11	0.00	-0.24	-0.13	-0.11	0.31	0.34
	H0156	PILATON AJ TOACHI	0.12	-0.32	-0.44*	0.04	0.17	-0.15	-0.26	-0.33	-0.09	0.06	0.23	0.36
	H0161	TOACHI AJ PILATON	0.04	-0.31*	-0.50**	-0.33*	-0.09	-0.11	-0.10	-0.38*	-0.35*	-0.07	0.34*	0.39*
	H0166	TOACHI EN LAS PAMPAS	-0.06	-0.40**	-0.54**	-0.39**	-0.14	-0.03	0.06	-0.02	-0.12	-0.15	0.07	0.06
CUENCA ALTA	H0143	GRANOBLES AJ GUACHALA	-0.46**	-0.39*	-0.33*	-0.19	-0.10	-0.13	-0.34*	-0.31	-0.20	-0.27	-0.20	-0.34*
	H0144	GUACHALA AJ GRANOBLES	-0.09	-0.21	-0.10	0.03	0.06	-0.07	-0.32	-0.09	-0.06	-0.05	0.04	-0.11
	H0158	PITA AJ SALTO	0.14	0.47**	0.35*	0.31	0.39*	0.08	0.11	-0.07	-0.15	-0.20	-0.10	-0.03
	H0159	SAN PEDRO EN MACHACHI	-0.22	-0.38*	-0.47**	-0.33*	-0.21	-0.23	-0.28	-0.29	-0.23	-0.29	-0.25	-0.18

*Nota:** La correlación es significativa. **** La correlación es altamente significativa.

Tabla 16.

Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice de Oscilación del Sur.

(SOI) INDICE DE OSILACIÓN DEL SUR														
	CODIGO	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CUENCA BAJA	H0138	BLANCO DJ TOACHI(PTE.UNIC OOP.)	0.14	0.06	-0.20	0.01	-0.24	-0.26	-0.09	0.02	0.06	-0.30	-0.57**	-0.40*
	H0172	TEAONE DJ TABIAZO	-0.06	-0.04	-0.18	-0.01	0.08	0.09	-0.06	0.22	0.21	-0.02	-0.23	-0.08
	H0173	TEAONE AJ ESMERALDAS	-0.18	-0.28	-0.23	-0.17	0.01	0.06	-0.13	0.20	0.02	0.25	-0.33	-0.15
CUENCA MEDIA	H0146	GUAYLLABAMBA DJ ALAMBI	0.40*	0.23	0.53**	0.24	-0.12	0.16	0.13	0.16	0.18	0.06	-0.10	-0.13
	H0150	INTAG DJ PAMPLONA	0.27	0.44*	0.26	0.35	0.22	0.06	0.24	0.19	0.04	-0.06	-0.47**	-0.13
	H0156	PILATON AJ TOACHI	0.11	0.22	0.30	0.35	0.12	0.07	0.35	0.33	0.13	0.06	-0.14	-0.14
	H0161	TOACHI AJ PILATON	0.05	0.32*	0.39*	0.18	0.09	0.11	0.14	0.44*	0.23	-0.08	-0.38*	-0.20
	H0166	TOACHI EN LAS PAMPAS	-0.06	0.43**	0.42**	0.21	0.08	-0.02	0.09	0.31*	0.28	0.21	-0.11	-0.00
CUENCA ALTA	H0143	GRANOBLES AJ GUACHALA	0.29	0.38*	0.06	0.28	0.12	0.12	0.24	0.10	0.08	0.38*	0.15	0.51**
	H0144	GUACHALA AJ GRANOBLES	0.20	0.04	-0.11	-0.26	0.11	0.13	0.13	-0.04	0.10	-0.11	0.06	0.13
	H0158	PITA AJ SALTO	-0.42*	-0.27	-0.30	-0.18	-0.08	0.03	0.11	0.00	0.17	0.20	-0.01	0.14
	H0159	SAN PEDRO EN MACHACHI	0.12	0.34*	0.38*	0.32*	0.31*	0.14	0.30*	0.33*	0.24	0.24	0.06	0.16

*Nota:** La correlación es significativa. ** La correlación es altamente significativa.

Tabla 17.

Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice del Niño Océanico

(ONI) INDICE DE EL NIÑO OCEANICO														
	CODIGO	NOMBRE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CUENCA BAJA	H0138	BLANCO DJ TOACHI(PTE.UNICOOP.)	0.16	-0.05	0.10	0.36	0.46*	0.42*	0.22	0.14	0.25	0.54*	0.61**	0.37
	H0172	TEAONE DJ TABIAZO	0.13	0.17	0.23	0.35*	0.17	0.04	-0.12	-0.10	-0.05	0.30	0.34*	0.25
	H0173	TEAONE AJ ESMERALDAS	0.27	0.32	0.33	0.42*	0.29	0.19	0.02	0.14	-0.19	-0.11	0.11	0.26
CUENCA MEDIA	H0146	GUAYLLABAMBA DJ ALAMBI	-0.37*	-0.59**	-0.51**	-0.39*	-0.18	-0.06	-0.15	-0.15	-0.13	-0.01	0.06	-0.18
	H0150	INTAG DJ PAMPLONA	-0.41*	-0.51**	-0.46*	-0.35	-0.31	-0.27	-0.14	-0.22	-0.22	0.07	0.24	-0.16
	H0156	PILATON AJ TOACHI	-0.06	-0.33	-0.18	-0.03	-0.10	-0.27	-0.39*	-0.18	0.131	0.34	0.32	0.24
	H0161	TOACHI AJ PILATON	-0.13	-0.40*	-0.39*	-0.29	-0.21	-0.21	-0.33*	-0.48**	-0.14	0.27	0.40*	0.17
	H0166	TOACHI EN LAS PAMPAS	-0.35*	-0.51**	-0.56**	-0.41**	-0.29	-0.14	-0.12	-0.12	-0.07	0.02	0.13	-0.02
CUENCA ALTA	H0143	GRANOBLES AJ GUACHALA	-0.47**	-0.40*	-0.26	-0.28	-0.35*	-0.33*	-0.38*	-0.31	-0.30	-0.11	-0.24	-0.29
	H0144	GUACHALA AJ GRANOBLES	-0.06	-0.07	0.08	0.16	0.14	0.01	0.10	0.13	0.18	0.13	0.12	0.07
	H0158	PITA AJ SALTO	0.05	0.31	0.08	0.11	-0.03	-0.44*	-0.17	-0.27	-0.29	-0.13	-0.08	0.09
	H0159	SAN PEDRO EN MACHACHI	-0.27	-0.47**	-0.45**	-0.44**	-0.46**	-0.43**	-0.22	-0.16	-0.07	-0.14	-0.12	-0.14

Nota:* La correlación es significativa. ** La correlación es altamente significativa.

Tabla 18.

Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice de Oscilación del Pacífico Norte.

(PDO) ÍNDICE DE OSCILACIÓN DEL PACÍFICO NORTE														
	CODIGO	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CUENCA BAJA	H0138	BLANCO DJ TOACHI(PTE.U NICOOP.)	-0.17	-0.29	0.05	0.05	0.36	0.35	0.18	0.25	0.31	0.37	0.18	0.17
	H0172	TEAONE DJ TABIAZO	-	0.01	-0.02	-0.06	-0.07	0.04	0.22	-0.25	0.06	0.16	0.21	0.23
	H0173	TEAONE AJ ESMERALDAS	0.24	0.33	0.18	0.34	-0.05	0.29	0.49**	0.13	0.28	-0.12	0.25	0.39*
CUENCA MEDIA	H0146	GUAYLLABAM BA DJ ALAMBI	-0.44**	-0.30	-0.28	-0.09	-0.23	-0.06	-0.10	-0.00	0.03	-0.13	0.19	-0.06
	H0150	INTAG DJ PAMPLONA	-0.31	-0.29	-0.32	-0.28	-0.31	-0.15	-0.02	-0.06	0.24	0.09	0.07	-0.07
	H0156	PILATON AJ TOACHI	-0.32	-0.27	-0.23	0.12	-0.07	-0.05	-0.15	-0.09	0.27	-0.03	0.12	0.17
	H0161	TOACHI AJ PILATON	-0.46**	-0.30	-0.35*	-0.02	-0.31*	-0.18	-0.21	-0.20	0.05	0.07	0.17	0.15
	H0166	TOACHI EN LAS PAMPAS	-0.17	-0.33*	-0.37*	-0.03	-0.11	-0.22	0.06	0.11	0.14	0.04	0.22	0.13
CUENCA ALTA	H0143	GRANOBLES AJ GUACHALA	-0.14	-0.15	-0.18	-0.11	-0.07	-0.08	-0.15	-0.26	-0.27	-0.18	-0.19	-0.37*
	H0144	GUACHALA AJ GRANOBLES	-0.12	0.12	0.06	0.27	-0.17	-0.30	-0.35	-0.23	-0.20	0.13	-0.20	-0.06
	H0158	PITA AJ SALTO	0.34*	0.30	0.30	0.25	0.15	0.10	0.07	-0.12	-0.19	-0.11	-0.08	0.04
	H0159	SAN PEDRO EN MACHACHI	0.34*	-0.31*	-0.33*	-0.08	-0.16	-0.24	-0.23	-0.19	-0.06	-0.05	-0.05	-0.12

*Nota:** La correlación es significativa. **** La correlación es altamente significativa.

Tabla 19.

Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice de Oscilación del Atlántico Norte.

(NAO) INDICE DE OCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE														
	CODIGO	NOMBRE	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CUENCA BAJA	H0138	BLANCO DJ TOACHI(PTE.U NICOOP.)	-0.63	0.35	0.22	0.05	0.21	-0.18	0.13	0.15	0.06	0.02	0.01	-0.12
	H0172	TEAONE DJ TABIAZO	0.04	-0.26	-0.28	-0.18	0.04	-0.20	0.08	-0.16	-0.13	-0.07	-0.19	-0.08
	H0173	TEAONE AJ ESMERALDAS	0.16	0.05	-0.14	-0.06	0.13	0.03	0.19	0.21	-0.13	0.13	-0.17	-0.23
CUENCA MEDIA	H0146	GUAYLLABAM BA DJ ALAMBI	0.22	0.13	0.05	0.11	-0.11	0.23	-0.21	0.39*	0.02	0.11	-0.22	0.20
	H0150	INTAG DJ PAMPLONA	-0.23	0.36*	0.20	-0.24	-0.22	-0.26	-0.05	0.22	0.28	0.18	-0.31	0.16
	H0156	PILATON AJ TOACHI	0.05	0.28	-0.07	-0.04	-0.09	0.04	-0.18	-0.12	0.05	0.25	-0.29	-0.03
	H0161	TOACHI AJ PILATON	-0.07	0.01	-0.21	-0.05	0.11	0.29	0.17	0.26	0.06	0.19	-0.19	0.09
	H0166	TOACHI EN LAS PAMPAS	0.01	0.29	-0.18	-0.15	0.31*	-0.04	0.18	0.19	0.15	0.13	-0.29	0.05
CUENCA ALTA	H0143	GRANOBLES AJ GUACHALA	-0.09	0.27	0.23	-0.04	0.27	-0.19	-0.11	0.12	-0.10	0.15	-0.31	-0.09
	H0144	GUACHALA AJ GRANOBLES	-0.34	-0.04	0.13	0.00	0.44*	0.17	-0.10	-0.08	-0.15	0.04	-0.20	0.26
	H0158	PITA AJ SALTO	0.24	0.10	0.19	0.04	-0.08	-0.28	-0.03	-0.16	0.10	0.04	0.18	0.10
	H0159	SAN PEDRO EN MACHACHI	-0.06	0.10	-0.19	-0.13	0.08	0.00	0.02	-0.18	0.24	0.26	-0.32*	0.32*

Nota:* La correlación es significativa. ** La correlación es altamente significativa.

Tabla 20.

Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice de Oscilación Multidecadal del Atlántico.

(AMO) ÍNDICE DE OSCILACIÓN MULTIDECADAL DEL ATLÁNTICO														
	CODIGO	NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CUENCA BAJA	H0138	BLANCO DJ TOACHI(PTE.U NICOOP.)	-0.39	-0.31	-0.39*	-0.04	-0.30	-0.21	-0.07	-0.06	-0.14	-0.31	-0.22	-0.19
	H0172	TEAONE DJ TABIAZO	-0.10	-0.04	0.19	0.42**	0.41**	-0.04	0.03	0.26	-0.03	-0.06	0.07	0.01
	H0173	TEAONE AJ ESMERALDAS	-0.13	0.04	0.22	0.13	0.28	-0.07	-0.00	0.10	-0.10	0.00	0.02	0.14
CUENCA MEDIA	H0146	GUAYLLABAM BA DJ ALAMBI	0.17	0.14	-0.13	0.19	0.13	-0.28	-0.16	0.08	0.09	-0.25	-0.02	0.14
	H0150	INTAG DJ PAMPLONA	-0.92	0.03	-0.23	-0.03	0.05	-0.14	-0.13	-0.32	-0.42*	-0.43*	-0.26	-0.14
	H0156	PILATON AJ TOACHI	0.14	0.08	-0.13	-0.00	-0.03	-0.18	-0.16	-0.10	-0.17	-0.25	0.02	0.06
	H0161	TOACHI AJ PILATON	-0.11	-0.13	-0.25	0.01	-0.11	-0.35*	-0.31*	-0.34*	-0.45**	-0.59**	-0.25	-0.11
	H0166	TOACHI EN LAS PAMPAS	-0.15	-0.14	-0.22	-0.10	-0.08	-0.25	-0.12	-0.26	-0.53**	-0.39*	-0.19	-0.22
CUENCA ALTA	H0143	GRANOBLES AJ GUACHALA	-0.08	0.12	-0.02	0.21	0.06	-0.01	-0.20	-0.17	-0.17	-0.14	0.02	0.19
	H0144	GUACHALA AJ GRANOBLES	0.55**	0.09	0.17	0.22	-0.11	-0.10	-0.30	-0.21	-0.99	-0.01	-0.23	0.23
	H0158	PITA AJ SALTO	0.25	0.36*	0.36*	0.31	0.44*	0.48**	0.38*	0.38*	0.30	0.20	0.29	0.27
	H0159	SAN PEDRO EN MACHACHI	-0.30*	-0.22	-0.33*	-0.15	-0.15	-0.31*	-0.35*	-0.42**	-0.54**	-0.57**	-0.46**	-0.39**

Nota:* La correlación es significativa. ** La correlación es altamente significativa.

Tabla 21.

Valores calculados de correlación mensual multianual del Índice del Caribe.

(CAR) INDICE DEL CARIBE															
	CODIGO	NOMBRE		DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CUENCA BAJA	H0138	BLANCO DJ TOACHI(PTE.UN ICOOP.)		-0.20	-0.51*	-0.48*	-0.42*	-0.27	-0.07	0.10	0.12	0.02	-0.25	-0.14	-0.10
	H0172	TEAONE DJ TABIAZO		-0.11	0.02	0.27	0.38*	0.52**	0.37*	0.13	0.10	0.06	-0.05	-0.03	-0.09
	H0173	TEAONE AJ ESMERALDAS		0.07	0.10	-0.07	0.00	0.17	0.51**	0.31	0.10	0.02	0.04	0.14	-0.03
CUENCA MEDIA	H0146	GUAYLLABAM BA DJ ALAMBI		-0.17	-0.27	-0.07	-0.04	-0.00	-0.15	-0.12	0.06	-0.03	-0.08	-0.18	-0.17
	H0150	INTAG DJ PAMPLONA		-0.28	-0.24	-0.10	0.04	0.16	-0.14	-0.31	-0.45*	-0.53**	-0.47*	-0.30	-0.47*
	H0156	PILATON AJ TOACHI		-0.20	-0.27	-0.00	0.14	0.25	0.36	0.15	0.17	-0.13	-0.22	-0.21	-0.06
	H0161	TOACHI AJ PILATON		-0.32*	-0.41*	-0.23	-0.23	-0.22	-0.30	-0.37*	-0.43*	-0.65**	-0.45**	-0.26	-0.21
	H0166	TOACHI EN LAS PAMPAS		-0.47**	-0.46**	-0.49**	-0.46**	-0.21	-0.20	-0.26	-0.39*	-0.56**	-0.49**	-0.26	-0.41**
CUENCA ALTA	H0143	GRANOBLES AJ GUACHALA		-0.23	-0.01	0.26	0.06	0.03	-0.16	-0.12	-0.36*	-0.34	-0.17	-0.28	-0.28
	H0144	GUACHALA AJ GRANOBLES		-0.13	-0.14	-0.14	-0.31	-0.10	-0.24	-0.22	-0.31	-0.04	-0.11	0.02	0.01
	H0158	PITA AJ SALTO		0.37*	0.43*	0.27	0.28	0.67**	0.58**	0.51**	0.45*	0.15	0.11	-0.02	0.21
	H0159	SAN PEDRO EN MACHACHI		-0.37*	-0.44**	-0.31	-0.31	-0.34	-0.46**	-0.49**	-0.46**	-0.51**	-0.59**	-0.61**	-0.53**

*Nota:** La correlación es significativa. ** La correlación es altamente significativa.

ANEXO D

Valores mensuales de los Índices Macroclimáticos, calculados por el NOAA

Los índices macroclimáticos, pueden ser consultados en páginas institucionales como las del Laboratorio de Investigación del Sistema Terrestre -ESRL- de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA).

Tabla 22.

Valores Mensuales del SOI, calculados por el NOAA

AÑO	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC
1965	-4.0	1.6	2.9	-12.9	-0.3	-12.8	-22.6	-11.4	-14.2	-11.1	-17.9	1.6
1966	-12.0	-4.1	-13.9	-7.1	-9.0	1.0	-1.0	4.0	-2.2	-2.5	-0.1	-4.0
1967	14.6	12.9	7.8	-3.0	-3.5	6.6	1.6	5.9	5.1	-0.1	-4.0	-5.5
1968	4.1	9.6	-3.0	-3.0	14.7	12.3	7.4	0.1	-2.8	-1.9	-3.4	2.1
1969	-13.5	-6.9	1.8	-8.8	-6.6	-0.6	-6.9	-4.4	-10.6	-11.7	-0.1	3.7
1970	-10.1	-10.7	1.8	-4.6	2.1	9.9	-5.6	4.0	12.9	10.3	19.7	17.4
1971	2.7	15.7	19.2	22.6	9.2	2.6	1.6	14.9	15.9	17.7	7.2	2.1
1972	3.7	8.2	2.4	-5.5	-16.1	-12.0	-18.6	-8.9	-14.8	-11.1	-3.4	-12.1
1973	-3.0	-13.5	0.8	-2.1	2.8	12.3	6.1	12.3	13.5	9.7	31.6	16.9
1974	20.8	16.2	20.3	11.1	10.7	2.6	12.0	6.6	12.3	8.5	-1.4	-0.9
1975	-4.9	5.3	11.6	14.4	6.0	15.5	21.1	20.7	22.5	17.7	13.8	19.5
1976	11.8	12.9	13.2	1.2	2.1	0.2	-12.8	-12.1	-13.0	3.0	9.8	-3.0
1977	-4.0	7.7	-9.5	-9.6	-11.4	-17.7	-14.7	-12.1	-9.4	-12.9	-14.6	-10.6
1978	-3.0	-24.4	-5.8	-7.9	16.3	5.8	6.1	1.4	0.8	-6.2	-2.0	-0.9
1979	-4.0	6.7	-3.0	-5.5	3.6	5.8	-8.2	-5.0	1.4	-2.5	-4.7	-7.5
1980	3.2	1.1	-8.5	-12.9	-3.5	-4.7	-1.7	1.4	-5.2	-1.9	-3.4	-0.9
1981	2.7	-3.2	-16.6	-5.5	7.6	11.5	9.4	5.9	7.5	-5.0	2.6	4.7
1982	9.4	0.6	2.4	-3.8	-8.2	-20.1	-19.3	-23.6	-21.4	-20.2	-31.1	-21.3
1983	-30.6	-33.3	-28.0	-17.0	6.0	-3.1	-7.6	0.1	9.9	4.2	-0.7	0.1
1984	1.3	5.8	-5.8	2.0	-0.3	-8.7	2.2	2.7	2.0	-5.0	3.9	-1.4
1985	-3.5	6.7	-2.0	14.4	2.8	-9.6	-2.3	8.5	0.2	-5.6	-1.4	2.1
1986	8.0	-10.7	0.8	1.2	-6.6	10.7	2.2	-7.6	-5.2	6.1	-13.9	-13.6
1987	-6.3	-12.6	-16.6	-24.4	-21.6	-20.1	-18.6	-14.0	-11.2	-5.6	-1.4	-4.5
1988	-1.1	-5.0	2.4	-1.3	10.0	-3.9	11.3	14.9	20.1	14.6	21.0	10.8
1989	13.2	9.1	6.7	21.0	14.7	7.4	9.4	-6.3	5.7	7.3	-2.0	-5.0
1990	-1.1	-17.3	-8.5	-0.5	13.1	1.0	5.5	-5.0	-7.6	1.8	-5.3	-2.4
1991	5.1	0.6	-10.6	-12.9	-19.3	-5.5	-1.7	-7.6	-16.6	-12.9	-7.3	-16.7
1992	-25.4	-9.3	-24.2	-18.7	0.5	-12.8	-6.9	1.4	0.8	-17.2	-7.3	-5.5
1993	-8.2	-7.9	-8.5	-21.1	-8.2	-16.0	-10.8	-14.0	-7.6	-13.5	0.6	1.6
1994	-1.6	0.6	-10.6	-22.8	-13.0	-10.4	-18.0	-17.2	-17.2	-14.1	-7.3	-11.6
1995	-4.0	-2.7	3.5	-16.2	-9.0	-1.5	4.2	0.8	3.2	-1.3	1.3	-5.5
1996	8.4	1.1	6.2	7.8	1.3	13.9	6.8	4.6	6.9	4.2	-0.1	7.2
1997	4.1	13.3	-8.5	-16.2	-22.4	-24.1	-9.5	-19.8	-14.8	-17.8	-15.2	-9.1
1998	-23.5	-19.2	-28.5	-24.4	0.5	9.9	14.6	9.8	11.1	10.9	12.5	13.3
1999	15.6	8.6	8.9	18.5	1.3	1.0	4.8	2.1	-0.4	9.1	13.1	12.8
2000	5.1	12.9	9.4	16.8	3.6	-5.5	-3.7	5.3	9.9	9.7	22.4	7.7
2001	8.4	11.9	6.7	0.3	-9.0	1.8	-3.7	-8.2	1.4	-1.9	7.2	-9.1
2002	2.7	7.7	-5.2	-3.8	-14.5	-6.3	-7.6	-14.6	-8.2	-7.4	-6.0	-10.6
2003	-2.0	-7.4	-6.8	-5.5	-7.4	-12.0	2.9	-1.8	-2.2	-1.9	-3.4	9.3
2004	-11.6	9.1	0.2	-15.4	13.1	-15.2	-6.9	-7.6	-2.8	-3.7	-8.6	-8.0

2005	1.8	-28.6	0.2	-11.2	-14.5	2.6	0.9	-6.9	3.9	10.9	-2.0	0.1
2006	12.7	0.1	13.8	14.4	-9.8	-6.3	-7.6	-15.9	-5.8	-16.0	-1.4	-3.5
2007	-7.8	-2.7	-1.4	-3.0	-2.7	5.0	-5.0	2.7	1.4	5.4	9.2	14.4
2008	14.1	21.3	12.2	4.5	-3.5	4.2	2.2	9.1	13.5	13.4	17.1	13.3
2009	9.4	14.8	0.2	8.6	-7.4	-2.3	1.6	-5.0	3.9	-14.7	-6.0	-7.0
2010	-10.1	-14.5	-10.6	15.2	10.0	1.8	20.5	18.8	24.9	18.3	16.4	27.1
2011	19.9	22.3	21.4	25.1	2.1	0.2	10.7	2.1	11.7	7.3	13.8	23.0
2012	9.4	2.5	2.9	-7.1	-2.7	-10.4	-1.7	-5.0	2.6	2.4	3.9	-6.0
2013	-1.1	-3.6	10.5	0.3	8.4	13.9	8.1	-0.5	3.9	-1.9	9.2	0.6

Fuente: <http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtml.shtml>

Tabla 23.

Valores Trimestrales del ONI, calculados por el NOAA

AÑO	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
1965	-0.6	-0.3	0	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.7	1.9	1.9	1.7
1966	1.4	1.1	0.9	0.6	0.4	0.3	0.3	0.1	0	-0.1	-0.1	-0.2
1967	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	1
1969	1.1	1.1	1	0.9	0.8	0.6	0.5	0.5	0.8	0.9	0.9	0.8
1970	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-1
1971	-1.2	-1.3	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.8
1972	-0.6	-0.3	0.1	0.4	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6	1.9	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.6	-0.1	-0.5	-0.8	-1	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-2
1974	-1.9	-1.6	-1.2	-1	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.7
1975	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-1	-1.1	-1.2	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7
1976	-1.5	-1.1	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1977	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.5	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	-0.1
1979	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0	0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
1980	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	0	0	-0.1
1981	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1
1982	-0.1	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	1	1.5	1.9	2.1	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.6	0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-0.9	-0.8
1984	-0.5	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1986	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.3	1.2	1.1	1	1.2	1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.2	-0.8	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-1.9
1989	-1.7	-1.5	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4
1992	1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.7	0.3	0	-0.2	-0.3	-0.2	0
1993	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	1	1.2
1995	1	0.8	0.6	0.3	0.2	0	-0.2	-0.4	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.2	0.7	1.2	1.5	1.8	2.1	2.3	2.4	2.3
1998	2.2	1.8	1.4	0.9	0.4	-0.2	-0.7	-1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5
1999	-1.5	-1.3	-1	-0.9	-0.9	-1	-1	-1.1	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.5	-1.2	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8
2001	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0	0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
2002	-0.2	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1.2	1.3	1.3

2003	1.1	0.8	0.4	0	-0.2	-0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
2004	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0	-0.2	-0.5	-0.8
2006	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1	1
2007	0.7	0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.4
2008	-1.5	-1.5	-1.2	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.5	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6
2010	1.6	1.3	1	0.6	0.1	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1	-1
2012	-0.9	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0	0.1	0.4	0.5	0.6	0.2	-0.3
2013	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	

Fuente: [http://informesanuales.xm.com.co/2013/SitePages/operacion/2-8-Anex-Indice-ceanico-de-El-Ni%C3%B1o-\(ONI\).aspx](http://informesanuales.xm.com.co/2013/SitePages/operacion/2-8-Anex-Indice-ceanico-de-El-Ni%C3%B1o-(ONI).aspx).

Tabla 24.

Valores bimensuales del MEI, calculados por el NOAA

AÑO	DIC ENE	ENE FEB	FEB MAR	MAR ABR	ABR MAY	MAY JUN	JUN JUL	JUL AGO	AGO SEP	SEP OCT	OCT NOV	NOV DIC
1965	-0.554	-0.349	-0.276	0.053	0.51	0.919	1.356	1.436	1.399	1.217	1.355	1.253
1966	1.305	1.178	0.678	0.528	-0.157	-0.157	-0.142	0.147	-0.091	-0.035	0.007	-0.198
1967	-0.474	-0.924	-1.068	-1.059	-0.442	-0.251	-0.517	-0.403	-0.616	-0.686	-0.425	-0.378
1968	-0.622	-0.74	-0.629	-0.965	-1.093	-0.794	-0.535	-0.100	0.224	0.426	0.590	0.350
1969	0.664	0.844	0.452	0.623	0.706	0.816	0.462	0.182	0.165	0.508	0.67	0.392
1970	0.367	0.411	0.215	-0.023	-0.142	-0.674	-1.086	-1.027	-1.258	-1.091	-1.078	-1.224
1971	-1.221	-1.521	-1.807	-1.888	-1.432	-1.441	-1.217	-1.235	-1.465	-1.424	-1.33	-0.998
1972	-0.595	-0.422	-0.262	-0.196	0.5	1.106	1.826	1.827	1.547	1.651	1.747	1.761
1973	1.72	1.497	0.845	0.481	-0.141	-0.803	-1.085	-1.356	-1.729	-1.671	-1.496	-1.844
1974	-1.934	-1.793	-1.76	-1.673	-1.051	-0.649	-0.758	-0.657	-0.624	-1.053	-1.243	-0.906
1975	-0.544	-0.597	-0.884	-0.963	-0.867	-1.14	-1.51	-1.745	-1.877	-1.986	-1.771	-1.752
1976	-1.613	-1.394	-1.246	-1.184	-0.463	0.331	0.624	0.658	1.029	0.938	0.49	0.547
1977	0.516	0.271	0.131	0.539	0.305	0.444	0.865	0.695	0.801	0.993	0.97	0.86
1978	0.77	0.893	0.936	0.191	-0.394	-0.585	-0.44	-0.192	-0.386	-0.024	0.178	0.392
1979	0.598	0.361	-0.015	0.283	0.374	0.397	0.372	0.636	0.779	0.666	0.744	0.996
1980	0.678	0.589	0.69	0.907	0.95	0.891	0.759	0.328	0.279	0.209	0.252	0.098
1981	-0.254	-0.163	0.457	0.669	0.14	-0.03	-0.046	-0.085	0.178	0.108	-0.36	-0.137
1982	-0.268	-0.138	0.106	-0.009	0.432	0.965	1.614	1.817	1.808	2.019	2.433	2.418
1983	2.691	2.909	3.011	2.824	2.537	2.201	1.767	1.155	0.481	0.034	-0.131	-0.176
1984	-0.327	-0.533	0.143	0.347	0.106	-0.081	-0.086	-0.159	-0.101	0.009	-0.344	-0.596
1985	-0.559	-0.594	-0.718	-0.481	-0.718	-0.980	-0.143	-0.354	-0.513	-0.135	-0.507	-0.299
1986	-0.307	-0.196	0.040	-0.110	0.350	0.313	0.387	0.804	1.122	0.980	0.865	1.183
1987	1.243	1.192	1.719	1.866	2.140	1.954	1.855	1.982	1.888	1.643	1.271	1.284
1988	1.116	0.697	0.487	0.353	0.081	-0.649	-1.120	-1.319	-1.499	-1.315	-1.440	-1.306
1989	-1.128	-1.271	-1.037	-0.795	-0.440	-0.239	-0.439	-0.483	-0.277	-0.314	-0.045	0.127
1990	0.232	0.555	0.945	0.442	0.638	0.491	0.133	0.140	0.384	0.280	0.390	0.357
1991	0.320	0.313	0.405	0.463	0.747	1.118	1.024	1.022	0.759	1.024	1.200	1.325
1992	1.749	1.864	1.993	2.275	2.148	1.762	1.022	0.573	0.520	0.664	0.589	0.640
1993	0.686	0.979	0.990	1.409	1.994	1.556	1.168	1.032	0.987	1.063	0.839	0.595
1994	0.349	0.197	0.174	0.465	0.557	0.808	0.889	0.769	0.903	1.419	1.290	1.229
1995	1.216	0.961	0.879	0.466	0.523	0.489	0.191	-0.164	-0.413	-0.471	-0.453	-0.546
1996	-0.630	-0.581	-0.227	-0.420	-0.130	0.053	-0.197	-0.377	-0.443	-0.394	-0.130	-0.325
1997	-0.489	-0.595	-0.222	0.535	1.170	2.339	2.826	3.038	3.049	2.417	2.575	2.368
1998	2.503	2.792	2.768	2.685	2.164	1.239	0.346	-0.360	-0.587	-0.795	-1.099	-0.941

1999	-1.094	-1.176	-1.019	-0.982	-0.660	-0.365	-0.486	-0.767	-0.974	-0.977	-1.042	-1.192
2000	-1.164	-1.207	-1.112	-0.479	0.160	-0.040	-0.169	-0.141	-0.219	-0.372	-0.712	-0.551
2001	-0.502	-0.669	-0.571	-0.091	0.221	0.032	0.292	0.366	-0.108	-0.266	-0.159	0.028
2002	-0.032	-0.176	-0.137	0.401	0.843	0.948	0.684	0.949	0.859	0.976	1.076	1.141
2003	1.199	0.937	0.831	0.365	0.088	0.089	0.165	0.267	0.459	0.519	0.536	0.349
2004	0.322	0.356	-0.056	0.285	0.518	0.283	0.527	0.665	0.531	0.497	0.815	0.665
2005	0.310	0.810	1.055	0.642	0.801	0.519	0.508	0.329	0.288	-0.149	-0.376	-0.576
2006	-0.435	-0.411	-0.533	-0.621	-0.004	0.592	0.669	0.760	0.825	0.934	1.322	0.998
2007	1.012	0.542	0.112	0.015	0.226	-0.221	-0.246	-0.409	-1.092	-1.103	-1.119	-1.129
2008	-0.968	-1.355	-1.583	-0.874	-0.352	0.160	0.730	-0.240	-0.561	-0.720	-0.502	-0.608
2009	-0.711	-0.677	-0.678	-0.109	0.366	0.894	1.001	0.991	0.805	1.038	1.088	1.041
2010	1.152	1.521	1.427	0.950	0.620	-0.269	-1.073	-1.777	-1.954	-1.896	-1.523	-1.529
2011	-1.645	-1.530	-1.511	-1.392	-0.273	-0.048	-0.050	-0.440	-0.713	-0.939	-0.886	-0.912
2012	-0.995	-0.665	-0.377	0.127	0.379	0.936	1.168	0.581	0.328	0.139	0.210	0.081
2013	0.069	-0.119	-0.128	0.069	0.116	-0.181	-0.373	-0.528	-0.095	0.135	-0.270	-0.255

Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/table.html>

Tabla 25.

Valores mensuales del PDO, calculados por el NOAA

AÑO	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC
1965	-1.24	-1.16	0.04	0.62	-0.66	-0.80	-0.47	0.20	0.59	-0.36	-0.59	0.06
1966	-0.82	-0.03	-1.29	0.06	-0.53	0.16	0.26	-0.35	-0.33	-1.17	-1.15	-0.32
1967	-0.20	-0.18	-1.20	-0.89	-1.24	-1.16	-0.89	-1.24	-0.72	-0.64	-0.05	-0.40
1968	-0.95	-0.40	-0.31	-1.03	-0.53	-0.35	0.53	0.19	0.06	-0.34	-0.44	-1.27
1969	-1.26	-0.95	-0.50	-0.44	-0.20	0.89	0.10	-0.81	-0.66	1.12	0.15	1.38
1970	0.61	0.43	1.33	0.43	-0.49	0.06	-0.68	-1.63	-1.67	-1.39	-0.80	-0.97
1971	-1.90	-1.74	-1.68	-1.59	-1.55	-1.55	-2.20	-0.15	0.21	-0.22	-1.25	-1.87
1972	-1.99	-1.83	-2.09	-1.65	-1.57	-1.87	-0.83	0.25	0.17	0.11	0.57	-0.33
1973	-0.46	-0.61	-0.50	-0.69	-0.76	-0.97	-0.57	-1.14	-0.51	-0.87	-1.81	-0.76
1974	-1.22	-1.65	-0.90	-0.52	-0.28	-0.31	-0.08	0.27	0.44	-0.10	0.43	-0.12
1975	-0.84	-0.71	-0.51	-1.30	-1.02	-1.16	-0.40	-1.07	-1.23	-1.29	-2.08	-1.61
1976	-1.14	-1.85	-0.96	-0.89	-0.68	-0.67	0.61	1.28	0.82	1.11	1.25	1.22
1977	1.65	1.11	0.72	0.30	0.31	0.42	0.19	0.64	-0.55	-0.61	-0.72	-0.69
1978	0.34	1.45	1.34	1.29	0.90	0.15	-1.24	-0.56	-0.44	0.10	-0.07	-0.43
1979	-0.58	-1.33	0.30	0.89	1.09	0.17	0.84	0.52	1.00	1.06	0.48	-0.42
1980	-0.11	1.32	1.09	1.49	1.20	-0.22	0.23	0.51	0.10	1.35	0.37	-0.10
1981	0.59	1.46	0.99	1.45	1.75	1.69	0.84	0.18	0.42	0.18	0.80	0.67
1982	0.34	0.20	0.19	-0.19	-0.58	-0.78	0.58	0.39	0.84	0.37	-0.25	0.26
1983	0.56	1.14	2.11	1.87	1.80	2.36	3.51	1.85	0.91	0.96	1.02	1.69
1984	1.50	1.21	1.77	1.52	1.30	0.18	-0.18	-0.03	0.67	0.58	0.71	0.82
1985	1.27	0.94	0.57	0.19	0.00	0.18	1.07	0.81	0.44	0.29	-0.75	0.38
1986	1.12	1.61	2.18	1.55	1.16	0.89	1.38	0.22	0.22	1.00	1.77	1.77
1987	1.88	1.75	2.10	2.16	1.85	0.73	2.01	2.83	2.44	1.36	1.47	1.27
1988	0.93	1.24	1.42	0.94	1.20	0.74	0.64	0.19	-0.37	-0.10	-0.02	-0.43
1989	-0.95	-1.02	-0.83	-0.32	0.47	0.36	0.83	0.09	0.05	-0.12	-0.50	-0.21
1990	-0.30	-0.65	-0.62	0.27	0.44	0.44	0.27	0.11	0.38	-0.69	-1.69	-2.23
1991	-2.02	-1.19	-0.74	-1.01	-0.51	-1.47	-0.10	0.36	0.65	0.49	0.42	0.09
1992	0.05	0.31	0.67	0.75	1.54	1.26	1.90	1.44	0.83	0.93	0.93	0.53
1993	0.05	0.19	0.76	1.21	2.13	2.34	2.35	2.69	1.56	1.41	1.24	1.07
1994	1.21	0.59	0.80	1.05	1.23	0.46	0.06	-0.79	-1.36	-1.32	-1.96	-1.79
1995	-0.49	0.46	0.75	0.83	1.46	1.27	1.71	0.21	1.16	0.47	-0.28	0.16
1996	0.59	0.75	1.01	1.46	2.18	1.10	0.77	-0.14	0.24	-0.33	0.09	-0.03

1997	0.23	0.28	0.65	1.05	1.83	2.76	2.35	2.79	2.19	1.61	1.12	0.67
1998	0.83	1.56	2.01	1.27	0.70	0.40	-0.04	-0.22	-1.21	-1.39	-0.52	-0.44
1999	-0.32	-0.66	-0.33	-0.41	-0.68	-1.30	-0.66	-0.96	-1.53	-2.23	-2.05	-1.63
2000	-2.00	-0.83	0.29	0.35	-0.05	-0.44	-0.66	-1.19	-1.24	-1.30	-0.53	0.52
2001	.60	.29	0.45	-0.31	-0.30	-0.47	-1.31	-0.77	-1.37	-1.37	-1.26	-0.93
2002	0.27	-0.64	-0.43	-0.32	-0.63	-0.35	-0.31	0.60	0.43	0.42	1.51	2.10
2003	2.09	1.75	1.51	1.18	0.89	0.68	0.96	0.88	0.01	0.83	0.52	0.33
2004	0.43	0.48	0.61	0.57	0.88	0.04	0.44	0.85	0.75	-0.11	-0.63	-0.17
2005	0.44	0.81	1.36	1.03	1.86	1.17	0.66	0.25	-0.46	-1.32	-1.50	0.20
2006	1.03	0.66	0.05	0.40	0.48	1.04	0.35	-0.65	-0.94	-0.05	-0.22	0.14
2007	0.01	0.04	-0.36	0.16	-0.10	0.09	0.78	0.50	-0.36	-1.45	-1.08	-0.58
2008	-1.00	-0.77	-0.71	-1.52	-1.37	-1.34	-1.67	-1.70	-1.55	-1.76	-1.25	-0.87
2009	-1.40	-1.55	-1.59	-1.65	-0.88	-0.31	-0.53	0.09	0.52	0.27	-0.40	0.08
2010	0.83	0.82	0.44	0.78	0.62	-0.22	-1.05	-1.27	-1.61	-1.06	-0.82	-1.21
2011	-0.92	-0.83	-0.69	-0.42	-0.37	-0.69	-1.86	-1.74	-1.79	-1.34	-2.33	-1.79
2012	-1.38	-0.85	-1.05	-0.27	-1.26	-0.87	-1.52	-1.93	-2.21	-0.79	-0.59	-0.48
2013	-0.13	-0.43	-0.63	-0.16	0.08	-0.78	-1.25	-1.04	-0.48	-0.87	-0.11	-0.41

Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/pdo.data>

Tabla 26.

Valores mensuales del NAO, calculados por el NOAA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	-0.65	-2.2	-1.99	0.64	-0.52	0.6	0.35	0.45	0.51	0.92	-1.88	1.18
1966	-2.54	-2.02	0.18	-0.96	0.25	1.37	0.35	-2.39	-0.29	-0.23	-0.18	0.58
1967	-1.55	-0.23	1.18	0.05	-0.87	1.72	0.44	1.73	1.05	0.59	0.5	-0.51
1968	-0.36	-1.91	0.02	-1.32	-1.58	0.64	-0.77	-0.97	-1.73	-1.99	-1.11	-1.39
1969	-1.48	-2.2	-2.04	1.52	0.56	0.86	0.6	-1.99	2.17	1.23	-1.14	-0.35
1970	-2.26	0.28	-1.41	-1.56	1.11	1.87	0.13	0	0.06	-0.49	-0.76	-1.2
1971	-1.82	-0.17	-1.28	-0.41	0.51	-1.28	0.27	1.87	0.53	1.14	-0.34	0.47
1972	-0.19	-0.08	0.35	-0.38	0.93	1.19	0.21	1.57	0.03	1.7	0.43	0.09
1973	-0.46	0.52	-0.09	-0.73	-0.36	0.7	0.6	-0.2	-0.15	-0.84	-1.11	0.21
1974	1.05	-0.6	-0.43	0.41	-0.17	0.17	-0.73	-0.95	0.95	1.04	-0.7	1.3
1975	0.17	-1.15	-1.04	-1.89	-0.43	-0.54	1.57	-0.46	1.67	-0.08	0.3	-0.09
1976	-0.8	0.61	0.38	0.14	0.94	1.11	-0.29	2.34	-1.11	0.42	0.04	-1.57
1977	-1.72	-1	-1.25	0.56	-0.75	-0.27	-0.42	-0.49	0.51	1.08	-0.21	-1.02
1978	0.26	-2.94	0.33	-1.42	1.05	1.7	-1.11	0.7	0.6	2.61	3.06	-1.54
1979	-2.12	-1.2	0.41	-2.01	-0.9	1.92	0.86	1.11	1.13	0.18	0.42	0.84
1980	-1.38	-0.39	-0.73	1.26	-1.34	-0.07	-0.39	-3.01	0.79	-1.41	-0.52	0.63
1981	-0.08	0.6	-1.65	0.25	0.24	-0.15	0.08	0.38	-1.27	-0.96	-0.53	-0.11
1982	-1.55	0.86	0.8	-0.04	-0.44	-1.34	1.18	0.21	1.86	-0.29	1.55	1.56
1983	1.34	-1.04	0.59	-1.07	-0.01	1.31	1.22	1.95	-0.95	1.22	-1.16	0.18
1984	1.42	0.37	-0.79	-0.45	0.55	-0.12	-0.04	1.35	0.31	0.43	-0.2	-0.09
1985	-2.38	-1	-0.19	0.2	-0.4	-0.5	1.25	-0.74	-0.36	1.49	-0.84	0.11
1986	0.78	-1.58	1.39	-0.79	0.84	1.54	0.15	-1.53	-0.95	2.2	2.27	0.83
1987	-1.85	-1.27	-0.26	2.03	0.96	-1.53	0.55	-1.19	-1.04	0.66	0.06	0.21
1988	0.68	0.42	-0.58	-1.42	0.64	1.19	-0.32	-0.07	-0.82	-0.66	-0.49	0.48
1989	0.85	1.82	1.54	0.16	1.33	0.03	1	-0.11	2.15	0.48	0.03	-1.15
1990	0.7	1.16	1.13	2.03	-1.37	0.29	0.56	1.12	1.18	0.76	-0.39	0.11
1991	0.49	0.74	-0.61	0.17	0.12	-0.52	-0.46	1.46	0.61	0.3	0.37	0.34
1992	-0.66	0.77	0.51	1.88	2.49	0.51	0.19	0.97	-0.28	-1.4	1.12	0.35
1993	1.35	0.12	0.3	0.91	-0.67	-0.29	-3.14	0.03	-0.41	-0.26	2.56	1.36
1994	0.7	0.08	0.92	1.1	-0.48	1.84	1.34	0.36	-1.14	-0.54	0.54	1.78

1995	0.57	0.85	0.91	-1.07	-1.33	0.44	-0.19	0.76	0.45	0.72	-1.59	-1.64
1996	-0.65	-0.52	-0.66	-0.33	-0.93	0.87	0.7	1.19	-0.69	0.15	-0.72	-1.4
1997	-1.08	1.48	1.13	-1.25	-0.21	-1.17	0.37	0.94	0.74	-1.34	-1.08	-0.98
1998	-0.05	-0.57	0.51	-0.88	-1.17	-2.44	-0.45	-0.15	-1.8	0.2	-0.43	0.72
1999	0.39	-0.11	-0.16	-1.18	0.9	1.44	-0.87	0.38	0.5	0.73	0.55	1.4
2000	0.19	1.48	0.4	-0.18	1.52	0.28	-1	-0.5	-0.06	1.51	-1.1	-0.63
2001	-0.22	0.07	-1.73	-0.15	0.03	0.11	-0.22	-0.22	-0.49	0.25	0.53	-0.86
2002	0	0.8	0.32	1.14	-0.15	0.69	0.65	0.36	-0.54	-1.97	-0.32	-0.96
2003	-0.32	0.26	-0.07	-0.34	0.06	0.24	0.16	-0.22	0.16	-0.86	0.77	0.5
2004	-0.85	-0.6	0.67	1.11	0.23	-0.59	1.16	-0.74	0.52	-0.69	0.63	1.03
2005	1.26	-0.51	-2.32	-0.47	-1.11	0.26	-0.48	0.35	0.76	-0.55	-0.46	-0.5
2006	0.97	-1.02	-1.75	1.2	-1.01	1.15	0.93	-2.35	-1.43	-1.92	0.33	1.15
2007	-0.25	-0.98	1.11	0.04	0.66	-1.01	-0.55	-0.31	0.85	1	0.48	0.23
2008	0.53	0.38	-0.32	-1.31	-1.55	-1.09	-1.24	-1.62	1.14	0.47	-0.47	-0.35
2009	-0.52	-0.38	0.19	-0.36	1.61	-0.91	-2.11	-0.37	1.62	-0.61	-0.16	-1.88
2010	-1.8	-2.69	-1.33	-0.93	-1.33	-0.52	-0.39	-1.69	-0.62	-0.5	-1.84	-1.8
2011	-1.53	0.35	0.24	2.55	-0.01	-0.98	-1.48	-1.85	0.67	0.94	1.3	2.25
2012	0.86	0.03	0.93	0.37	-0.79	-2.25	-1.29	-1.39	-0.43	-1.73	-0.74	0.07
2013	-0.11	-0.96	-2.09	0.6	0.58	0.83	0.7	1.12	0.38	-0.88	0.81	0.79

Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml#forecast>

Tabla 27.

Valores mensuales del AMO, calculados por el NOAA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	-0,193	-0,171	-0,072	-0,091	-0,093	-0,121	-0,182	-0,204	-0,216	-0,242	-0,27	-0,117
1966	-0,07	0,016	-0,004	0,05	0,007	-0,039	-0,05	-0,038	0,006	0,019	0,009	0,086
1967	0,087	0,094	-0,028	-0,009	-0,181	-0,255	-0,224	-0,159	-0,091	-0,094	-0,229	-0,147
1968	-0,241	-0,192	-0,203	-0,15	-0,118	-0,257	-0,224	-0,208	-0,144	-0,108	-0,102	-0,121
1969	-0,057	0,11	0,213	0,155	0,016	0,034	0,099	-0,095	-0,101	-0,18	-0,118	-0,026
1970	-0,005	-0,043	0,025	0,026	-0,041	-0,177	-0,194	-0,135	-0,132	-0,19	-0,234	-0,204
1971	-0,24	-0,286	-0,304	-0,407	-0,32	-0,357	-0,343	-0,429	-0,36	-0,229	-0,237	-0,302
1972	-0,311	-0,374	-0,433	-0,32	-0,463	-0,482	-0,369	-0,377	-0,296	-0,28	-0,27	-0,344
1973	-0,367	-0,387	-0,337	-0,258	-0,162	-0,168	-0,097	-0,126	-0,124	-0,209	-0,202	-0,231
1974	-0,269	-0,277	-0,394	-0,516	-0,493	-0,44	-0,508	-0,461	-0,499	-0,501	-0,419	-0,354
1975	-0,265	-0,331	-0,302	-0,338	-0,381	-0,288	-0,264	-0,178	-0,328	-0,346	-0,334	-0,314
1976	-0,377	-0,434	-0,486	-0,419	-0,48	-0,476	-0,299	-0,178	-0,185	-0,285	-0,408	-0,424
1977	-0,381	-0,325	-0,175	-0,209	-0,162	-0,099	-0,098	-0,137	-0,224	-0,216	-0,135	-0,197
1978	-0,098	-0,139	-0,15	-0,187	-0,196	-0,325	-0,268	-0,218	-0,181	-0,199	-0,111	-0,174
1979	-0,184	-0,142	-0,219	-0,228	-0,109	-0,033	-0,085	-0,106	-0,1	-0,079	-0,076	-0,05
1980	0,008	-0,069	-0,129	0,009	0,139	0,118	0,06	0,033	0,002	-0,052	-0,187	-0,239
1981	-0,167	-0,166	0,016	-0,081	-0,069	-0,047	-0,08	-0,101	-0,022	-0,172	-0,122	0,008
1982	-0,066	-0,064	-0,066	-0,168	-0,177	-0,169	-0,214	-0,294	-0,293	-0,356	-0,402	-0,365
1983	-0,283	-0,089	0,096	0,016	-0,033	-0,039	0	-0,143	-0,201	-0,181	-0,143	0,012
1984	-0,091	-0,073	-0,11	-0,142	-0,151	-0,31	-0,251	-0,211	-0,194	-0,329	-0,409	-0,303
1985	-0,339	-0,314	-0,341	-0,386	-0,322	-0,113	-0,138	-0,266	-0,232	-0,23	-0,28	-0,322
1986	-0,328	-0,26	-0,278	-0,31	-0,214	-0,246	-0,234	-0,258	-0,205	-0,304	-0,383	-0,356
1987	-0,263	-0,203	-0,018	0,044	0,083	0,218	0,294	0,294	0,209	0,061	-0,055	0,058
1988	-0,027	-0,102	0,004	0,065	0,151	0,178	0,122	0,004	-0,083	-0,159	-0,135	-0,152
1989	-0,209	-0,145	-0,241	-0,278	-0,135	0,102	0,189	0,124	-0,083	-0,112	-0,138	-0,141
1990	-0,287	-0,15	-0,167	-0,106	-0,047	-0,045	-0,01	0,064	0,158	0,124	-0,042	-0,024
1991	-0,184	-0,106	-0,058	-0,122	-0,142	-0,118	-0,096	-0,098	-0,026	-0,251	-0,25	-0,203
1992	-0,18	-0,084	-0,082	-0,174	-0,212	-0,14	-0,209	-0,371	-0,359	-0,29	-0,324	-0,275

1993	-0,23	-0,177	-0,234	-0,164	-0,154	-0,172	-0,267	-0,219	-0,155	-0,233	-0,309	-0,284
1994	-0,287	-0,299	-0,269	-0,191	-0,197	-0,212	-0,222	-0,226	-0,143	-0,05	-0,01	-0,081
1995	-0,053	-0,031	0,025	0,085	0,28	0,373	0,323	0,192	0,063	0,111	0,136	0,051
1996	-0,001	-0,023	-0,049	0,018	-0,056	-0,115	-0,096	0	0,007	-0,136	-0,165	-0,146
1997	-0,082	-0,027	0,014	0,016	0,049	0,017	0,069	0,024	0,118	0,159	0,06	0,14
1998	0,139	0,301	0,331	0,3	0,393	0,498	0,496	0,521	0,421	0,391	0,326	0,288
1999	0,06	0,066	0,078	0,061	0,171	0,189	0,207	0,316	0,194	0,026	-0,04	0,024
2000	-0,074	-0,029	0,113	0,051	0,114	-0,009	0,081	0,112	0,111	-0,031	-0,044	-0,118
2001	-0,118	-0,017	0,024	-0,003	0	0,208	0,144	0,187	0,295	0,261	0,165	0,223
2002	0,191	0,174	0,154	0,037	-0,039	-0,107	-0,056	0,116	0,089	0,121	0,029	0,014
2003	0,06	-0,003	0,122	0,089	0,161	0,215	0,286	0,425	0,461	0,436	0,233	0,234
2004	0,22	0,219	0,168	0,118	0,015	0,187	0,237	0,326	0,25	0,252	0,231	0,197
2005	0,121	0,135	0,294	0,302	0,303	0,337	0,457	0,45	0,429	0,248	0,15	0,226
2006	0,133	0,085	0,07	0,207	0,318	0,343	0,384	0,411	0,374	0,344	0,299	0,181
2007	0,181	0,227	0,137	0,169	0,122	0,098	0,139	0,065	0,108	0,168	0,186	0,121
2008	0,041	0,139	0,169	0,053	0,183	0,266	0,216	0,185	0,209	0,113	0,011	0,029
2009	-0,048	-0,154	-0,149	-0,12	-0,051	0,132	0,238	0,163	0,068	0,175	0,08	0,093
2010	0,05	0,188	0,298	0,436	0,47	0,458	0,461	0,536	0,46	0,334	0,246	0,218
2011	0,154	0,119	0,066	0,102	0,162	0,189	0,102	0,157	0,155	0,073	-0,06	-0,034
2012	-0,054	0,015	0,036	0,091	0,175	0,311	0,386	0,442	0,459	0,34	0,176	0,152
2013	0,139	0,126	0,169	0,147	0,112	0,057	0,201	0,205	0,266	0,358	0,139	0,047

Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/AMO/>

Tabla 28.

Valores trimestrales del CAR, calculados por el NOAA

AÑO	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
1965	-0.220	-0.196	-0.198	-0.245	-0.211	-0.272	-0.245	-0.181	-0.121	-0.058	0.050	0.126
1966	0.141	0.065	0.050	-0.043	-0.082	-0.060	-0.041	0.014	0.044	-0.007	-0.014	-0.178
1967	-0.184	-0.154	-0.092	-0.073	-0.116	-0.220	-0.212	-0.279	-0.212	-0.241	-0.149	-0.211
1968	-0.157	-0.251	-0.268	-0.175	-0.121	-0.182	-0.195	-0.159	-0.035	0.052	0.186	0.198
1969	0.231	0.164	0.140	0.114	0.209	0.244	0.221	0.231	0.188	0.158	0.122	0.116
1970	0.035	0.019	0.000	-0.003	-0.061	-0.080	-0.068	-0.130	-0.148	-0.169	-0.209	-0.182
1971	-0.120	-0.160	-0.284	-0.388	-0.389	-0.338	-0.366	-0.374	-0.296	-0.246	-0.102	-0.011
1972	0.001	0.019	0.034	-0.080	-0.220	-0.422	-0.369	-0.239	-0.223	-0.063	0.024	0.063
1973	0.067	0.113	0.115	0.044	0.039	-0.006	-0.031	-0.107	-0.137	-0.113	-0.139	-0.220
1974	-0.254	-0.281	-0.226	-0.244	-0.264	-0.390	-0.377	-0.359	-0.405	-0.358	-0.315	-0.273
1975	-0.229	-0.133	-0.116	-0.100	-0.134	-0.247	-0.312	-0.284	-0.310	-0.343	-0.397	-0.471
1976	-0.584	-0.487	-0.392	-0.420	-0.437	-0.391	-0.322	-0.296	-0.186	-0.216	-0.133	-0.120
1977	-0.104	-0.019	-0.018	0.056	-0.012	-0.088	-0.129	-0.143	-0.144	-0.120	-0.071	0.000
1978	0.024	0.037	0.103	0.144	0.093	0.072	0.005	0.039	0.005	0.022	-0.031	0.019
1979	0.046	0.022	0.024	-0.004	-0.031	-0.019	-0.043	-0.127	-0.167	-0.154	-0.034	0.040
1980	0.126	0.170	0.182	0.199	0.230	0.269	0.223	0.197	0.167	0.157	0.043	0.007
1981	-0.063	-0.049	0.017	0.155	0.127	0.093	0.076	0.100	0.078	0.024	0.081	0.059
1982	0.102	0.127	0.147	0.087	0.040	-0.031	-0.055	-0.035	-0.022	-0.028	0.009	0.082
1983	0.064	0.072	-0.010	0.035	0.102	0.202	0.214	0.177	0.174	0.191	0.323	0.259
1984	0.201	0.103	0.044	-0.077	-0.149	-0.247	-0.319	-0.338	-0.281	-0.224	-0.182	-0.155
1985	-0.154	-0.169	-0.153	-0.102	0.008	0.037	-0.021	-0.079	-0.088	-0.076	-0.093	-0.103
1986	-0.100	-0.102	-0.118	-0.144	-0.114	-0.112	-0.082	-0.055	-0.060	-0.037	-0.007	0.029
1987	0.082	0.114	0.047	0.025	0.037	0.174	0.227	0.295	0.247	0.266	0.285	0.199
1988	0.119	0.086	0.063	0.056	0.086	0.106	0.017	-0.113	-0.151	-0.164	-0.159	-0.086
1989	-0.160	-0.152	-0.235	-0.193	-0.159	-0.092	-0.077	-0.003	-0.003	0.031	0.023	0.058
1990	0.148	0.207	0.240	0.169	0.001	0.111	0.107	0.092	0.177	0.258	0.166	0.178

1991	0.167	0.118	0.105	0.121	0.131	0.080	0.019	0.006	-0.096	-0.228	-0.262	-0.286
1992	-0.246	-0.132	-0.138	-0.153	-0.078	-0.033	0.017	-0.020	-0.076	-0.066	-0.080	0.032
1993	-0.002	0.024	-0.089	-0.159	-0.145	-0.130	-0.008	-0.010	0.026	-0.045	-0.073	-0.100
1994	-0.033	-0.010	0.063	0.106	0.112	-0.025	-0.043	-0.077	-0.111	-0.006	0.124	0.135
1995	0.020	0.061	0.171	0.233	0.286	0.340	0.265	0.261	0.214	0.162	0.080	0.065
1996	0.026	-0.073	-0.087	-0.136	-0.136	-0.093	0.003	0.036	0.018	0.037	-0.121	-0.086
1997	-0.058	0.030	-0.006	0.032	0.026	0.161	0.275	0.189	0.104	0.011	0.021	0.116
1998	0.225	0.224	0.232	0.195	0.463	0.605	0.635	0.525	0.496	0.397	0.328	0.286
1999	0.309	0.296	0.321	0.270	0.242	0.243	0.195	0.119	0.121	0.051	-0.126	-0.174
2000	-0.161	-0.136	-0.092	-0.082	-0.057	-0.100	-0.069	0.039	0.096	0.140	0.014	0.038
2001	0.035	0.091	0.075	0.032	0.055	0.355	0.320	0.264	0.219	0.196	0.248	0.150
2002	0.222	0.206	0.239	0.311	0.296	0.215	0.177	0.091	0.149	0.190	0.195	0.128
2003	0.172	0.177	0.283	0.331	0.323	0.183	0.256	0.291	0.315	0.229	0.164	0.162
2004	0.136	0.244	0.219	0.245	0.258	0.167	0.209	0.187	0.196	0.228	0.219	0.186
2005	0.118	0.131	0.230	0.227	0.334	0.319	0.379	0.362	0.332	0.300	0.291	0.151
2006	0.154	0.170	0.192	0.152	0.072	0.043	0.183	0.197	0.259	0.229	0.135	0.187
2007	0.245	0.312	0.319	0.294	0.270	0.250	0.166	0.077	0.090	0.064	0.068	0.021
2008	-0.007	-0.017	0.016	0.068	0.153	0.062	0.079	0.068	0.115	0.079	-0.119	-0.079
2009	-0.017	0.004	0.003	0.059	0.267	0.273	0.273	0.304	0.309	0.383	0.298	0.224
2010	0.235	0.134	0.260	0.319	0.375	0.459	0.389	0.356	0.262	0.152	-0.019	-0.078

Fuente: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/CAR.data>