



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

EVALUACIÓN Y MEJORA DE PRONÓSTICOS EL NIÑO CON LA HERRAMIENTA ESTADÍSTICA CPT PARA LA REGIÓN PIURA

Kiara Tesén-Arámbulo

Piura, abril de 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Tesén, K. (2017). *Evaluación y mejora de pronósticos El Niño con la herramienta estadística CPT para la región Piura* (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



“Evaluación y mejora de pronósticos El Niño con la herramienta estadística CPT para la
región Piura”

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Kiara Aimeé Tesén Arámbulo

Asesor: Mgtr. Marina Farías Zegada

Piura, Abril 2017

A Dios; a mi madre, Ortelia; y en memoria de mi padre,
Walter, por el apoyo incondicional que me han dado para
seguir creciendo profesionalmente.

Prólogo

La región Piura, en los meses de verano durante años hidrológicos normales, puede soportar gran intensidad de lluvias estacionales. Estas pueden verse influenciadas por eventos climatológicos, como el Fenómeno El Niño (FEN), que trae consigo, precipitaciones muy por encima de lo normal, pues en años como en 1983 y 1998 se tuvo una precipitación acumulada de 2273 mm y 1850 mm, respectivamente.

El FEN puede desencadenar una serie de impactos climáticos globales, como la ocurrencia de sequías severas y precipitaciones extremas de larga duración. Por ello, en la actualidad existen entidades internacionales y nacionales dedicadas al estudio y monitoreo de parámetros oceánico-atmosféricos del FEN, encargándose también de predecir la ocurrencia del mismo.

En la actualidad, las predicciones se apoyan en modelos numéricos y estadísticos. Para la región Piura son realizadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), quien utiliza el modelo regional ETA, alimentado de dos fuentes distintas de información: predicciones meteorológicas globales procedentes de métodos numéricos, y valores reales de determinadas variables, procedentes de su red de estaciones meteorológicas.

No obstante, estas predicciones no son muy precisas pues a mediados de junio del 2015, entidades como la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) y SENAMHI predijeron, con una probabilidad de hasta 75%, la ocurrencia de un FEN fuerte para el período 2015-16 (ENFEN, 2015). Esto generó una alerta a nivel nacional, pues la ocurrencia de un evento ocasiona daños y pérdidas en nuestro país. Sin embargo, las observaciones del sistema climático a escala regional y la red pluviométrica local durante dicho año hidrológico, mostraron, con respecto a los impactos, un escenario de evento El Niño moderado, pues la precipitación acumulada en Piura alcanzó los 141.9 mm (Radar UDEP, 2016).

La indisponibilidad de una buena caracterización de la incertidumbre en la ocurrencia de lluvias es especialmente lesiva en situaciones extremas. Por tanto, el presente trabajo de tesis busca analizar el desempeño de la herramienta estadística de predicción climática, Climate Predictability Tool (CPT) ante eventos El Niño de diferentes magnitudes para la región Piura. Asimismo, se busca identificar los parámetros oceánico-atmosféricos que se relacionan directamente con las precipitaciones observadas, con la finalidad de elaborar guías de mejora en los pronósticos El Niño que favorezcan la región. Pues una modelización adecuada permitirá definir el riesgo en la toma de decisiones relacionadas

con este fenómeno. Por ejemplo, programar oportunamente las actividades de operación, mantenimiento y descolmatación de los reservorios; limpieza de cauces; programar la cédula de cultivo de la región y, por ende, ayudaría a mejorar la gestión de recursos hídricos y disminuir el riesgo de desastres.

Finalmente agradezco el apoyo de mi asesora, la Mgtr. Marina Farías Zegada, quien con sus conocimientos supo orientarme y aconsejarme para desarrollar satisfactoriamente la investigación. Además, el apoyo del Ing. Hector Yauri Quispe, especialista meteorólogo de SENAMHI Piura, por verse dispuesto a apoyar y resolver dudas con respecto al uso y funcionamiento de los modelos estadísticos de predicción climática.

Resumen

La presente tesis tiene como objetivo principal proporcionar guías para el mejoramiento de pronósticos El Niño actuales en la Región Piura, identificando los parámetros oceánico-atmosféricos que influyen en las precipitaciones observadas durante los meses más críticos; enero, febrero y marzo.

Esto, mediante la evaluación del desempeño de la herramienta estadística Climate Predictability Tool (CPT) en el pronóstico de precipitaciones para dicho trimestre. Elaborando modelos estadísticos predictivos en base a tres parámetros: la temperatura superficial del mar (TSM), observada y obtenida del modelo CFS2; y el índice ENSO, para el trimestre octubre-noviembre-diciembre; en un periodo común, 1971 – 2016; y dos regiones de interés, el Pacífico ecuatorial central (Niño 3.4) y oriental (Niño 1+2).

Concluyéndose que el modelo que mejor se ajusta es aquel en donde el predictor es la TSM observada en la región Niño 1+2, obteniéndose mayores valores en las medidas de validación. Además, este modelo refleja adecuadamente el comportamiento de la región ante las variaciones de la TSM en el Pacífico oriental. Los modos muestran que bajo condiciones de El Niño (La Niña), es decir un Pacífico muy cálido (muy frío) se producirán lluvias por encima (por debajo) de lo normal en prácticamente toda la región Piura, principalmente en la costa.

2.1.1.4.	Red de boyas a la deriva	30
2.1.2.	Satélites meteorológicos.....	30
2.2.	Medición de parámetros atmosféricos.....	32
2.2.1.	Medición in situ.....	32
2.2.1.1.	Estaciones meteorológicas	32
2.2.1.2.	Radars.....	33
2.2.2.	Satélites meteorológicos.....	34
2.2.2.1.	Satélites Meteorológicos de órbita polar.....	34
2.2.2.2.	Satélites meteorológicos geoestacionarios.....	35
Capítulo 3	Herramienta estadística CPT	37
3.1.	Tipos de modelos	37
3.1.1.	Modelos numéricos	37
3.1.2.	Modelos estadísticos	38
3.2.	Herramienta estadística CPT	39
3.2.1.	Interfaz de CPT	39
3.2.2.	Descarga de datos.....	40
3.2.2.1.	TSM observada	40
3.2.2.2.	TSM pronosticada.....	43
3.2.2.3.	Índice ENSO	44
3.2.3.	Formato de archivos de entrada de CPT	45
3.2.4.	Correlación de datos.....	46
3.2.4.1.	Estudio diagnóstico.....	46
3.2.4.2.	Modelo predictivo.....	47
3.2.5.	Selección de archivos de entrada	47
3.2.6.	Tratamiento de valores faltantes	49
3.2.7.	Ejecución de los modelos	51
3.2.8.	Resultados de los modelos	51
3.2.9.	Recopilación de resultados.....	54
Capítulo 4	Correlación de parámetros oceánico-atmosféricos y precipitación en la región Piura	55
4.1.	Condiciones iniciales de los modelos.....	55
4.1.1.	Regiones de monitoreo.....	55
4.1.2.	Parámetros oceánico-atmosféricos.....	55
4.1.3.	Datos de precipitación en la región Piura.....	56
4.1.4.	Umbrales reales	57
4.1.5.	Valores faltantes.....	57
4.1.6.	Modos canónicos.....	58
4.1.7.	Medidas de validación.....	58
4.1.8.	Zonas geográficas de la región Piura	58
4.2.	Estudios diagnósticos	59
4.2.1.	Correlación de la TSM observada y precipitación observada.....	59
4.2.1.1.	Enero	59
4.2.1.2.	Febrero	61
4.2.1.3.	Marzo	63

4.2.2.	Correlación del Índice ENSO y precipitación observada.....	64
4.2.2.1.	Enero	64
4.2.2.2.	Febrero	66
4.2.2.3.	Marzo	68
4.3.	Modelos predictivos	69
4.3.1.	Correlación de la TSM observada y precipitación observada	70
4.3.1.1.	Región Niño 1+2	70
4.3.1.2.	Región Niño 3.4	72
4.3.2.	Correlación de la TSM pronosticada y precipitación observada.....	74
4.3.2.1.	Región Niño 1+2	74
4.3.2.2.	Región Niño 3.4	75
4.3.3.	Correlación del Índice ENSO y precipitación observada.....	77
4.3.3.1.	Región Niño 1+2	77
4.3.3.2.	Región Niño 3.4	77
4.3.4.	Selección de los mejores pronósticos	79
4.3.4.1.	Pronósticos con validación cruzada	79
4.3.4.2.	Pronóstico 2017.....	89
	Capítulo 5 Guías de mejora para pronósticos El Niño	93
	Conclusiones y recomendaciones	97
	Referencias bibliográficas	101
	Anexos.....	107
	Anexo A - Índices de ENSO.....	108
	Anexo A 1 – Índice de ENSO multivariado desde 1950 al 2016.....	108
	Anexo A 2– Índice Costero El Niño (°C) desde 1950 al 2016	111
	Anexo B - Estaciones meteorológicas en la región Piura.....	114
	Anexo C – Datos de precipitaciones por estación	118
	Anexo D - Resultados de los estudios diagnósticos	138
	Anexo D 1 - Medidas de validación para la precipitación del mes de enero, tomando la TSM de las regiones Niño 1+2 y 3.4.....	138
	Anexo D 2 - Medidas de validación para la precipitación del mes de febrero, tomando la TSM de las regiones Niño 1+2 y 3.4.....	139
	Anexo D 3 - Medidas de validación para la precipitación del mes de marzo, tomando la TSM de las regiones Niño 1+2 y 3.4.....	140
	Anexo D 4 - Medidas de validación para la precipitación del mes de enero, tomando el índice ENSO de las regiones Niño 1+2 y 3.4.....	141
	Anexo D 5 - Medidas de validación para la precipitación del mes de febrero, tomando el índice ENSO de las regiones Niño 1+2 y 3.4.....	142
	Anexo D 6 - Medidas de validación para la precipitación del mes de marzo, tomando el índice ENSO de las regiones Niño 1+2 y 3.4.....	143
	Anexo E - Resultados de los pronósticos.....	144
	Anexo E 1 - Medidas de validación para pronósticos del trimestre EFM, tomando la TSM observada de las regiones Niño 1+2 y 3.4	144
	Anexo E 2 - Medidas de validación para pronósticos del trimestre EFM, tomando la TSM pronosticada de las regiones Niño 1+2 y 3.4	145

Anexo E 3 - Medidas de validación para pronósticos del trimestre EFM, tomando el índice ENSO de las regiones Niño 1+2 y 3.4	146
Anexo F – Valores de pronósticos con validación cruzada para el periodo 1972-2019	147
.....	147
Anexo F 1 – Modelo predictivo 1	147
Anexo F 2 – Modelo predictivo 2	151
Anexo G - Valores de las anomalías de la TSM en las regiones Niño 1+2 y 3.4 para los años 1982-83, 1997-98, 2015-16, 2016-17	155
Anexo H –Pronóstico para el trimestre EFM de 2017.....	156
Anexo H 1 – Rango de valores de pronóstico del modelo 1	156
Anexo H 2 - Precipitación observada del trimestre EFM 2017	156

Introducción

Justificación y antecedentes

Los indicadores de las condiciones atmosféricas, tales como la temperatura de la superficie terrestre, precipitación, presión atmosférica, humedad y vientos, son los factores de mayor importancia en el comportamiento de los sistemas hidrometeorológicos que caracterizan a una determinada región, influyendo en la disponibilidad de recursos hídricos. En la región Piura, y especialmente en el ámbito de las cuencas hidrográficas de los ríos Chira y Piura, que ocupan el 67% del territorio de la región, el comportamiento pluvial está muy influenciado por anomalías climáticas como el ENSO (El Niño Southern Oscillation - El Niño Oscilación del Sur) y otras ondas atmosféricas que, en conjunto, modulan la distribución de la lluvia, en cuanto a intensidad y acumulación.

Eventos El Niño, considerados de magnitud muy fuerte, como los de 1982-83 y 1997-98, han permitido que, a lo largo de los años especialistas alrededor del mundo puedan estudiarlo. Capel Molina (1998) en su libro expone el impacto climático global que tuvo el FEN 1997-98, en donde estudió aspectos científicos oceánico-atmosféricos del fenómeno, llegando a establecer semejanzas entre las anomalías de los parámetros entre este evento y el FEN de 1982-83.

En adición a ello, existen entidades internacionales y nacionales encargadas del estudio, monitoreo y predicción del FEN. Tal es el caso, del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), en Inglaterra, que opera el modelo de pronóstico meteorológico Integrated Forecast System (IFS), el cual es uno de los modelos de escala media sinóptica más utilizado en el mundo.

En Perú, el Centro de Predicción Numérica (CPN) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) utiliza dos fuentes distintas de información: predicciones meteorológicas globales procedentes del modelo Global Forecast System (GFS) y valores reales de determinadas variables, procedentes de su red de estaciones meteorológicas. En base a estos emite pronósticos teóricos con respecto a las precipitaciones en las diferentes zonas geográficas del Perú. Sin embargo, el modelo numérico regional utilizado, ETA, aún no es muy preciso. Por ello, existen investigaciones como la de Avalos (2009), donde se buscó evaluar dicho modelo en la predicción de la precipitación durante los periodos lluviosos 2002 y 2003 sobre las regiones de Costa, Sierra y Selva del Perú.

Una de las desventajas de los modelos numéricos es que, las predicciones son hechas para grandes áreas y generalmente no son relevantes para ubicaciones específicas o de una

escala más reducida. De ahí que dichas predicciones necesiten ser ajustadas para que puedan ser aplicadas a nivel local. Este proceso es conocido como disminución de escala (downscaling) e involucra una corrección estadística de las predicciones de los modelos de circulación general (Fallas & Alfaro, 2012).

Por ello, en contribución a los modelos numéricos, entidades como el IRI (The International Research Institute for Climate and Society) diseñó, en 1977, la herramienta estadística Climate Predictability Tool (CPT). Ésta en la actualidad viene siendo empleada por alrededor de 23 países del Caribe y América Central para monitorear sequías y otros eventos climáticos (Science and Development Network, 2015), mediante la elaboración de modelos estadísticos. Pudiendo así, descargar el software y los datos de parámetros oceánico-atmosféricos en la página web del IRI.

Por lo expuesto, el presente trabajo de tesis busca analizar el desempeño de la herramienta estadística de predicción climática, CPT ante eventos El Niño de diferentes magnitudes en los meses donde se observan grandes precipitaciones para la región Piura: enero, febrero y marzo, identificando también los parámetros oceánico-atmosféricos que se relacionan directamente con las precipitaciones observadas. Lo cual conlleve a proporcionar guías para el mejoramiento de pronósticos actuales, pues una modelización adecuada de la incertidumbre que se maneja en la predicción se convierte también en información muy útil en la toma de decisiones, en función de que cierto periodo pueda ser seco, normal o muy húmedo.

Objetivos

El objetivo principal de la tesis es proporcionar guías para el mejoramiento de pronósticos actuales, mediante la evaluación del desempeño de la herramienta estadística CPT en el pronóstico de precipitaciones en la región Piura, ante eventos El Niño de diferentes magnitudes.

Además, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Búsqueda y organización de información de la infraestructura para el recojo de datos de parámetros oceánico-atmosféricos utilizados en organizaciones internacionales comparados con organizaciones nacionales.
- Búsqueda y organización de información de SENAMHI sobre predicciones meteorológicas y variables reales medidas en la región Piura.
- Correlación entre los parámetros oceánico-atmosféricos y las precipitaciones observadas en eventos El Niño en la región Piura.
- Predicciones climáticas mediante el manejo del software CPT.
- Análisis de correlación entre los parámetros oceánico-atmosféricos y las precipitaciones observadas en eventos El Niño para la región Piura.

Metodología

Como inicio de toda investigación, se hará una búsqueda de información relacionada al FEN, con el propósito de estudiar y conocer los parámetros de medición que son utilizados para la predicción del mismo y la infraestructura regional y global disponible para la toma de datos de los parámetros oceánico-atmosféricos.

Se analizará la herramienta estadística a utilizar, CPT, para entender como realiza el tratamiento de variables al momento de correlacionar los datos.

Con la finalidad de identificar qué parámetros oceánico-atmosféricos se encuentran directamente relacionados con las precipitaciones observadas en eventos El Niño, en diferentes tipos de años hidrológicos; se correlacionarán tres parámetros; la temperatura superficial del mar, observada y pronosticada (obtenida del modelo CFS2), y el índice ENSO; con las precipitaciones observadas en la región Piura. Esta correlación se hará teniendo en cuenta los valores de las variables mencionadas en diferentes trimestres: para los parámetros oceánico-atmosféricos el trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND) y para la precipitación observada, enero-febrero-marzo (EFM).

Se realizarán dos tipos de análisis: estudios diagnósticos y modelos predictivos. El primero para encontrar las mejores correlaciones entre las variables y poder completar valores faltantes en la data original de precipitación observada en la región Piura. El segundo para encontrar el modelo que más se adecue a un buen pronóstico de lluvias para el trimestre EFM.

Para ello, se usarán los datos de precipitaciones de 20 estaciones activas de SENAMHI y los parámetros oceánico-atmosféricos de la base de datos del IRI. Ambos para el periodo de 1971 a 2016.

Se sabe que existe mucha incertidumbre en la predicción del FEN, por ello la investigación concluirá con la elaboración de guías de mejora en los pronósticos El Niño que favorezcan la región Piura.

Capítulo 1

Fenómeno El Niño

1.1. Definición de Fenómeno El Niño

Existen diversas definiciones para el Fenómeno El Niño (FEN), un claro ejemplo de ello es que, en nuestros diálogos cotidianos hace referencia al evento climatológico que causa fuertes inundaciones en la costa norte del Perú (UDEP).

El Niño y la Oscilación del Sur son dos características de la perturbación del sistema océano-atmósfera, que a partir de ahora nos referiremos como ENSO (Philander, 1990). Este fenómeno ocurre en el Océano Pacífico ecuatorial, franja oceánica cercana al ecuador, y contribuye a cambios significativos del clima en todo el mundo. Generalmente empieza y termina en la misma época del año, es decir, en el hemisferio sur suele empezar en invierno y alcanza su máximo en el invierno siguiente (SENAMHI, 2014).

1.1.1. El Niño

El Niño es la parte oceánica del fenómeno, y la palabra fue tomada de la que usaban los pescadores de la costa de América del Sur para referirse a la aparición de aguas inusualmente cálidas en el Océano Pacífico (Figura 1-1), que ocurre alrededor de la Navidad (SENAMHI, 2014).

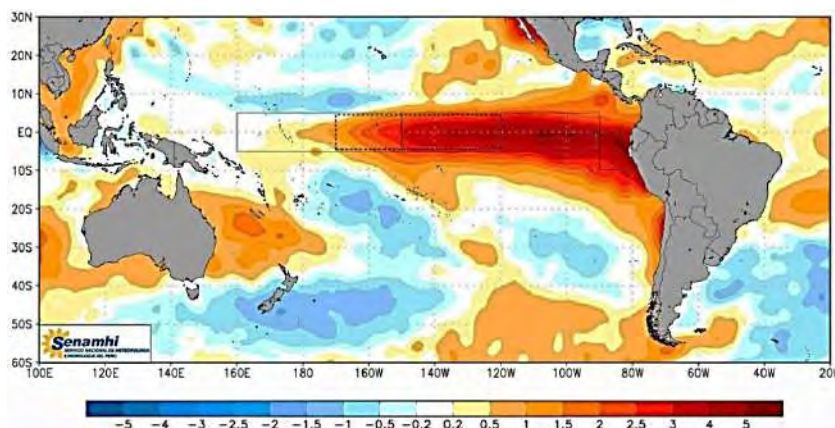


Figura 1-1 Anomalía de la temperatura superficial del mar (en °C) durante "El Niño muy fuerte" del año 1997 (Diciembre de 1997).

Fuente: (SENAMHI).

1.1.2. Oscilación del Sur

La Oscilación del Sur es la parte atmosférica del fenómeno, que conceptualmente representa el cambio de altas a bajas presiones que se da en los polos de la célula de circulación de Walker durante los episodios de El Niño (SENAMHI, 2014).

La circulación de Walker, es una circulación atmosférica de este a oeste, caracterizada por el aumento de aire por encima de Indonesia y el Pacífico occidental y aire descendente por encima del Pacífico oriental (Figura 1-2).

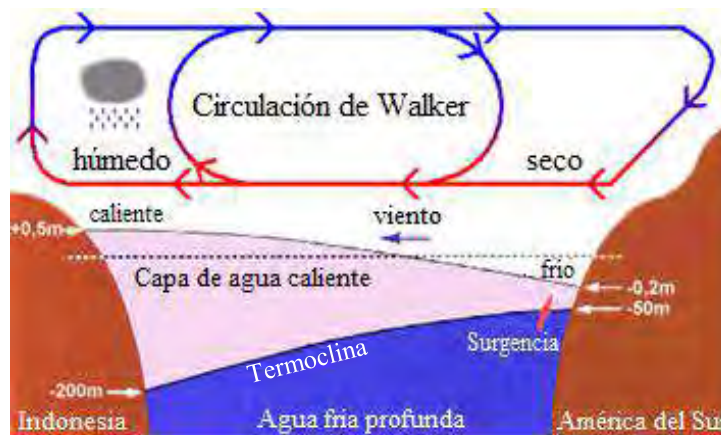


Figura 1-2 Condiciones normales de circulación de Walker.
Fuente: (Instituto de Tecnologías Educativas, 2012).

Por lo tanto, el término “Oscilación del Sur” se refiere a la variabilidad de la fuerza del sistema de circulación de Walker y se cuantifica a través del índice de oscilación del sur (IOS). Durante un FEN existe un debilitamiento de la circulación de Walker, lo que conduce a condiciones más secas en la región del Pacífico Occidental (Figura 1-3).

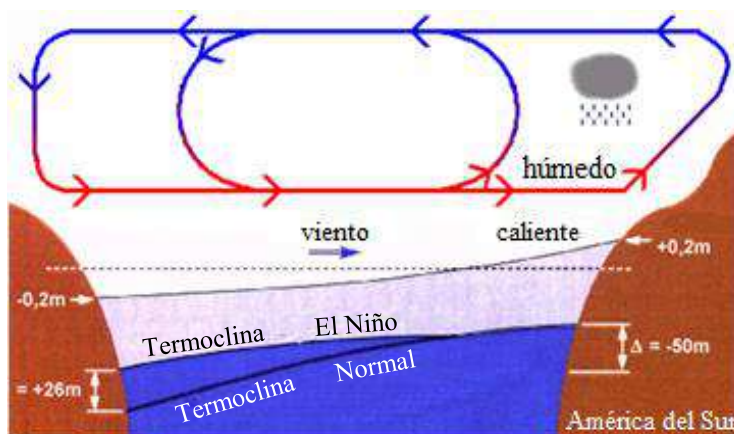


Figura 1-3 Condiciones El Niño de circulación de Walker.
Fuente: (Instituto de Tecnologías Educativas, 2012).

1.2. Condiciones ENSO

Como ya se había mencionado anteriormente, El Niño resulta de la dinámica interna del sistema acoplado océano-atmósfera que determina el inicio y la terminación de los eventos. Los procesos físicos son complicados, pero implican la interacción aire-mar y las olas oceánicas inestables a escala planetaria (NOAA).

1.2.1. Parámetros de monitoreo

Los parámetros mencionados en la Tabla 1-1 y la Tabla 1-2 han sido tomados en base a los Boletines Informativos de Monitoreo del Fenómeno “El Niño/La Niña” emitidos por SENAMHI mensualmente.

Tabla 1-1 Parámetros Oceanográficos

Parámetro	Abreviación	Unidad de medida
Temperatura superficial del mar	TSM	°C
Temperatura sub-superficial del mar	TSSM	°C
Profundidad de termoclina	-	M
Nivel de la superficie del mar	-	Cm
Corrientes marinas	-	m/s
Ondas oceánicas	-	m/s

Fuente: (SENAMHI).

Elaboración: Propia.

Tabla 1-2 Parámetros Atmosféricos

Parámetro	Abreviación	Unidad de medida
Presiones atmosféricas	-	mbar
Vientos de superficie	-	m/s y azimut
Vientos de altura	-	m/s y azimut
Humedad	-	%
Nubosidad	-	%
Precipitaciones	-	mm

Fuente: (SENAMHI).

Elaboración: Propia.

En adición a los parámetros mencionados, existen condiciones atmosféricas que sirven para la caracterización, cuantificación y monitoreo de un FEN:

1.2.1.1. Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)

La ZCIT es la región que rodea la Tierra cerca del ecuador, donde convergen los vientos alisios de ambos hemisferios, norte y sur (Figura 1-4). Al norte del ecuador, el aumento de la insolación solar y el agua tibia calientan el aire de la ZCIT, aspirando aire desde el norte y el sur haciendo que el aire se eleve. A medida que el aire se eleva se enfría, liberando la humedad acumulada en una serie casi perpetua de tormentas eléctricas.

En verano la ZCIT alcanza su posición más austral, ubicándose entre los 2°N a 5°N sobre el Pacífico y 10°S en el continente. Durante el invierno su posición es más boreal, alcanzando hasta los 15°N sobre el Pacífico y hasta los 10°N sobre el Atlántico (Figura 1-5) (Zambrano, 1998).

Dependiendo de su posición, determina las estaciones lluviosas o secas en el territorio peruano. El desarrollo de un ENSO va asociado a un desplazamiento anómalo hacia el sur de la ZCIT, entre 2° y 5°S, en la costa occidental de Sudamérica. Grandes precipitaciones

propias de la Convergencia Intertropical se desencadenan en Ecuador y Perú hasta aproximadamente 7°S (Capel M., 1998).

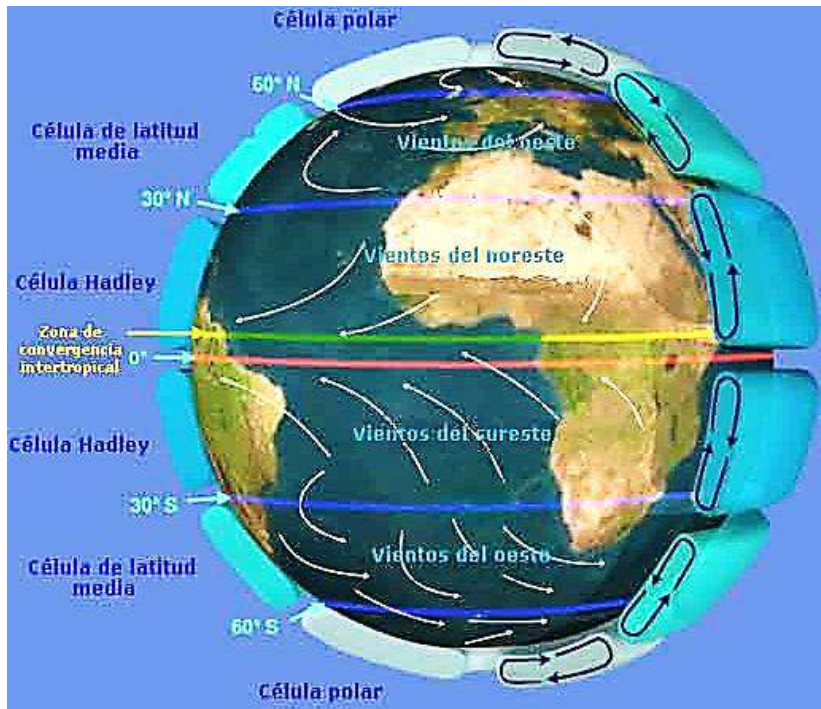


Figura 1-4 Ubicación esquemática de la zona de convergencia intertropical.
Fuente: (Wikipedia).

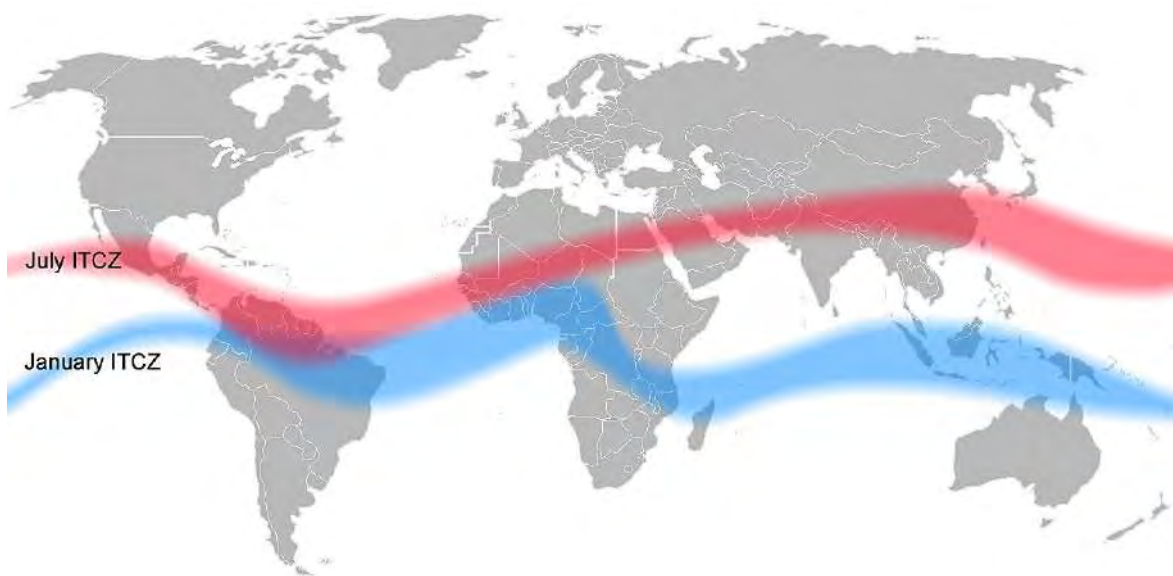


Figura 1-5 Zona de convergencia intertropical durante el verano boreal (en rojo) y el verano austral (en azul).
Fuente: (Wikipedia).

Sin embargo, los datos de los sensores del satélite Quick Scatterometer de la NASA han identificado una doble estructura de la ZCIT. La primera, o clásica, se pone de manifiesto con amplias zonas nubosas, al norte del ecuador, al converger los vientos alisios del norte y sur. La segunda zona se produce al sur del ecuador por convergencia de los propios vientos alisios del sur (Figura 1-6).

Dicha variación es importante para el mundo, ya que afecta la circulación atmosférica norte-sur, que redistribuye la energía, dando lugar a precipitaciones en muchas naciones ecuatoriales, lo que resulta en estaciones secas y húmedas de los trópicos en lugar de las estaciones frías y cálidas de latitudes más altas. Cambios a largo plazo en la ZCIT pueden dar lugar a graves sequías o inundaciones en las zonas cercanas (NASA, 2001).

"La doble estructura de la ZCIT, sólo se identifica en los océanos Pacífico y Atlántico, de manera limitada y estacional" dijo Timothy Liu, del Jet Propulsion Laboratory de la NASA.

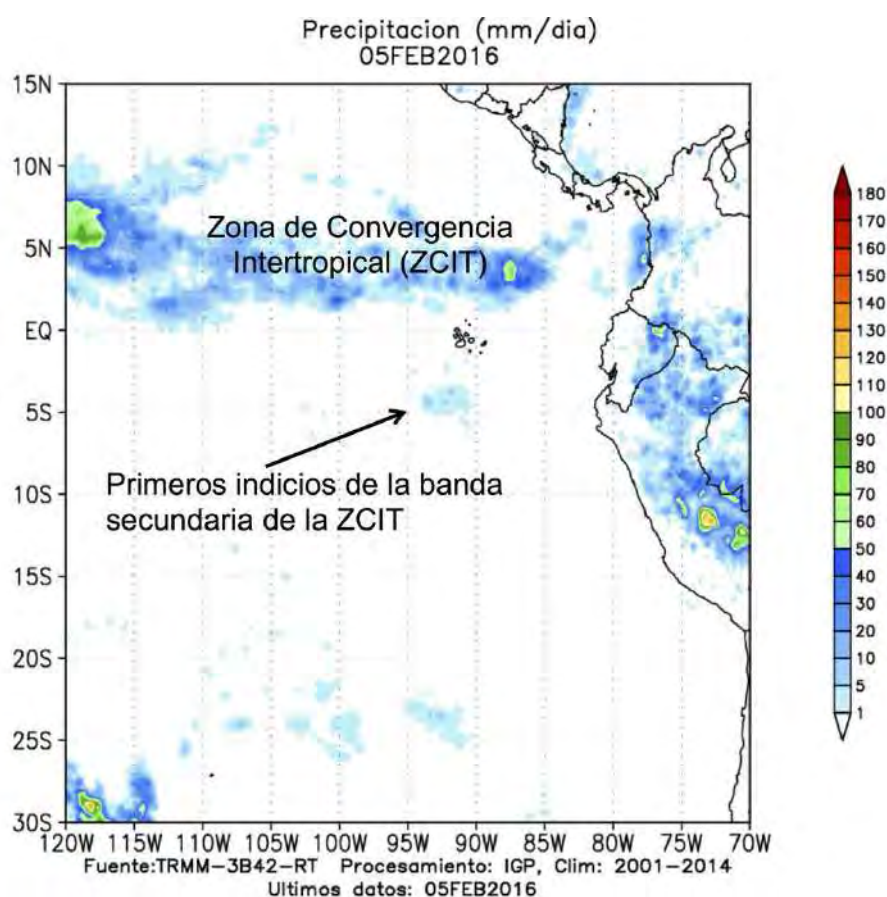


Figura 1-6 Doble estructura de la ZCIT en febrero del 2016.

Fuente: (ENFEN).

La mayoría de las veces, la zona sur de la ZCIT es más débil que la norte, por lo que es difícil de detectar. La razón de su debilidad se debe a que los vientos soplan sobre zonas marítimas más frías y el aire es incapaz de generar grandes masas nubosas. Además, las aguas frías debilitan los vientos superficiales en su desplazamiento hacia el ecuador.

1.2.1.2. Radiación de Onda Larga (ROL)

Este índice presenta una correlación alta con los procesos convectivos asociados a la ZCIT y por consiguiente con las anomalías estimadas de la precipitación y muy singularmente en los territorios sudamericanos de Ecuador y Perú.

Se obtiene a través de los satélites meteorológicos norteamericanos y se ha generalizado su uso como una excelente señal de la precipitación en Perú y Ecuador. Los valores negativos

de este índice reflejan zonas con mayor nubosidad de lo normal representando precipitaciones por encima de lo normal; mientras que valores positivos reflejan zonas con menor nubosidad indicativo de precipitaciones por debajo de lo normal (Capel M., 1998).

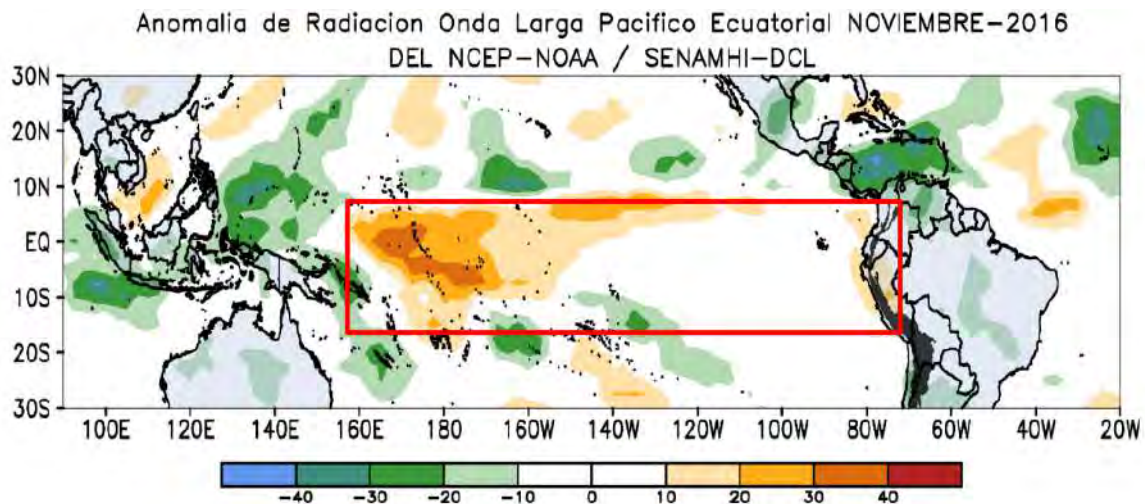


Figura 1-7 Anomalías de ROL en w/m^2 . Valores negativos (positivos) de ROL, coloración verde-azul (amarillo - rojo).
Fuente: (SENAMHI).

1.2.1.3. Índice de Oscilación del Sur (IOS)

El IOS es utilizado para cuantificar la fuerza de un evento ENSO. Es una medida basada en la presión atmosférica, pues se calcula a partir de la diferencia entre la presión a nivel del mar en la isla de Tahití y Darwin (Figura 1-8) (Philander, 1990). La isla de Tahití se utiliza como punto representativo del comportamiento de la presión atmosférica en la parte central-oriental del Océano Pacífico tropical; por su parte, Darwin se utiliza como el punto representativo de la presión atmosférica de la parte occidental. (Poleo, 2015).

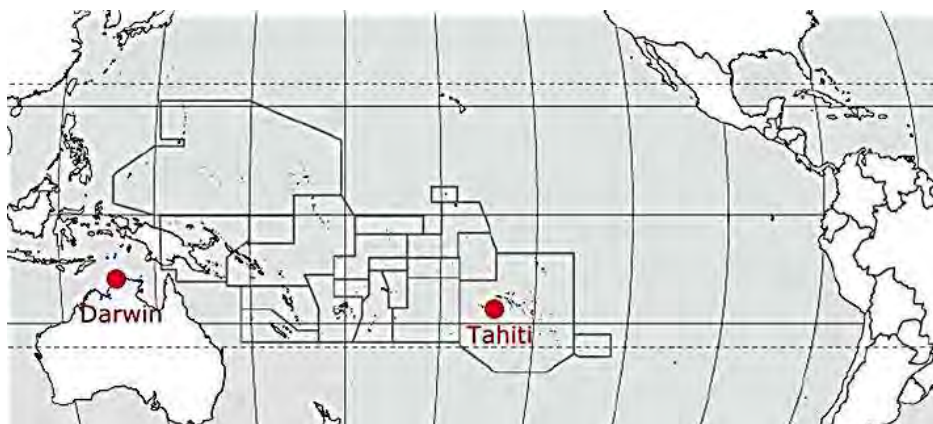


Figura 1-8 Puntos en donde se mide el IOS: Tahití (Polinesia Francesa) y Darwin (Norte de Australia).

Fuente: (Instituto de Tecnologías Educativas, 2012).

Utilizado internacionalmente por la comunidad científica como indicador cuantitativo del fenómeno (Figura 1-9), posee, no obstante, algunas deficiencias inherentes a su propia definición, debido a que anomalías de la presión atmosférica en dos observatorios puntuales no tienen siempre que reflejar las condiciones meteorológicas de la atmósfera en

un espacio geográfico tan extenso como es el dominio ecuatorial y subecuatorial, entendido por tal, la región oceánica entre 10°N y 10°S (Capel M., 1998).

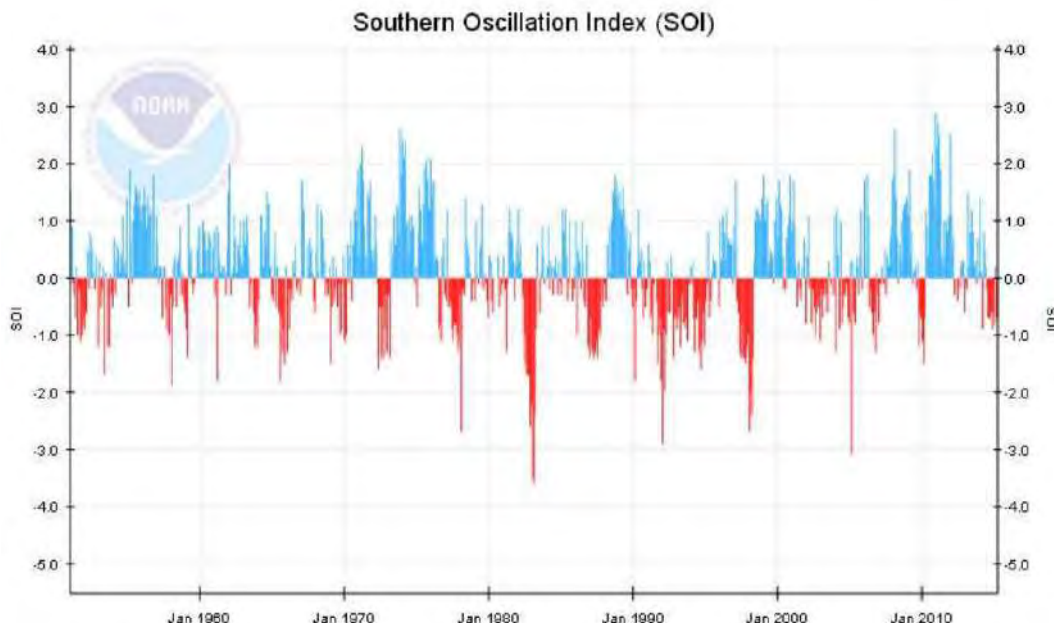


Figura 1-9 Gráfica del IOS de 1950 a 2015. Las barras azules (rojas) representan que la presión atmosférica en Tahití es mayor que la de Darwin (presión en Darwin es mayor que en Tahití).

Fuente: (Poleo, 2015).

1.2.2. Interacción océano atmósfera en el Océano Pacífico

La información tomada para describir las condiciones ENSO proviene del registro que se produjo en dos de los más grandes FEN, en 1982-83 y en 1997-98 (NOAA).

El Niño y La Niña son fases opuestas del ciclo de ENSO, por ello, La Niña es denominada también la fase fría del ENSO y El Niño, la fase cálida.

- Condiciones normales

Los vientos alisios soplan hacia el oeste a lo largo del ecuador desde América del Sur hacia Asia en el Océano Pacífico tropical. Estos vientos acumulan las aguas superficiales cálidas en Asia, de manera que la superficie del mar es de aproximadamente medio metro más alta en Indonesia que en Ecuador.

La temperatura de la superficie del mar es de aproximadamente 8°C más cálido en la costa de Asia que en el Pacífico oriental, debido a un afloramiento de agua fría a los niveles más profundo en el Pacífico este.

En la Figura 1-10, la banda azul representa la termoclina, profundidad del agua a 20°C. Durante un año normal se inclina hacia arriba desde Asia hacia América del Sur.

Las características anteriormente descritas muestran que las lluvias se localizan en el sureste de Asia, pues la formación de nubes y la precipitación consecuente está

asociada al aire ascendente que proviene del calentamiento del agua en esa zona del Pacífico, mientras que en el Pacífico oriental es relativamente seco.

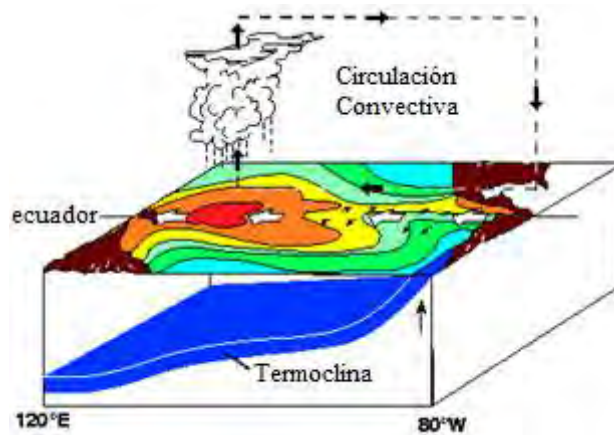


Figura 1-10 Condiciones normales, No Niño.
Fuente: (NOAA).

- Condiciones El Niño

Los vientos alisios se debilitan en el Pacífico central y occidental, provocando un aplanamiento de la termoclina debido a una depresión de la misma en el Pacífico oriental, y una elevación en el oeste (Figura 1-11).

Durante un FEN, el máximo de temperatura superficial del mar que había en la zona occidental gradualmente se desplaza hacia el este y, alrededor de seis meses después, alcanza la costa de América del Sur, en el extremo este del Pacífico. El desplazamiento del máximo de temperatura superficial del mar va acompañado de un enfriamiento relativo en el Pacífico occidental, es decir, cerca de Asia.

Las observaciones en 110°O muestran, por ejemplo, que durante 1982-83, la isoterma de 17°C descendió a unos 150 metros de profundidad. Esto reduce la eficiencia de la surgencia para enfriar la superficie. El resultado es un aumento de la temperatura superficial del mar.

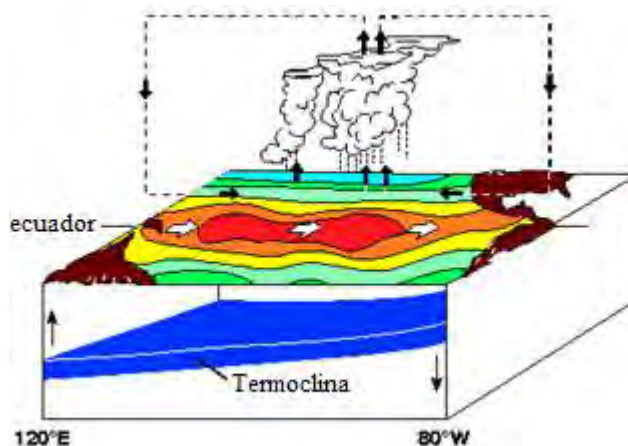


Figura 1-11 Condiciones El Niño.
Fuente: (NOAA).

- Condiciones La Niña

La Niña se caracteriza por temperaturas oceánicas inusualmente frías en el Pacífico ecuatorial. Durante un evento La Niña, las aguas cálidas se mueven hacia el oeste, y la pendiente de la termoclina se agudiza (Figura 1-12).

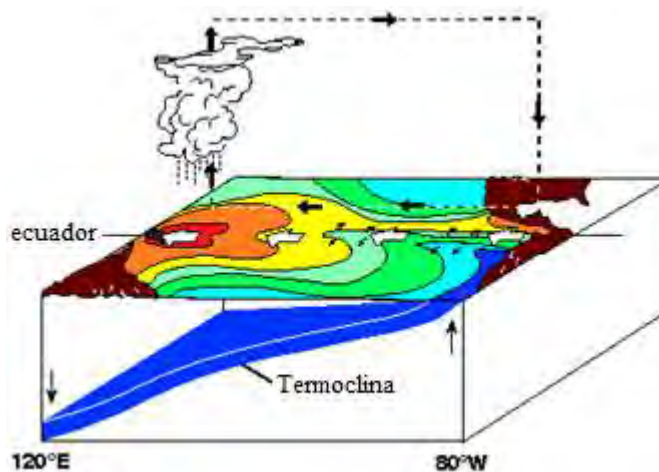


Figura 1-12 Condiciones La Niña.

Fuente: (NOAA).

1.2.3. Ondas oceánicas

La depresión profunda de la termoclina y el alto nivel del mar que se produce en la costa de América del Sur durante la primavera boreal, se cree, es debido a una resonancia entre dos conjuntos de ondas Kelvin ecuatoriales que llegan al mismo tiempo; las generadas al oeste del Pacífico ecuatorial durante finales del otoño boreal y las generadas al este del Pacífico ecuatorial durante enero-febrero. Sin embargo, el calentamiento extremo en la costa americana, con los picos de temperatura superficial del mar que ocurre en abril-mayo, es causado principalmente por el calentamiento local de la capa por encima de la termoclina. La expansión del agua costera anormalmente cálida hacia el oeste durante el verano y otoño boreal podría ser causada por la advección asociada con las ondas ecuatoriales Rossby viajando hacia el oeste que se generan en la costa por las ondas de Kelvin incidentes (Mysak, 1986).

1.2.3.1. Ondas Kelvin

Cuando los vientos alisios se debilitan en varias zonas del Pacífico ecuatorial, pueden generarse ondas Kelvin oceánicas ecuatoriales cálidas, ondas de gravedad modificadas por la rotación de la Tierra, que se propagan hacia las costas sudamericanas.

Las ondas Kelvin se forman cerca de Indonesia en una zona denominada como piscina caliente, el área más grande de aguas cálidas de nuestro planeta. Estas ondas viajan hacia el este en dirección a Sudamérica (Figura 1-13), generando ondas Kelvin costeras que se propagan tanto al norte como al sur a lo largo de las costas occidentales de Norte y Sudamérica profundizando la termoclina. Su velocidad de propagación es en promedio de 2 a 3 m/s, por lo que su arribo desde el centro del Pacífico ecuatorial hasta las costas peruanas demora alrededor de dos meses (SENAMHI, 2014).

Llegan a variar la profundidad de la termoclina en aproximadamente 30 metros, y el volumen de agua cálida en la masa cálida del Pacífico occidental, mientras que, en la parte oriental de la cuenca, aumenta el volumen del agua cálida (Glantz, 1998).

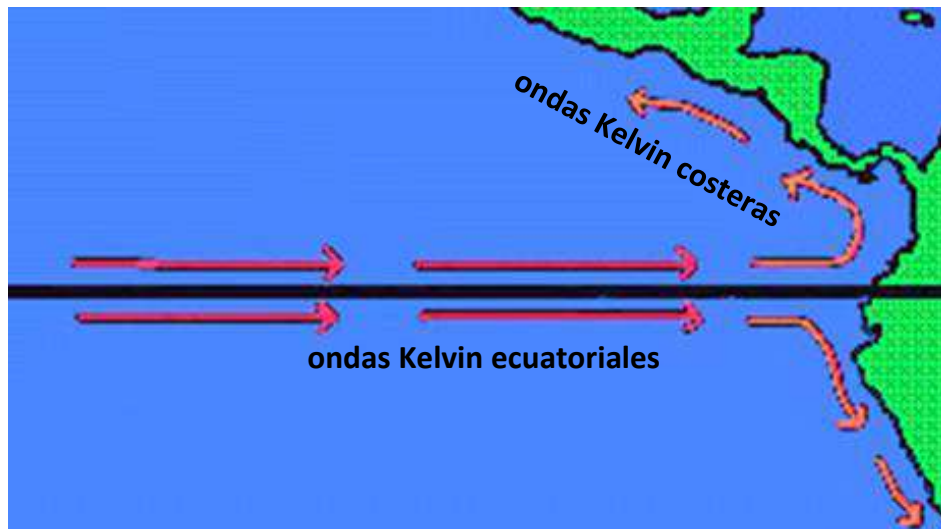


Figura 1-13 Propagación de las ondas Kelvin.

Fuente: (Department of Oceanography Naval Postgraduate School, 2001).

1.2.3.2. Ondas Rossby

La propagación de la onda Kelvin en la costa de Sudamérica genera una onda Rossby, onda interna que se mueve al oeste (Figura 1-14) y que viaja a un tercio de la velocidad de la onda Kelvin, demorando así, cerca de nueve meses en cruzar el Pacífico, ocasionando una depresión de la termoclina en la región del Pacífico occidental (Glantz, 1998).

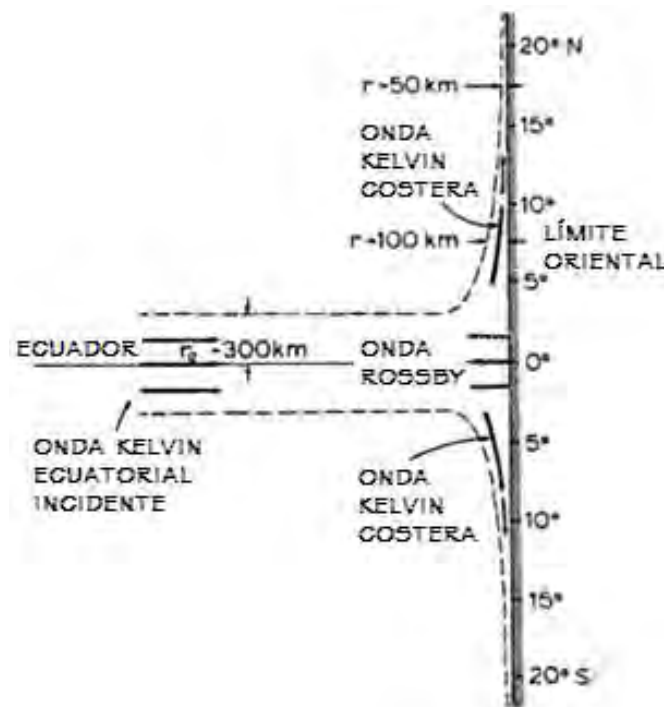


Figura 1-14 Propagación de las ondas Rossby.

Fuente: (Mysak, 1986).

1.3. Regiones de monitoreo El Niño

Los científicos han identificado cuatro regiones en el Pacífico ecuatorial que consideran que requieren atención especial con respecto a las observaciones y monitoreo de los procesos El Niño (Glantz, 1998). De oeste a este, las regiones son: Niño 4, Niño 3.4, Niño 3 y Niño 1+2 (Figura 1-15) (Jiménez S., 2008).

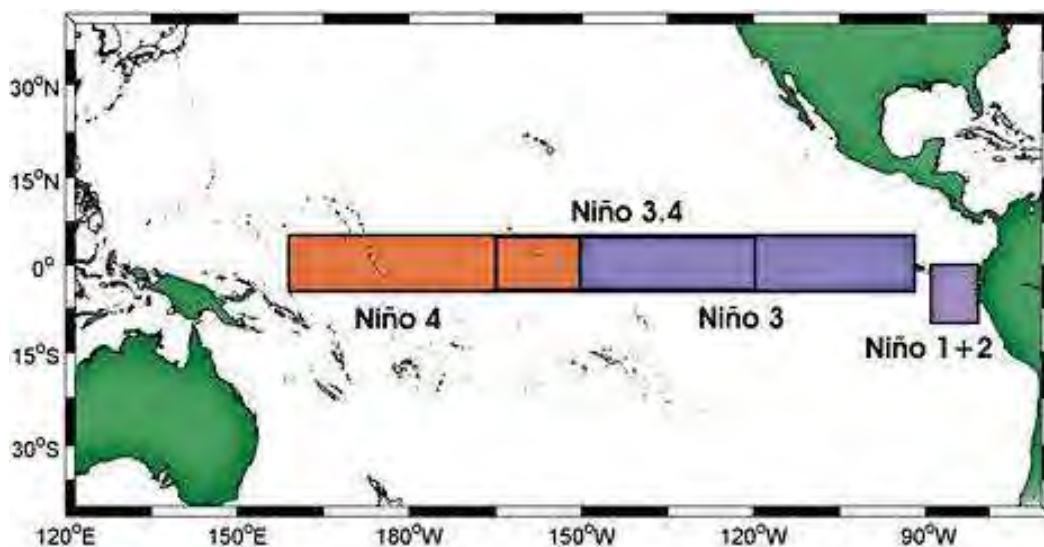


Figura 1-15 Regiones de monitoreo El Niño.

Fuente: (INOCAR).

- Regiones Niño 3 y 4

Las regiones Niño 3 y 4 están ubicadas en el lado oriental y occidental del Pacífico, respectivamente, y se caracterizan por presentar las máximas anomalías de la temperatura superficial del mar.

- Región Niño 3.4

Es una subregión comprendida entre las regiones Niño 3 y 4, representa un buen indicador de la correlación entre la temperatura superficial del mar y el índice de Oscilación del Sur.

- Región Niño 1+2

Esta región incluye las costas de Perú y Ecuador incluidas las Islas Galápagos, representa un indicador de los cambios inducidos por El Niño en los patrones de variabilidad de la costa del Pacífico de América del Sur.

1.4. Magnitud e impacto de ENSO

La magnitud de ENSO, es decir, sus características intrínsecas, puede medirse de diversas maneras: variaciones de la presión atmosférica, elevación de la temperatura del mar, extensión y profundidad en el océano y debilitamiento de los vientos alisios en el Pacífico ecuatorial. Asimismo, son característicos de la magnitud su duración y algunos otros

parámetros que puedan apreciarse y compararse con los valores usuales, independientemente de la intensidad de los efectos que produzcan (Rocha F., 2014).

1.4.1. Medición de la magnitud de ENSO

La medición del tamaño de un evento puede depender de indicadores cuantitativos, siendo uno de los más importantes el aumento de la TSM, ya sea en la parte central u oriental del Pacífico ecuatorial. Mientras más grande es el aumento de temperatura, mayor es el evento (Glantz, 1998).

Los científicos se refieren con frecuencia al tamaño de El Niño como débil, moderado, fuerte o muy fuerte, siendo explicadas sus características en la Tabla 1-3. Las anomalías en la TSM, fueron establecidas de acuerdo a datos históricos tomados en Paita, durante los eventos El Niño de 1982-83 y 1997-98.

Tabla 1-3 Magnitudes de ENSO con sus respectivas anomalías de TSM e impactos

Magnitud de ENSO	Anomalías máximas de TSM	Impactos
Débil	Entre +2 a +4°C.	Precipitaciones sobre lo normal sin causar mayores daños.
Moderado	Entre +4 a +6°C.	Precipitaciones sobre lo normal, inundaciones costeras y nivel bajo de destrucción en el norte de Perú.
Fuerte	Entre +6 a +8°C.	Grandes precipitaciones, inundaciones costeras y significativa destrucción en el norte de Perú.
Muy fuerte	Mayor de +8°C.	Extremas precipitaciones, inundaciones y destrucción en el norte de Perú.

Fuente: (Vargas S., 2015).

Elaboración: Propia.

Además, también se puede medir por su duración, siendo un periodo normal de duración entre 12 a 18 meses. Los grandes eventos El Niño rara vez duran más de unos pocos años.

1.4.2. Fases

Aunque existen diferentes tipos de eventos El Niño, sobre la base de su periodo de inicio y ubicación de anomalías en la TSM, ellos evolucionan en forma similar, experimentando la misma secuencia del ciclo de vida, desde el crecimiento hasta el debilitamiento (Glantz, 1998). El meteorólogo australiano Neville Nicholls caracterizó el proceso El Niño empleando las siguientes expresiones:

- Fase precursora

Se conoce también como fase de transición, pues se da justo después de la culminación de un evento La Niña, iniciando el debilitamiento de los vientos que soplan hacia el oeste, haciendo así que la surgencia ecuatorial y costera comience a reducirse y las temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial central y oriental comiencen a elevarse.

- **Fase de inicio**

Alrededor del comienzo del verano austral, se produce la relajación estacional de los vientos mar afuera de las costas de Perú y Ecuador. En ese momento, la surgencia de agua fría a lo largo de la costa disminuye, y se calienta el agua de la superficie durando hasta marzo, o inclusive un poco más.

- **Fase del crecimiento y madurez**

A medida que avanzan los meses, con el debilitamiento de los vientos que soplan hacia el oeste y el reforzamiento de los vientos que soplan hacia el este, el área cubierta por el agua con la superficie calentada se expande en el Pacífico central y oriental. Las anomalías de la TSM pueden aumentar, desde 1°C a 4°C.

- **Fase de Decaimiento**

Una vez alcanzada las máximas temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial central y oriental, estas responden a los cambios de dirección y velocidad del viento. La termoclina comienza a moverse en la dirección opuesta, profunda en el occidente y más somera en el oriente.

1.4.3. Impactos

El Niño puede desencadenar una gran serie de cambios climáticos globales, como la ocurrencia de sequías severas y precipitaciones extremas de larga duración, generando grandes impactos en la economía y la sociedad.

1.4.3.1. Impactos globales

Los cambios en la circulación atmosférica y subsiguientes impactos climáticos a nivel del suelo, que se extienden en todo el mundo, son llamados teleconexiones El Niño. Estas aparecen en las simulaciones del clima, y se muestran en las observaciones históricas (NOAA).

Si bien en Perú interesa lo que ocurre en las cercanías de nuestras costas (Región Niño 1+2), el impacto de las anomalías océano-atmosféricas en la franja ecuatorial del Océano Pacífico asociadas al ENSO no solo se limitan a los trópicos, sino que tienen repercusiones en otras regiones del mundo a través de las teleconexiones.

La Figura 1-16 muestra los cambios probables que se espera que El Niño produzca, sin embargo; existe cierta correlación entre la intensidad del FEN y la gravedad de los efectos (NOAA), por ello, se puede decir que los efectos más fiables de El Niño son la escasez de lluvia sobre Indonesia y el norte de América del Sur, y el exceso de lluvias en el sureste de América del Sur, África ecuatorial oriental y el sur de Estados Unidos.

Estudios recientes indican que hay diferentes tipos de eventos El Niño con distintas características en términos de teleconexiones atmosféricas, de la frecuencia y de las manifestaciones oceanográficas frente al Perú. Estos son: El Niño del Pacífico Este, que corresponde a los eventos cálidos extremos que desarrollan fuertes anomalías de la TSM

en el Pacífico ecuatorial oriental y El Niño del Pacífico central, que corresponde a anomalías cálidas de la TSM en el Pacífico ecuatorial central (Rau et al., 2016).

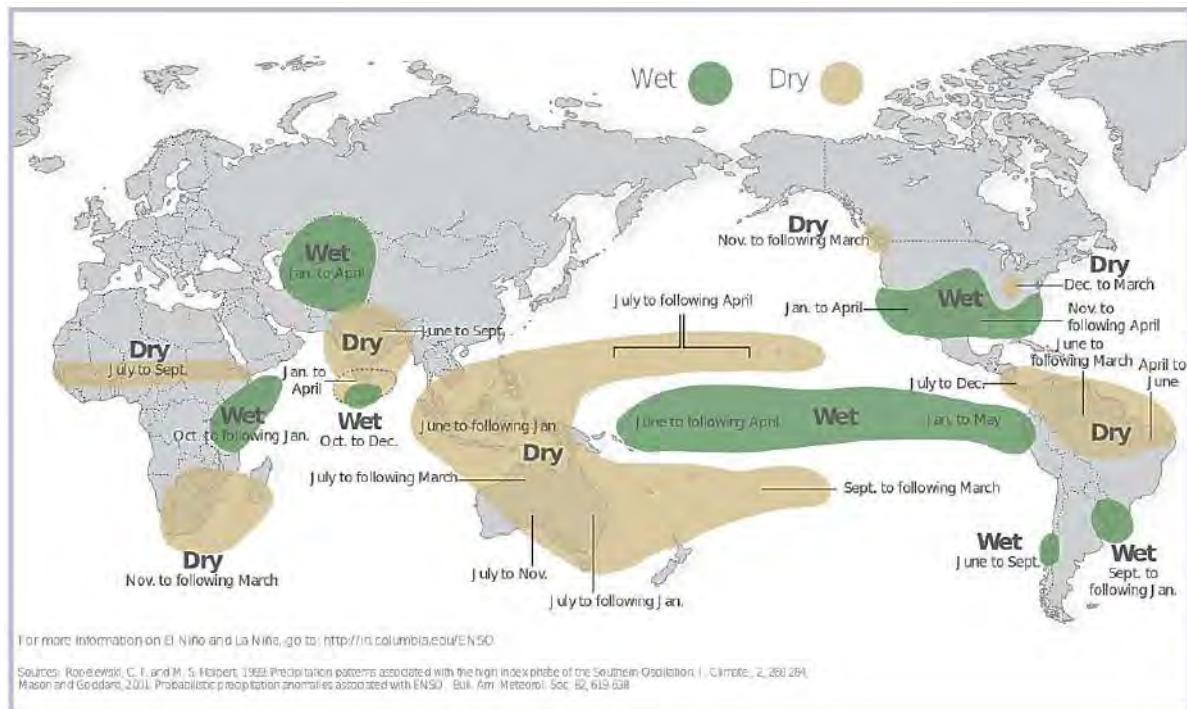


Figura 1-16 Teleconexiones El Niño.
Fuente: (NOAA).

1.4.3.2. Impactos en Perú

El Perú muestra una gran vulnerabilidad ante las variaciones climáticas drásticas, como los episodios extremos de lluvia y las altas temperaturas asociadas a un FEN. Es una evidencia de ello las pérdidas económicas que implicaron eventos como El Niño 1982-83 y 1997-98, pérdidas estimadas de US\$ 3283 millones y US\$ 3500 millones respectivamente (Díaz et al., 2014).

En la Tabla 1-4 se resume los impactos positivos y negativos de El Niño en el Perú, datos basados en históricos El Niño (SENAMHI).

Tabla 1-4 Impactos del fenómeno El Niño en el Perú

Impactos positivos	Impactos negativos
<ul style="list-style-type: none"> • Aparición de especies pelágicas. • Desarrollo del cultivo de arroz en la costa. • Las lluvias de fuertes a extraordinarias, favorecen la regeneración natural de los bosques secos en la costa norte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceleración del retroceso glaciar. • Pérdida de terrenos agrícolas. • Colmatación de reservorios. • Salinización de suelos. • Destrucción de la infraestructura productiva (canales de irrigación, bocatomas, compuertas, etc.).

Tabla 1-4 Impactos del fenómeno El Niño en el Perú (continuación)

Impactos positivos	Impactos negativos
<ul style="list-style-type: none"> • Aparición de praderas temporales en la costa norte, importante para la ganadería. • El exceso de lluvias favorece la recarga de acuíferos. • Altas temperaturas del mar durante el otoño e invierno, favorecen la disminución de la intensidad de las heladas en la sierra central y norte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de vías de comunicación • Destrucción de infraestructura de saneamiento básico. • Incremento de enfermedades. • Altas probabilidades de que se produzcan incendios forestales, debido a las altas temperaturas. • Altas temperaturas generan bajas en la producción de carne y leche. • Muerte o migración de algunas especies vegetales y animales. • Desplazamiento y profundización de cardúmenes de anchoveta, que no pueden ser compensada con la presencia de nuevas especies. • Disminución de la producción de papa en la costa y sierra, por altas temperaturas y exceso de humedad.

Fuente: (Díaz et al., 2014).

1.5. Eventos El Niño pasados

Cabe recalcar que existe diferencia entre el FEN, fenómeno que ocurre a nivel global y El Niño Costero, el cual tiene repercusiones en las costas de Perú y Ecuador.

1.5.1. Fenómeno El Niño

La clasificación en la Tabla 1-5 representa años ENSO a partir de 1950 y ha sido elaborada en base al Índice multivariado de ENSO (MEI, por sus siglas en inglés) (NOAA), el cual se detalla para cada año en el Anexo A 1.

El MEI se basa en las seis principales variables observadas sobre el Pacífico tropical: la presión a nivel del mar (P), componentes del viento en la superficie zonal (U) y meridional (V), la temperatura superficial del mar (S), la temperatura del aire en la superficie (A), y la fracción de nubosidad total del cielo (DO); y se calcula por separado para cada una de las doce estaciones de deslizamiento bimensuales (diciembre/enero, enero/febrero, etc).

La clasificación se determina a partir de los valores del MEI para diciembre, enero y febrero, pues los eventos ENSO están más claramente definidos en el verano austral. Los valores negativos del MEI representan la fase fría de ENSO, también conocido como La Niña, mientras que los valores positivos representan la fase cálida del ENSO, El Niño.

Tabla 1-5 Clasificación de El Niño/La Niña en los últimos años según el MEI.

Año	Evento	Año	Evento	Año	Evento
1950	La Niña	1973	El Niño	1996	Neutral
1951	La Niña	1974	La Niña	1997	Neutral
1952	Neutral	1975	Neutral	1998	El Niño
1953	Neutral	1976	La Niña	1999	La Niña
1954	Neutral	1977	Neutral	2000	La Niña
1955	La Niña	1978	El Niño	2001	Neutral
1956	La Niña	1979	Neutral	2002	Neutral
1957	Neutral	1980	El Niño	2003	El Niño
1958	El Niño	1981	Neutral	2004	Neutral
1959	Neutral	1982	Neutral	2005	Neutral
1960	Neutral	1983	El Niño	2006	Neutral
1961	Neutral	1984	Neutral	2007	El Niño
1962	La Niña	1985	Neutral	2008	La Niña
1963	Neutral	1986	Neutral	2009	Neutral
1964	Neutral	1987	El Niño	2010	El Niño
1965	Neutral	1988	El Niño	2011	La Niña
1966	El Niño	1989	La Niña	2012	La Niña
1967	Neutral	1990	Neutral	2013	Neutral
1968	Neutral	1991	Neutral	2014	Neutral
1969	Neutral	1992	El Niño	2015	El Niño
1970	Neutral	1993	El Niño	2016	El Niño
1971	La Niña	1994	Neutral		
1972	Neutral	1995	El Niño		

Fuente: (NOAA).

Elaboración: Propia.

Además del MEI, existen diferentes índices que ayudan a determinar la ocurrencia de un FEN, tal es el caso del Índice Oceánico El Niño (ONI, por sus siglas en inglés).

El ONI es una medida del ENSO, basada en la media móvil trimestral de las anomalías de la TSM en la región Niño 3.4, y determina un evento mediante una salida del umbral +/- 0.5°C. Para fines históricos, el ONI debe ser constante durante un mínimo de 5 temporadas.

1.5.2. El Niño Costero

El término “El Niño Costero” o también conocido como “Evento El Niño en la región costera del Perú” fue acuñado por SENAMHI, para indicar un evento local con efectos similares a El Niño, pero con características diferentes, pues el calentamiento anómalo del mar solo se observa en la región Niño 1+2, cerca de las costas de Perú y Ecuador.

La determinación de un evento se da mediante la evaluación del Índice Costero El Niño (ICEN), el cual debe tener valores por encima de +0.4°C y ser constante durante al menos 3 meses. El ICEN es la media móvil trimestral de las anomalías mensuales de la TSM en la región Niño 1+2. En la Tabla 1-6 se muestra la clasificación de eventos El Niño/La Niña en la costa de Perú, según los valores del índice ICEN (Anexo A 2).

Tabla 1-6 Clasificación de El Niño/La Niña Costero en los últimos años según el ICEN.

Año	Evento	Año	Evento	Año	Evento
1950	La Niña	1973	La Niña	1996	La Niña
1951	El Niño	1974	La Niña	1997	El Niño
1952	La Niña	1975	La Niña	1998	El Niño
1953	El Niño	1976	El Niño	1999	Neutral
1954	La Niña	1977	Neutral	2000	Neutral
1955	La Niña	1978	La Niña	2001	La Niña
1956	La Niña	1979	Neutral	2002	El Niño
1957	El Niño	1980	Neutral	2003	El Niño
1958	Neutral	1981	La Niña	2004	Neutral
1959	Neutral	1982	El Niño	2005	La Niña
1960	La Niña	1983	El Niño	2006	El Niño
1961	La Niña	1984	Neutral	2007	La Niña
1962	La Niña	1985	La Niña	2008	El Niño
1963	Neutral	1986	Neutral	2009	El Niño
1964	La Niña	1987	El Niño	2010	La Niña
1965	El Niño	1988	La Niña	2011	La Niña
1966	La Niña	1989	Neutral	2012	El Niño
1967	La Niña	1990	Neutral	2013	La Niña
1968	Neutral	1991	Neutral	2014	Neutral
1969	Neutral	1992	El Niño	2015	El Niño
1970	La Niña	1993	El Niño	2016	El Niño
1971	La Niña	1994	Neutral		
1972	El Niño	1995	Neutral		

Fuente: (IGP).

Elaboración: Propia.

La Figura 1-17 muestra que en muchos años no se presentaban las mismas condiciones en el Pacífico ecuatorial central y oriental, pues se observa la variabilidad entre ocurrencia de los eventos El Niño/La Niña globales y costeros.

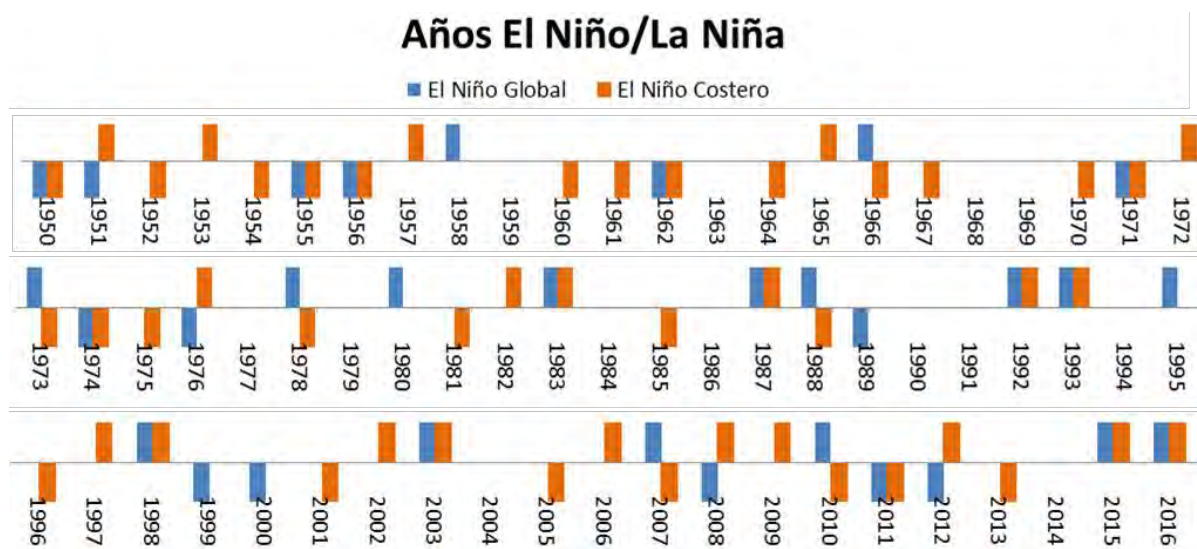


Figura 1-17 Años donde ocurrió un evento El Niño/La Niña global y costero.

Elaboración: Propia.

1.6. Organizaciones para el estudio de ENSO

A nivel nacional e internacional existen diversas instituciones que se dedican al estudio del FEN. Esto se debe a que este fenómeno empezó a manifestarse desde fines de 1876 y trae consigo severos cambios climáticos globales.

1.6.1. Organizaciones nacionales

A escala interanual, de 2 a 7 años, el ENSO es el modo dominante de variabilidad en el océano Pacífico, que genera impactos adversos en el clima. En la costa de Perú ocasiona fuertes lluvias. Por ello, entidades peruanas fueron creadas con la finalidad de contar con un sistema de monitoreo para la vigilancia y alerta temprana de ENSO, permitiendo así, prevenir y mitigar sus impactos.

1.6.1.1. Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN)

En Perú, el monitoreo de las condiciones océano-atmosféricas es realizado por el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), ente científico de carácter oficial que reúne a investigadores de seis instituciones nacionales:

- **Autoridad Nacional del Agua (ANA)**

Es el ente rector y máxima autoridad técnico normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, el cual es parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Encargado de administrar, proteger y aprovechar los recursos hídricos de las diferentes cuencas de manera sostenible, promoviendo a su vez la cultura del agua (ANA).

- **Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN)**

Es un organismo encargado de administrar, operar e investigar las actividades relacionadas con las ciencias del ambiente en el ámbito acuático, con el fin de contribuir al desarrollo nacional, brindar apoyo y seguridad en la navegación a las unidades navales y a los navegantes en general.

Con respecto al fenómeno de El Niño, mantiene un monitoreo constante de las condiciones océano-atmosféricas, en la costa del Pacífico oriental y en especial del litoral peruano, emitiendo reportes para su divulgación. Cuenta con una infraestructura observacional y un control de estaciones oceanográficas y meteorológicas, a lo largo del litoral peruano; así como también, la ejecución de cruceros oceanográficos e información suministrada por buques de oportunidad, boyas y satélites, además de mantener un intercambio de información con comunidades científicas a nivel nacional e internacional (DHN).

- **Instituto del Mar del Perú (IMARPE)**

Es un organismo técnico especializado del Ministerio de la Producción, orientado a la investigación científica, así como al estudio del mar peruano y sus recursos, para asesorar al estado en la toma de decisiones respecto al uso racional de los recursos pesqueros, contribuyendo activamente con el desarrollo del país. Además, se

encarga de coordinar, ejecutar y evaluar las investigaciones en el campo de la oceanografía física, particularmente al estudio de las corrientes marinas, el afloramiento costero, el Fenómeno El Niño y modelamiento numérico de micro escala.

Realiza estudios relacionados al fenómeno El Niño y la Oscilación del Sur y los cambios de largo plazo, a fin de determinar la variabilidad interanual de las condiciones oceanográficas El Niño-La Niña, proyectando los parámetros oceanográficos y meteorológicos frente a la costa peruana (IMARPE).

- **Instituto Geofísico del Perú (IGP)**

Organismo público descentralizado del Ministerio del Ambiente, que fue creado con la finalidad de que aplique geofísica, es decir, su función principal, es estudiar todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra.

El IGP tiene la capacidad de servir a las necesidades del país en áreas tan importantes como: sismología, vulcanología y el estudio de El Niño. Actualmente utiliza una variedad de modelos climáticos, tanto atmosféricos como oceánicos, para estudiar y comprender diferentes aspectos del clima con el objetivo final de desarrollar un sistema de pronóstico que permita predecir los impactos de El Niño y otros fenómenos climáticos en el Perú con varios meses de anticipación (IGP).

- **Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)**

Es un organismo público ejecutor que conforma el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). Es el responsable técnico de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en los procesos de preparación, respuesta y rehabilitación (INDECI).

- **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)**

Es un organismo público ejecutor del Ministerio del Ambiente que brinda servicios públicos, asesoría, estudios e investigaciones científicas en las áreas de meteorología, hidrología, agrometeorología y asuntos ambientales en beneficio del país (SENAMHI, 2014).

Esta última, como parte del ENFEN, es la institución encargada del pronóstico de las condiciones atmosféricas conducentes a la ocurrencia de eventos extremos asociados a El Niño, además de la evaluación y monitoreo permanente de la circulación atmosférica en la región tropical con fines de pronóstico de El Niño. Asimismo, difunde servicios de información sobre El Niño/La Niña, así como avisos meteorológicos, hidrológicos y climáticos (Díaz et al., 2014).

Todas estas entidades integrantes del ENFEN cumplen con la labor de mantener informadas constantemente a las autoridades involucradas en la tarea de prevención de riesgos del fenómeno El Niño.

1.6.1.2. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS)

Es un organismo regional que coordina las políticas marítimas de sus estados miembros y se encuentra integrado por los países ribereños del sudeste: Chile, Colombia, Ecuador y Perú.

Realiza estudios científicos relacionados con el fenómeno El Niño a fin de pronosticarlo oportunamente y alertar a sus poblaciones de los riesgos climáticos asociados a este evento, esta actividad se desarrolla mediante cruceros de investigación efectuados con el apoyo de los buques de investigación de los cuatro países miembros, coordinados por la CPPS, constituyendo una acción conjunta, única a nivel internacional (CPPS).

- Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN)

El programa para el Estudio Regional del Fenómeno El Niño promueve la vigilancia integrada de la variabilidad climática y El Niño Oscilación del Sur para la eficiente y eficaz gestión de riesgos de desastres. Para ello, los países que conforman la CPPS, mediante sus Instituciones Especializadas (IE) y los Programas ERFEN nacionales, disponen de diferentes estrategias observacionales como tecnologías que colaboran al logro de este fin.

Las boyas superficiales a la deriva constituyen una plataforma observacional de última generación que se monitorea satelitalmente y permite el monitoreo del océano superficial y sus corrientes marinas en tiempo real (CPPS).

1.6.2. Organizaciones internacionales

Las organizaciones internacionales dedicadas al monitoreo y estudio del FEN son, al igual que las entidades nacionales, aquellas que desde los inicios del ENSO han unido esfuerzos para entender el fenómeno y que para ello han ido implementando tecnología sofisticada en los diferentes países que más sufren los estragos de un evento.

1.6.2.1. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Es una agencia encargada de emitir pronósticos diarios del tiempo, advertencias de tormentas severas, y la vigilancia del clima de la gestión pesquera, restauración de las costas y de ayuda al comercio marítimo. Científicos de la NOAA ofrecen información confiable a los ciudadanos, los planificadores, los gestores de emergencias y otros tomadores de decisiones cuando lo necesitan (NOAA).

1.6.2.2. The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)

El Centro Europeo de Predicción a Medio-Plazo, por sus siglas en inglés, ECMWF, es una organización intergubernamental independiente con el apoyo de 34 estados.

Es un centro de investigación, producción y difusión de las predicciones numéricas del tiempo de sus estados miembros. Estos datos son totalmente puestos a disposición de los servicios meteorológicos nacionales de los estados miembros. Sin embargo, ECMWF también ofrece un catálogo de datos de previsión que puede ser comprado por las empresas en todo el mundo y otros clientes comerciales (ECMWF).

Capítulo 2

Sistemas de medición y seguimiento de ENSO

En el presente acápite se explicará la infraestructura internacional y regional más utilizada para el monitoreo de los parámetros oceánico-atmosféricos característicos del FEN.

2.1. Medición y seguimiento de parámetros oceánicos

En el acápite 1.2.1 se presentaron aquellos parámetros oceánicos que caracterizan un ENSO. Para los cuales se utilizan diferentes sistemas de medición, que con el pasar de los años se han vuelto más sofisticados y ayudan a mejorar, cada vez más, la toma de datos y las diferentes predicciones climáticas que se emiten.

2.1.1. Medición in situ

La medición de los parámetros in situ se desarrolla mediante el uso de barco y boyas ubicados a lo largo del Pacífico ecuatorial. Estos se concentran en el monitoreo de los siguientes parámetros: temperatura superficial del mar, temperatura sub-superficial del mar y la profundidad de la termoclina.

El principal proyecto desarrollado para el monitoreo in situ de parámetros oceánicos es el programa internacional Océanos Tropicales y Atmósfera Global conocido por sus siglas en inglés como TOGA, el cual fue creado para explorar la variabilidad interanual en el clima que surge de las interacciones entre el océano tropical y la atmósfera global. Este programa ha sido creado por el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas (WCRP, por sus siglas en inglés) (Barron, 1992).

TOGA busca la determinación precisa de las fluctuaciones del nivel de cuenca en los vientos de superficie, la TSM, el contenido de calor del océano superior, las corrientes cercanas a la superficie, y el nivel del mar en el Pacífico tropical. Estos campos describen completamente la variabilidad relacionada con ENSO, permitiendo así verificar los modelos de predicción climática a corto plazo (McPhaden et al., 1998).

Los elementos in situ en los cuales se apoya el sistema de observación oceanográfica son los siguientes (McPhaden et al., 1998):

- Matriz TAO de boyas fondeadas para proporcionar vientos en la superficie, la TSM, la temperatura del océano superior y las mediciones de corriente.
- Red de mareógrafos costeros para proporcionar mediciones del nivel del mar.
- Batí-termógrafos desechables (XBT) a bordo de buques voluntarios (VOS) para los perfiles de temperatura del océano superior.
- Redes de boyas a la deriva para proporcionar la velocidad de la capa de la mezcla y las medidas de la TSM.

El programa TOGA fue iniciado en 1985 y culminado en 1994, teniendo ahora la distribución de los elementos in situ que muestra la Figura 2-1.

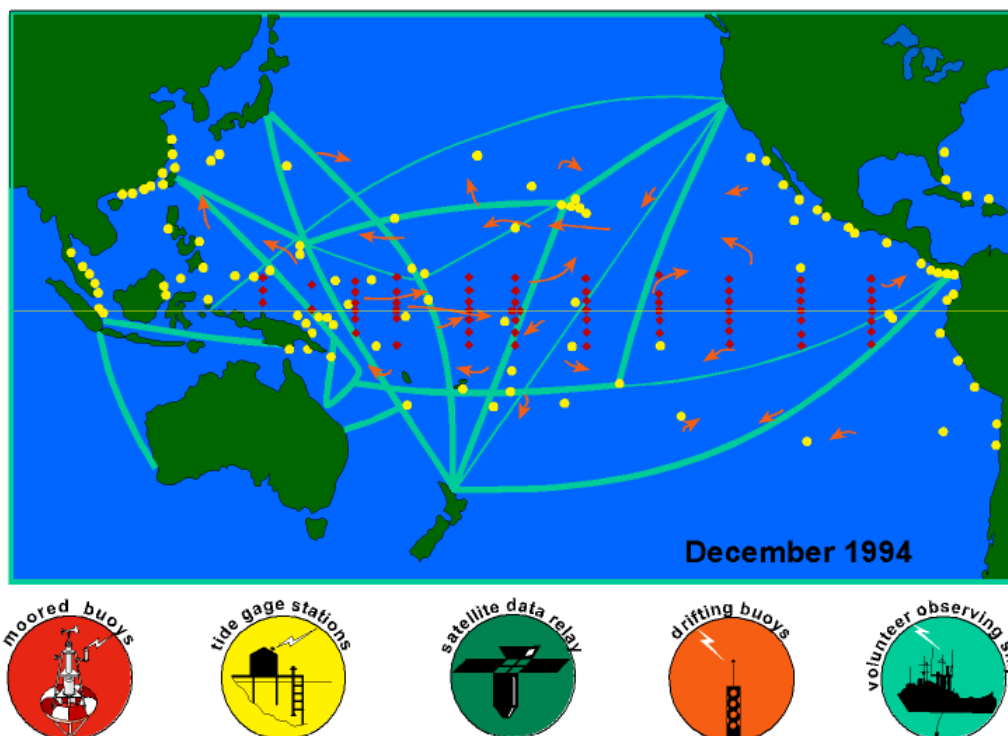


Figura 2-1 Sistema de observación in situ oceanográfica TOGA - Cuenca del Pacífico.
Fuente: (McPhaden et al., 1998).

2.1.1.1. Matriz TAO

Conocida como la matriz TAO/TRITON en reconocimiento del Triangle Trans-Ocean Buoy Network fue construida desde 1985 hasta 1994 y actualmente es apoyado por los EE.UU. (Servicio Meteorológico de la NOAA, National Data Buoy Center) y Japón (Agencia Japonesa de Ciencias Marinas y Tecnología) (NOAA). Consiste en la actualidad en 70 amarres que se extienden por más de un tercio de la circunferencia del globo en el ecuador, entre 8°N y 8°S, 95°W y 137°E (Figura 2-2).

Las características principales de esta matriz son explicadas en la Tabla 2-1. Además, la data y publicaciones que emite el proyecto TAO puede ser obtenido a través de su página web: <http://www.pmel.noaa.gov/gtmba/>, la cual es administrada por el Programa Mundial Tropical de Red de Boyas (GTMBA) bajo la supervisión del Laboratorio Ambiental Marino del Pacífico (PMEL, por sus siglas en inglés).

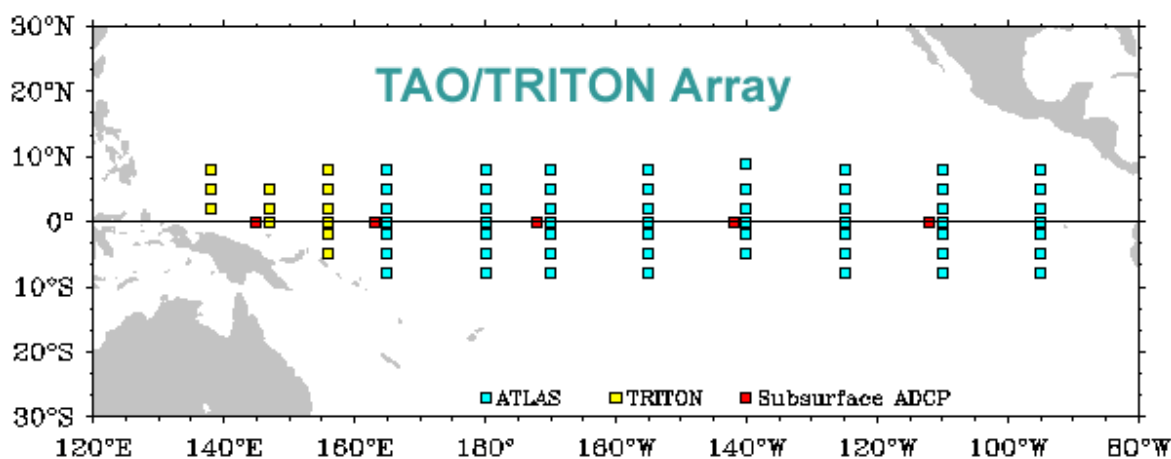


Figura 2-2 Mapa de ubicación de las boyas que constituyen la matriz TAO/TRITON.

Fuente: (NOAA).

Tabla 2-1 Características de la matriz TAO/TRITON

Variables primarias medidas	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad del viento. • TSM. • TSSM (10 profundidades a 500 m). • Corrientes oceánicas a lo largo del ecuador (perfiles a 250 m). 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de datos en tiempo real. • Moderada resolución horizontal/vertical de las variaciones temporales estacionales y más largas. • Las ubicaciones de los amarres pueden ser fijadas de manera óptima según criterios de diseño científico. • Permite estimar la altura dinámica (componente baroclínica del nivel del mar). • Proporciona mediciones directas o estimaciones de todas las variables críticas de TOGA. • Permite estimar las corrientes geostróficas y los transportes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Debe ser desplegado de un buque de investigación. • Costo relativamente alto por plataforma. • Sujeto al vandalismo de los pescadores.

Fuente: (McPhaden et al., 1998).

Elaboración: Propia.

En adición a la matriz TAO/TRITON en el Pacífico, el GTMBA también cuenta con la matriz PIRATA en el Atlántico, y RAMA en el Océano Índico (Figura 2-3). Dichas matrices pretenden proporcionar mediciones que complementen de forma única a otros componentes satelitales e in situ de estos sistemas de observación globales (Ando et al., 2011).

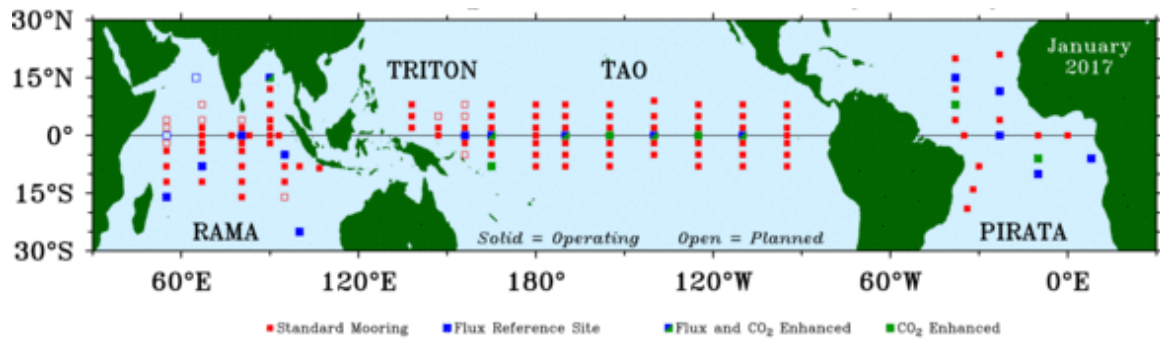


Figura 2-3 Mapa de ubicación de las boyas que constituyen las matrices RAMA, TAO/TRITON y PIRATA.

Fuente: (NOAA).

2.1.1.2. Red de mareógrafos costeros

TOGA heredó una red de mareógrafos del Pacífico. Aunque inicialmente el diseño de la red de mareógrafos se vio limitada por la disponibilidad de islas donde los medidores pueden ser colocados. Por ello los esfuerzos en el Pacífico durante la TOGA se han centraron en la ampliación y el perfeccionamiento de esta red, bajo la dirección del Centro del Nivel del Mar de la Universidad de Hawaii.

Actualmente el número de estaciones en el Pacífico son alrededor de 103, existiendo estaciones también en el Atlántico y el Índico. Sus principales características son explicadas en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2 Características de los mareógrafos costeros

Variables primarias medidas	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Nivel del mar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de datos en tiempo real. • Estaciones relativamente baratas para instalar y mantener. • Series temporales de alta resolución. • Sistema de copia de seguridad duplicado para garantizar una alta fiabilidad. • Algunas estaciones con registros muy antiguos (datan desde los años cincuenta). 	<ul style="list-style-type: none"> • Islas no necesariamente ubicadas óptimamente. • Sólo da las diferencias relativas del nivel del mar entre estaciones conocidas. • Los datos pueden estar contaminados por efectos locales o costeros de las islas.

Fuente: (McPhaden et al., 1998).

Elaboración: Propia.

2.1.1.3. Programa VOS

Actualmente existen alrededor de 7000 buques voluntarios (VOS) en todo el mundo operados por cerca de 50 países. Mediante ellos se recogen las observaciones sobre la

presión superficial del mar, velocidad del viento, estado del mar, la humedad y la TSM como parte del Programa de Vigilancia Meteorológica Mundial. Sus características se muestran en la Tabla 2-3, aunque en algunas rutas también se muestrea la salinidad de la superficie.

Tabla 2-3 Características de VOS/XBT

Variables primarias medidas	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura a profundidades de 450 – 700 m. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de datos en tiempo real. • Desplegado de VOS. • Alta resolución vertical (3 m). • Alta resolución longitudinal (1°-2°). • Sondas XBT de bajo costo de diseño sencillo. • Permite estimar la altura dinámica (componente baroclínica del nivel del mar). • Permite estimaciones de corrientes y transportes geostóficos. • VOS también miden la meteorología superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolución temporal relativamente tosca. • Resolución de zona relativamente tosca. • Vías de buques determinadas por los intereses de la navegación comercial.

Fuente: (McPhaden et al., 1998).

Elaboración: Propia.

Cada mes, 100.000 o más observaciones de superficie se recogen y se transmiten en tiempo real a los centros meteorológicos nacionales a través de sistemas de comunicación por satélite o por medio de las estaciones de radio costeras, que a continuación entran en el Sistema Global de Telecomunicaciones (GTS) para uso general.

Un subconjunto de los buques VOS también recoge datos XBT, y alrededor de 150.000 perfiles de temperatura a una profundidad de 400 metros o más han sido agregados a la base de datos climatológicos durante TOGA en el Pacífico tropical. A finales de TOGA mayoría de los datos VOS XBT se telemetría a tierra en tiempo real a través del Servicio Argos o por medio de satélites geostacionarios, a continuación, retransmitidos por el GTS.

TOGA también reconoció la necesidad de observar las variaciones estacionales e interanuales de las principales corrientes geostróficas en los océanos tropicales.

2.1.1.4. Red de boyas a la deriva

Las boyas a la deriva sirven para mejorar considerablemente el análisis y la previsión del tiempo en zonas marinas de las que se disponía escasos datos, y asimismo han demostrado su eficacia en experimentos y operaciones posteriores.

El principal motivo de que se utilicen derivadores es obtener datos de lugares aislados y sobre la circulación profunda. Las redes de boyas a la deriva son un elemento esencial para obtener los datos que requiere el Programa TOGA en materia de presión superficial, temperatura del aire en la superficie del mar y temperatura de la superficie del mar (Hamilton, 1988). Sus características son explicadas en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4 Características de red de boyas a la deriva

Variables primarias medidas	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • TSM. • Velocidad de capa mixta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de datos en tiempo real. • Resolución temporal de tres días de series de tiempo de Lagrange. • Mide un amplio espectro de escalas de tiempo / escalas espaciales. • Puede ser desplegado desde VOS y aviones. • Costo relativamente bajo por plataforma. • Plataformas para instrumentación oceanográfica y meteorológica adicional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los movimientos son impredecibles. • Muestreo potencialmente sesgado a las zonas de convergencia. • Muestreo escaso en lengua ecuatorial fría (zona meridional de divergencia).

Fuente: (McPhaden et al., 1998).

Elaboración: Propia.

A finales del Programa TOGA, más de 700 boyas de deriva estaban operativas en los océanos del mundo, más de un tercio de los cuales fueron desplegadas en el Pacífico tropical.

2.1.2. Satélites meteorológicos

Como complemento a las observaciones oceanográficas in situ se hace uso de los diferentes satélites meteorológicos que existen en la actualidad.

Las mediciones de la TSM se derivan principalmente del multicanal avanzado de radiómetros de muy alta resolución (AVHRR) de los satélites meteorológicos de órbita polar (Figura 2-4). La velocidad del viento se mide por el generador de imágenes de microondas del sensor especial (SSM / I). Las velocidades del viento de sensores remotos están disponibles desde el inicio TOGA en 1991, a partir de un dispersómetro a bordo de los satélites ERS-1. Estas contribuciones son explicadas en la Tabla 2-5.

Las mediciones por satélite tienen la ventaja de ser globales, o casi globales en la cobertura y cuasi sinópticas en el tiempo, y con frecuencia tienen una mejor resolución espacial y/o temporal de los datos in situ. Pero para ser útiles, los datos de satélite deben estar calibrados y validados mediante observaciones in situ, con el fin de detectar y eliminar los posibles sesgos provocados por errores orbitales, errores instrumentales, y/o efectos atmosféricos (vapor de agua, nubes y aerosoles).



Figura 2-4 Satélite NOAA con AVHRR a bordo.

Fuente: (The World Data Center for Remote Sensing of the Atmosphere).

Tabla 2-5 Contribuciones de satélites para el sistema de observación del océano TOGA

Variable	Satélites	Data disponible
TSM	AVHRR – NOAA	Nov. 1981 – Actualidad
Altura de la superficie del mar	Geosat	Nov. 1985 – Ago. 1989
	ERS-1/2	Jul. 1991 – Actualidad
	TOPEX/POSEIDON	Ago. 1992 – Actualidad
Velocidad del viento superficial	SSM/I – Programa de Satélites Meteorológicos de Defensa (patrocinado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos)	Jul. 1987 – Actualidad
	ERS-1/2	

Fuente: (McPhaden et al., 1998).

Elaboración: Propia.

- IMARPE

Desde 1998, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) ha promovido la implementación de tecnologías de punta para el seguimiento de eventos climáticos como El Niño. Dentro de este marco, se viene utilizando las técnicas de Percepción Remota con la adquisición del Sistema HRPT, el cual tiene una capacidad de recepción de información de los satélites NOAA en 5 bandas (visible, cercana al infrarrojo e infrarrojo) con una resolución espacial de 1.21 Km². Además, este sistema tiene la capacidad de captar información de SeaWIFS.

El producto de tales imágenes son cartas de TSM que son combinadas con las cartas de distribución de recursos pelágicos, obtenidas en los cruceros de evaluación o en diversas exploraciones; para encontrar una correlación entre los focos de concentración de recursos con áreas de una determinada TSM (IMARPE, 2014).

2.2. Medición de parámetros atmosféricos

En adición a los parámetros oceánicos, en el acápite 1.2.1 encontramos a los parámetros atmosféricos que ayudan a reconocer la presencia de un FEN. Estos parámetros también son monitoreados in situ y por satélites meteorológicos.

2.2.1. Medición in situ

La medición in situ de los parámetros atmosféricos se realiza mediante estaciones meteorológicas y radares perfiladores de viento.

2.2.1.1. Estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas son las instalaciones destinadas a medir, observar y registrar diferentes parámetros meteorológicos. Estos datos se utilizan para estudios climáticos y la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos (PCE Ibérica, 2013).

La red nacional de estaciones meteorológicas es manejada por SENAMHI, apoyada por distintas instituciones y proyectos regionales, en Piura por: el Proyecto Especial Chira Piura (PECHP) y la Universidad de Piura (UDEP).

En la región Piura se cuenta con alrededor de 93 estaciones meteorológicas (Figura 2-5), de las cuales actualmente están en funcionamiento 29 (febrero de 2017) (Anexo B).

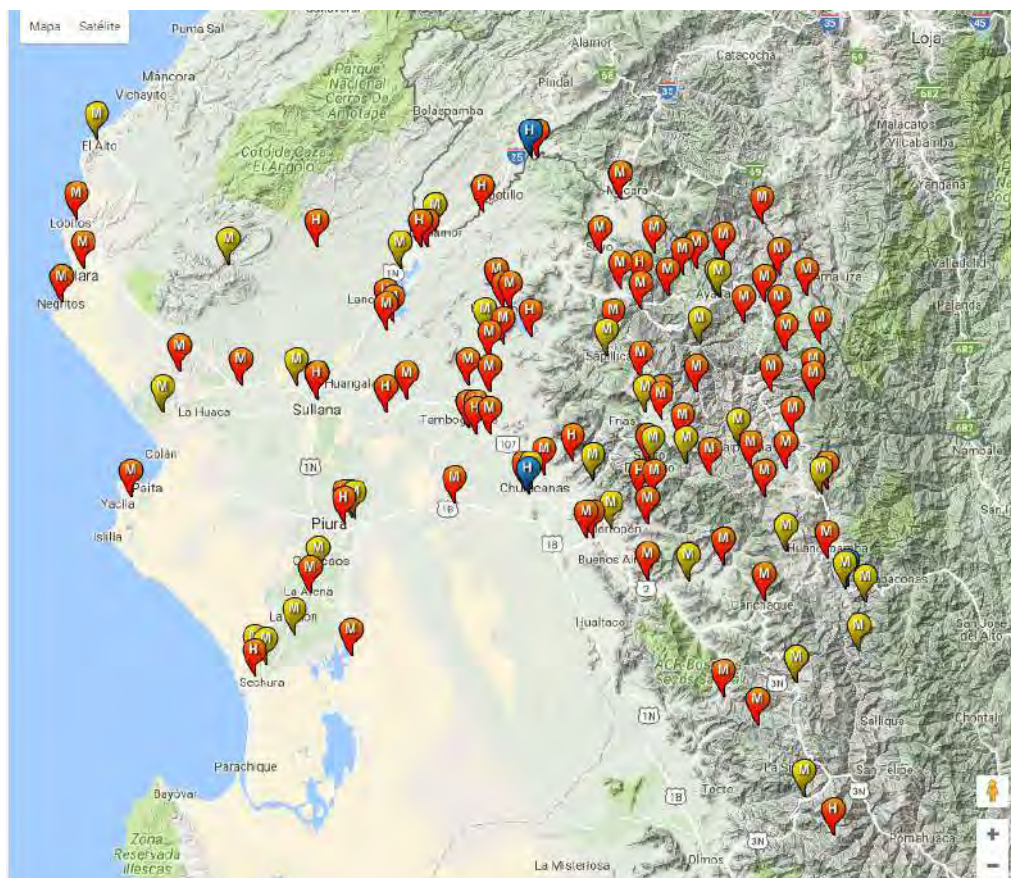


Figura 2-5 Red de estaciones meteorológicas e hidrológicas en la región Piura.
Fuente: (SENAMHI).

SENAMHI en la actualidad ha puesto a disposición pública datos históricos de algunas de sus estaciones, a los que se puede acceder a través de su página web (SENAMHI).

2.2.1.2. Radares

Un radar es un sistema que usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles. En meteorología son utilizados los radares perfiladores de viento, cuyo propósito principal es el estudio de la dinámica de la baja atmósfera.

Gracias al proyecto “Red Transpacífica de Perfiladores” (TPPN, por sus siglas en inglés) realizado por el apoyo conjunto entre la NOAA y la Cooperative Institute for Research in Environmental Science (CIRES) se implementó una red de perfiladores de viento a lo largo del Pacífico ecuatorial (Arrese, 2005). Esta red de radares Doppler, perfiladores de viento de 50 MHz (Figura 2-6) es financiada por la NSF y TOGA con el fin de apoyar la investigación sobre la convección tropical, las ondas ecuatoriales y los sistemas de circulación tropical a gran escala (Gage, 1991).

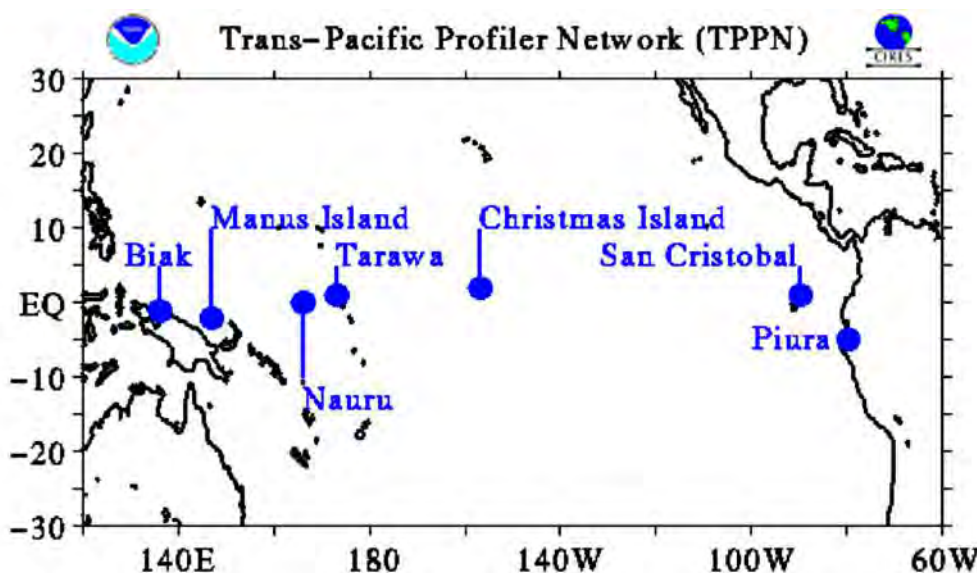


Figura 2-6 Red de radares perfiladores de viento a lo largo del Pacífico ecuatorial.

Fuente: (NOAA).

- Región Piura

El radar atmosférico de Piura fue construido en 1989 por la NOAA y CIRES con el apoyo de dos instituciones peruanas, la Universidad de Piura (UDEP) y el IGP, comenzando a operar el 29 de mayo de ese mismo año. Es el componente más oriental de una serie de radares atmosféricos localizados cerca al ecuador magnético, en el sector del Océano Pacífico (IGP, 2016).

Ubicado sobre la costa norte de Perú, se encuentra dentro de la UDEP (Figura 2-7), siendo sus coordenadas geográficas las siguientes:

- Latitud: 05° 09' 57" Sur
- Longitud: 80° 38' 18" Oeste
- Altitud: 40 msnm



Figura 2-7 Vista panorámica del Radar VHF de Piura.

Fuente: (Arrese, 2005).

Es un radar perfilador de vientos que opera en la banda VHF a una frecuencia nominal de 49.92 MHz. Con este radar se observa la dinámica de la atmósfera, midiendo las tres componentes del viento (vertical y horizontal en las direcciones Norte – Sur y Este – Oeste) (Arrese, 2005).

Su propósito principal es el estudio de la dinámica de la baja atmósfera en la región. Ésta es el área más occidental de Sudamérica y una de las regiones continentales más afectadas por las anomalías climáticas debidas al ENSO (Arrese, 2005). Coincidentemente, una de sus posiciones de haz predefinidas apunta perpendicularmente al campo magnético (IGP, 2016).

Los datos obtenidos por este radar pueden ser vistos en la página web, controlada por expertos de la UDEP (Radar UDEP).

2.2.2. Satélites meteorológicos

Los satélites meteorológicos proporcionan datos actualizados permanentemente de las condiciones meteorológicas que afectan a grandes áreas geográficas. Se sitúan en dos tipos de órbitas: geoestacionarias y polares.

2.2.2.1. Satélites Meteorológicos de órbita polar

Existen varios satélites de órbita polar con misiones meteorológicas. Los más conocidos son aquellos que se pusieron en órbita como parte del programa TIROS de la NOAA.

Los satélites NOAA más modernos, están equipados con radiómetros avanzados de resolución muy elevada (AVHRR) que escanean en cinco canales y tienen una resolución espacial de 1 km. Siguen órbitas polares a una altitud sobre la Tierra de entre 833 y 870 km.

Operan por parejas para garantizar que los datos que captan de cualquier región de la Tierra no tienen más de seis horas de desfase horario. Además del escáner AVHRR, disponen de los sensores TOMS (mide la concentración de ozono), SBUV/2 y ERBE. Escanean todo el planeta en veinticuatro horas (Martí, Llastarri, Grau, & Vivancos, 2005).

2.2.2.2. Satélites meteorológicos geostacionarios

Estos satélites producen imágenes actualizadas de toda la superficie terrestre con una alta resolución temporal (30 min) y baja resolución espacial (2.5 a km/píxel). En la actualidad están operativos cinco satélites geostacionarios alrededor del ecuador (Figura 2-8) (Martí et al., 2005):

- GOES E (Este) y GOES W (Oeste) – EE.UU
- GMS – Japón
- GOMS – Rusia
- INSAT – India
- METEOSAT – Agencia Espacial Europea (ESA)

Los servicios de predicción meteorológica dependen del flujo constante de imágenes tomadas por estos satélites.

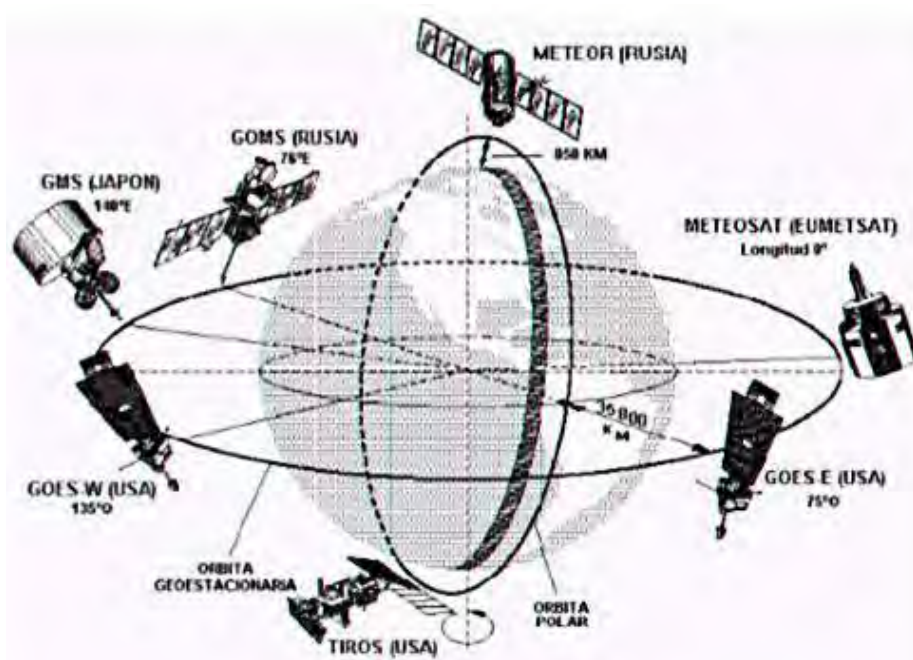


Figura 2-8 Satélites meteorológicos que constituyen el subsistema espacial del sistema mundial de observación.

Fuente: (SENAMHI).

- Proyecto GOES

El Programa de Satélite Ambiental Operacional Geoestacionario (GOES, por sus siglas en inglés) es un trabajo conjunto de la NASA y la NOAA.

En la actualidad GOES consta de GOES-13, que funciona como GOES-Este, en la parte oriental a 75° O y GOES-15, que opera como GOES-West, a 135° O.

Además, la serie GOES-R mantendrá el sistema de dos satélites. Sin embargo, su ubicación es de 75° O y 137° O. La siguiente serie de satélites del GOES incluye el GOES-R, S, T y U.

Estos satélites ayudan a observar y predecir los fenómenos meteorológicos locales, incluyendo tormentas eléctricas, tornados, niebla, huracanes e inundaciones. (Jenner, 2015)

El IGP y el SENAMHI proveen imágenes meteorológicas para el territorio nacional, las cuales pertenecen al Proyecto GOES 13 de la NASA. Esta data es accesible en las páginas web de ambas entidades.

Capítulo 3

Herramienta estadística CPT

En Perú, SENAMHI emite pronósticos teóricos con respecto a las precipitaciones en las diferentes zonas que conforman el país. Se apoya en diferentes modelos numéricos para la emisión de pronósticos y, en base a los resultados y a la experiencia de los expertos que conforman esta entidad, emite un rango de valores mínimo y máximo de precipitaciones semanales.

3.1. Tipos de modelos

Una de las principales razones de la existencia de los modelos usados para la predicción climática mundial es la inmensa cantidad de datos que se reciben a diario por parte de los sistemas de medición y seguimiento de ENSO. Existen dos tipos de modelos: numéricos, que utilizan la física de la atmósfera; y estadísticos, que utilizan series largas de tiempo.

3.1.1. Modelos numéricos

El pronóstico numérico del tiempo es la simulación de los procesos atmosféricos en computadoras con el objetivo de deducir los estados futuros del tiempo basados en las condiciones actuales.

Estos pronósticos se dan mediante la formulación matemática de los procesos atmosféricos que deriva en un conjunto de ecuaciones que describen el cambio temporal de las variables atmosféricas (presión del aire, viento, temperatura). Entonces la previsión de los campos meteorológicos se puede determinar integrando numéricamente las ecuaciones respecto del tiempo cronológico si se dan los campos iniciales y las condiciones en los límites del área de pronóstico.

La solución numérica de las ecuaciones del modelo requiere como primer paso definir la grilla del modelo. Es decir, definir con qué espaciamiento se van a resolver las ecuaciones con los métodos numéricos. Esto representa una dificultad debido a que la estructura espacial y temporal de los procesos relevantes en la atmósfera que afectan al tiempo es muy variable.

Esta metodología ha logrado un gran desarrollo en los países de meteorología avanzada, gracias al progreso tecnológico en la computación. Teniendo, los modelos más avanzados,

una resolución horizontal y vertical suficiente para reproducir en forma adecuada la evolución dinámica y termodinámica relacionada con el desarrollo de las perturbaciones ciclónicas (bajas) de latitudes medias, sistemas convectivos y nubosidad e incorporan procesos tales como el intercambio de calor entre las masas de aire y la superficie terrestre, la liberación de calor por la condensación del vapor de agua y los efectos de la radiación (Rosica, 2007).

Los modelos numéricos más conocidos se pueden observar en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1 Modelos numéricos para predicciones climáticas

Modelos numéricos	Siglas	Entidad
Global Forecast System	GFS	NOAA
Integrated Forecast System	IFS	ECMWF
Climate Forecast System	CFS	NOAA
HIRLAM		AEMET – España
ETA		Universidad de Belgrado - Yugoslavia / NCEP - EE.UU.

Elaboración: Propia.

Desafortunadamente, aún con un modelo óptimo, la previsión numérica del tiempo no podrá ser totalmente exacta debido a los errores en la determinación del estado inicial y a las fuentes de error externas que surgen de la discrepancia entre la dinámica del modelo numérico y la atmósfera real (Rosica, 2007).

Además, las predicciones son hechas para grandes áreas y generalmente no son relevantes para ubicaciones específicas o de una escala más reducida. De ahí que dichas predicciones necesiten ser ajustadas para que puedan ser aplicadas a nivel local. Este proceso es conocido como disminución de escala (downscaling) e involucra una corrección estadística de las predicciones de los modelos de circulación general (Fallas & Alfaro, 2012).

3.1.2. Modelos estadísticos

Como ya se ha mencionado, los procesos climáticos presentan una variabilidad espacial y temporal que es fuente de incertidumbre. Por ello, al igual que los modelos numéricos, la estadística permite el diagnóstico y el pronóstico. Además, puede sugerir la existencia de relaciones entre variables, que no necesariamente refleje una relación de causa-efecto.

Los métodos empíricos-estadísticos incluyen: análisis de patrones de circulación general, métodos análogos, series de tiempo, correlación, análisis de correlación discriminante y canónica, regresión lineal múltiple, y análisis de anomalías climáticas asociadas al ENSO (Stefanski, 2004).

Para fines de la investigación se utilizará la herramienta estadística Climate Predictability Tool (CPT) para realizar pronósticos estacionales a partir de temperaturas superficiales del mar y el Índice ENSO. Esta herramienta de predicción climática viene siendo utilizada desde los años 90 en distintos países por medio de sus respectivos Servicios Meteorológicos Nacionales (Fallas & Alfaro, 2012).

3.2. Herramienta estadística CPT

El software CPT se utiliza para realizar predicciones climáticas. Fue inicialmente diseñada por el IRI (The International Research Institute for Climate and Society).

Su diseño ha sido adaptado para la elaboración de la perspectiva climática estacional, utilizando los resultados del modelo estadístico a partir del modelo de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés), o para producir pronósticos utilizando los datos de la temperatura de la superficie del mar. Aunque el software está adaptado especialmente para estas aplicaciones, se puede generar pronósticos en otras variables meteorológicas en entornos más generales.

Posee dos métodos de análisis estadísticos que son: el Análisis de Correlación Canónica (CCA) y el Análisis de Componentes Principales (PCA) con los que se generan las predicciones climáticas estacionales (IRI).

CPT actualmente es empleada por alrededor de 23 países del Caribe y América Central para monitorear sequías y otros eventos climáticos (Science and Development Network, 2015), y se puede descargar de la página web del IRI (IRI).

3.2.1. Interfaz de CPT

La herramienta CPT maneja una interfaz sencilla y de fácil entendimiento (Figura 3-1), pues al ingresar se observa una barra de menú con 5 opciones:

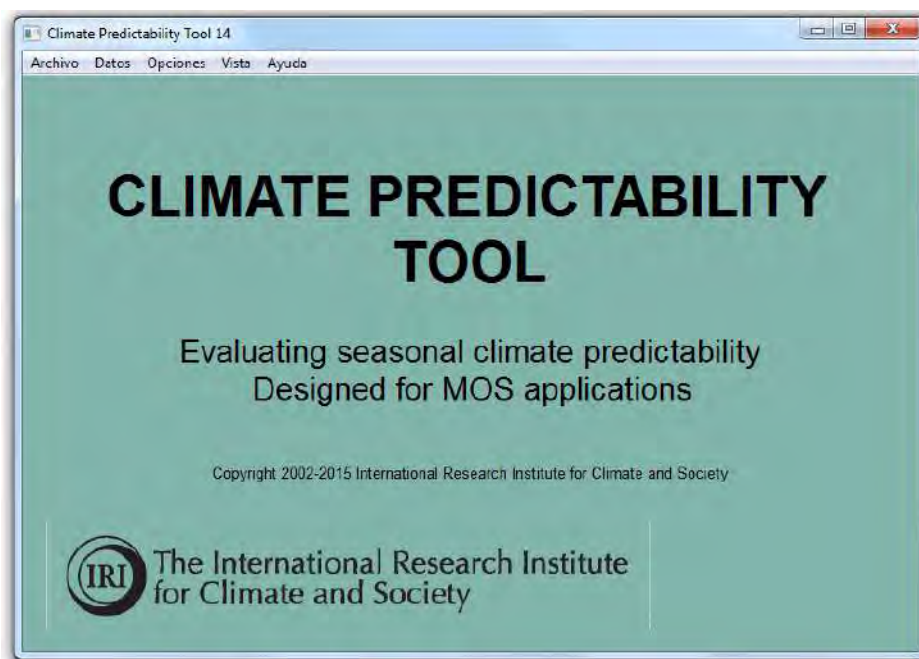


Figura 3-1 Interfaz de la herramienta CPT.
Elaboración: Propia.

- Archivos, permite abrir algún archivo existente o cerrar CPT.
- Datos, da la opción de descarga de diferentes parámetros de la base de datos del IRI.
- Opciones, permite manejar opciones básicas.

- Vista, muestra los distintos métodos de análisis que se puede realizar para construir los modelos estadísticos.
- Ayuda, resuelve percances durante el manejo de CPT.

3.2.2. Descarga de datos

Como se mencionó anteriormente, CPT posee en su interfaz la opción de descarga de diferentes tipos de datos, siendo uno de los beneficios de esta opción, que al descargarlos se obtengan en el formato utilizado por CPT, .tsv. Además, se pueden descargar para diferentes periodos y regiones del mundo.

Al ser datos descargados de la biblioteca de datos del IRI, se debe tener en cuenta que se requerirá una conexión a internet.

Para fines de la investigación se descargarán los datos de la TSM observada, TSM pronosticada y el índice ENSO para las Regiones Niño 3.4 y Niño 1+2. Más adelante, en el acápite 3.2.5 se insertarán en las variables para construir los diferentes modelos estadísticos.

3.2.2.1. TSM observada

Para ingresar a la interfaz de descarga de datos de la TSM se seleccionan las siguientes opciones en el orden que se presenta: “Datos” → “Descarga” → “Observaciones” → “TSM” (Figura 3-2).

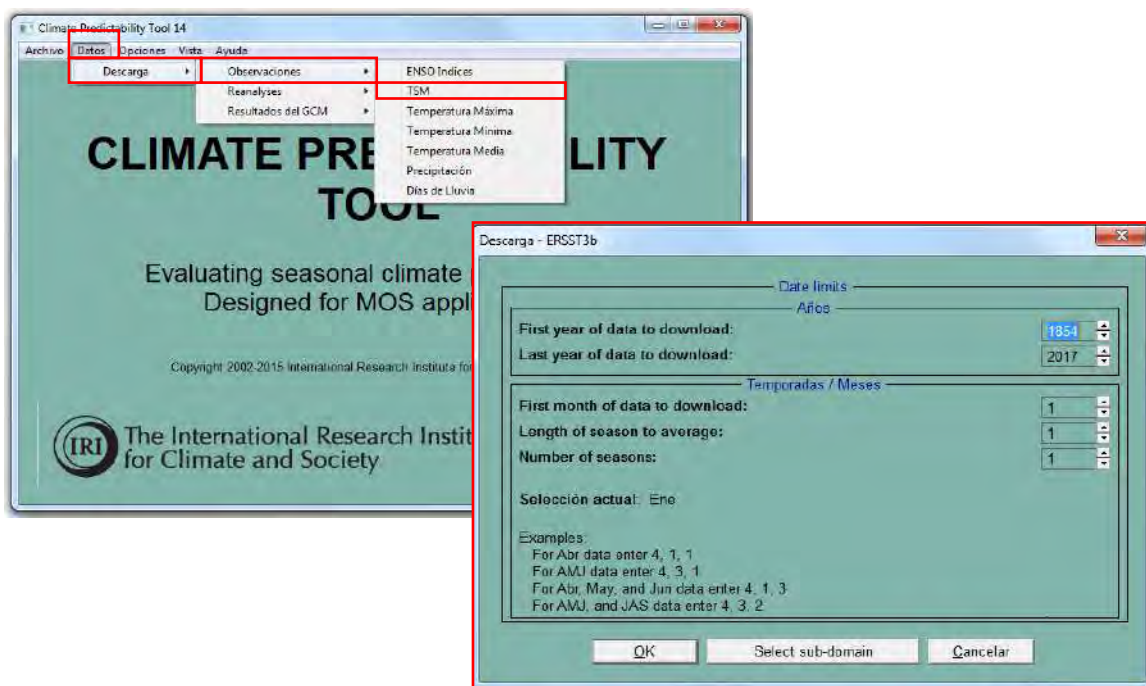


Figura 3-2 Interfaz de descarga de datos de TSM observada en CPT.

Elaboración: Propia.

Dentro de la interfaz, se debe completar todos los indicadores necesarios, según la información requerida. Estos indicadores, según el caso de estudio, se mantienen fijos o variables.

- Fijos: el año inicial y final de los datos requeridos, que se mantendrán en 1971 y 2016.
- Variables: el primer mes de los datos de descarga, longitud de la estación a promediar y número de temporadas.

En la medida que el usuario cambie la información de los indicadores, CPT indicará la selección actual de los datos (Figura 3-3).

Figura 3-3 Descarga de datos de TSM observada en CPT.
Elaboración: Propia.

- Selección de Sub-dominio

Se selecciona la opción “Select sub-domain”, mostrando la interfaz señalada en la Figura 3-4, en donde se permite ubicar la región deseada para el análisis.

Esta selección se puede hacer de dos maneras:

- Señalando con el cursor, en el mapa que se muestra en la Figura 3-4, la región deseada; a continuación, se selecciona la opción “Re-dibujar mapa”, para obtener las nuevas coordenadas; y por último “OK”.
Esta forma de seleccionar el dominio es menos confiable, pues normalmente no se llega a señalar con exactitud las coordenadas de interés.
- Ingresando las coordenadas de manera manual en los indicadores que muestra la interfaz. A continuación, se selecciona la opción “Re-dibujar mapa” y por último “OK”.

Para la investigación seleccionaremos diferentes dominios: la región Niño 1+2 (Figura 3-5) y la región Niño 3.4, los cuales tienen las coordenadas que se muestran en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2 Coordenadas de la región Niño 1+2 y Niño 3.4

	Dominio	Región Niño 1+2		Región Niño 3.4	
Latitud	Más norte	0°	0	5° N	5
	Más sur	10° S	-10	5° S	-5
Longitud	Más oeste	90° O	-90	170° O	-170
	Más este	80° O	-80	120° O	-120

Elaboración: Propia.

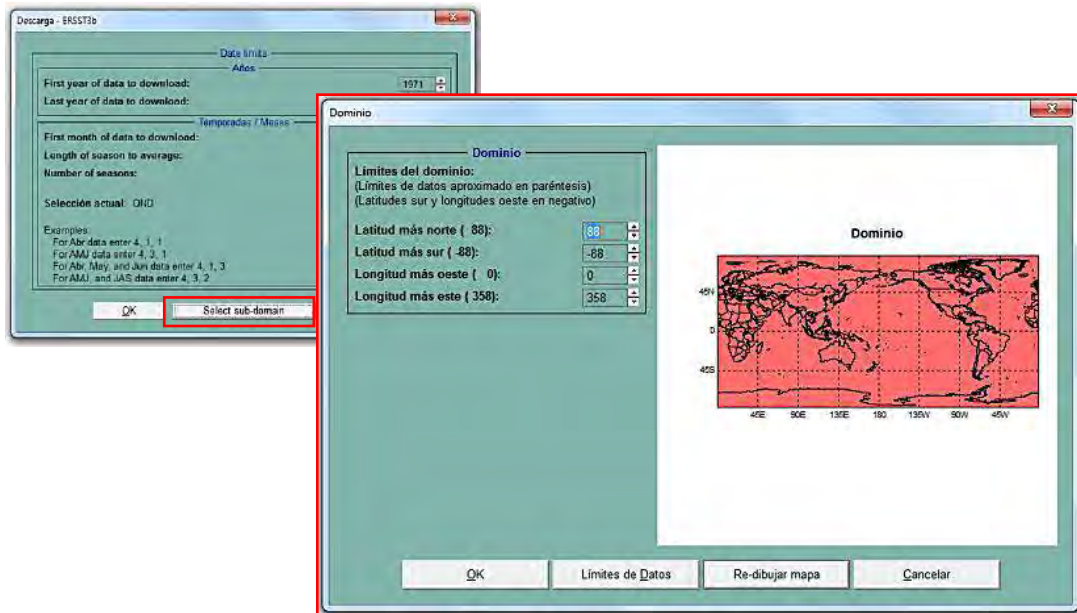


Figura 3-4 Interfaz de selección de subdominio.

Elaboración: Propia.

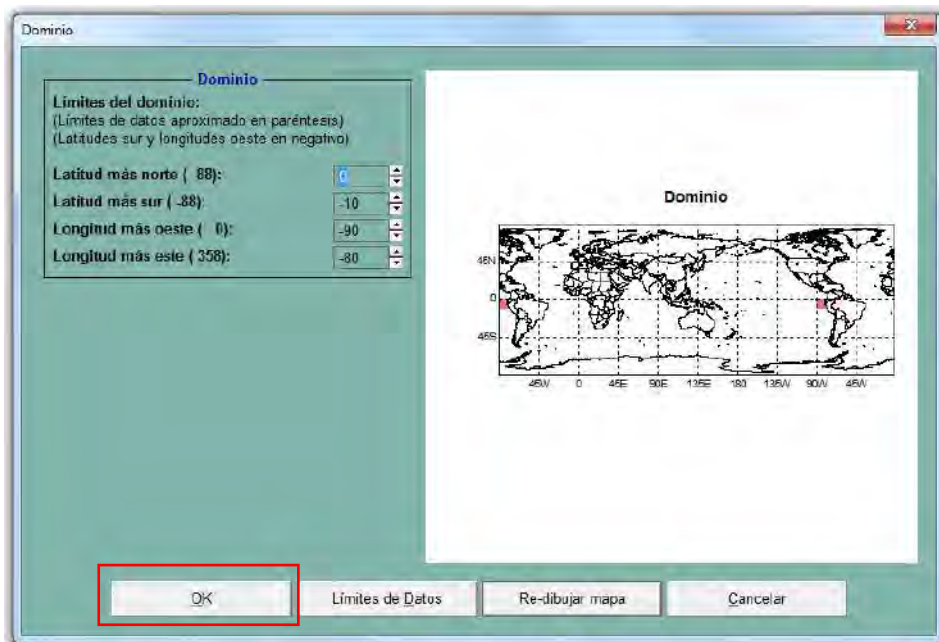


Figura 3-5 Selección de sub-dominio, Región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

Se debe tener claro que si no se selecciona ningún sub-dominio, se descargarían los datos para todo el planeta.

Una vez seleccionado el sub-dominio, regresamos a la interfaz inicial (Figura 3-3) y finalmente seleccionamos la opción “OK”.

Inmediatamente después, CPT nos redirige a la página web del IRI en donde se podrá descargar el archivo. La página nos muestra la característica de los datos que previamente se han seleccionado. Para culminar con la descarga se escoge la extensión adecuada para CPT (Figura 3-6), en este caso se selecciona “cptv10+ tsv datafile”, pues la versión utilizada del software es la 14.7.3.

Accessing data using CPT

You are downloading:
NOAA NCDC ERSST version3b sst
with missing value: -999

Longitude	grid / X (degree_east) ordered (90W) to (80W) by 2.0 N= 6 pts :grid
Latitude	grid / Y (degree_north) ordered (0) to (10S) by 2.0 N= 6 pts :grid
zlev	grid / zlev (meters) ordered [(0 0)] :grid
Time	grid / T (months since 1960-01-01) ordered (Oct-Dec 1971) to (Oct-Dec 2016) by 12.0 N= 46 pts :grid

Get the data for:

CPTv10+

- [cptv10+ tsv datafile](#)
- [cptv10+ tsv datafile \(gzip compressed\)](#)

Older CPT

- [2D tsv datafile](#)
- [2D tsv datafile \(gzip compressed\)](#)

Figura 3-6 Página web del IRI para la descarga de datos previamente seleccionados.
Elaboración: Propia.

El archivo puede cambiarse de nombre, de manera que sea más fácil para el usuario, ordenarlo.

3.2.2.2. TSM pronosticada

CPT nos permite descargar salidas del modelo CFS2, partir del modelo de circulación general (GCM) siguiendo un procedimiento similar al expuesto anteriormente.

Para iniciar la descarga se deben seleccionar las siguientes opciones: “Datos” → “Descarga” → “Resultados del GCM” → “TSM” → “CFS2”. Esto no llevará a una interfaz parecida a la de la TSM observada (Figura 3-7). La diferencia radica, en que no

pedirá al usuario ingresar el número de temporadas, en su lugar se debe ingresar el mes de inicio de pronóstico de la TSM.

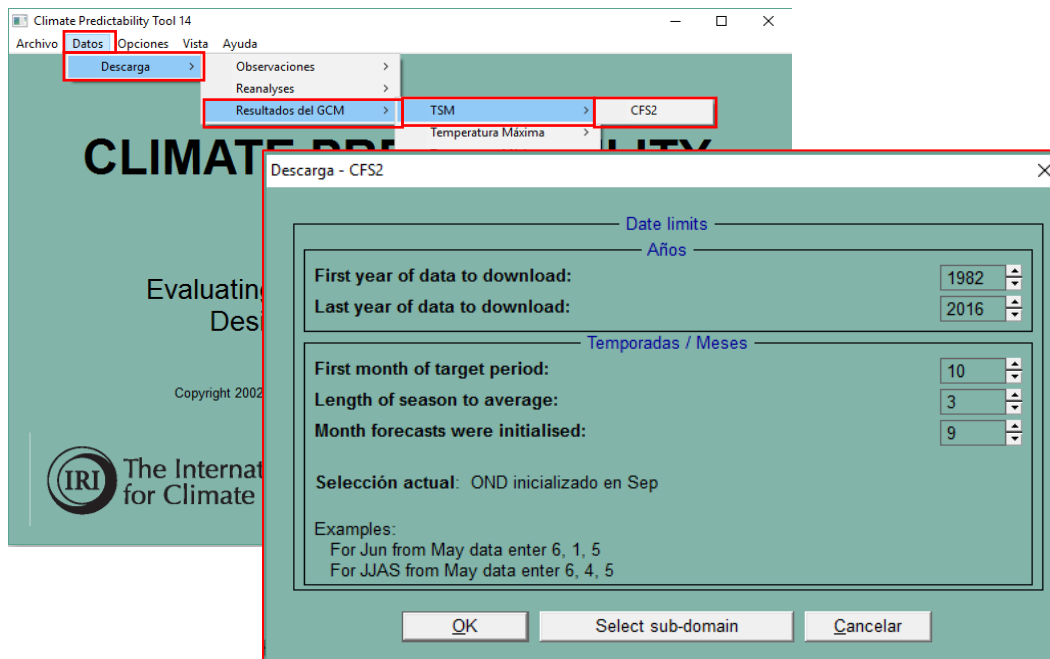


Figura 3-7 Interfaz de descarga de TSM pronosticada.
Elaboración: Propia.

Una vez completado los indicadores necesarios, se selecciona el sub-dominio de la misma manera que se explicó en el acápite anterior.

3.2.2.3. Índice ENSO

La metodología de descarga de los datos del índice ENSO, es muy similar a las ya mencionadas, pues requerirá al usuario completar los mismos indicadores con respecto a los años de inicio y fin y las temporadas de los datos requeridos. El cambio se da, en que no se tiene que seleccionar un sub-dominio, pues al hablar del índice ENSO, CPT solo pedirá seleccionar la región Niño de interés (Figura 3-8).

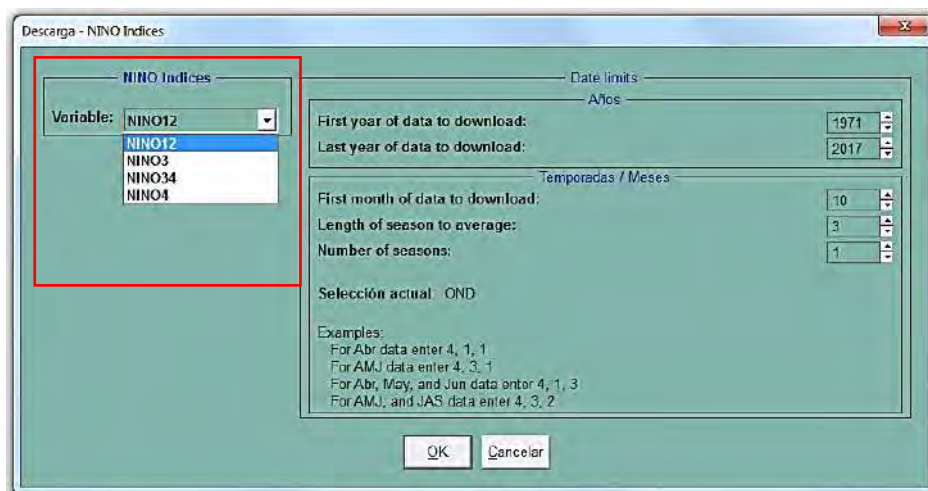


Figura 3-8 Interfaz de descarga del Índice ENSO en CPT.
Elaboración: Propia.

3.2.3. Formato de archivos de entrada de CPT

Para el caso de estudio, la variable predictante (Y) será la precipitación observada en 20 estaciones de la región Piura. Se cuenta con dicha información pero no en el formato que requiere CPT (.tsv), por ello, en el presente acápite se describirá como cambiar de formato los datos.

Para el manejo de la información de precipitaciones, se usará el programa EXCEL, procediendo a colocar la información siguiendo el orden y las características que se muestran en la Tabla 3-3, y como se puede observar en la Figura 3-9.

Tabla 3-3 Información que debe contener los archivos para la herramienta CPT

Información	Abreviatura	Características
Nombre de la estación	STN	Sin espacios (separación con guión bajo "_"). No debe exceder 16 caracteres.
Latitud	LAT	Sur - negativo Norte - positivo
Longitud	LON	Oeste - negativo Este - positivo
Año-temporada		Se colocarán los datos en la primera columna.

Fuente: (IRI).

Elaboración: Propia.

Los datos faltantes se deben completar con el valor “-999.0”, pues solo los modelos preverán no tener en cuenta esa información.

STN	STN_Ardilla
LAT	-4.52
LON	-80.43
1938-01/03	105.0
1939-01/03	289.5
1940-01/03	144.5
1941-01/03	573.9
1942-01/03	94.2
1943-01/03	558.9
1944-01/03	133.0
1945-01/03	176.6
1946-01/03	121.3
1947-01/03	55.1
1948-01/03	70.6
1949-01/03	141.6
1950-01/03	-999.0
1951-01/03	170.4
1952-01/03	160.8
1953-01/03	387.7
1954-01/03	85.2

Figura 3-9 Datos de precipitaciones en EXCEL.

Elaboración: Propia.

Para culminar, el archivo debe guardarse con la extensión “Texto (delimitado por tabulaciones)” (*.txt), en inglés “Text (tab delimited)” (Figura 3-10).

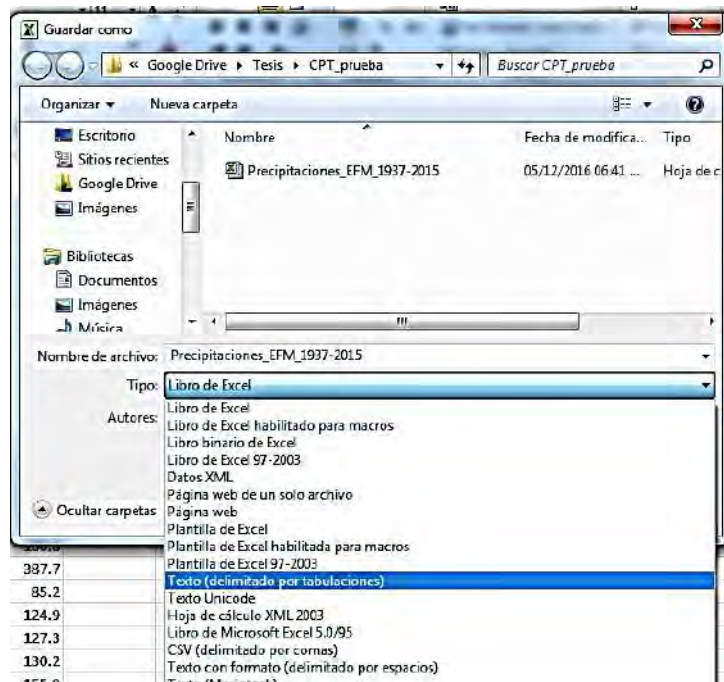


Figura 3-10 Formato para guardar los datos y usarlos en CPT.
Elaboración: Propia.

3.2.4. Correlación de datos

Para fines de la investigación se usará el método llamado Análisis de Correlación Canónica (ACC).

El ACC es un método de análisis multivariado, desarrollado por Hotelling en 1936. Está diseñado para identificar combinaciones lineales de variables de un campo que está más fuertemente correlacionado con combinaciones lineales de otro campo (Fallas & Alfaro, 2012).

Se selecciona el método a utilizar en la interfaz inicial de CPT, llevándonos a una nueva interfaz, propia de la correlación de datos (Figura 3-11).



Figura 3-11 Interfaz del ACC.
Elaboración: Propia.

3.2.4.1. Estudio diagnóstico

Este tipo de estudio realiza una correlación con predictores simultáneos, por ejemplo, se puede utilizar si se desea conocer si las precipitaciones del trimestre ENE, FEB y MAR, están afectadas por la TSM observada en el mismo periodo del año. Si ese fuera el caso debería existir una relación entre ambas variables, pudiendo así, construir un modelo estadístico para pronosticarlo.

Dentro de CPT, se debe activar la opción “Synchronous Predictors” (predictores simultáneos), la cual indica que se trabajará con variables simultáneas, de modo que la herramienta escoge automáticamente los mismos años para cada variable. Esta se activa en la interfaz del ACC y teniendo en cuenta el siguiente orden: “Opciones” → “Datos” → “Synchronous Predictors” (Figura 3-12).

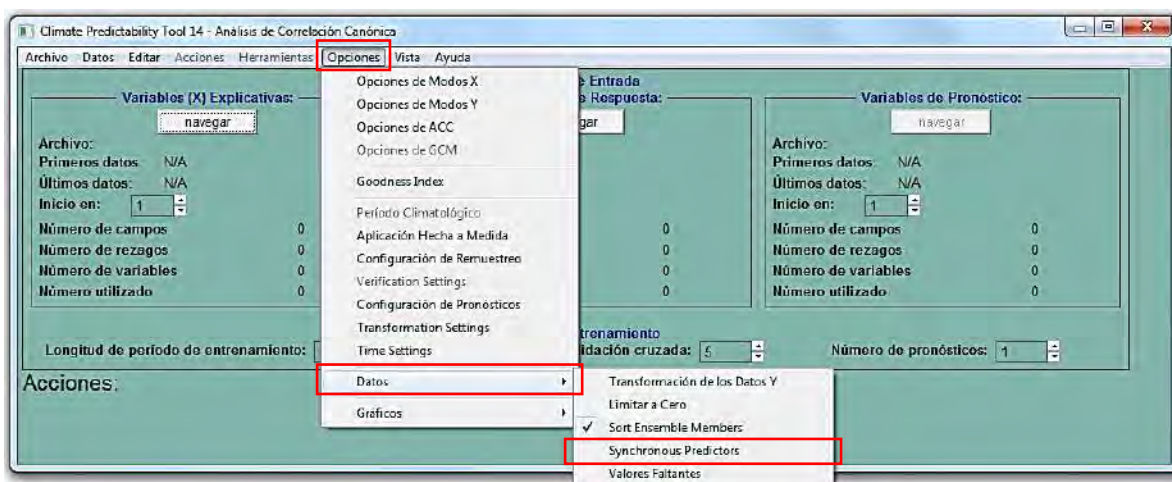


Figura 3-12 Activación de la opción "predictores simultáneos".
Elaboración: Propia.

3.2.4.2. Modelo predictivo

Cuando se construye un modelo predictivo con CPT, en general se presume que hay un rezago entre la variable predictora (X) y predictante (Y). Por ejemplo, en la investigación se utilizará la TSM del trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND) para predecir las precipitaciones de la temporada enero-febrero-marzo (EFM).

Para la construcción de los modelos predictivos se ingresa a la interfaz de la correlación deseada y se debe asegurar que la opción de “predictores simultáneos” se encuentre desactivada.

3.2.5. Selección de archivos de entrada

Para iniciar la selección de los archivos de entrada nos dirigimos a la opción “navegar” (Figura 3-13) e inmediatamente CPT abrirá un navegador, que permite buscar datos desde cualquier directorio.

Para los conjuntos de datos de cuadrícula y estación, CPT pide al usuario indicar el dominio de los datos, permitiéndole elegirlo. Para el archivo X debe elegir un dominio desde donde se sabe que los predictores afectan el clima en la región que se va a predecir.



Figura 3-13 Ingresar archivos de entrada en la CPT.
Elaboración: Propia.

La selección del dominio se puede hacer como se explicó en el acápite 3.2.2.1 o directamente con la opción “Límite de Datos” (Figura 3-14), tomando así, el dominio del archivo escogido.

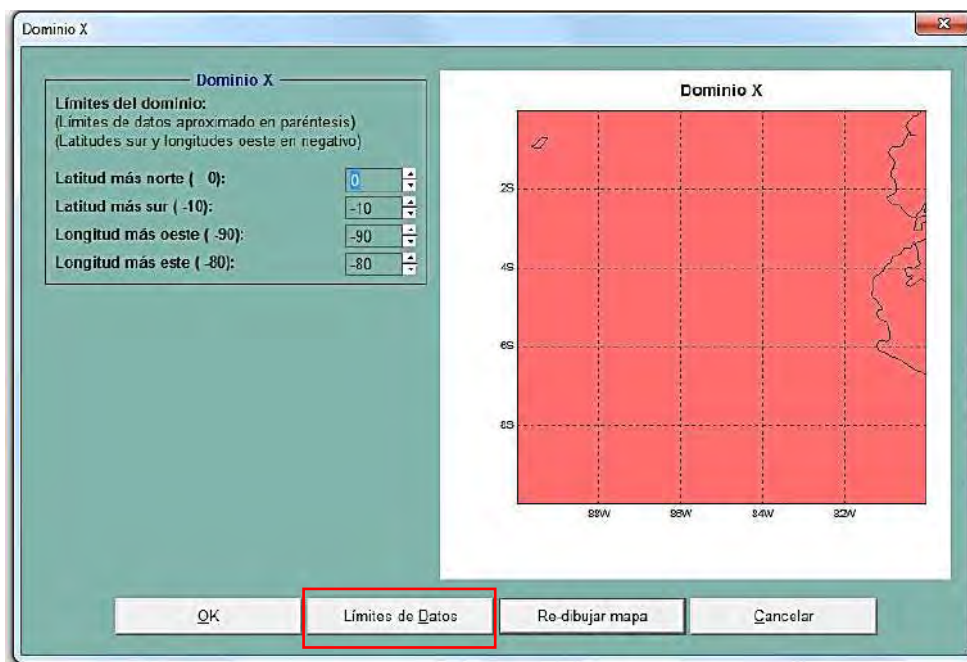


Figura 3-14 Dominio para la variable predictora.
Elaboración: Propia.

Además, para cualquier tipo de correlación se tiene que elegir el número de modos de ambas variables para adaptarse al modelo (Figura 3-15). Si se establece que el mínimo sea menor que el máximo, CPT encontrará el número óptimo de modos entre los dos números. Si se establece el mínimo igual al máximo, CPT utilizará ese número de modos.

CPT utiliza el número de modos para hacer pronósticos con validación cruzada y luego calcula un "índice de bondad" resumiendo cuán buenas son todas las predicciones (cuanto más cerca de 1 mejor). A continuación, CPT utiliza el modo número 2 para rehacer los pronósticos con validación cruzada y calcula un nuevo índice de bondad para estos, y así sucesivamente hasta que se hayan utilizado el número de modos seleccionados. En cada

paso CPT compara los índices de bondad y retiene bajo la columna "OPTIMUM" el índice de bondad más alto y el número correspondiente de modos (IRI).

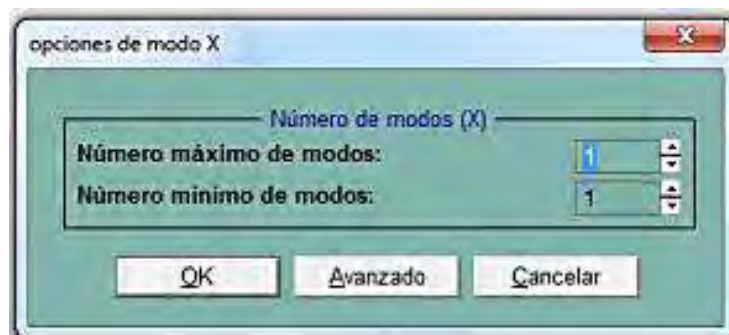


Figura 3-15 Opciones de modo X.
Elaboración: Propia.

La selección de los archivos se realiza de la misma forma para ambas variables.

Por defecto, CPT suele iniciar el análisis desde los primeros años en los archivos X e Y, aunque estos años podrían ser diferentes. Normalmente para el análisis predictivo tomará el periodo común entre las dos variables.

Para el ejemplo que se muestra en la Figura 3-16, el año de inicio para el archivo X tendrá que ser un año antes que para el archivo Y, pues se usa una temporada anterior.

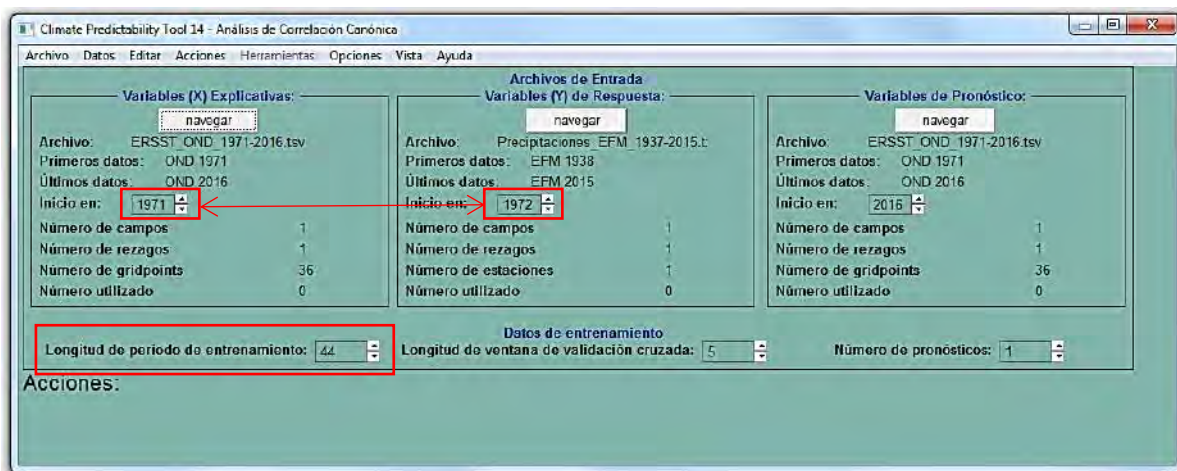


Figura 3-16 Relación entre los años de inicios de las variables.
Elaboración: Propia.

En adición a la relación de los años de las variables, se tiene que especificar la longitud de periodo de entrenamiento. CPT, por defecto, utilizará tantos años como estén disponibles.

3.2.6. Tratamiento de valores faltantes

Si se cuenta con valores faltantes en el conjunto de datos, el usuario debe especificar al modelo qué requiere que el modelo haga con ellos.

Para ello, se selecciona: "Opciones" → "Datos" → "Valores Faltantes" (Figura 3-17), mostrando la interfaz de la Figura 3-18.

En el cuadro del indicador de valor perdido, se debe especificar el número que en el conjunto de datos representa el valor que falta, como ya se mencionó será -999.0.

Se puede elegir el porcentaje máximo de valores faltantes. Si una estación sobrepasa ese porcentaje, CPT no la usará en el modelo. Además, se puede elegir el porcentaje máximo de estaciones perdidas. Si un año tiene más que ese porcentaje de valores faltantes, CPT no usará ese año en el modelo.

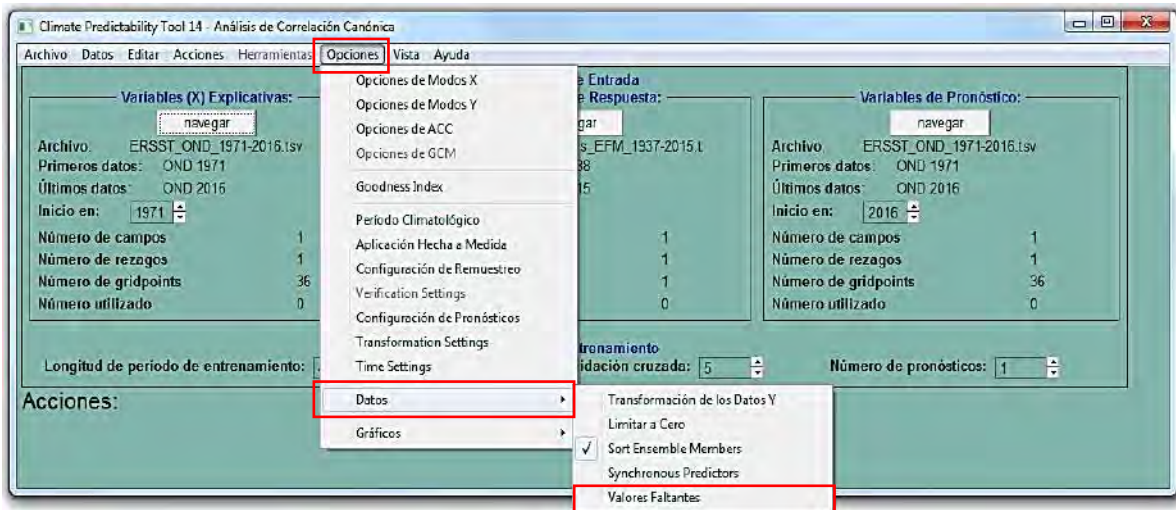


Figura 3-17 Selección de función "Valores Faltantes".

Elaboración: Propia.

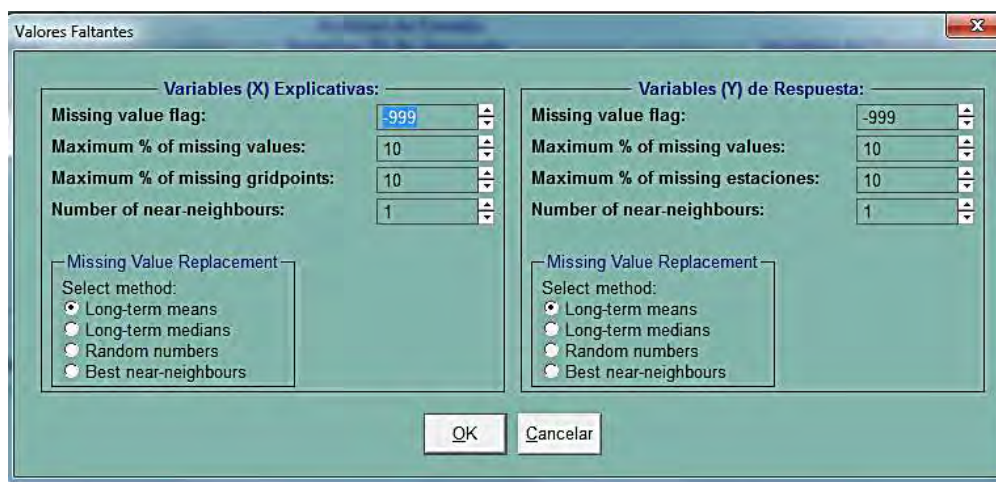


Figura 3-18 Interfaz de la opción "Valores Faltantes".

Elaboración: Propia.

CPT da la opción de elegir el método que se desea utilizar para reemplazar los valores faltantes. Si se selecciona la opción “Best near-neighbours” (los mejores vecinos más cercanos), CPT utilizará el número de vecinos cercanos que especifique.

En adición a las condiciones ya explicadas, se debe tener en cuenta que cuando el modelo se utilice para predecir precipitaciones, será preferible indicar a los modelos que nunca se tome los valores negativos, mediante la activación de la opción “ZeroBound” (Limitar a cero) (Figura 3-17).

3.2.7. Ejecución de los modelos

Para ejecutar un modelo se selecciona: “Actions” → “Calculate” → “Cross-validated” (Figura 3-19). La interfaz muestra una parte llamada “Actions” donde muestra el proceso de la correlación que se está ejecutando.

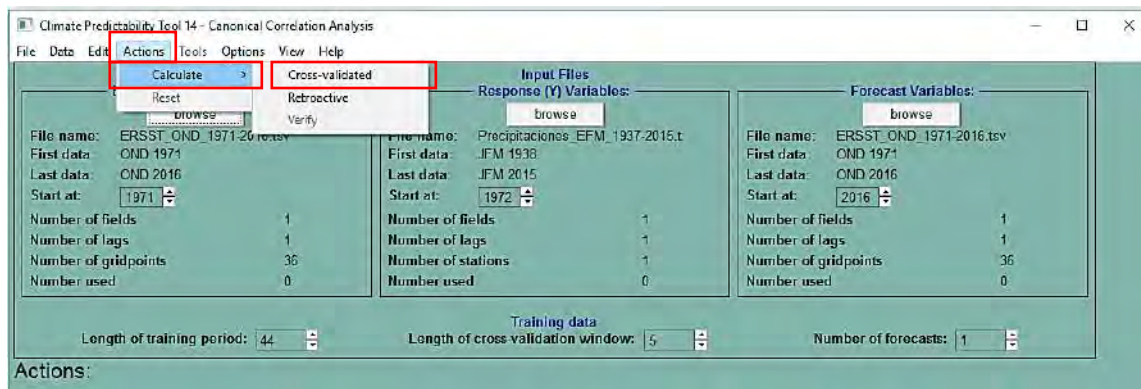


Figura 3-19 Ejecutando modelo predictivo en CPT.
Elaboración: Propia.

3.2.8. Resultados de los modelos

CPT muestra diversos resultados tras la elaboración de un modelo predictivo en la pestaña “Tools” (Figura 3-20). Se puede observar las siguientes opciones (IRI):

- Validación (Validation): muestra habilidad predictiva, retro análisis y series observadas.
- Verificación (Verification): muestra información de habilidades probabilísticas para pronósticos.
- Tablas de contingencia (Contingency Tables): muestra las tablas de contingencia.
- Modos (Modes): muestra las series temporales de los modos, patrones de carga y diagrama de secuencias.
- Mapas climatológicos (Climatological Maps): muestra mapa de terciles y promedios.

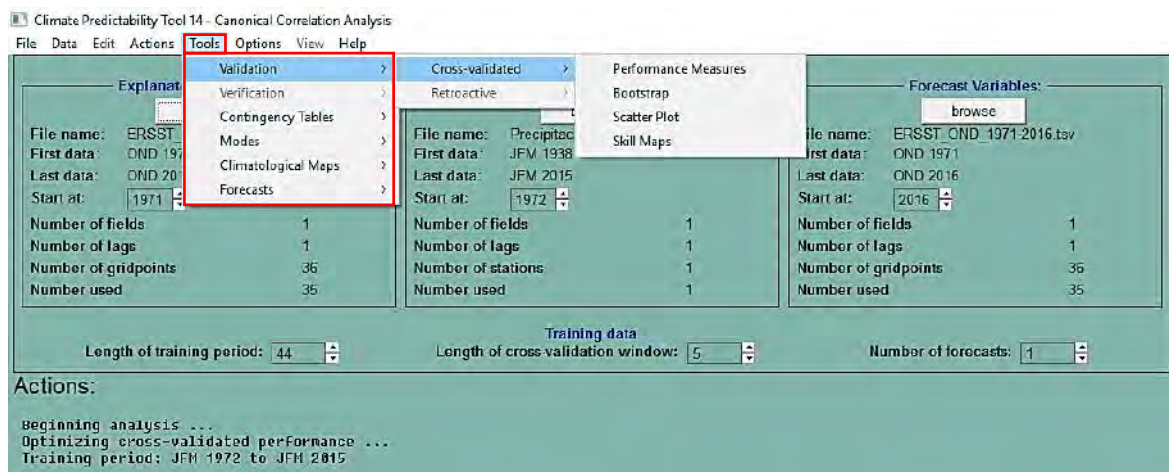


Figura 3-20 Opciones de resultados del modelo en CPT.
Elaboración: Propia.

- Pronósticos

Para el realizar el pronóstico deseado se debe tener en cuenta dos indicadores importantes: el año de inicio de las previsiones (el año es para los predictores no el predictando) y el número de años a pronosticar (Figura 3-21).

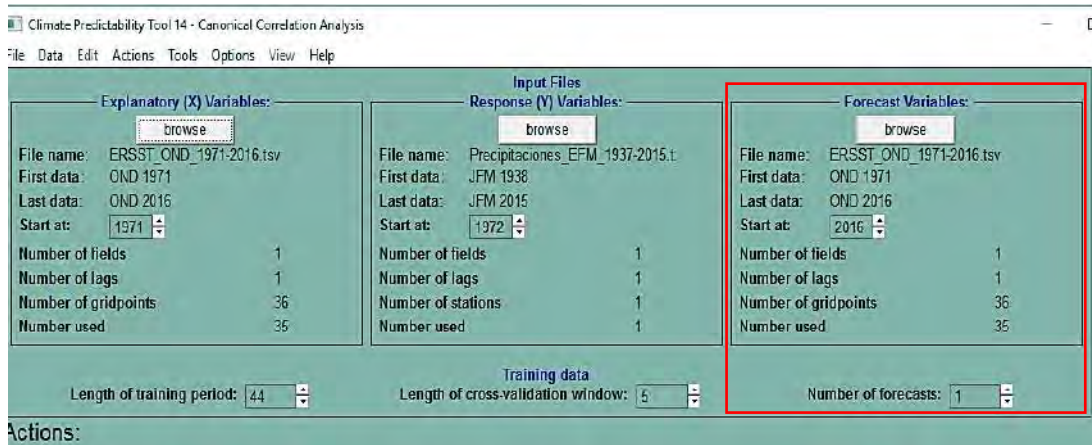


Figura 3-21 Opciones de pronóstico.
Elaboración: Propia.

Una vez que se ha colocado la información requerida, debemos hacer selección de las siguientes opciones: “Tools” → “Forecast” → “Series” / “Maps” (Figura 3-22).

- La opción “Series” muestra un gráfico de los pronósticos con validación cruzada, usualmente es una línea verde y la predicción (cruzada) para la estación actual, así como información detallada sobre el pronóstico (IRI).
- La opción “Mapas” muestra en escala de colores y numéricamente las probabilidades de precipitaciones en las estaciones que se hayan analizado.

El cuadro "Umbrales" (Thresholds) indica las definiciones por debajo y por encima de lo normal (menos que el umbral inferior y más que el umbral superior, respectivamente). Se muestran las probabilidades climatológicas y las probabilidades de cada una de las tres categorías (IRI).

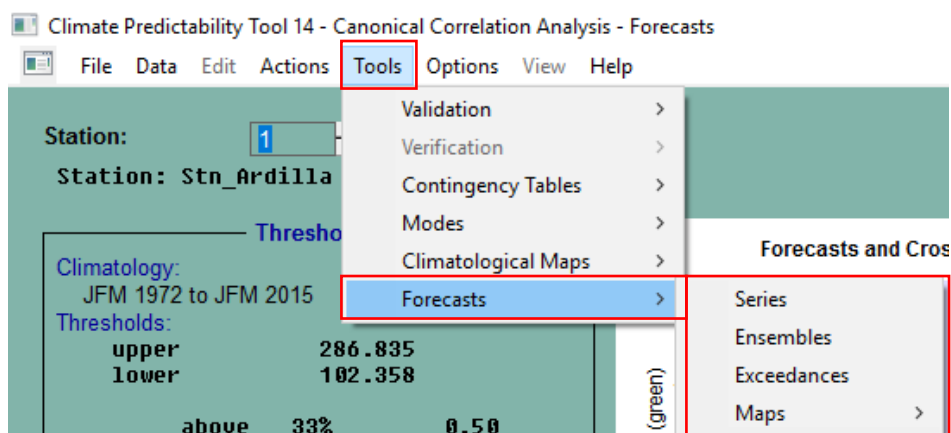


Figura 3-22 Pronóstico en CPT.
Elaboración: Propia.

Una de las funciones de CPT es poder cambiar los valores de las categorías que definen a los umbrales, poniendo así los valores reales de la zona de estudio. Para realizar este cambio se debe ingresar a las siguientes opciones: “Options” → “Tailoring” (Figura 3-23).

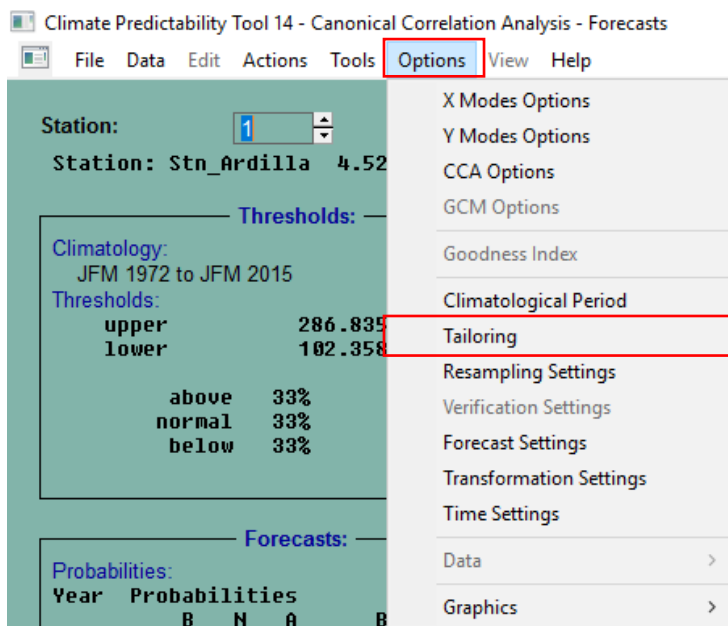


Figura 3-23 Cambio de categoría para los umbrales reales.
Elaboración: Propia.

Esta opción permite: cambiar las probabilidades climatológicas, definir los umbrales reales y establecer años analógicos. Una vez hecho los cambios, CPT recalcula los umbrales y probabilidades climatológicas (Figura 3-24).

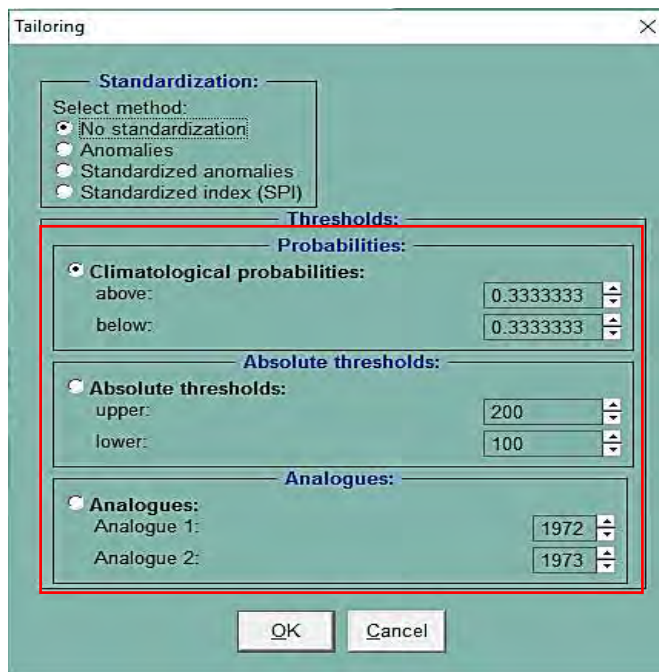


Figura 3-24 Interfaz de cambio de valores de umbrales para pronóstico.
Elaboración: Propia.

3.2.9. Recopilación de resultados

CPT permite guardar los datos de salida, que son todos aquellos mencionados en el acápite 3.2.8. Es decir, se puede obtener los siguientes datos:

- Pronósticos con validación cruzada.
- Datos de entrada (mostrando estaciones y años que el modelo no tomó en cuenta por las condiciones de valores faltantes). Además, completa los valores faltantes con el modelo seleccionado por el usuario.
- Modos: series de tiempo, patrones de carga y varianza.
- Parámetros (coeficientes) del modelo (ejemplo: $Y = ax + b$).
- Pronósticos.

Para ingresar a la opción de guardar los resultados seleccionamos: “File” → “Output Results” → “Output Results” y CPT nos dirige a la interfaz que se muestra en la Figura 3-25. Ahí el usuario debe seleccionar los archivos que se deseen guardar.

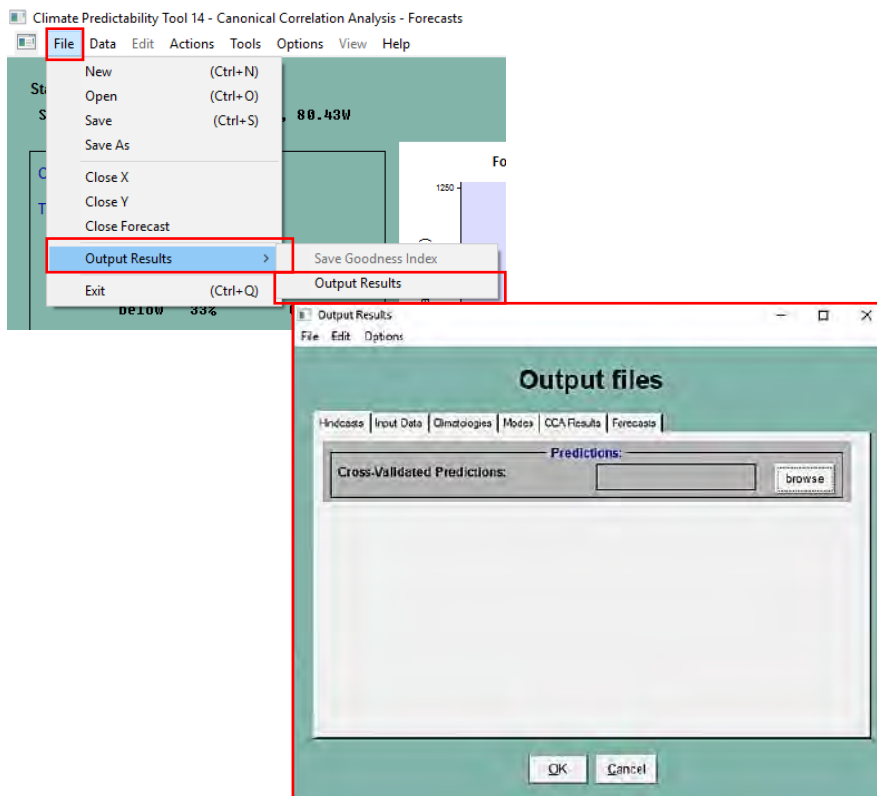


Figura 3-25 Interfaz para guardar resultados en CPT.
Elaboración: Propia.

Capítulo 4

Correlación de parámetros oceánico-atmosféricos y precipitación en la región Piura

4.1. Condiciones iniciales de los modelos

Para iniciar con el estudio y análisis de las correlaciones entre los parámetros oceánico-atmosféricos y las precipitaciones observadas en eventos El Niño en la región Piura, se explicarán las condiciones iniciales permanentes en los modelos y las variables estudiadas para cada caso.

4.1.1. Regiones de monitoreo

Las regiones de monitoreo a utilizar serán: Niño 1+2 y Niño 3.4 (Figura 1-15).

Para científicos y entidades internacionales, como la NOAA, la zona de monitoreo más utilizada es la región Niño 3.4, pues ésta proporciona una buena medida de los cambios importantes en la TSM y gradientes de TSM que producen cambios en el patrón de la convección tropical profunda y la circulación atmosférica. Sin embargo, para Perú, la zona de interés en el monitoreo del FEN es la región 1+2, debido a la ubicación de la misma, cercana a la costa peruana.

Las coordenadas a utilizar para ambas regiones son las mencionadas en la Tabla 3-2, en las cuales el signo negativo indica que están ubicadas en la longitud oeste.

4.1.2. Parámetros oceánico-atmosféricos

Para la investigación, como variables predictoras, se tomarán dos parámetros oceánico-atmosféricos: la TSM, observada y pronosticada (obtenida del modelo CFS2), y el índice ENSO. Estos datos son obtenidos de la base de datos del IRI por medio de la herramienta CPT, para ambas regiones de monitoreo y el periodo 1971-2016.

La selección de estos parámetros se debe a que las anomalías de la TSM prevén la ocurrencia de un FEN. El umbral más comúnmente utilizado es una salida positiva de la TSM de lo normal, superior o igual a $+0.5^{\circ}\text{C}$ (NOAA). Además, el Índice ENSO puede confirmar si las características climatológicas son consistentes con un FEN.

4.1.3. Datos de precipitación en la región Piura

Como predictantes se utilizarán las precipitaciones observadas de 20 estaciones meteorológicas ubicadas en la región Piura (Figura 4-1) con registros mensuales del trimestre enero-febrero-marzo (EFM) para el período 1971-2016.

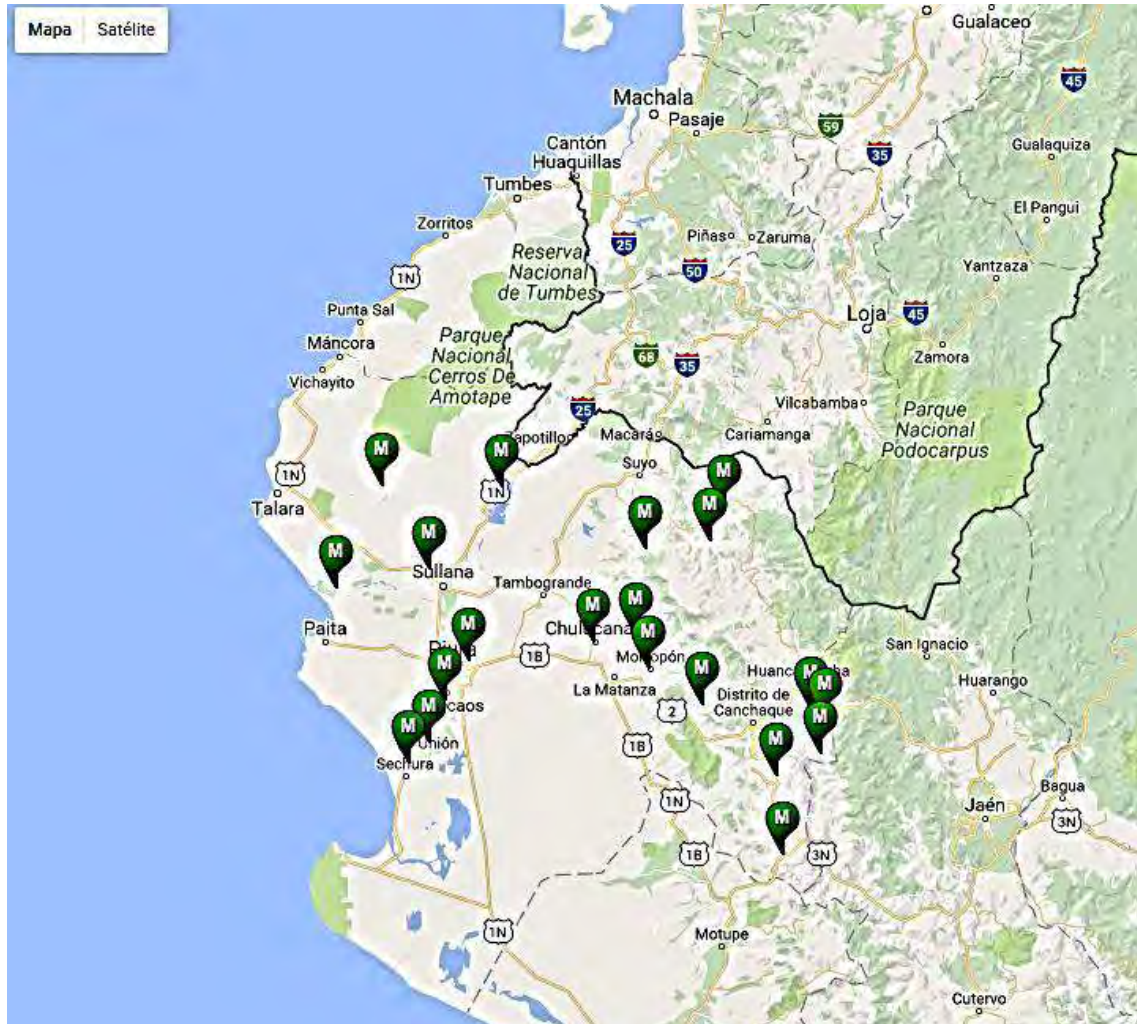


Figura 4-1 Ubicación de las 20 estaciones meteorológicas de la región Piura utilizadas para el análisis en CPT.

Fuente: (SENAMHI).

En la Tabla 4-1 se encuentran mencionadas todas las estaciones utilizadas para el estudio, con sus respectivas características. La selección de éstas se hizo por dos razones principales:

- Ubicación de las estaciones, por lo menos una en cada provincia de Piura, a excepción de Talara, pues en la actualidad solo una estación se encuentra en funcionamiento ahí y no cuenta con los datos suficientes para el estudio.
- Fácil acceso a los datos históricos, los cuales fueron obtenidos de las diferentes páginas manejadas por SENAMHI.

Los datos históricos, de cada estación, utilizados en la investigación se encuentran en el Anexo C. En ellos se completó algunos de los valores faltantes iniciales, con ayuda de los

estudios diagnósticos (acápite 4.2), para tener mayor confiabilidad al realizar los modelos predictivos.

Tabla 4-1 Estaciones meteorológicas de la región Piura usadas para los modelos en CPT

N°	Provincia	Estación	Distrito	Coord. Geográfica		Altitud (msnm)
				Latitud	Longitud	
1	Ayabaca	Ayabaca	Ayabaca	04°38'16.1"	79°42'38.9"	2567
2	Ayabaca	Sapillica	Sapillica	04°46'41.7"	79°58'55.9"	1483
3	Ayabaca	Sausal de Culucan	Lagunas	04°45'08.5"	79°45'28.5"	1050
4	Huancabamba	Hda. Schumaya	Sondorillo	05°22'22.0"	79°21'21.0"	2220
5	Huancabamba	Huarmaca	Huarmaca	05°33'57.1"	79°31'31.6"	2186
6	Huancabamba	Porculla	Huancabamba	05°50'22.7"	79°30'20.6"	2169
7	Huancabamba	Sondorillo	Sondorillo	05°20'20.0"	79°24'24.0"	2025
8	Huancabamba	Tuluce	Sondorillo	05°29'29.0"	79°22'22.0"	1730
9	Morropón	Chulucanas	Chulucanas	05°06'01.0"	80°10'01.0"	90
10	Morropón	Bigote	Salitral	05°19'15.0"	79°47'08.5"	213
11	Morropón	Morropón	Morropón	05°11'40.0"	79°58'16.0"	141
12	Morropón	San Pedro	Chulucanas	05°04'45.0"	80°00'58.7"	231
13	Paita	La Esperanza	Colán	04°55'01.0"	81°03'26.5"	11
14	Piura	Miraflores	Castilla	05°10'00.0"	80°36'00.0"	30
15	Piura	San Miguel	Catacaos	05°18'14.0"	80°40'50.3"	20
16	Sechura	Bernal	Bernal	05°27'03.7"	80°44'15.1"	8
17	Sechura	Chusis	Sechura	05°31'27.0"	80°48'22.6"	14
18	Sullana	Lancones	Lancones	04°34'01.0"	80°29'01.0"	135
19	Sullana	Mallares	Marcavelica	04°51'01.0"	80°43'59.7"	48
20	Sullana	Pananga	Marcavelica	04°33'33.0"	80°53'53.0"	440

Fuente: (SENAMHI).

Elaboración: Propia.

4.1.4. Umbrales reales

Los umbrales utilizados en los estudios diagnósticos y predicciones; valores normales, por encima o por debajo de lo normal; han sido tomados por los modelos según los datos históricos de precipitación de cada estación en la región.

4.1.5. Valores faltantes

Para que CPT pueda trabajar teniendo en cuenta que existen algunos datos faltantes se debe indicar las siguientes características:

- El número máximo de valores faltantes, que será 20%. Teniendo cada estación un periodo de 46 años, esto equivale a que el modelo como máximo aceptará 9 datos faltantes por estación.
- El número máximo de estaciones perdidas, que será 25%. Se cuenta con 20 estaciones por año, por tanto, solo se admite perder 5 estaciones.

4.1.6. Modos canónicos

El número de modos a utilizar será 8, aunque el software al procesar los modelos, se encargará de retener la cantidad necesaria de modos de correlación canónica.

El criterio aplicado es usar un eje logarítmico y en el punto en que se forme un “codo” en la gráfica de la variable predictora o predictante, determinará la cantidad de modos a utilizar, puesto que la varianza explicada por los modos restantes ya no cambia mucho entre ellos sucesivamente.

Cada modo canónico muestra tres figuras, a la izquierda, el patrón de temperaturas superficiales de mar, que traería consigo lluvias por encima (colores amarillos, naranjas o rojos) o por debajo (celeste o azules) de los valores promedios en las estaciones utilizadas. Dichos patrones en las estaciones se muestran en el gráfico de la derecha. El gráfico del centro muestra los valores del modo con respecto al tiempo (Fallas & Alfaro, 2012).

4.1.7. Medidas de validación

Para la evaluación de los modelos se utilizarán los índices que se explican brevemente a continuación (IRI):

- Índice de correlación de Pearson: Describe la intensidad de la asociación lineal entre los pronósticos y las observaciones (Figura 4-2).

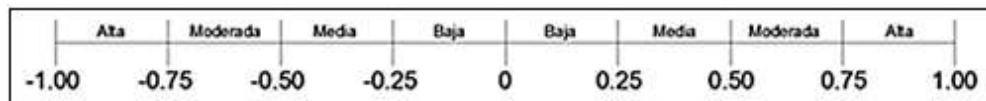


Figura 4-2 Categorías y valores de correlación de Pearson.

Elaboración: Propia.

- Índice de correlación de Spearman: Describe la intensidad de la asociación monótonica entre los pronósticos y las observaciones.
- Índice de Acierto: Define el porcentaje de veces que la categoría de pronóstico corresponde con la categoría observada.
- Error lineal en el espacio de las probabilidades (LEPS, por sus siglas en inglés): Define un índice mediante una tabla de conteo que da diferentes valores para los aciertos en función de la categoría observada y con las probabilidades previas de la categoría. Este indicador de calidad penaliza más los errores de acierto por dos o más categorías.

4.1.8. Zonas geográficas de la región Piura

Se ha visto conveniente, diferenciar a la región Piura en dos zonas: costa y sierra. Esto, debido a que se evidencia un comportamiento diferente entre ambas.

Para poder identificar la ubicación de las estaciones en cada zona, se utilizó la categorización de zonas geográficas que utiliza SENAMHI para emitir pronósticos en todo el Perú (SENAMHI). Dicha ubicación se muestra en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2 Ubicación de estaciones en las zonas geográficas de la región Piura

Zonas	Estaciones	Provincia
Sierra	Ayabaca	Ayabaca
	Sapillica	Ayabaca
	Sausal de Culucan	Ayabaca
	Hda. Schumaya	Huancabamba
	Huarmaca	Huancabamba
	Porculla	Huancabamba
	Sondorillo	Huancabamba
	Tuluca	Huancabamba
	Bigote	Morropón
	San Pedro	Morropón
Costa	Chulucanas	Morropón
	Morropón	Morropón
	La Esperanza	Paita
	Miraflores	Piura
	San Miguel	Piura
	Bernal	Sechura
	Chusis	Sechura
	Lancones	Sullana
	Mallares	Sullana
	Pananga	Sullana

Elaboración: Propia.

4.2. Estudios diagnósticos

Los estudios diagnósticos que se realizarán, buscan encontrar qué parámetro guarda mejor relación emitiendo pronósticos, comparando estos con las precipitaciones observadas, y con su ayuda poder completar los datos faltantes de las estaciones a utilizar para los pronósticos.

Cabe recalcar que las medidas de validación se hacen entre los pronósticos de precipitación en base a los parámetros, TSM e índice ENSO, y la precipitación observada para cada mes en la región Piura.

4.2.1. Correlación de la TSM observada y precipitación observada

El objetivo del presente acápite es conocer si las precipitaciones observadas para los meses de enero, febrero y marzo están afectadas por la TSM observada para los mismos meses, por separado. De ser el caso, se evidenciaría una relación entre las variables, permitiendo así, construir un modelo estadístico para pronosticarlo, con cierto periodo de rezago.

4.2.1.1. Enero

Los valores de las medidas de validación entre los pronósticos y la precipitación observada en la región para el mes de enero se muestran en el Anexo D 1.

Para este mes, el índice de correlación de Pearson muestra una correlación de media a moderada positiva para las predicciones hechas por el modelo, en donde la variable predictora es la TSM observada en la región Niño 1+2, pero solo en la costa de Piura (Figura 4-3), alcanzando un valor máximo de 0.63. En la sierra muestra correlaciones bajas positivas y negativas.

Para la sierra de Piura, el índice de correlación de Pearson mejora en las predicciones hechas por la TSM observada en la región Niño 3.4 (Figura 4-4), pues muestra valores cercanos a 0.45. Además, también presenta buenas correlaciones (medias positivas) en la costa, ligeramente menor a las obtenidas en la región 1+2.

El índice de acierto es mayor en la región 3.4 para todo Piura, alcanzando valores máximos de 63%, mientras que en la zona región 1+2, los valores son del orden de 40%. Además este índice evidencia que aun teniendo una cantidad alta de valores pronosticados que se asemejan a los reales de precipitación observada, no asegura una buena correlación entre las variables.

El índice LEPS muestra mayores valores en la región 3.4 en comparación con la región 1+2. A pesar de ello, es en la costa de Piura en donde se muestra valores positivos altos, llegando a alcanzar un 68%, en comparación a un 43% en la sierra.

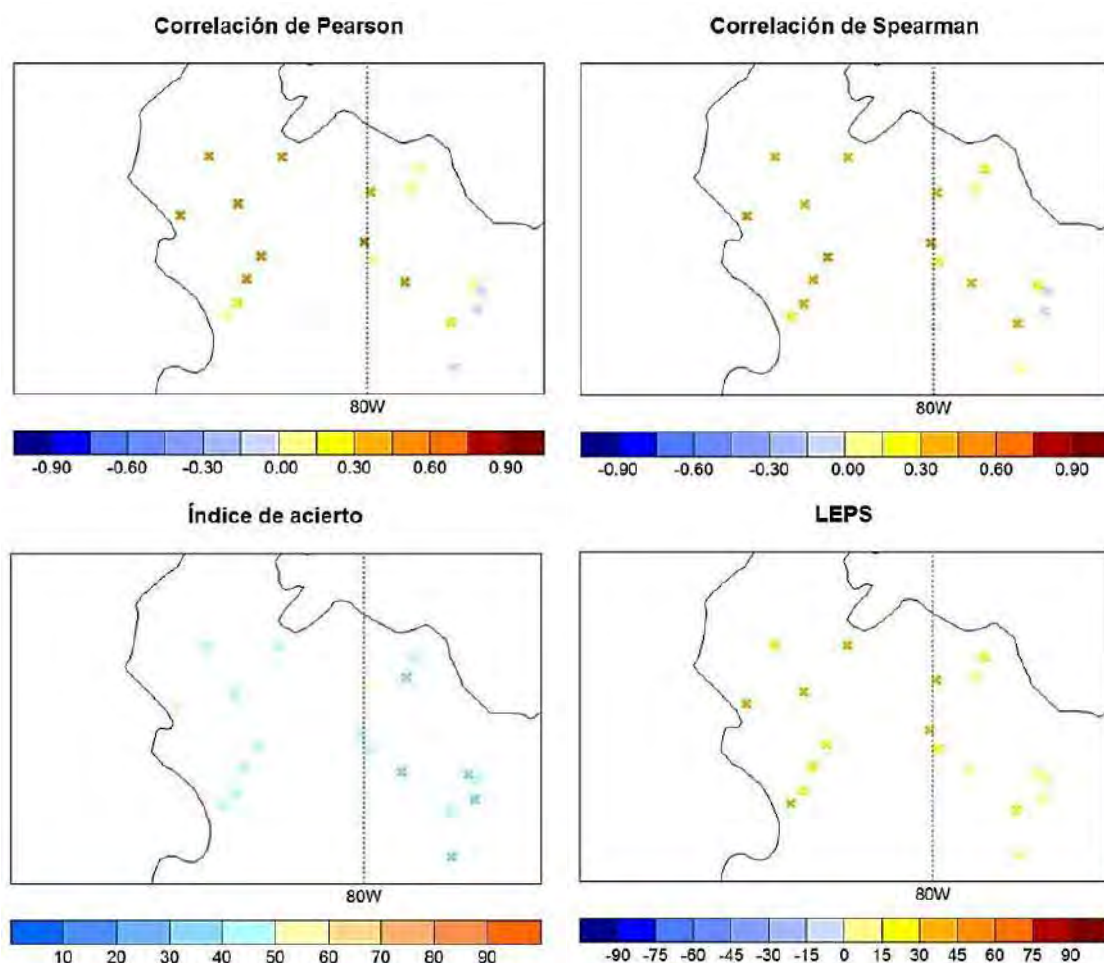


Figura 4-3 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de enero, tomando la TSM de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

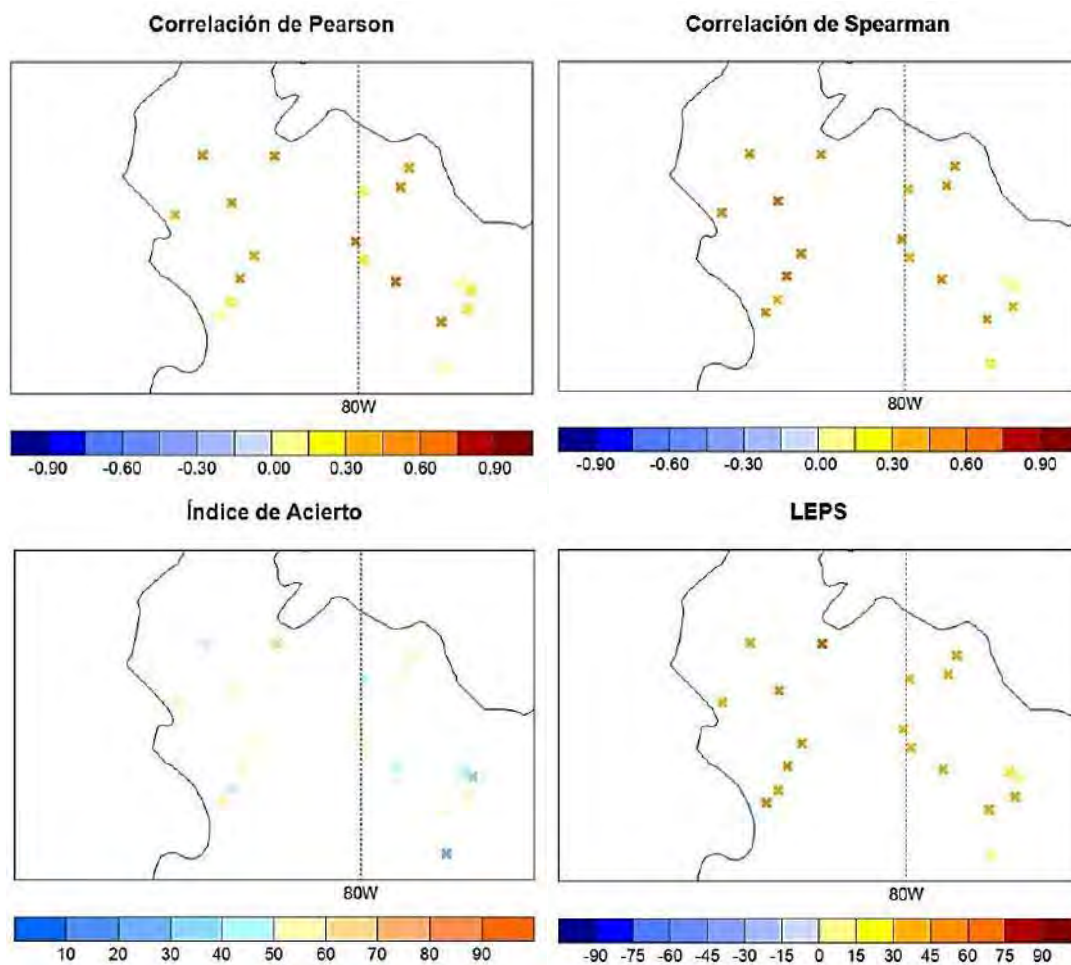


Figura 4-4 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de enero, tomando la TSM de la región Niño 3.4.

Elaboración: Propia.

4.2.1.2. Febrero

Los valores de las medidas de validación entre los pronósticos y la precipitación observada en la región para el mes de febrero se muestran en el Anexo D 2.

Al igual que en el mes de enero, el modelo hecho con la TSM de la región Niño 1+2, presenta correlaciones de Pearson de medias a moderadas positivas, en el orden de 0.30 a 0.65, en las estaciones de la costa de Piura (Figura 4-5). Mientras que, para la sierra las correlaciones son moderadas a altas positivas en la región Niño 3.4 (Figura 4-6), en el rango de 0.30 a 0.65. Lo cual va marcando un comportamiento determinado para ambas zonas de Piura.

La correlación de Spearman mantiene también la tendencia del mes anterior. Es decir, para todo Piura el índice es positivo y con valores elevados para la región 3.4, en comparación con la región 1+2.

El índice de acierto presenta un aumento en los estudios realizados en ambas regiones de monitoreo, pero se mantiene mayor en la región Niño 3.4 para la mayoría de las estaciones, aumentado sus valores a 50 – 60%. Además el índice LEPS es mayor para el estudio hecho en la misma región, prácticamente en toda la costa.

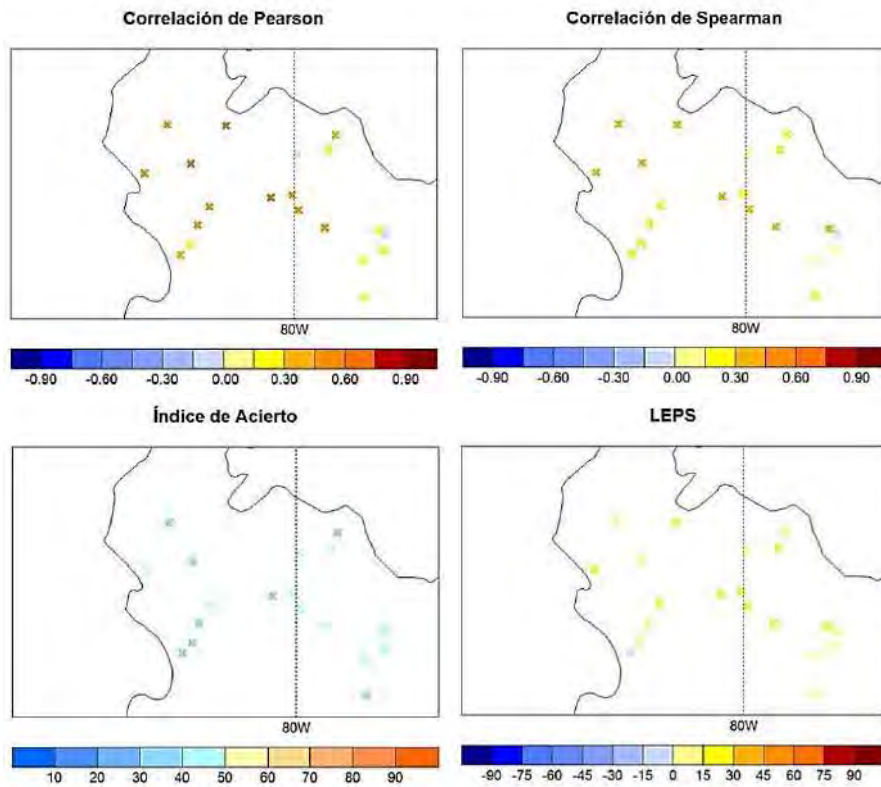


Figura 4-5 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de febrero, tomando TSM de la región Niño 1+2.
Elaboración: Propia.

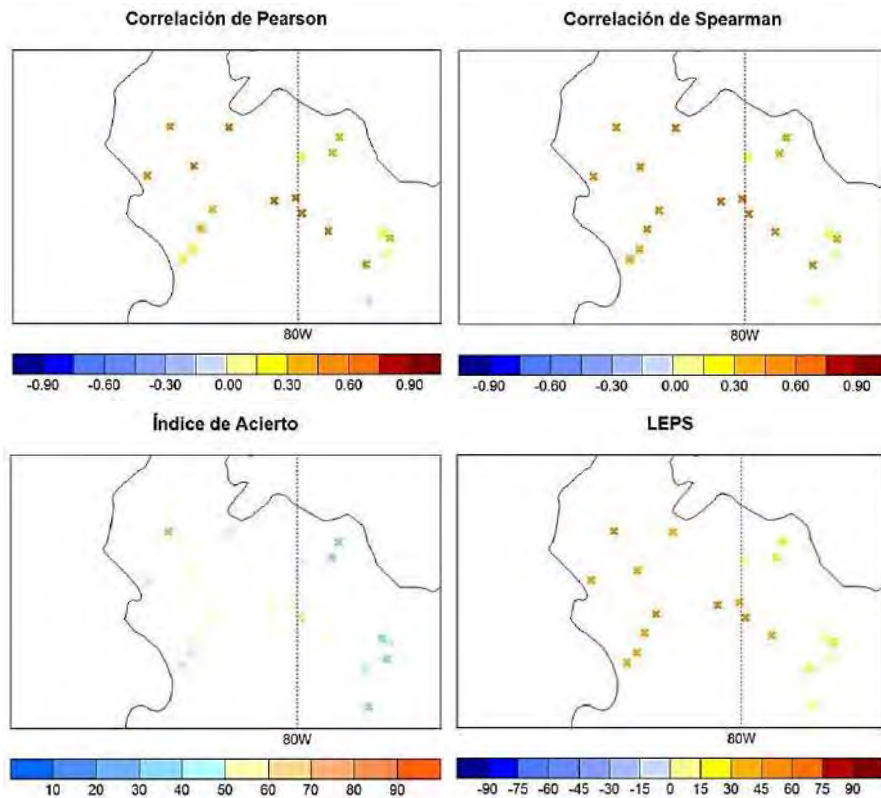


Figura 4-6 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de febrero, tomando TSM de la región Niño 3.4.
Elaboración: Propia.

4.2.1.3. Marzo

Los valores de las medidas de validación entre los pronósticos y la precipitación observada en la región para el mes de marzo se muestran en el Anexo D 3.

Para este mes, la tendencia se mantiene para la costa piurana, pues los índices de correlación de Pearson mostrados por la TSM observada de la región Niño 1+2 (Figura 4-7) son moderados a altos positivamente, incluso llegan a alcanzar valores en el orden de 0.79. El caso contrario para la sierra, pues en la misma región de monitoreo los valores han aumentado, llegando a ser del orden de 0.50 en algunas estaciones, aunque en otras se mantengan correlaciones bajas positivas y negativas.

Pese a encontrar en la sierra de Piura, aún estaciones en donde las correlaciones no son favorables, los valores que muestra el modelo para la TSM de la región 3.4 (Figura 4-8), son menores en todas las estaciones, aunque la diferencia no es relevante. Al igual que el índice de correlación de Pearson, en este caso la correlación de Spearman también es mayor para la región 1+2, a excepción de un par de estaciones de la sierra, Sausal de Culucan y Tuluca.

El índice de acierto en este caso se equilibra entre las dos regiones de monitoreo estudiadas, es decir, son 10 estaciones en cada una. Estas muestran los mayores valores con respecto al porcentaje de pronósticos similares a la precipitación observada. Hay una mayor índice en la costa para la región 1+2 y en la sierra para la región 3.4. El índice LEPS nuevamente muestra mejores resultados para la región Niño 3.4 en prácticamente toda la región Piura.

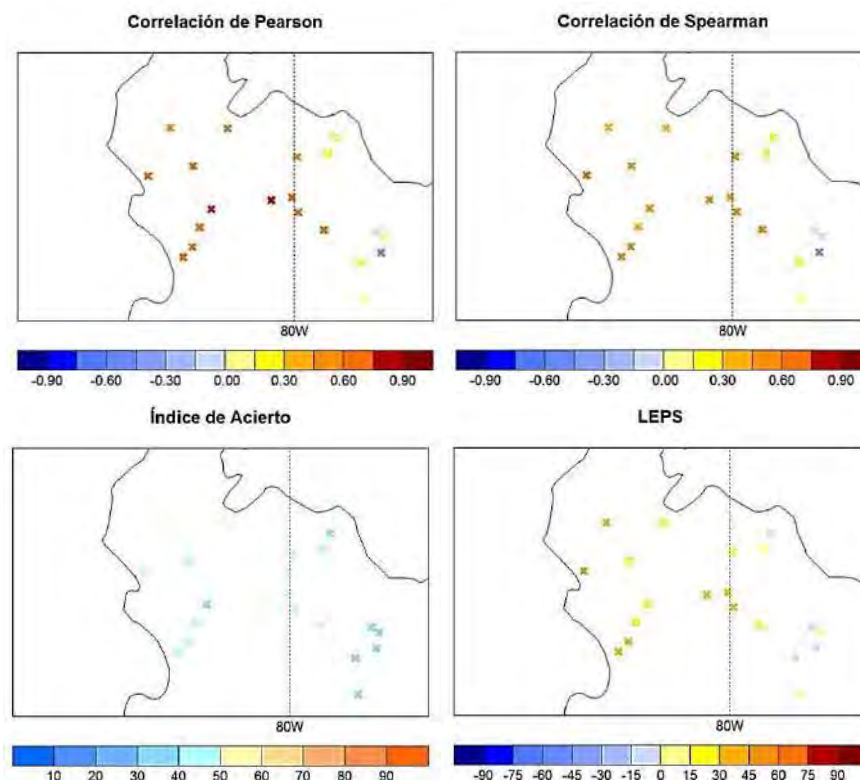


Figura 4-7 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de marzo, tomando TSM de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

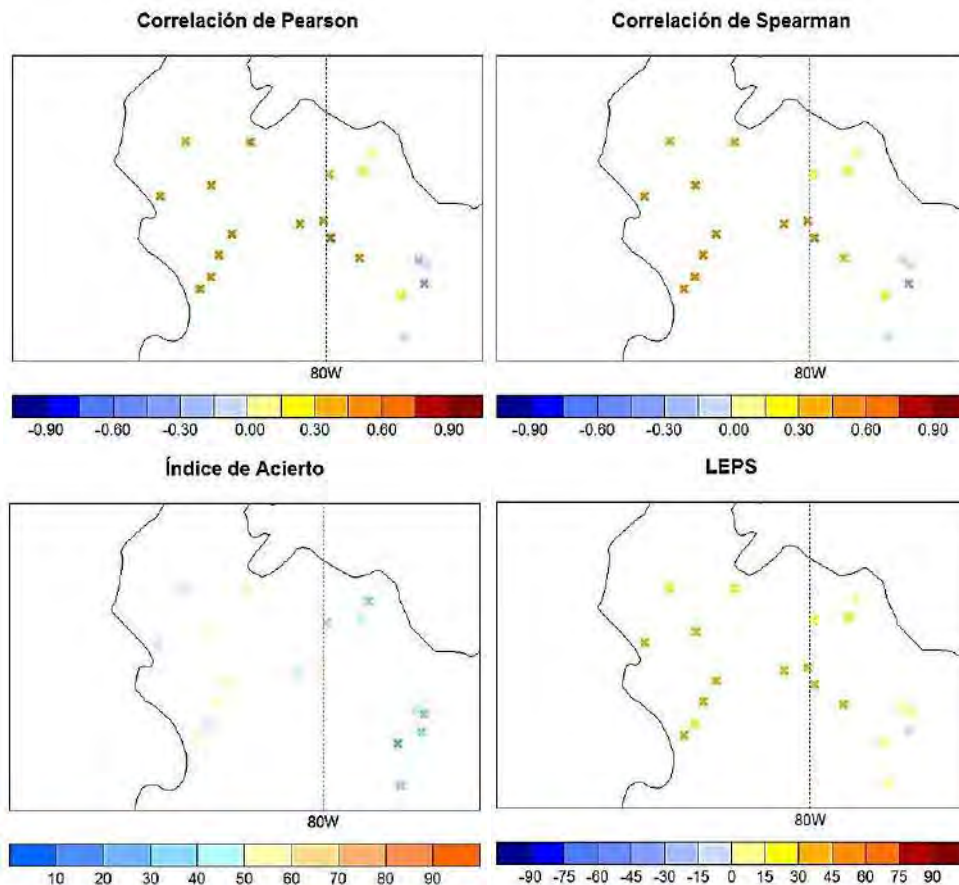


Figura 4-8 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de marzo, tomando TSM de la región Niño 3.4.

Elaboración: Propia.

En todos los años de ocurrencia de eventos Niño de magnitud débil a moderada, los modelos pronostican valores de precipitación por encima de los reales observados en la región. Mientras que, en eventos fuertes a muy fuertes, los pronósticos oscilan entre valores muy por encima o muy por debajo de lo normal.

Por lo tanto y después de analizar la TSM observada como variable predictora en ambas regiones Niño, se decide utilizar, para completar los valores faltantes de las estaciones, en la costa, los pronósticos obtenidos en la región Niño 1+2 y en la sierra, los valores de los modelos de la región Niño 3.4. Estos valores se promediarán, para mayor seguridad, con los mejores valores obtenidos para el índice ENSO.

4.2.2. Correlación del Índice ENSO y precipitación observada

El objetivo del presente acápite es conocer si las precipitaciones observadas para los meses de enero, febrero y marzo están afectadas por el índice ENSO para los mismos meses, por separado. De ser el caso, se evidenciaría una relación entre las variables, permitiendo así, construir un modelo estadístico para pronosticarlo, con cierto periodo de rezago.

4.2.2.1. Enero

Los valores de las medidas de validación entre los pronósticos y la precipitación observada en la región para el mes de enero se muestran en el Anexo D 4.

En el análisis del mes de enero se evidencia, en el índice de correlación de Pearson, que para la región Piura, la precipitación observada durante ese mes es mejor pronosticada por el índice ENSO en la región Niño 1+2. Pues los valores emitidos por el modelo presentan correlaciones mayores (Figura 4-9), que los pronósticos que se emitieron en base al índice ENSO en la región Niño 3.4 (Figura 4-10).

Sin embargo, las correlaciones para la parte de la sierra de Piura muestran correlaciones positivas y negativas bajas en algunas estaciones, por el orden de -0.6 a 0.20 , en el caso de ambas regiones de monitoreo. Por otro lado, en la costa, se muestran correlaciones moderadas positivas para la región 1+2 y bajas positivas en la región 3.4.

Con respecto al índice de correlación de Spearman, esta tendencia se mantiene, pues se muestra nuevamente mejores correlaciones en las precipitaciones pronosticadas por el índice ENSO en la región 1+2 en prácticamente toda la región Piura.

El porcentaje de acierto es mayor en las precipitaciones pronosticadas por la región Niño 1+2 (Figura 4-9) encontrándose la mayoría por el orden de 40 a 50%. Mientras que en la región 3.4 llegan al 30% en la costa y al 43% en algunas estaciones de la sierra (Figura 4-10).

Al igual que los índices anteriores, el índice LEPS, reafirma que el índice ENSO obtenido en la región Niño 1+2, emite mejores pronósticos en la mayoría de estaciones de Piura, en comparación con los valores emitidos por la región 3.4.

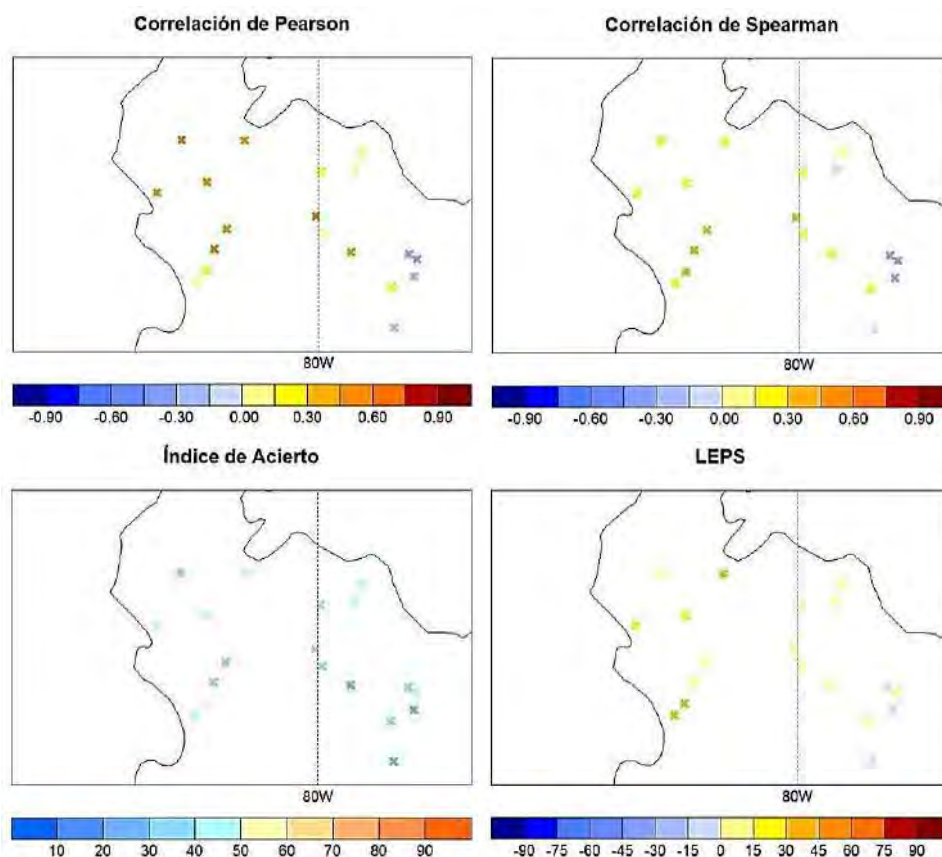


Figura 4-9 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de enero, tomando el índice ENSO de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

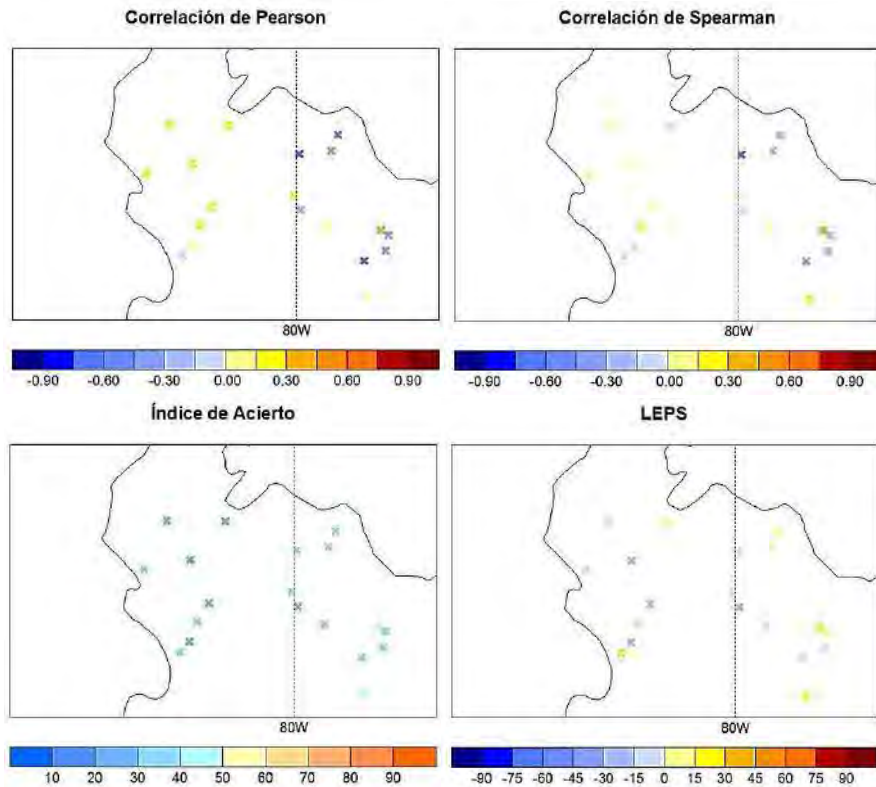


Figura 4-10 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de enero, tomando el índice ENSO de la región Niño 3.4.
Elaboración: Propia.

4.2.2.2. Febrero

Los valores de las medidas de validación entre los pronósticos y la precipitación observada en la región para el mes de febrero se muestran en el Anexo D 5.

Con respecto a la correlación de Pearson, al igual que el mes de enero, la región Niño 1+2 es la que más influencia tiene en las precipitaciones observadas, pues en la costa presenta correlaciones moderadas, con valores máximos de 0.65, pero el caso cambia cuando se observa la sierra, pues aún se mantienen correlaciones bajas negativas (Figura 4-11).

Aunque las correlaciones se muestren favorables en la zona de la costa piurana, el índice de acierto permanece bajo, en el orden del 45% para gran parte de la región.

Para la región Niño 3.4, las mayores correlaciones se presentan también en la costa, pero estas no pasan de ser correlaciones bajas positivas y en las estaciones de la sierra llegan a ser moderadamente negativas (Figura 4-12). Para esta región se evidencia que el índice de acierto se asemeja a los encontrados en la región 1+2, lo que quiere decir que un valor elevado del índice de acierto no representa correlaciones positivas altas.

El índice de correlación de Spearman y el índice LEPS mantienen la misma tendencia, mayor para los pronósticos emitidos por la región 1+2 y más aún en la costa, llegando a alcanzar valores de 0.52 y 32%, respectivamente. Para la sierra, son ligeramente mejor los índices obtenidos por los estudios de la región 3.4, pero sin llegar a ser buenas correlaciones.

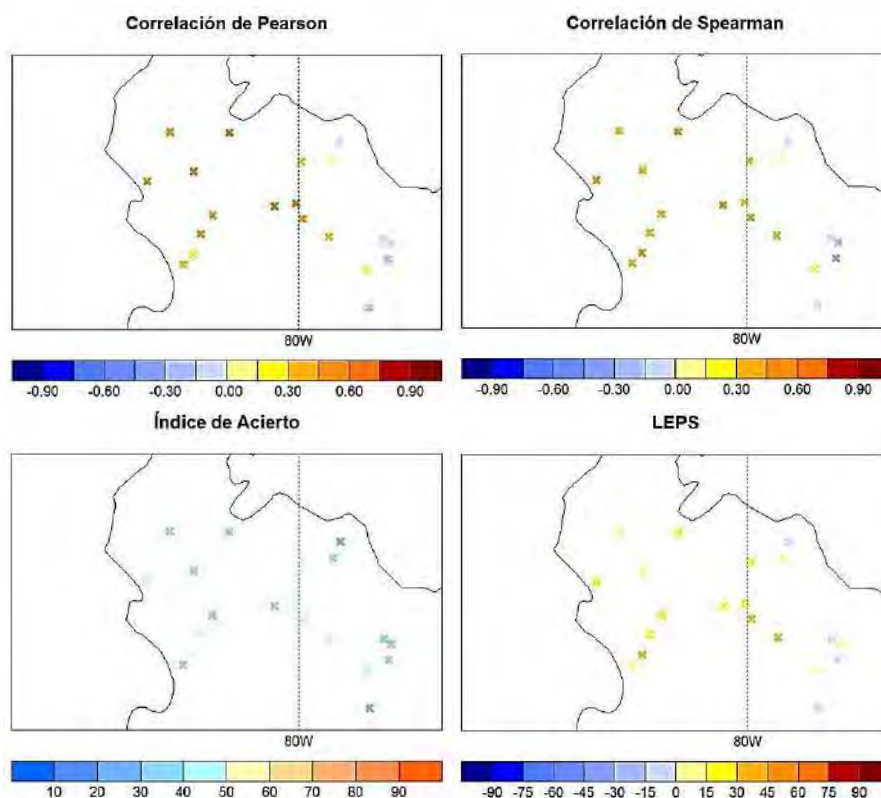


Figura 4-11 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de febrero, tomando el índice ENSO de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

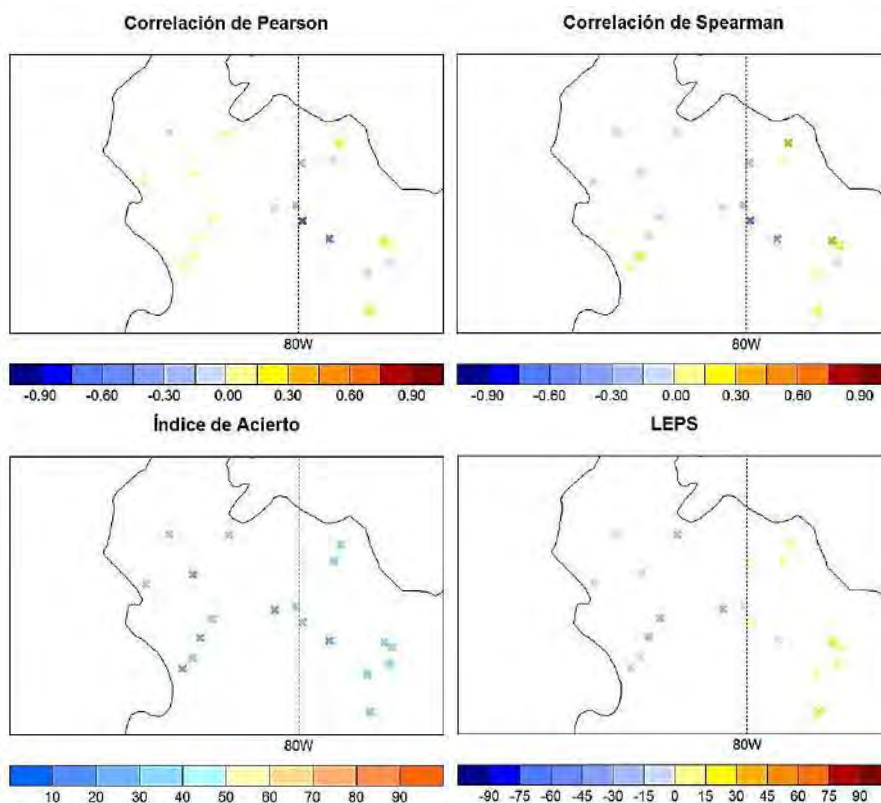


Figura 4-12 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de febrero, tomando el índice ENSO de la región Niño 3.4.

Elaboración: Propia.

4.2.2.3. Marzo

Los valores de las medidas de validación entre los pronósticos y la precipitación observada en la región para el mes de marzo se muestran en el Anexo D 6.

En este mes se presentan las mejores correlaciones (altas), en términos del índice de correlación de Pearson, nuevamente para la región Niño 1+2. Inclusive para la sierra de Piura se muestra un aumento en los valores, llegando a alcanzar correlaciones positivas moderadas, aunque en algunas estaciones de Huancabamba aún persisten las correlaciones negativas (Figura 4-13). En la zona de la costa, los valores llegan a ser del orden de 0.50 a 0.80.

Para la misma región de monitoreo, el índice de acierto también mejoró para toda la región Piura, llegando a alcanzar valores máximos de hasta 58%.

Las precipitaciones pronosticadas por el índice ENSO en la región Niño 3.4, por el contrario, en la sierra de Piura muestra correlaciones moderadas negativas y para la costa, correlaciones medias positivas, lo cual indica que no influyen mucho en las precipitaciones observadas para este mes en Piura (Figura 4-14). El índice de acierto se mantiene en el orden del 40%.

El índice de correlación de Spearman y LEPS, nuevamente reafirman la tendencia mencionada, pues los pronóstico emitidos por la región 1+2 muestran mejores resultados, alcanzando valores máximos 0.60 y 47%, respectivamente; en comparación con los resultados obtenidos en el estudio realizado con la región 3.4

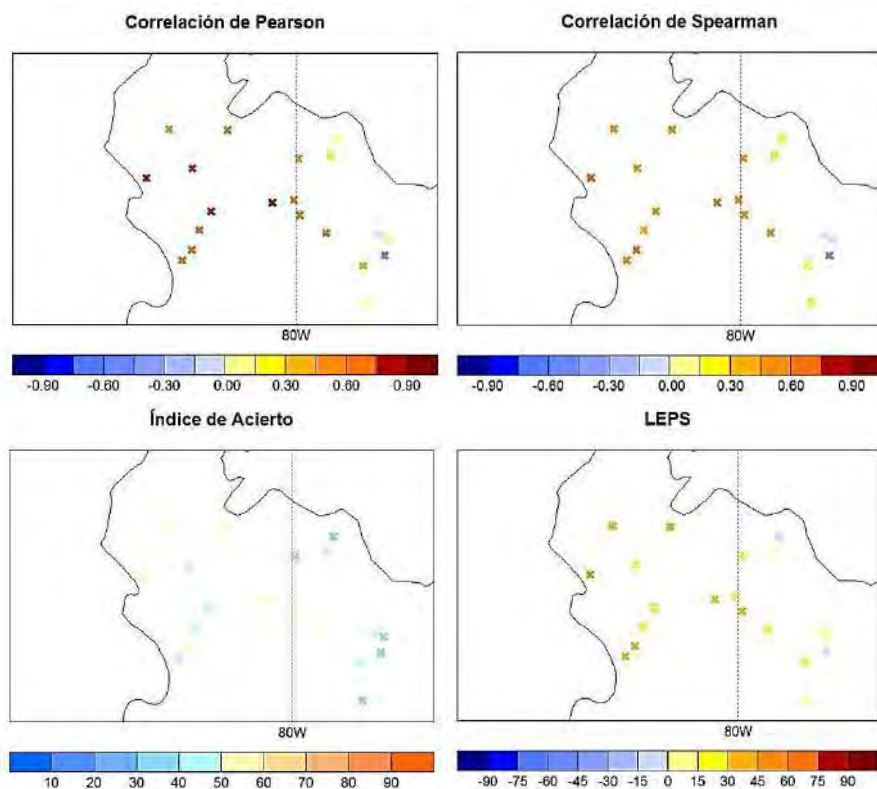


Figura 4-13 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de marzo, tomando el índice ENSO de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

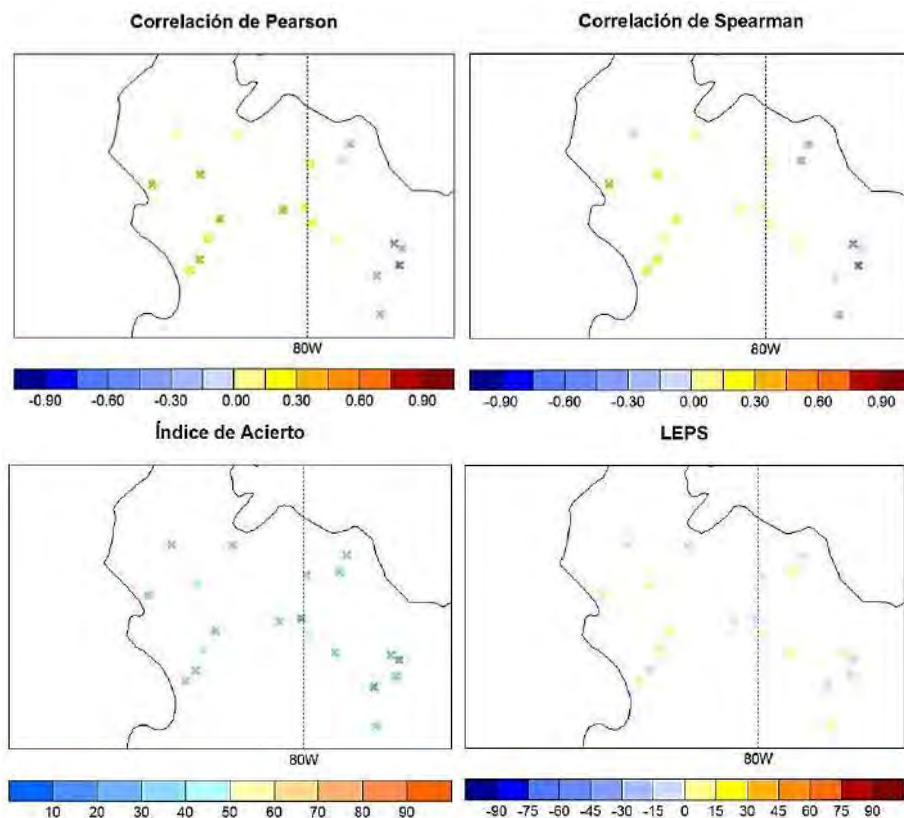


Figura 4-14 Medidas de validación para las precipitaciones del mes de marzo, tomando el índice ENSO de la región Niño 3.4.

Elaboración: Propia.

Al igual que para la TSM observada, en los modelos analizados con el índice ENSO de ambas regiones de monitoreo, los pronósticos emitidos en los años de ocurrencia de un FEN se mantienen con la misma tendencia con respecto a los valores obtenidos.

Por lo tanto y después de analizar cada parámetro para las dos regiones de monitoreo se decide tomar para completar los valores faltantes de las estaciones, en adición a los modelos ya seleccionados, el modelo en donde la variable predictora es el índice ENSO de la región Niño 1+2.

4.3. Modelos predictivos

Los datos de entrada que alimentan los modelos, han sido tomados de la base de datos del IRI, para los parámetros oceánico-atmosféricos, y de las estaciones meteorológicas de la región Piura, anteriormente mencionadas.

La precipitación observada hizo uso de los estudios diagnósticos para completar los valores faltantes que mostraban. Sin embargo, los modelos que se detallan a continuación, no tomaron los años 1993 y 1994, al igual que la estación Chulucanas, debido a las condiciones explicadas en el acápite 4.1.5 para los valores faltantes.

Para los modelos analizados se tomará como variables predictoras los parámetros oceánico-atmosféricos en el trimestre octubre-noviembre-diciembre (OND), y para las variables predictantes, el trimestre EFM, originando así un rezago de un trimestre entre las variables. Ambas se tomarán para el periodo 1971 – 2016.

4.3.1. Correlación de la TSM observada y precipitación observada

Los valores de las medidas de validación entre los pronósticos y la precipitación observada en la región para el trimestre EFM se muestran en el Anexo E 1.

4.3.1.1. Región Niño 1+2

El modelo donde la variable predictora es la TSM observada de la región Niño 1+2 para el trimestre OND retuvo siete modos canónicos, de los cuales solo se utilizarán tres (Figura 4-15 y Figura 4-16), pues los demás muestran un valor de correlación canónica inferior a 0.50.

El modo 1 muestra que para la región Niño 1+2 bajo condiciones La Niña (Pacífico frío), las lluvias son inferiores a los valores normales sobre prácticamente toda la costa, pues los valores en la sierra se muestran en el umbral positivo, aunque no superan el orden de 0.30 sobre la precipitación normal.

El modo 2 muestra que para un Pacífico cálido (indicios de un evento El Niño) se observaran lluvias en lo normal y ligeramente sobre lo normal en toda la región Piura, a excepción de un par de estaciones en la sierra, que muestran valores de precipitación por debajo de lo normal.

El modo 3 indica que para valores normales de TSM en el Pacífico, cercanos a cero (positivos y negativos), la precipitación observada en la región mantendría un comportamiento normal, oscilando ligeramente por debajo y encima de lo normal.

Las medidas de validación del modelo (Figura 4-17), reflejan valores muy bajos de correlación entre los pronósticos y la precipitación observada. Se evidencia, en el índice de correlación de Pearson, que para la sierra de Piura, mantiene correlaciones bajas negativas. En el caso de la costa, la correlación es de baja a media, con valores máximos de 0.39. Sin embargo, para la correlación de Spearman, en toda la región Piura, no se supera el 0.10.

El índice de acierto se mantiene relativamente bajo, en el orden de 39%, y el índice LEPS muestra, inclusive, valores negativos en la mayoría de estaciones de la región.

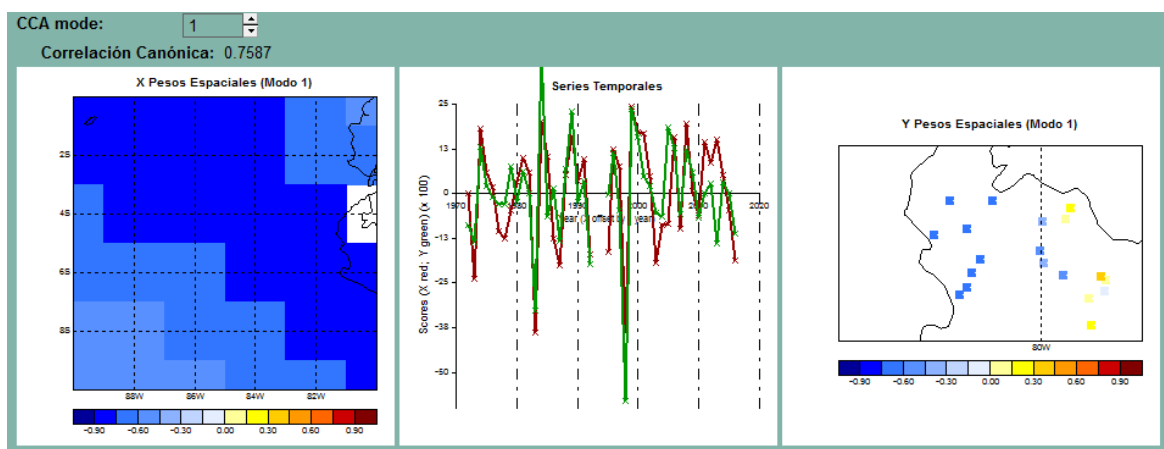


Figura 4-15 Primer modo canónico para la precipitación del trimestre EFM, tomando la TSM observada de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

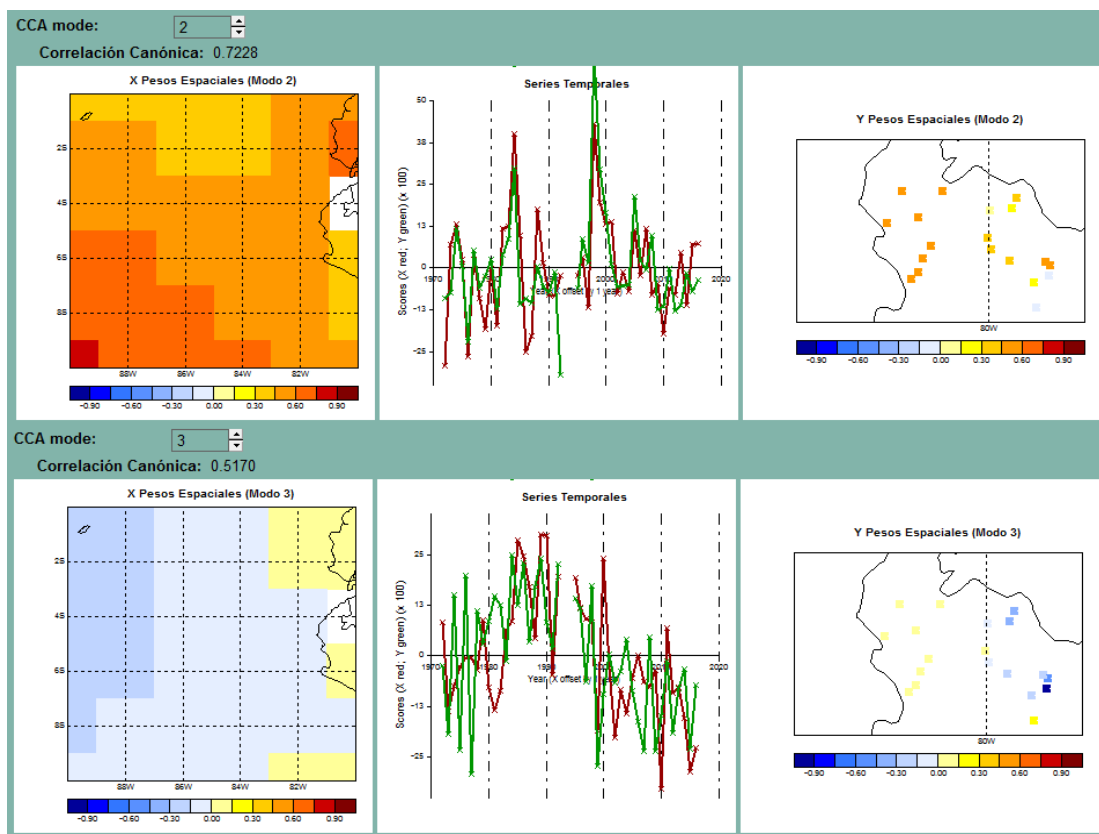


Figura 4-16 Dos últimos modos canónicos para la precipitación del trimestre EFM, tomando la TSM observada de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

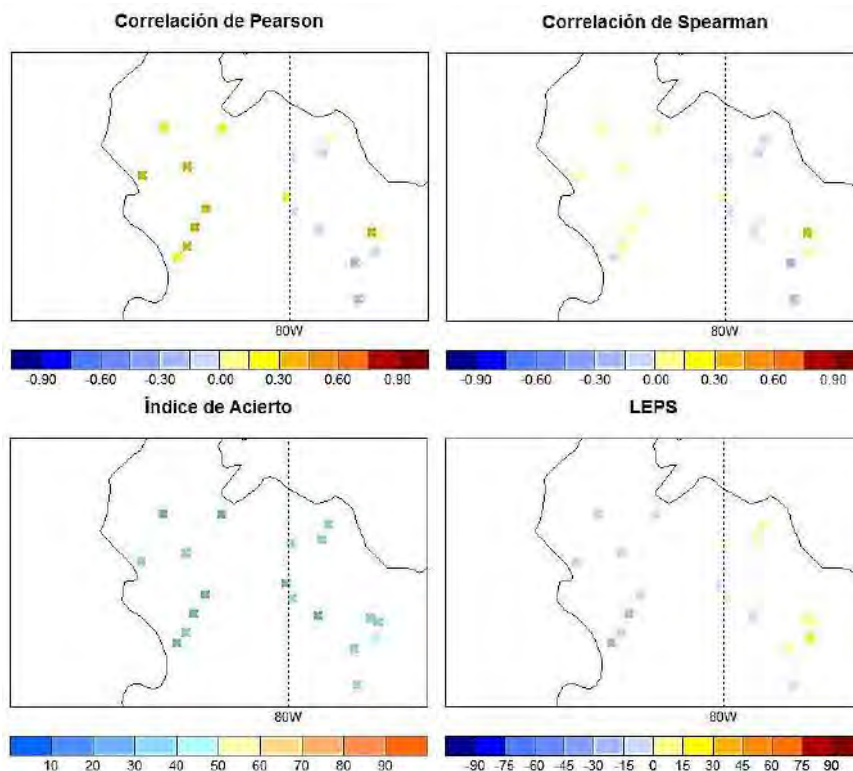


Figura 4-17 Medidas de validación para la precipitación del trimestre EFM, tomando la TSM observada de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

4.3.1.2. Región Niño 3.4

El modelo donde la variable predictora es la TSM observada de la región Niño 3.4 para el trimestre OND retuvo cinco modos canónicos, de los cuales solo se utilizarán tres (Figura 4-18 y Figura 4-19).

El modo 1 muestra la correlación canónica más alta de los modelos, por ende el mejor comportamiento, y evidencia que para el Pacífico en la región Niño 3.4, en condiciones El Niño (muy cálido) producirá, en la costa y algunas zonas de la sierra de Piura, lluvias muy por encima de lo normal, mientras que en las demás estaciones de la sierra, se mantienen valores normales de precipitación.

El modo 2 muestra que, para un Pacífico ligeramente frío y cálido (más al oeste), en toda la región Piura, se evidenciaría lluvias muy por encima de lo normal, principalmente en la sierra.

El modo 3 indica que en condiciones frías del Pacífico, repercutiría en lluvias ligeramente por debajo de lo normal en la costa de Piura y por encima de lo normal para la sierra de Piura.

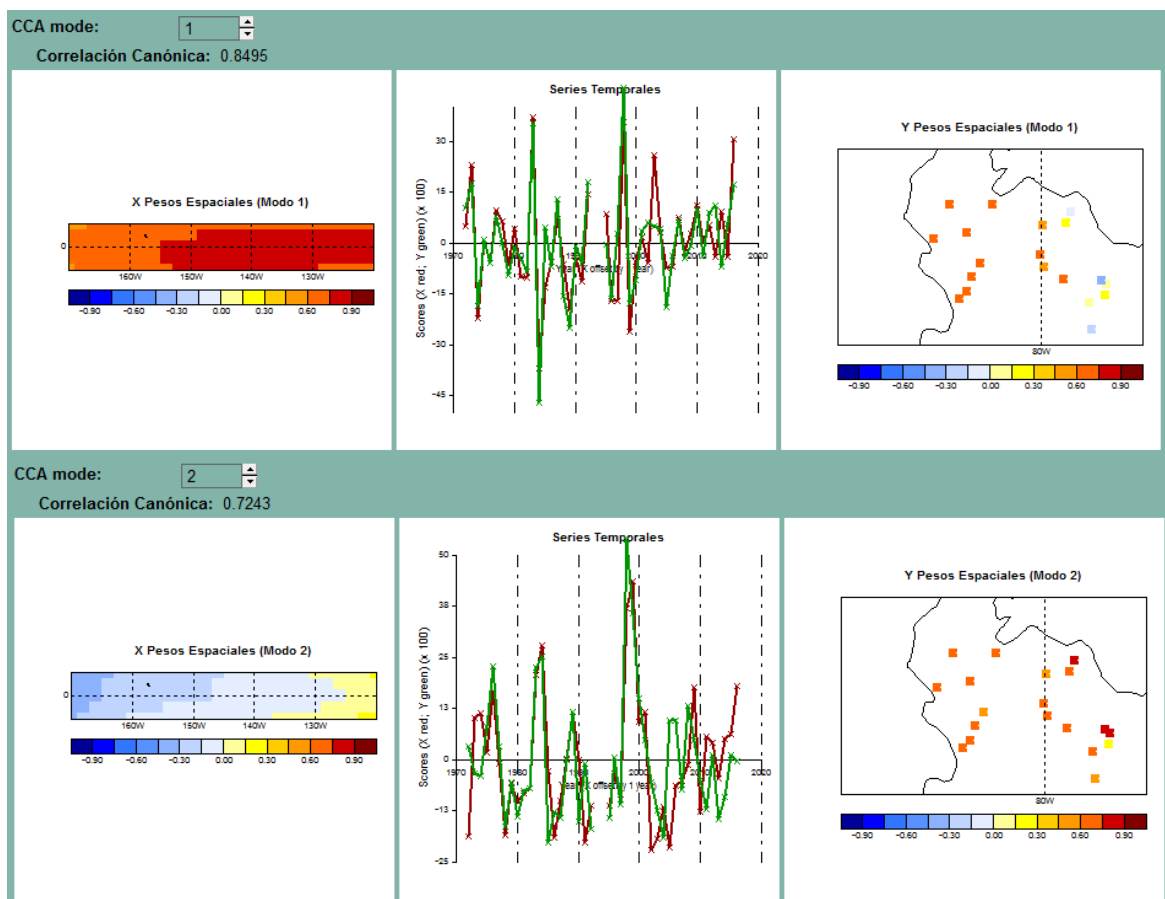


Figura 4-18 Dos primeros modos canónicos para la precipitación del trimestre EFM, tomando la TSM observada de la región Niño 3.4.

Elaboración: Propia.

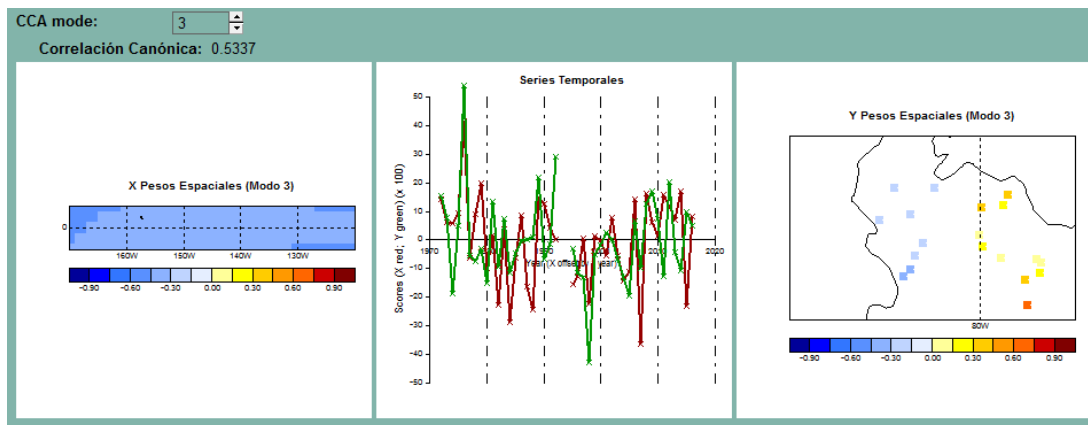


Figura 4-19 Último modo canónico para la precipitación del trimestre EFM, tomando la TSM observada de la región Niño 3.4.
Elaboración: Propia.

Las medidas de validación indican que el modelo funciona adecuadamente para prácticamente toda la región Piura (Figura 4-20), pues a diferencia del caso estudiado en el acápite anterior, todos los valores han mejorado considerablemente. El índice de correlación de Pearson es mediamente positivo, teniendo, en la mayoría de estaciones, valores comprendidos entre 0.30 y 0.49. Mientras que, el índice de correlación de Spearman se encuentra en el rango de 0.20 a 0.40, con muy pocas estaciones con valores inferiores a estos.

El índice de acierto aumenta, llegando a alcanzar valores de 53% y el índice LEPS también percibe una mejoría para todas las estaciones, aunque el máximo valor es cercano a 23%.

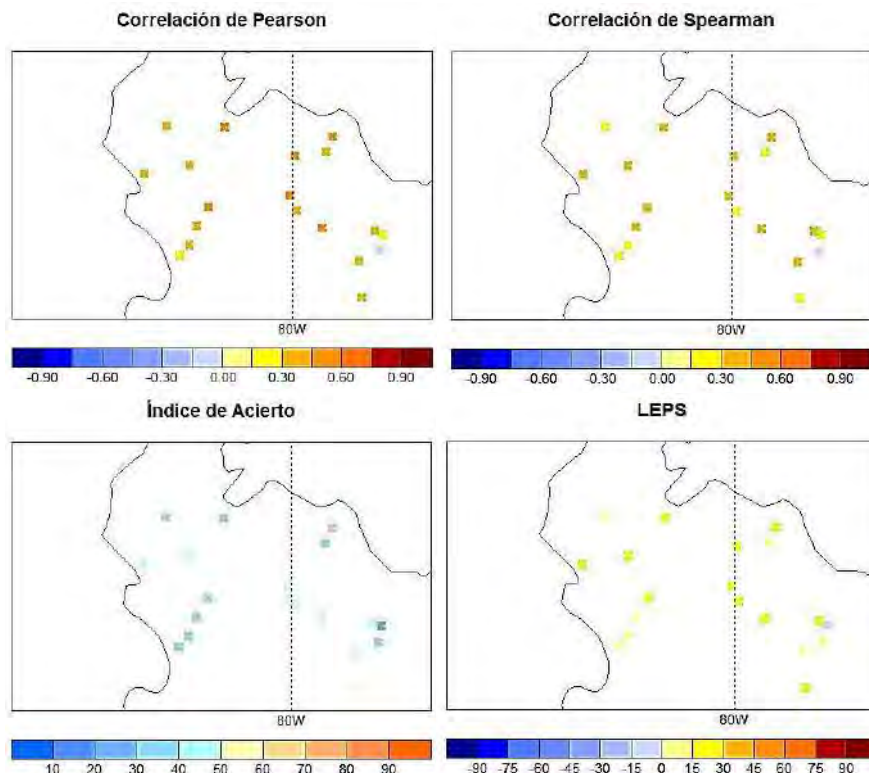


Figura 4-20 Medidas de validación para la precipitación del trimestre EFM, tomando la TSM observada de la región Niño 3.4.
Elaboración: Propia.

4.3.2. Correlación de la TSM pronosticada y precipitación observada

Los valores de las medidas de validación entre los pronósticos y la precipitación observada en la región para el trimestre EFM se muestran en el Anexo E 2.

Se debe recalcar que, para los dos modelos descritos a continuación, se puede percibir en todas las series temporales, que cuando el modelo encontró dos años con datos faltantes no los utilizó y a partir de ahí detiene los pronósticos con validación cruzada. Esto puede generar fallas en el modelo, lo cual se reflejará en correlaciones bajas entre las variables.

4.3.2.1. Región Niño 1+2

El modelo donde la variable predictora es la TSM pronosticada de la región Niño 1+2 para el trimestre OND retuvo seis modos canónicos, de los cuales solo se utilizarán dos (Figura 4-21).

El modo 1 muestra que para un Pacífico frío en la región Niño 1+2, la precipitación en la costa de Piura estaría ligeramente por encima de lo normal, aunque el aumento no es significativo, mientras que en la sierra no se mantiene una uniformidad, pues unas estaciones muestran valores por encima de lo normal y otras, lo contrario.

El modo 2 muestra que para un Pacífico ligeramente frío, la precipitación, en toda la región Piura, será de ligera a totalmente por debajo de lo normal. Lo cual, evidencian características de un evento La Niña.

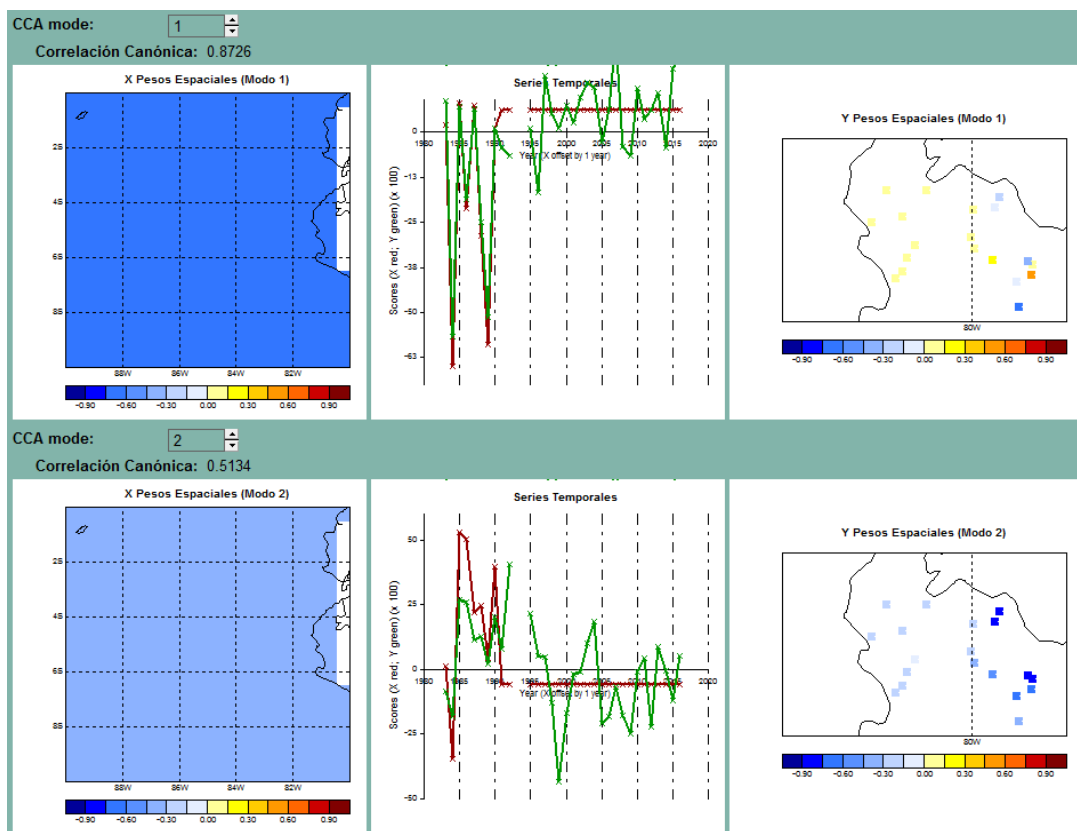


Figura 4-21 Modos canónicos para la precipitación del trimestre EFM, tomando la TSM pronosticada de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

Las medidas de validación en general indican valores muy bajos (Figura 4-22). El índice de correlación de Pearson muestra correlaciones bajas negativas en la costa de Piura y bajas positivas para la sierra. Esta tendencia se invierte para el índice de correlación de Spearman con un ligero aumento en sus valores.

Sin embargo, el índice de acierto en todas las estaciones de Piura muestra valores favorables, alcanzando máximos de 43%. El índice LEPS, mantiene valores positivos pero bajos, manteniéndose en un rango de 0 a 14%.

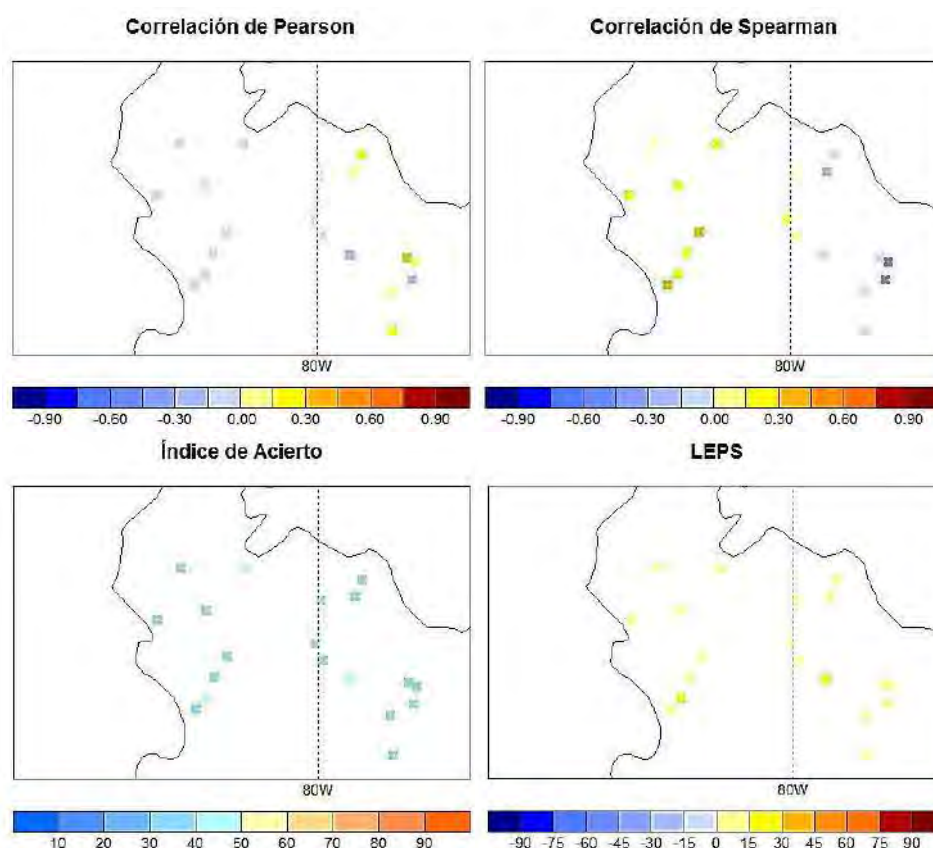


Figura 4-22 - Medidas de validación para la precipitación del trimestre EFM, tomando la TSM pronosticada de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

4.3.2.2. Región Niño 3.4

El modelo donde la variable predictora es la TSM pronosticada de la región Niño 3.4, para el trimestre ene-feb-mar retuvo tres modos canónicos, de los cuales solo se utilizará uno (Figura 4-23).

El modo 1 muestra un calentamiento en el Pacífico comprendido por la región Niño 3.4, el cual repercutiría en lluvias ligeramente por debajo de lo normal en prácticamente todas las estaciones monitoreadas para la región Piura, pues solo dos estaciones de la sierra muestran valores ligeramente por encima de lo normal.

Las medidas de validación para este modelo (Figura 4-24), en comparación con el modelo resultante en la región Niño 1+2, muestra valores para el índice de correlación de Pearson bajos positivos, que se ajustan mejor para la costa de Piura, mientras que en la sierra

mantiene correlaciones negativas. Esta tendencia se mantiene para el índice de correlación de Spearman, favorablemente baja en la costa, y negativa para la sierra.

El índice de acierto, sin embargo, ha aumentado considerablemente para la costa, pues llega a alcanzar valores de hasta 50%. El índice LEPS, también muestra valores positivos para la costa, pero no llegan a superar el 27%, es decir se mantienen bajos. Para algunas estaciones de la sierra si muestra valores mucho más bajos e inclusive negativos.

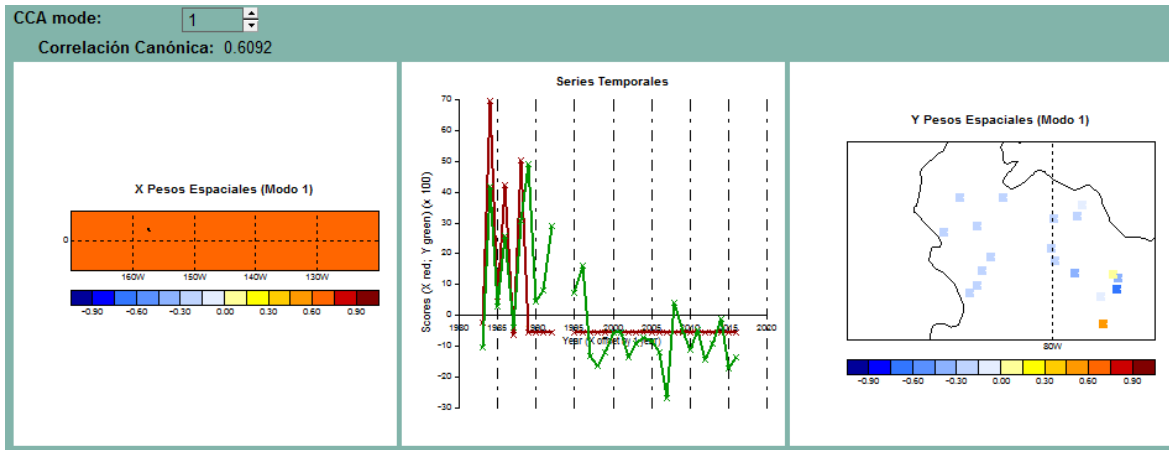


Figura 4-23 Modos canónicos para la precipitación del trimestre EFM, tomando la TSM pronosticada de la región Niño 3.4.
Elaboración: Propia.

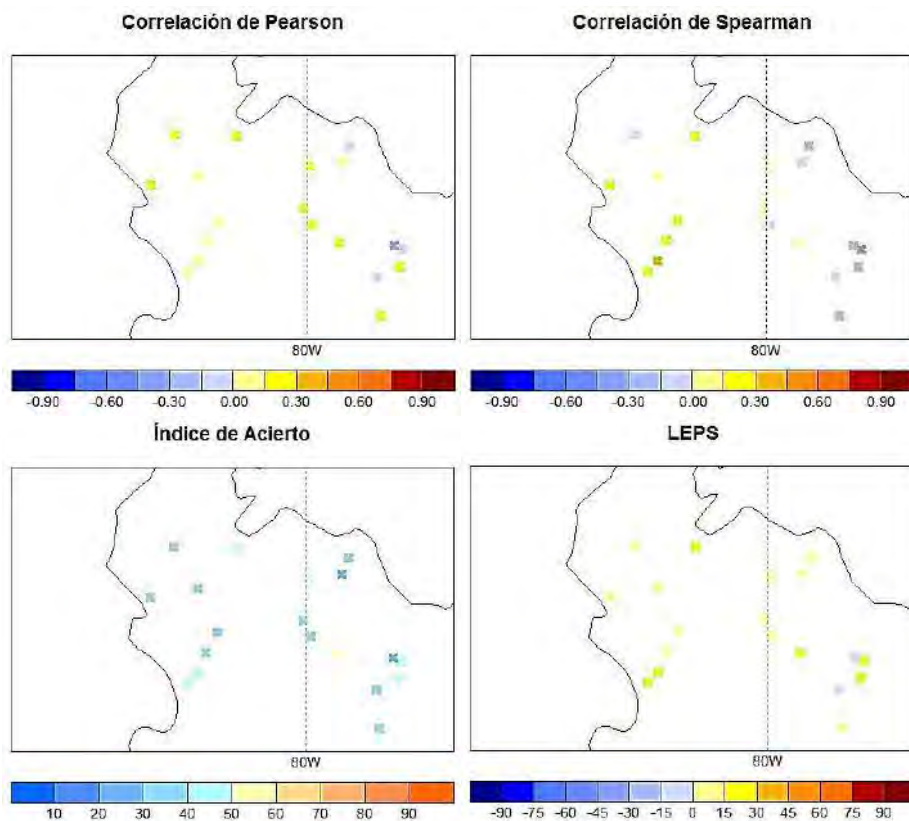


Figura 4-24 Medidas de validación para la precipitación del trimestre EFM, tomando la TSM pronosticada de la región Niño 3.4.
Elaboración: Propia.

4.3.3. Correlación del Índice ENSO y precipitación observada

Los valores de las medidas de validación entre los pronósticos y la precipitación observada en la región para el trimestre EFM se muestran en el Anexo E 3.

Los modelos en donde la variable predictora ha sido el índice ENSO, para cualquiera de las dos regiones Niño de estudio, muestra solo un modo canónico. Esto se debe a que el índice será tomado como valor único en ambos casos.

4.3.3.1. Región Niño 1+2

El modo 1 (Figura 4-25) muestra que con el índice ENSO de la región Niño 1+2 en el trimestre OND, los valores de precipitación esperados se encontrarán muy por encima de lo normal en toda la región Piura, esto se evidencia más en la costa.

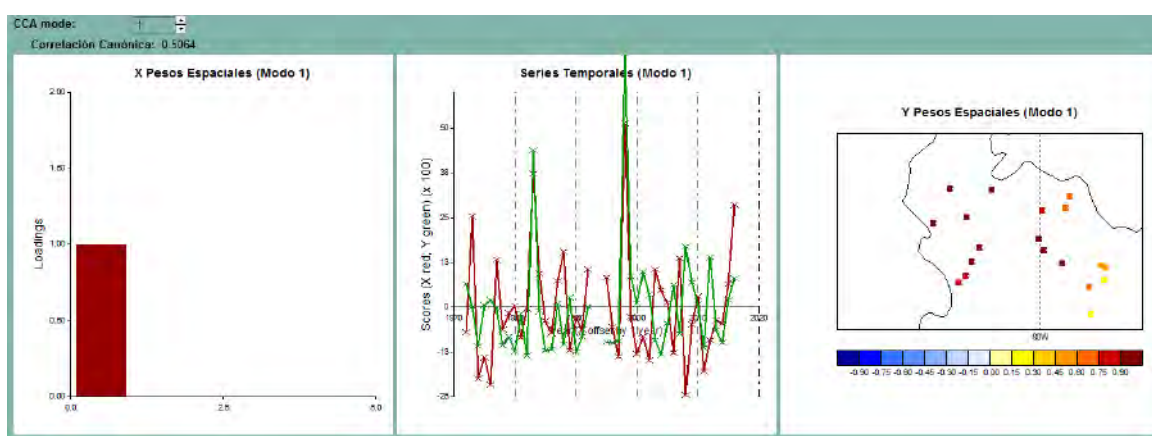


Figura 4-25 Modo canónico para la precipitación del trimestre EFM, tomando el índice ENSO de la región Niño 1+2.

Elaboración: Propia.

Para las medidas de validación (Figura 4-26), se observa que el índice de correlación de Pearson, muestra correlaciones bajas negativas en la sierra y bajas positivas en la costa, indicando así, que no hay una buena asociación lineal entre las variables.

Esta tendencia se mantiene para el índice de correlación de Spearman, pero con valores muy bajos, es decir, se puede decir que las variables no muestran correlación alguna.

El índice de acierto se mantiene bajo, en el rango de 24 a 39% para toda la región Piura. Mientras que el índice LEPS, en la mayoría de estaciones, muestra valores negativos.

4.3.3.2. Región Niño 3.4

El modo 1 (Figura 4-27) muestra que el índice ENSO para la región Niño 3.4, genera en la costa de Piura, valores ligeramente por encima de lo normal; mientras que, en la sierra, en algunas estaciones (cercanas a la costa) se mantiene lluvias por encima de lo normal, y en las restantes si se esperan lluvias ligeramente por debajo de lo normal.

Para las medidas de validación del modelo (Figura 4-28), la correlación de Pearson muestra correlaciones bajas positivas en la costa de Piura, mientras que, en la sierra al igual que el modelo anterior, se mantiene las correlaciones negativas.

El índice de Spearman mantiene la misma tendencia, con valores muy bajos positivos en la costa y mediamente negativos para la sierra.

El índice de acierto se mantiene en el orden del 30% en prácticamente toda la región Piura. Y el índice LEPS mantiene porcentajes bajos y negativos, siendo positivos en muy pocas estaciones de la región, más en la costa.

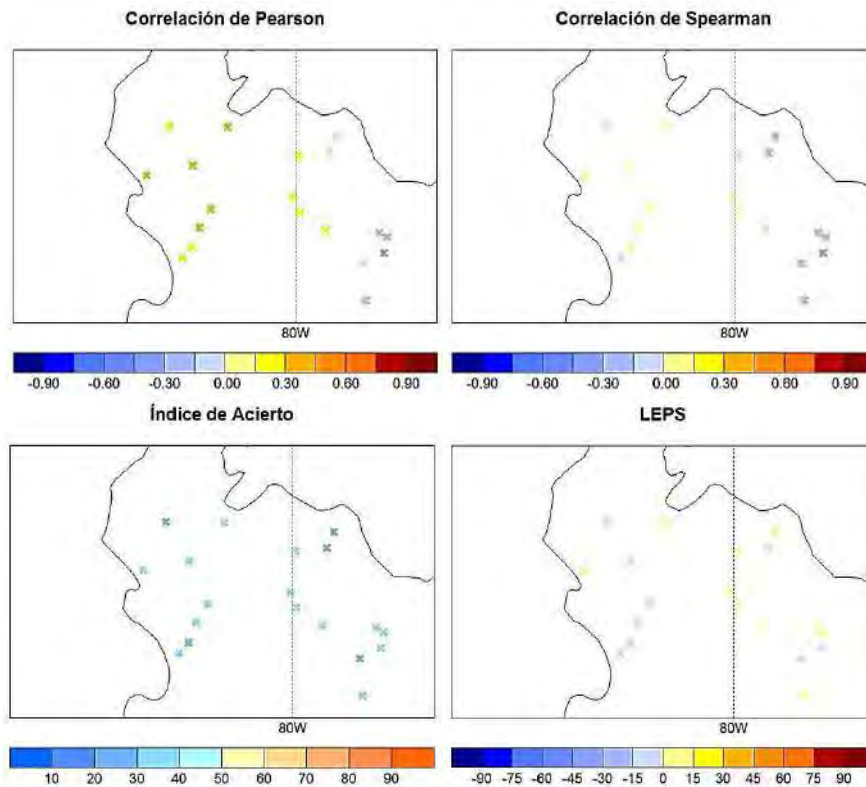


Figura 4-26 Medidas de validación para la precipitación del trimestre EFM, tomando el índice ENSO de la región Niño 1+2.
Elaboración: Propia.

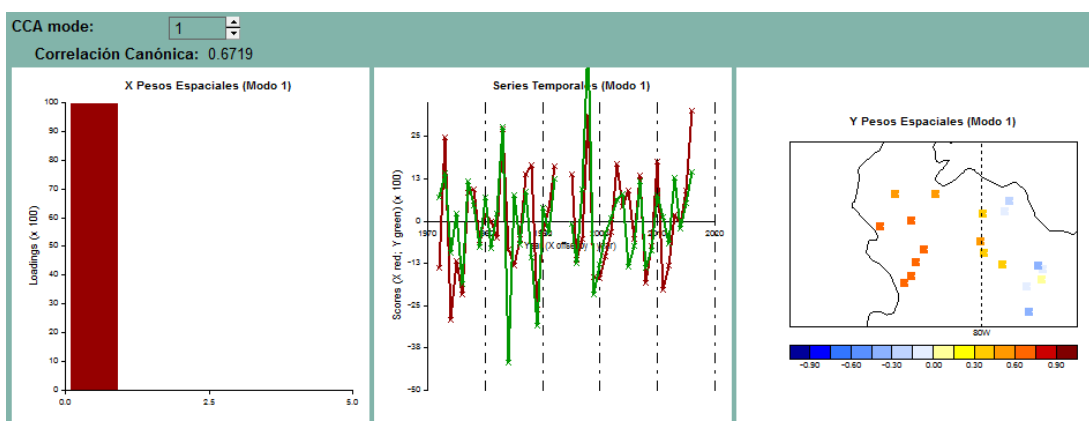


Figura 4-27 Modo canónico para la precipitación del trimestre EFM, tomando el índice ENSO de la región Niño 3.4.
Elaboración: Propia.

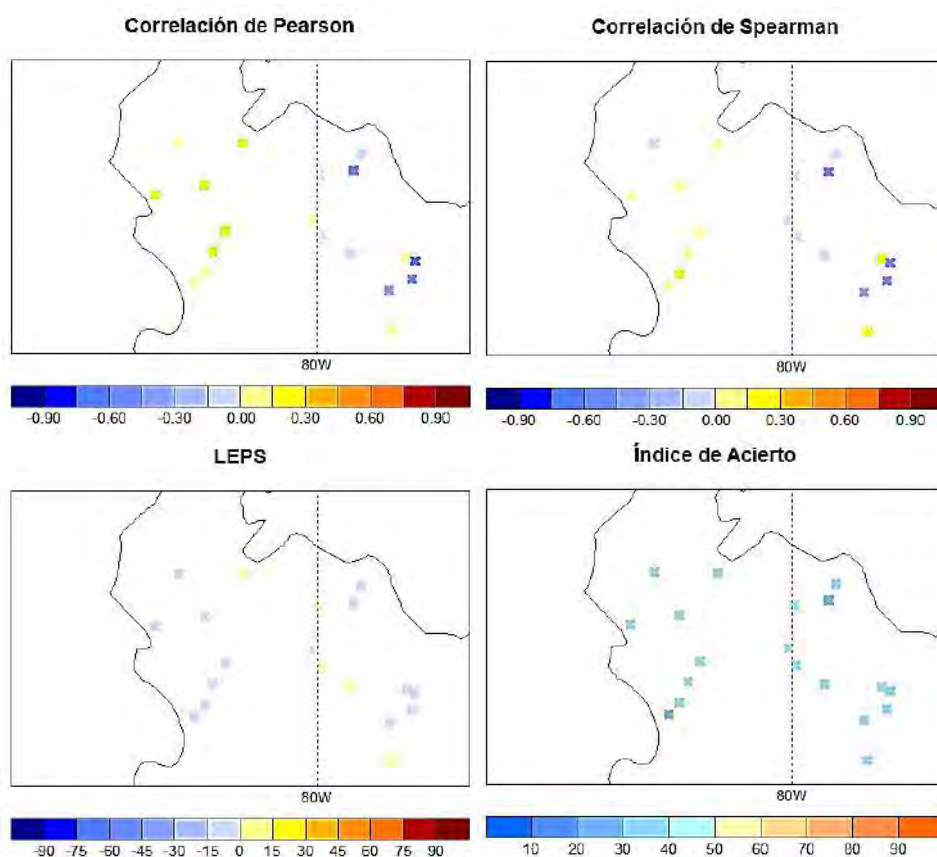


Figura 4-28 Medidas de validación para la precipitación del trimestre EFM, tomando el índice ENSO de la región Niño 3.4.
Elaboración: Propia.

4.3.4. Selección de los mejores pronósticos

Después de haber analizado las medidas de validación obtenidas para cada modelo, se ha visto conveniente seleccionar los dos que mejor se adecuan al comportamiento de la precipitación en la región Piura. Siendo aquellos en donde la variable predictora es la TSM observada en la región Niño 1+2 y Niño 3.4.

Estos muestran los mejores valores para las medidas de validación, especialmente el índice de correlación de Pearson y el índice de acierto, que apoyan la confiabilidad del modelo por encima de un 50% para prácticamente toda la región Piura. Además, los valores de los modos de correlación canónica llegan a ser entre 0.50 y 0.80.

Para ambos modelos se mostrarán los resultados obtenidos de los pronósticos en el periodo de estudio, para cada estación, al igual que el pronóstico hecho para el trimestre EFM del 2017. Esto, con la finalidad de comprobar la tendencia en los valores que emitía el modelo, en comparación con la precipitación observada en años anteriores.

4.3.4.1. Pronósticos con validación cruzada

Para los resultados de pronósticos con validación cruzada se ha tomado los dos mejores modelos predictivos. En ambos se observa que no se consideró la estación Chulucanas, ni los años 1993 y 1994, pues como se mencionó anteriormente, no cuentan con datos

suficientes para el análisis. A pesar de la pérdida de dicha información, no ocasionó falla alguna en el ACC de los modelos.

- **Modelo 1 - Variable predictora: TSM observada en la región Niño 1+2**

Todos los gráficos en donde se compara la precipitación observada vs. los pronósticos con validación cruzada, se muestran en las siguientes figuras: Figura 4-29, Figura 4-30, Figura 4-31 y Figura 4-32. Además, los valores de los pronósticos se pueden consultar en el Anexo F 1.

En ellos se puede observar que los valores de las precipitaciones observadas (líneas rojas) y los pronósticos (líneas verdes) se alejan, es decir, el modelo emite pronósticos que se asemejan vagamente a los valores reales. Este comportamiento se observa marcadamente en las estaciones de la sierra de Piura, mientras que, en la costa la tendencia mejora.

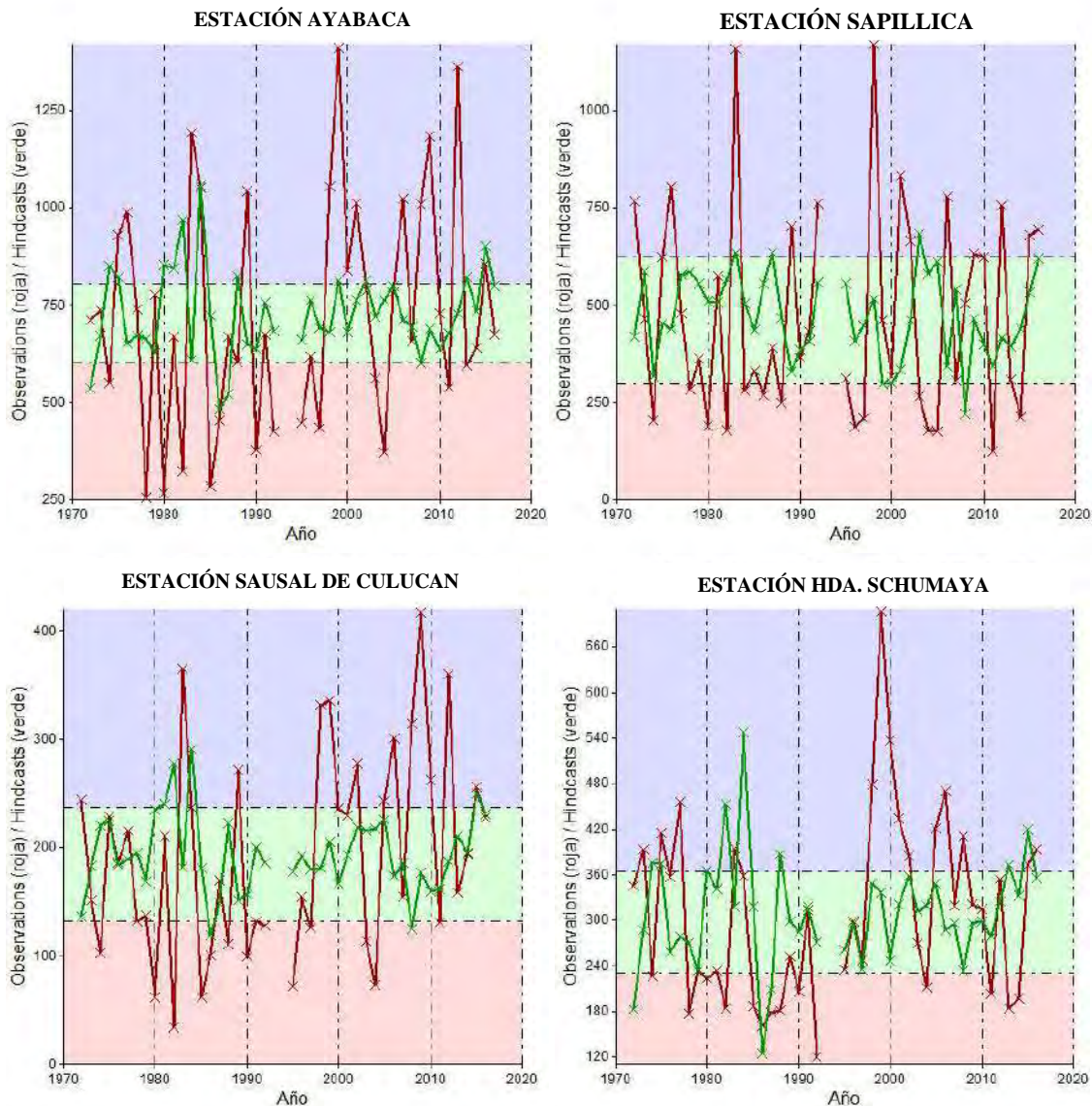


Figura 4-29 Modelo 1: Pronósticos con validación cruzada vs. precipitación observada (EFM) en las estaciones Ayabaca, Sapillica, Sausal de Culucan y Hda. Schumaya.

Elaboración: Propia.

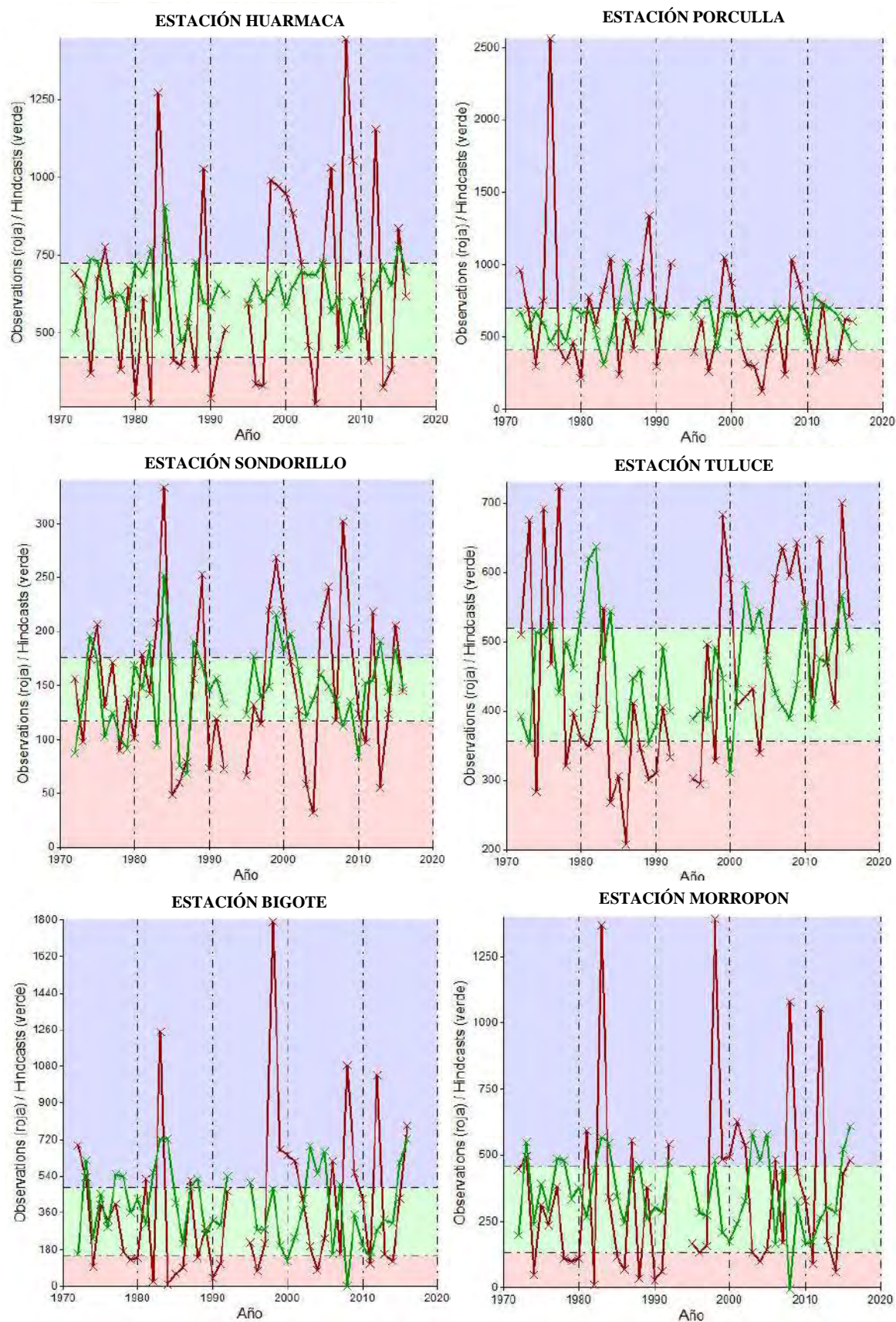


Figura 4-30 Modelo 1: Pronósticos con validación cruzada vs. precipitación observada (EFM) en las estaciones Huarmaca, Porculla, Sondorillo, Tuluze, Bigote y Morropón. Elaboración: Propia.

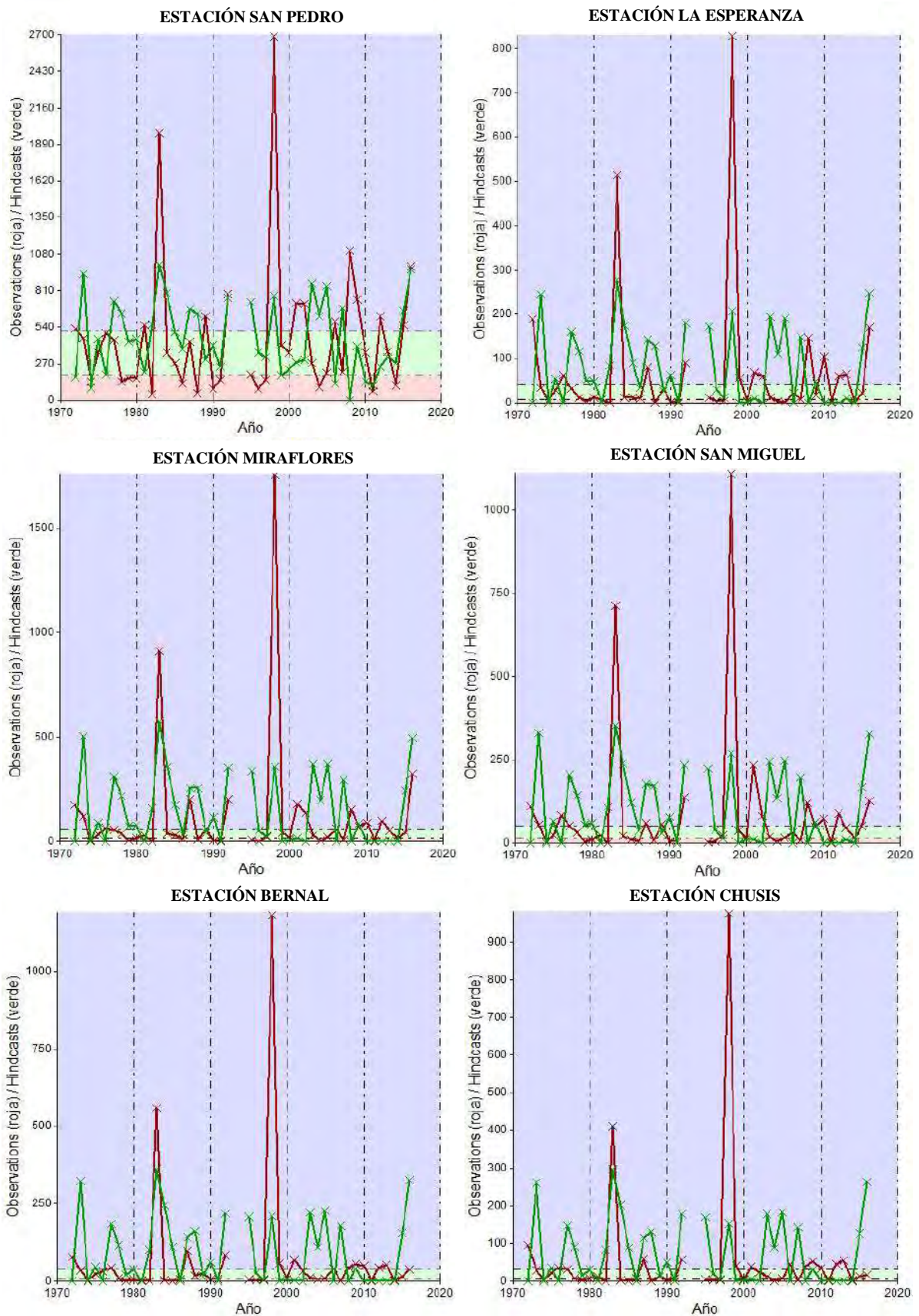


Figura 4-31 Modelo 1: Pronósticos con validación cruzada vs. precipitación observada (EFM) en las estaciones San Pedro, La Esperanza, Miraflores, San Miguel, Bernal y Chusis.

Elaboración: Propia.

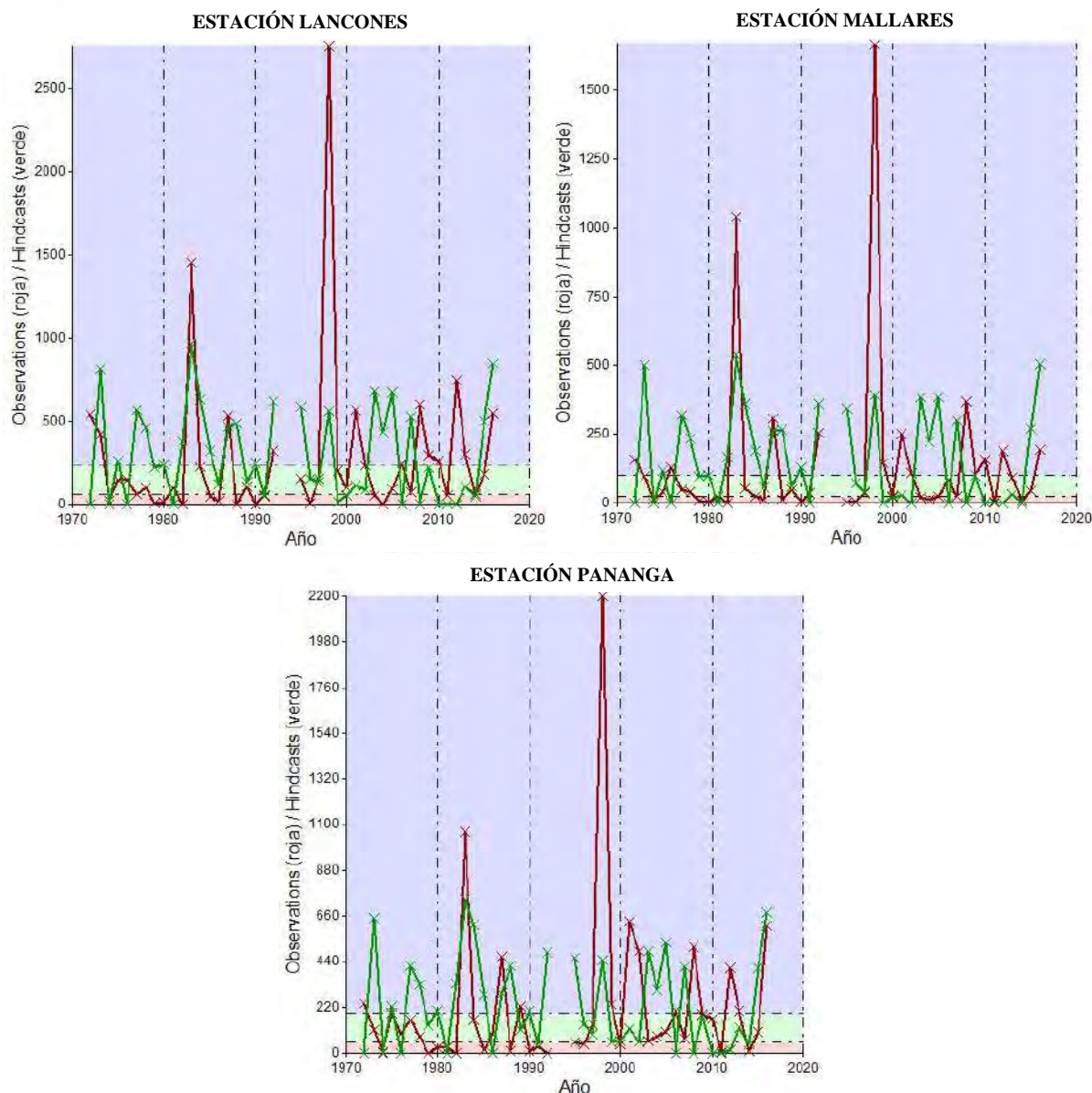


Figura 4-32 Modelo 1: Pronósticos con validación cruzada vs. precipitación observada (EFM) en las estaciones Lancones, Mallares y Pananga.

Elaboración: Propia.

- **Modelo 2 - Variable predictora: TSM observada en la región Niño 3.4**

Todos los gráficos en donde se compara la precipitación observada vs. los pronósticos con validación cruzada, se muestran en las siguientes figuras: Figura 4-33, Figura 4-34, Figura 4-35 y Figura 4-36. Además, los valores de los pronósticos se pueden consultar en el Anexo F 2.

En ellos se puede observar que los valores de las precipitaciones observadas y los pronósticos se alejan ligeramente a diferencia del modelo anterior, es decir, el modelo emite pronósticos que se asemejan a los valores reales. Los mejores resultados se observan en las estaciones de la sierra de Piura. Mientras que, en la costa si se nota un aumento en la dispersión de los valores.

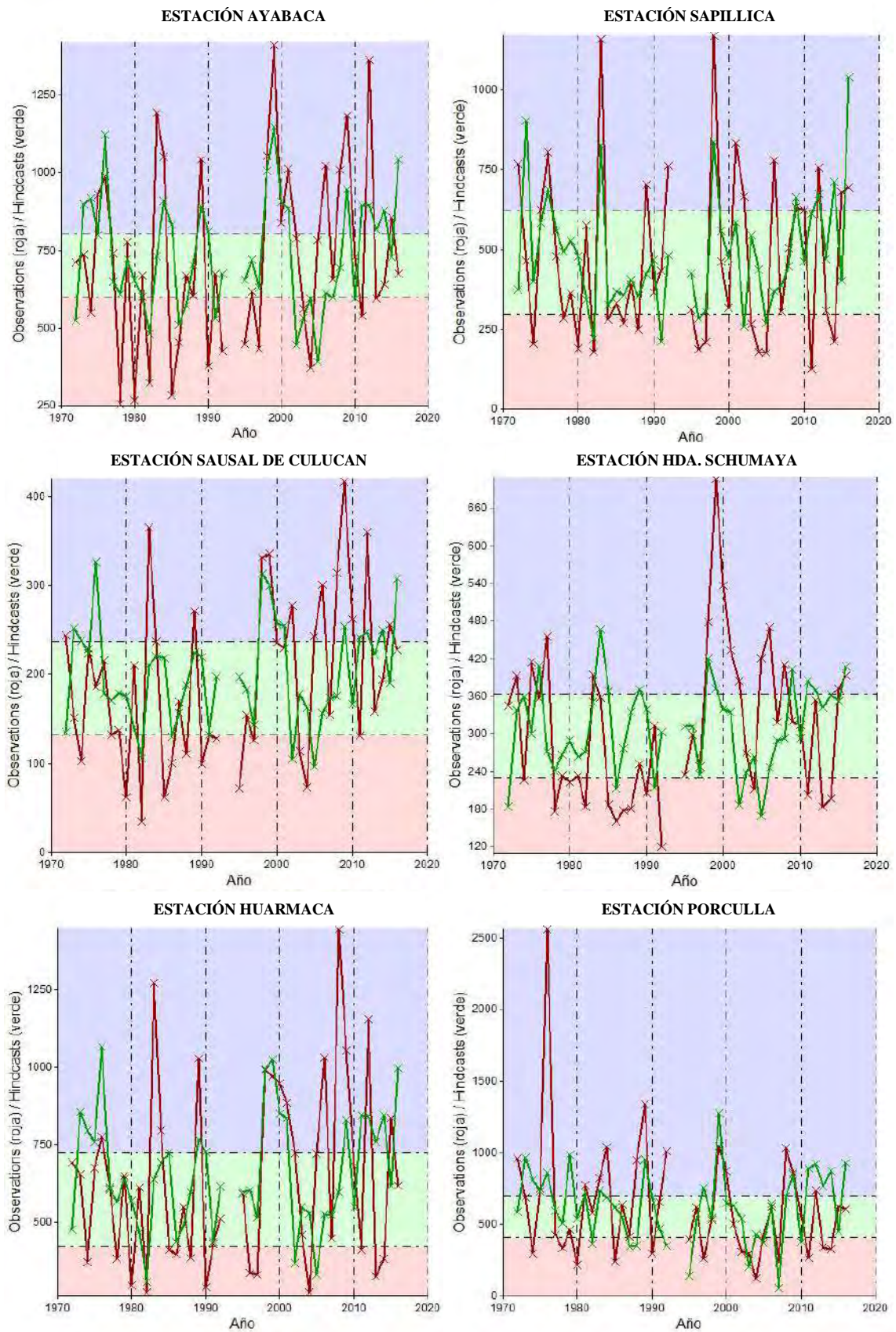


Figura 4-33 Modelo 2: Pronósticos con validación cruzada vs. precipitación observada (EFM) en las estaciones Ayabaca, Sapillica, Sausal de Culucan, Hda. Schumaya, Huarmaca y Porculla.
Elaboración: Propia.

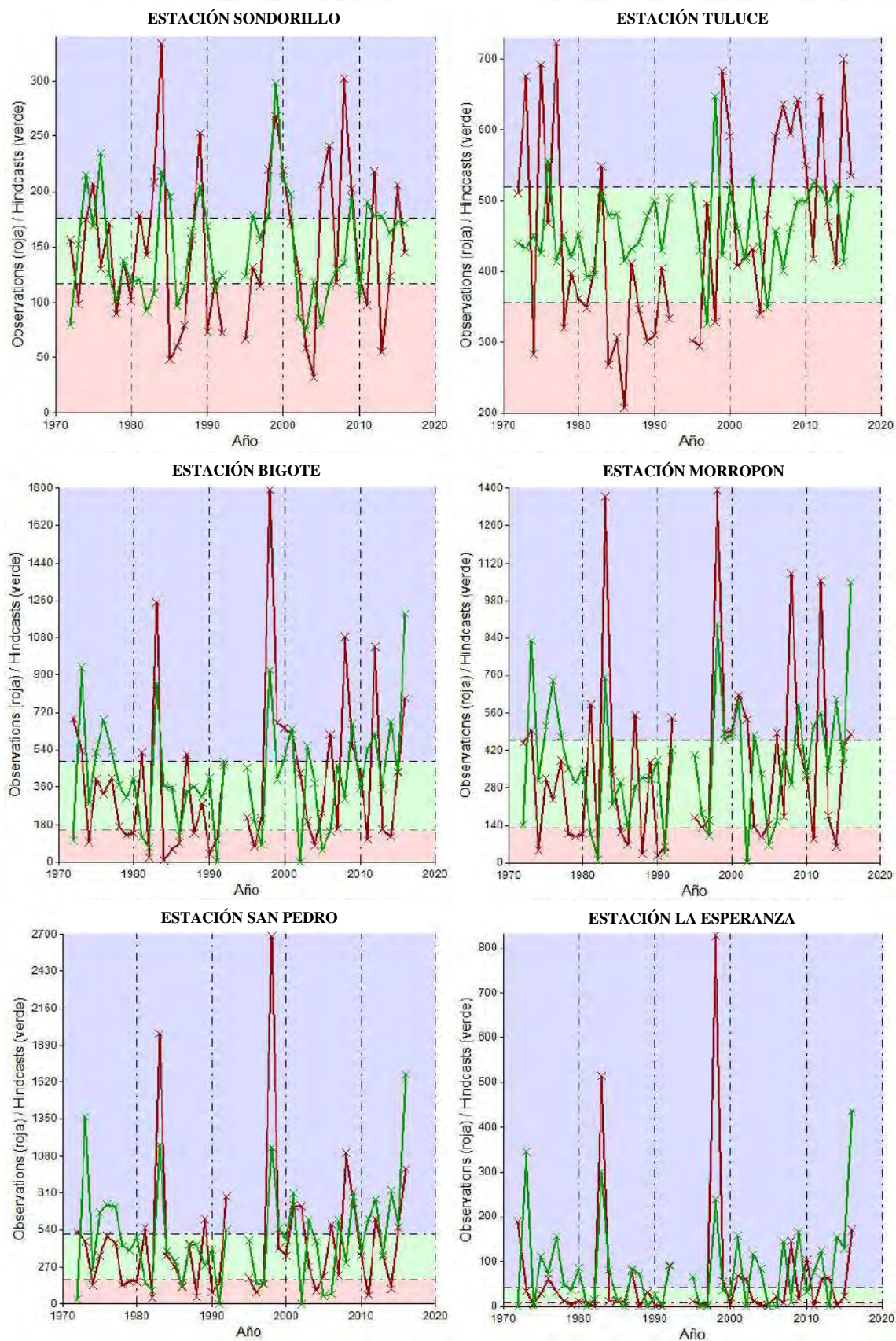


Figura 4-34 Modelo 2: Pronósticos con validación cruzada vs. precipitación observada (EFM) en las estaciones Sondorillo, Tuluce, Bigote, Morropón, San Pedro y La Esperanza. Elaboración: Propia.

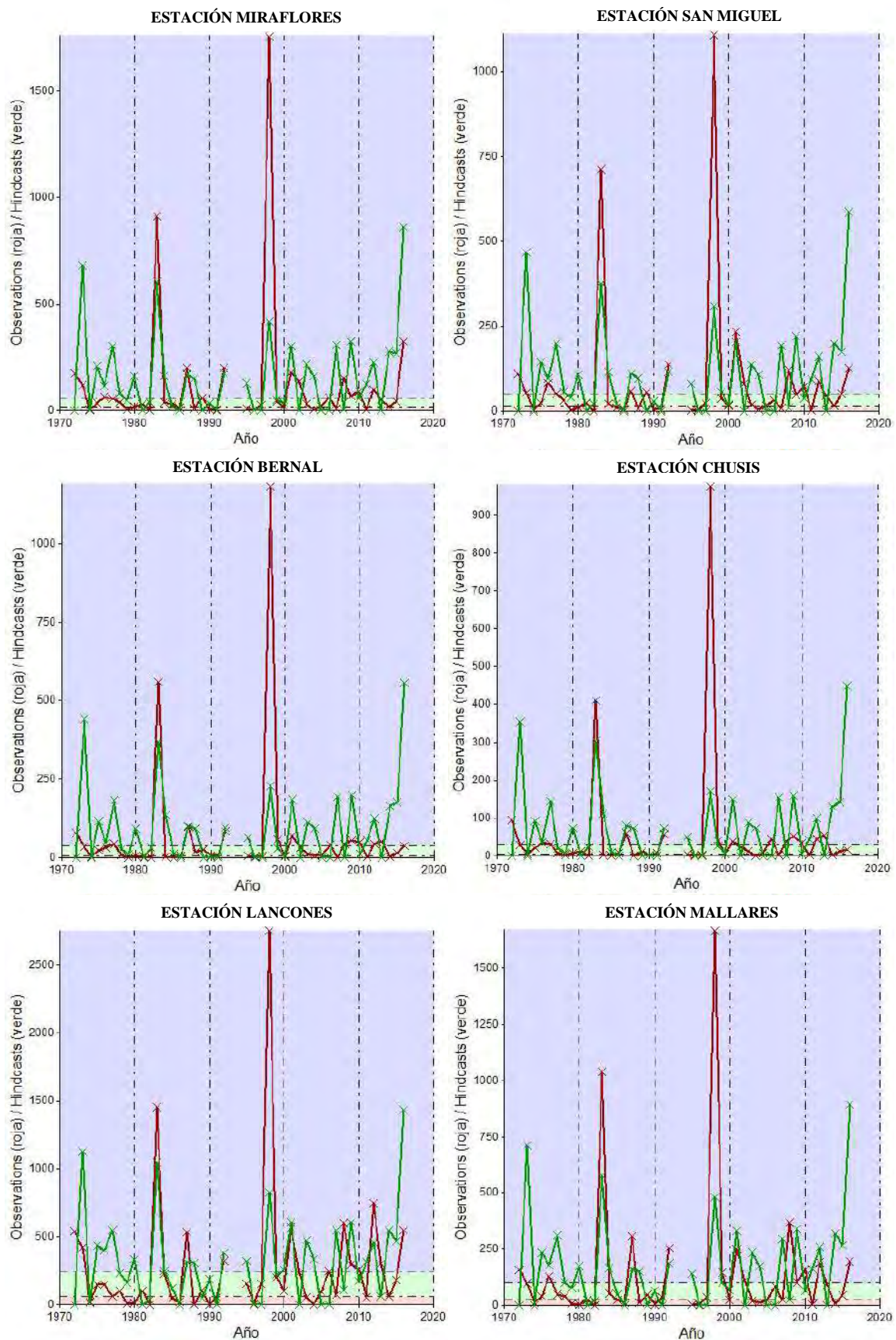


Figura 4-35 Modelo 2: Pronósticos con validación cruzada vs. precipitación observada (EFM) en las estaciones Miraflores, San Miguel, Bernal, Chusis, Lancones y Mallares. Elaboración: Propia.

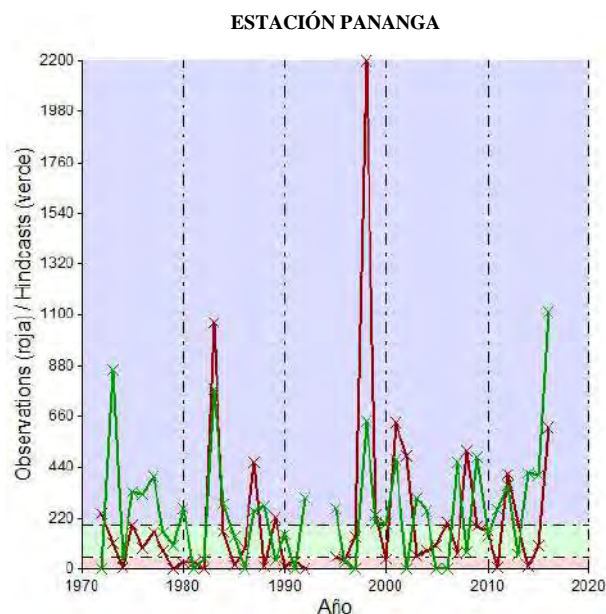


Figura 4-36 Modelo 2: Pronósticos con validación cruzada vs. precipitación observada (EFM) en la estación Pananga.

Elaboración: Propia.

Para ambos modelos los gráficos presentados muestran que para años donde ocurre un FEN de magnitud débil a moderada, el modelo emite pronósticos ligeramente por encima o por debajo de lo normal. Sin embargo, se marca una notoria diferencia en aquellos años donde ha ocurrido un FEN muy fuerte, 1982-83 y 1997-98, pues los resultados muestran valores muy inferiores a los observados realmente.

Para el año 2016, el modelo 1 pronosticó lluvias ligeramente por encima de los valores reales observados en prácticamente todas las estaciones analizadas. Mientras que, en el modelo 2 se puede observar que se pronosticaron lluvias muy por encima de lo normal.

Ese año, 2016, fue pronosticado en sus inicios como un FEN de moderado a fuerte, llegando a ser comparado por la población con El Niño de 1982-83, debido a las fuertes precipitaciones que se dieron en el periodo de EFM.

La Figura 4-37 muestra que para la región Niño 3.4 las anomalías presentes en los eventos muy fuertes, alcanzaron picos de +2.79, para 1982-83 y +2.69, para 1997-98. Anomalías que fueron alcanzados e incluso superadas en los meses de noviembre, diciembre y enero de El Niño 2015-16, pues se llegó a picos de +2.95, +2.82 y +2.60 (Anexo G).

Es por ello que entidades que supervisan el monitoreo del fenómeno, basados en los modelos de predicción del mismo, hablaban ya de la ocurrencia de un Niño de moderado a fuerte, para junio del 2015, siendo catalogado dentro de los 3 eventos más fuertes de los últimos 50 años.

Sin embargo, para Perú, la zona de interés en el monitoreo del fenómeno El Niño es la Región 1+2, debido a la ubicación de la misma. En esta zona los eventos extremos presentaron picos en la TSM de +4.62 en El Niño de 1982-83 y +4.15 en El Niño 1997-98 (Figura 4-38 y Anexo G).

Para el mes de julio del 2015, ya se daba el pico más alto en las anomalías de la TSM, con un valor de +2.87. Este comportamiento según se puede observar, daba paso a un avance rápido de El Niño, haciendo que entidades como ENFEN, mantengan declarada un estado de Alerta El Niño. Para el mes de noviembre, ya se hablaba con una probabilidad del 50% la ocurrencia de un Niño Costero de magnitud moderada hasta marzo del 2016 y reducía su probabilidad de ser fuerte a un 35%.

El comportamiento de las anomalías de la TSM iba acorde con lo que sucedió realmente durante el 2016, pues estas descendieron rápidamente.

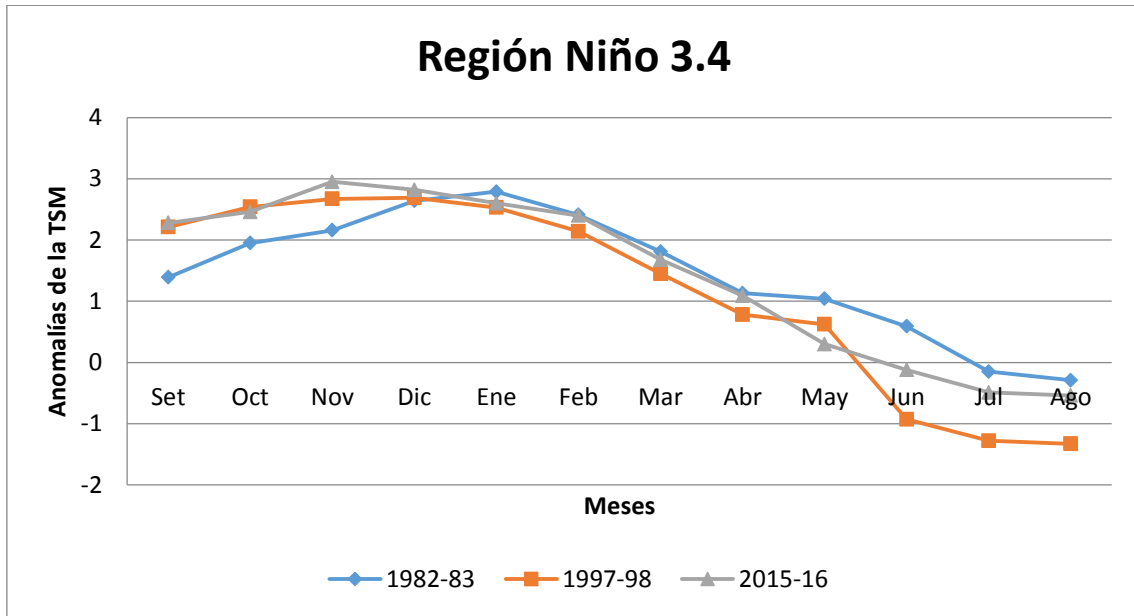


Figura 4-37 Anomalías de la TSM en el Pacífico para la región Niño 3.4.
Fuente: (NOAA)
Elaboración: Propia.

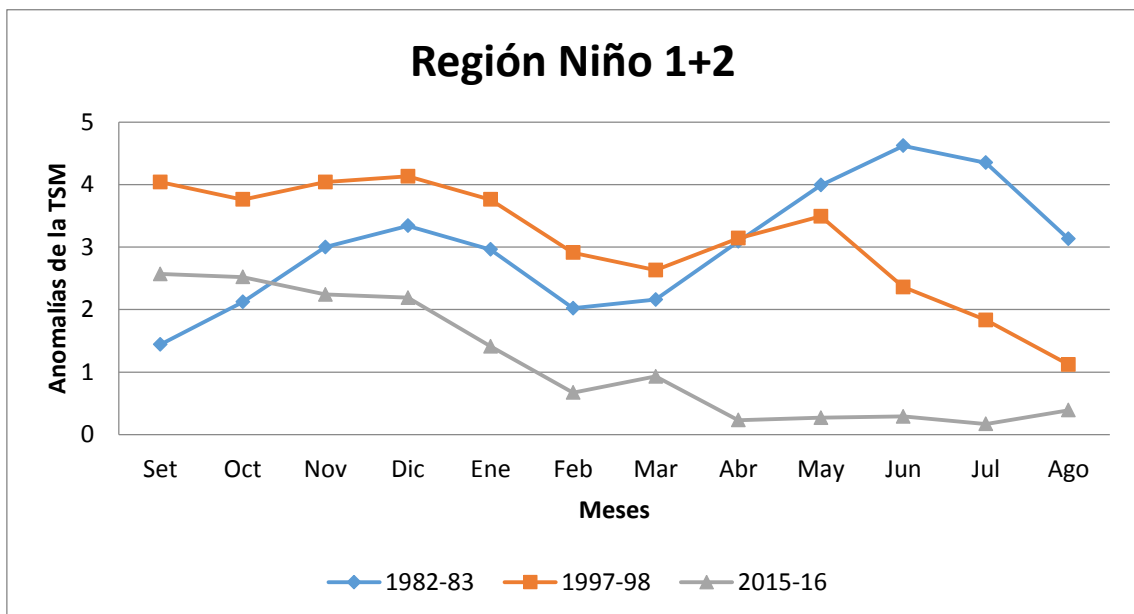


Figura 4-38 Anomalías de la TSM en el Pacífico para la región Niño 1+2.
Fuente: (NOAA)
Elaboración: Propia.

El análisis evidencia que para el modelo 1, se emite mejores pronósticos para la región Piura, que aquellos obtenidos por el modelo 2. Pues este último emite valores muy por encima de lo normal, pues se comporta con cierta tendencia de acuerdo a la TSM en la región Niño 3.4. Esta tendencia, es la teoría que ya se maneja desde hace muchos años, en la que el calentamiento anómalo de la TSM provocaría grandes precipitaciones en la costa peruana, principalmente en una región como Piura.

Además, en ambos modelos, para un FEN fuerte pueden fallar emitiendo valores muy por debajo de los reales.

4.3.4.2. Pronóstico 2017

Para el análisis del mejor pronóstico para el trimestre EFM de 2017, se tomará el modelo 1, en donde la variable predictora es la TSM observada en la región Niño 1+2, debido al comportamiento que se presentó anteriormente para el año 2016.

CPT, en cada modelo emitirá un rango de valores mínimos y máximos de precipitación acumulada, al igual que un valor promedio. Estos se obtienen por medio del Análisis de Correlación Canónica entre las variables, predictora y predictante, que fueron ingresadas al modelo, y guardan relación con el comportamiento explicado en los modos del modelo (acápite 4.3.1.1) ante las variaciones de la TSM. Dichos valores de los pronósticos obtenidos por el modelo para el trimestre EFM de 2017 se pueden consultar en el Anexo H 1.

Los resultados muestran que las precipitaciones en la sierra de Piura alcanzarían valores elevados en algunas estaciones (Figura 4-39), bordeando los 820 mm, mientras que, en las estaciones restantes, los valores oscilan entre 190 a 600 mm de lluvia acumulada en ese periodo. Para la costa, se observa un comportamiento similar en todas las estaciones, pues los valores de precipitación obtenidos oscilan entre 30 a 190 mm.

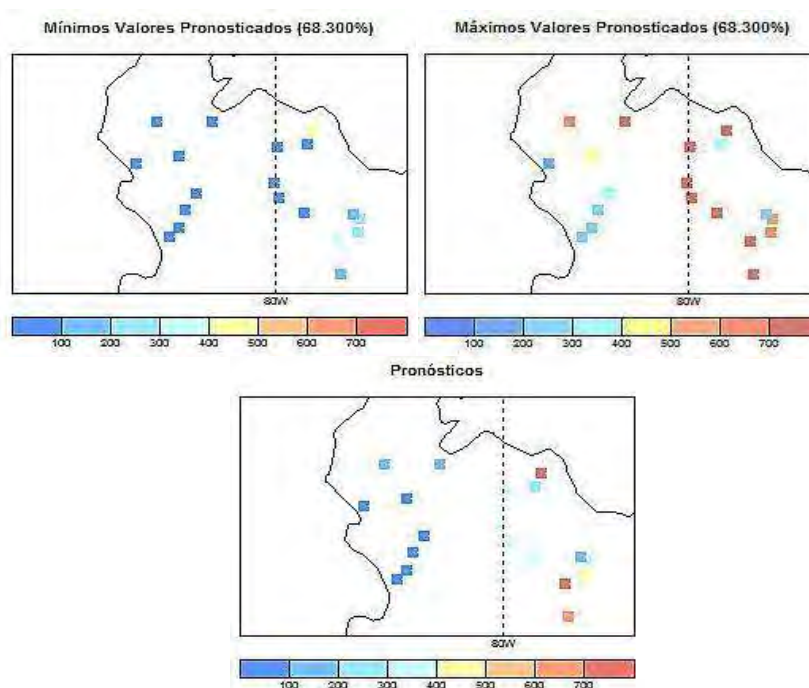


Figura 4-39 Rango de valores de la precipitación pronosticada para el 2017 (EFM).
Elaboración: Propia.

Además para la sierra, muestra valores mínimos entre el rango de 62 a 460 mm y máximos que llegan a superar los 1000 mm en algunas estaciones y en el resto se mantienen en el orden de 500 mm. Sin embargo, en la costa, los valores mínimos podrían ser de 0 mm en todas las estaciones, es decir, sin presencia de lluvias, y máximos entre 250 y 400 mm en la mayoría de estaciones, y solo en un par de ellas pueden superar los 700 mm (Lancones y Morropón).

Hasta la actualidad, 08 de marzo de 2017, se ha percibido lluvias de magnitud muy fuerte en el norte peruano, por efecto de la interacción océano-atmósfera, provocada por el calentamiento de la TSM cerca a la costa peruana. En la región Piura, ha causado daños muy graves, pues muchos distritos se encuentran muy afectados.

Los ríos han incrementado sus caudales llegando a niveles por encima de sus umbrales de emergencia, el río Piura superó su nivel de emergencia, 1000 m³/s. Asimismo se presentaron activaciones de quebradas en zonas medias y bajas de las cuencas. Como consecuencia, los reservorios tuvieron una tendencia ascendente respecto a su almacenamiento de agua; en la costa norte alcanzaron un 77% y en la costa sur un 63%, respecto a su capacidad hidráulica útil (ENFEN, 2017).

La presencia de estas fuertes precipitaciones, inicialmente se atribuía al cambio climático, pues a inicios de año, el comportamiento que se veía en las condiciones oceano-atmosféricas no concordaban con la ocurrencia de un FEN. Esto no se puede asegurar, pero sí se habla de la probabilidad que el FEN de ahora o en algunos años será más caliente que los anteriores porque la Tierra es más caliente (MONGABAY, 2017).

En la costa, este comportamiento se asocia a la influencia acumulativa de las ondas Kelvin cálidas, de las cuales la más reciente ya está impactando la costa central y norte, a la persistencia de la banda secundaria de la ZCIT observada frente a la costa norte, la cual se muestra más desarrollada (Figura 4-40), a las anomalías de vientos del norte y del oeste, y a los procesos de retroalimentación océano-atmósfera en el Pacífico oriental (ENFEN, 2017). Mientras que, para la sierra, la contribución del posicionamiento anómalo de la Alta de Bolivia (AB) hacia el Pacífico y los flujos en niveles medios, sumado a la condición existente de La Niña en el Pacífico ecuatorial favorecieron la presencia de lluvias en esa zona geográfica (SENAMHI, 2017).

El comportamiento antes mencionado contribuye a la persistencia del calentamiento de la TSM en la región Niño 1+2 al menos en las próximas semanas, registrándose ya valores positivos en la anomalía de la TSM (Figura 4-41 - Anexo G). En los últimos días del mes de febrero las aguas superficiales superaron los 28°C en la mayor parte de la región Niño 1+2; frente a Piura la TSM alcanzó valores hasta 29°C (Figura 4-42) (ENFEN, 2017).

Sin embargo, como se observa en la Figura 4-41, las anomalías no alcanzan los valores observados en los FEN extraordinarios, pues los valores mensuales de esta no superan el +1.62 observado en febrero.

En Perú, ENFEN ha emitido un estado de Alerta de El Niño Costero de magnitud moderada, al menos hasta el mes de abril, asociado a una alta probabilidad de lluvias muy fuertes en las zonas medias y bajas en la costa norte en su último comunicado oficial (16/03/2017). Su ocurrencia dependerá de las condiciones atmosféricas locales.

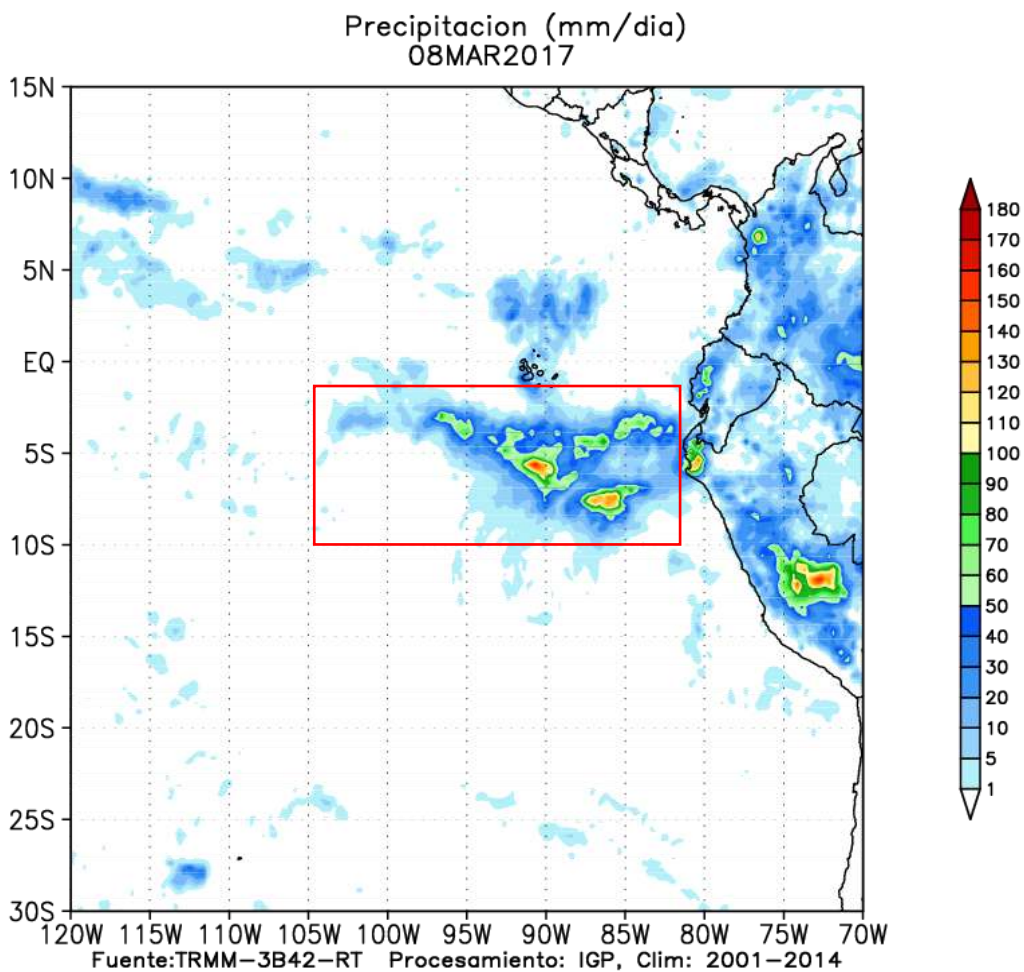


Figura 4-40 Zona de Convergencia Intertropical (banda de lluvia) al sur del ecuador.
Fuente: (IGP, 2017)

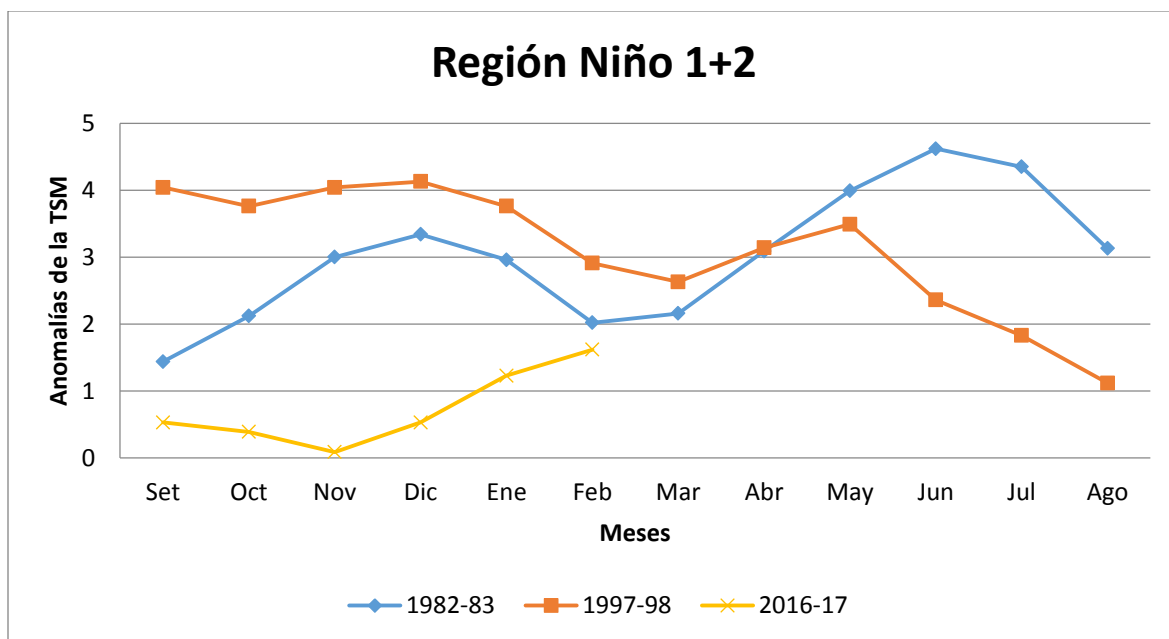


Figura 4-41 Anomalías de la TSM en el Pacífico para la región Niño 1+2 en los años 1982-83, 1997-98 y 2016-17.

Fuente: (NOAA).
Elaboración: Propia.

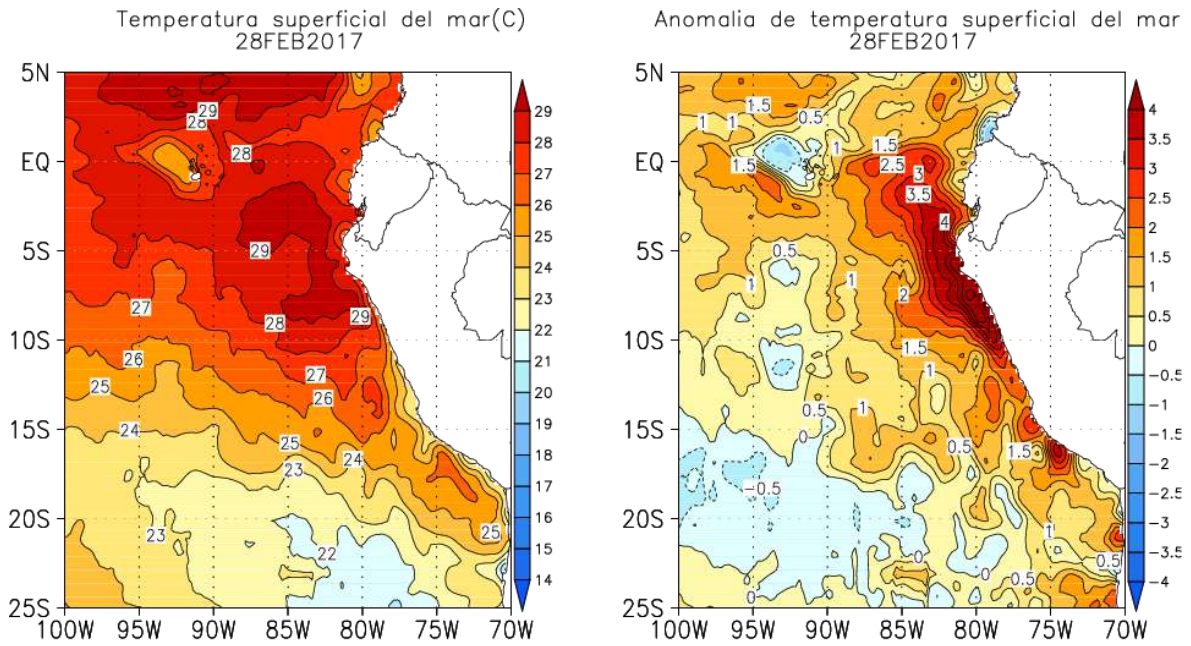


Figura 4-42 TSM y anomalías de la TSM en la región Niño 1+2 (28/02/2017).
Fuente: (IGP).

En la Figura 4-43 podemos observar que el acumulado de precipitación para el trimestre EFM (Anexo H 2), en las estaciones Ayabaca, Huarmaca y Mallares aún no alcanzan los valores máximos emitidos por el modelo. Por otro lado, las demás estaciones si han llegado a sobrepasar ligeramente los valores máximos pronosticados, a excepción de la estación Morropón que si supera ampliamente dicho valor. Pero, con las lluvias que se esperan ocurran hasta abril, inclusive, los valores si pueden verse superados en mayor cantidad.

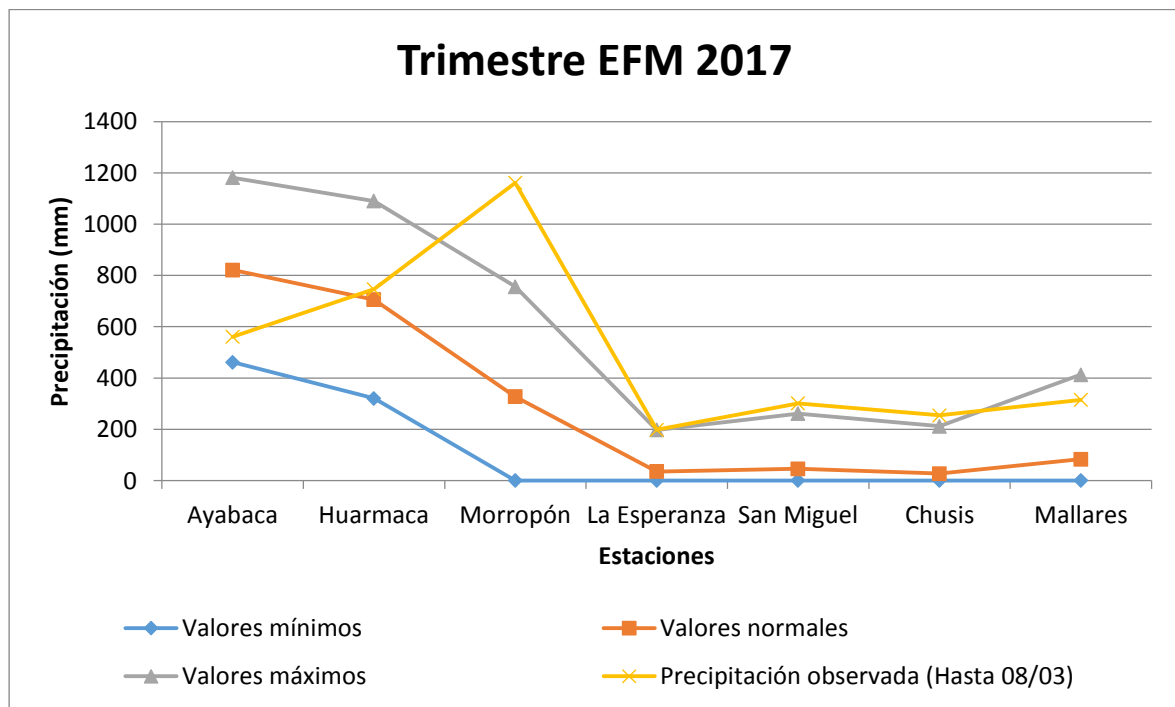


Figura 4-43 Precipitación acumulada para el trimestre EFM de 2017.
Fuente: (SENAMHI / Datos obtenidos del modelo).
Elaboración: Propia.

Capítulo 5

Guías de mejora para pronósticos El Niño

En el presente acápite se listarán las guías de mejora establecidas, bajo el criterio de la autora, en base a lo analizado y explicado en los capítulos precedentes.

1. Es necesario, que los investigadores y las entidades nacionales relacionadas con el tema, desarrollen una comunicación efectiva y acertada con la población a través de los medios sobre la ocurrencia de eventos climatológicos y su magnitud, pues la ocurrencia de precipitaciones fuertes genera alarma y desconfianza ante el trabajo que se realiza, consistente en monitoreo, pronósticos y alertas emitidas, ya que no se tiene un claro conocimiento de las condiciones de los eventos locales y globales, como es el caso de El Niño.

Por ello, se debe aclarar que la magnitud de un evento El Niño se establece en función del aumento de la TSM, y no de los impactos que genera.

2. Las entidades peruanas se apoyan, para los datos de entrada de los modelos numéricos que utilizan, en los obtenidos de los sistemas de medición implementados por entidades internacionales a lo largo del Pacífico ecuatorial. Sin embargo, se requiere de más información a nivel regional para la emisión de mejores pronósticos estacionales y locales.

En Perú, desde hace muchos años se han ido implementando estaciones meteorológicas e hidrológicas para el monitoreo de las condiciones climáticas e hidrológicas de la región. Sin embargo, como se ha mencionado, aunque el número de estaciones meteorológicas totales con las que cuenta la región son 93, menos del 35% se encuentran en funcionamiento. En adición a ello, son muy pocas las estaciones que cuentan con datos históricos, actualizados y confiables, necesarios para calibrar este tipo de predicciones (Figura 5-1 y Figura 5-2). Inclusive en la provincia de Talara no se cuenta con alguna estación con datos completos.

Por ello se recomienda que se ahonde esfuerzos en reactivar estaciones meteorológicas antiguas e instalar nuevas y en ellas se mantenga una data constante de las condiciones climáticas de la región. Con ello, se podría mejorar la data disponible, los pronósticos y disminuir el error en los modelos. Además, brindaría información importante para el diseño de estructuras civiles resilientes.



Figura 5-1 Estaciones meteorológicas convencionales con data actualizada en la región Piura.
Fuente: (SENAMHI).



Figura 5-2 Estaciones automáticas, meteorológicas e hidrológicas, con data actualizada en la región Piura.
Fuente: (SENAMHI).

3. En adición al punto anterior, se debe aumentar la confiabilidad y continuidad de los datos que SENAMHI pone a disposición del público, pues existen muchos valores perdidos y data no actualizada en muchas estaciones, en diferentes periodos de

tiempo. Este problema ocasiona que algunos modelos dejen de usar estaciones, reduciendo así, aún más, el número de estaciones utilizadas para los pronósticos.

4. En Perú, SENAMHI utiliza el modelo regional ETA para pronosticar las precipitaciones, y como se ha venido estudiando, estos pueden aún no ser exactos emitiendo sus resultados. Por ello, en adición a los modelos numéricos, se recomienda el apoyo en modelos estadísticos por medio de diversas herramientas, como es el caso de la herramienta estadística CPT, para probar la confiabilidad de los resultados obtenidos. Esto a pesar de que los modelos estadísticos aun muestran una confiabilidad ligeramente mayor al 50%, pues van presentando un buen comportamiento en años normales.
5. En dos de los modelos predictivos se ha tenido como variable predictante la TSM obtenida del modelo CFS2 a partir del Modelo de Circulación General (GCM). Los resultados muestran un mal comportamiento debido a los datos faltantes de algunas estaciones, pues el modelo deja de funcionar al encontrar discontinuidad en los datos. Sin embargo, el análisis de correlación canónica no presentaba estas fallas cuando la variable predictante es la TSM observada.

Por ello, y como se sabe que el SENAMHI utiliza dos fuentes distintas de información: datos de su red de estaciones y predicciones procedentes del modelo GFS, se recomienda dar mayor credibilidad a aquellos modelos que tomen como variable de entradas datos observados, en lugar de datos de reanálisis.

6. En los estudios diagnósticos, se ha determinado que en la costa las precipitaciones mensuales observadas correlacionan mejor con la TSM observada en la región Niño 1+2; mientras que, en la sierra las precipitaciones correlacionan mejor con la TSM observada en la región Niño 3.4. Por ello, sería correcto realizar un análisis predictivo separando la región Piura en dos zonas geográficas de estudio, costa y sierra.

Esto serviría de mucha ayuda para mejorar los índices de acierto y diferenciar los pronósticos que se emiten para toda la región Piura, especialmente si se deciden evaluar pronósticos a nivel mensual.

7. Se debe tener mucho cuidado con la emisión de resultados de pronóstico y mantener lo que hasta ahora realiza SENAMHI, que es la combinación de diferentes salidas, ya sea de modelos numéricos o estadísticos. Esto, debido a que el estudio arrojó que ante un evento El Niño de magnitud débil a moderada los modelos pueden pronosticar lluvias ligeramente por encima o por debajo de las que realmente ocurren, mientras que, en eventos fuertes o muy fuertes, se pronostican valores muy por debajo de los reales.
8. Como ya se venía mencionando, el monitoreo de la región Niño 1+2, representa un indicador de los cambios inducidos por El Niño en los patrones de variabilidad de la costa del Pacífico de América del Sur, y más aún en Perú, pues un calentamiento anómalo de la TSM en el Pacífico ecuatorial cerca de la costa peruana es muy influyente en las condiciones climáticas de la región.

Los resultados obtenidos, apoyan esta teoría, pues es uno de los dos modelos que presenta los valores más altos en las medidas de validación, especialmente en el índice de acierto. Además, observando el comportamiento de los años hidrológicos 2015-2016 y lo que va del 2016-2017, se puede asegurar que es el que mejor funciona. Es por ello que se recomienda tener en cuenta esta región de monitoreo para los pronósticos con modelos estadísticos en la región Piura.

9. Los modos canónicos obtenidos con la TSM observada en la región Niño 1+2, explican mejor el comportamiento pluvial en los meses de enero, febrero y marzo durante un FEN. Los modos muestran que bajo condiciones de El Niño (La Niña), es decir un Pacífico muy cálido (frío) se producirán lluvias por encima (por debajo) de lo normal en prácticamente toda la región Piura, principalmente en la costa.

Con esto se puede avalar que se deben considerar los parámetros obtenidos del monitoreo de la región Niño 1+2, para la emisión de pronósticos de la región Piura.

10. Los modelos predictivos realizados evidencian que las anomalías de la TSM en el Pacífico oriental en el trimestre OND, reflejan adecuadamente la lluvia acumulada para el trimestre EFM en la región Piura. Por ello, es importante tener en cuenta este trimestre para los pronósticos y así mejorar la toma de decisiones, más aún en la prevención de desastres naturales.

Conclusiones y recomendaciones

- Conclusiones

- Existe una diferencia entre la ocurrencia de un ENSO, fenómeno global, y un Niño Costero. El primero ocurre ante anomalías positivas de la TSM del Pacífico ecuatorial, central y oriental, mientras que, el segundo ocurre por el calentamiento anómalo de la TSM en el Pacífico ecuatorial oriental. El Niño Costero, fue un término acuñado en el 2012 por SENAMHI, año en que se observó un comportamiento marcadamente diferente en ambas regiones del Pacífico, pues el fenómeno solo tenía repercusiones en las costas de Perú y Ecuador.
- La red de estaciones meteorológicas a nivel regional es insuficiente, pues a pesar que se cuenta con 93 estaciones meteorológicas, solo 21 de ellas se encuentran en funcionamiento. Siendo uno de los grandes problemas para la toma de datos de parámetros atmosféricos.
- Para la emisión de pronósticos estacionales, así como otros tipos de estudios, se hace uso de los datos históricos de la región. Para ello, SENAMHI ha puesto a disposición pública la data histórica con la que cuenta
- En adición al modelo numérico utilizado por SENAMHI, modelo regional ETA, sería conveniente analizar los resultados de modelos estadísticos. Estos modelos pueden crearse o utilizarse por medio de herramientas, como es el caso de CPT.
- Una de las ventajas del manejo de la herramienta estadística CPT, es que permite un acceso fácil a la data de parámetros oceánico-atmosféricos, para todo el mundo. Pudiendo seleccionarlos por regiones y periodos determinados. Además, no requiere de un equipo altamente potente para procesar los modelos que se ingresen.
- Los modelos estudiados en su mayoría han mostrado índices de acierto del orden del 40% al 50%. Esto, teniendo en cuenta que ante un evento El Niño de magnitud débil a moderada los modelos pueden pronosticar lluvias ligeramente por encima o por debajo de las que realmente ocurren, mientras que, en eventos fuertes o muy fuertes, se pronostican valores muy por debajo de los reales. Teniendo en cuenta

que la variable predictora tiene un trimestre de rezago en comparación con el predictante.

- Al realizar los estudios diagnósticos se encontró una tendencia con respecto al comportamiento de precipitaciones pronosticadas en base a los parámetros oceánico-atmosféricos utilizados. Los estudios mostraron que a nivel mensual en la costa la precipitación pronosticada por la TSM observada en la región Niño 1+2 se asemeja a la observada. Mientras que, en la sierra la mejor correlación la obtuvo la precipitación obtenida por la TSM de la región Niño 3.4. Recalcando que, en ambos casos, se obtiene una relación numérica que explica el comportamiento de las precipitaciones en la región, es decir, que las lluvias en ambas regiones pueden verse influenciadas por otros parámetros atmosféricos.
- Se obtuvieron mejores valores de las medidas de validación, en aquellos modelos predictivos que utilizaron las TSM observada y el índice de ENSO, en comparación con los modelos que tomaron la TSM obtenida del modelo CFS2 del GCM (TSM pronosticada). Por ello, se debe tener en cuenta que existe mayor confiabilidad predictiva de aquellos modelos que toman como variables de entrada datos observados de la región de estudio.
- Se sabe que, en Perú el desarrollo de un FEN, y más aún de un Niño Costero, se ve influenciado por el calentamiento anómalo de la TSM en la región Niño 1+2, cerca de la costa peruana. Esto se vio apoyado en los modelos predictivos. Pues es uno de los dos modelos que presenta los valores más altos con respecto a las medidas de validación.
- Con respecto a los modos canónicos, los modos 1 y 2 del modelo seleccionado para el pronóstico 2017, representan óptimamente el comportamiento de la región ante las variaciones de la TSM en el Pacífico ecuatorial para la región mencionada. Los modos muestran que bajo condiciones de El Niño (La Niña), es decir un Pacífico muy cálido (frío) se producirán lluvias por encima (por debajo) de lo normal en prácticamente toda la región Piura, principalmente en la costa.

- **Recomendaciones**

- Con miras al desarrollo sostenible de la región Piura es necesario mantener operativa y aumentar la red meteorológica, reactivando e implementando más estaciones, por lo menos un 50% de estas, para tener data confiable al momento de realizar estudios climatológicos como el realizado en la presente investigación y reducir errores en los pronósticos, así como para mejorar los diseños de infraestructura civil.
- Promover el uso de la data histórica y actualizada de la red de estaciones meteorológicas que SENAMHI pone a disposición pública. Sin embargo, se debe tener cuidado al manejarla, pues existen valores perdidos en muchas de las estaciones (-888.0 y/o -999.0). Además, para estudios similares a este se debe buscar aquellas estaciones, que cuenten con data en periodos semejantes.

- Sería conveniente analizar los resultados de modelos estadísticos para dar mayor robustez a los resultados de pronósticos climatológicos. Para esto, la herramienta estadística CPT es una buena opción, pues los modelos desarrollados van mostrando un buen comportamiento para años normales.
- Es conveniente para los modelos predictivos separar la región Piura en dos zonas, costa y sierra. Esto serviría para diferenciar los pronósticos que se emiten para toda la región Piura, especialmente si se deciden evaluar pronósticos a nivel mensual.
- En los modelos estadísticos, se recomienda tener en cuenta la región de monitoreo Niño 1+2 y el trimestre OND para la emisión de pronósticos de precipitación acumulada de EFM en la región Piura, pues desde dicho trimestre ya se puede tener una idea de la precipitación acumulada que se puede esperar para el trimestre EFM.

Referencias bibliográficas

- ANA. *Autoridad Nacional del Agua – Página de inicio*. Perú. Recuperado el 20 de julio de 2016, de <http://www.ana.gob.pe/>
- Ando, K., Bourlès, B., Freitag, H. P., Lumpkin, R., Matsumoto, Y., McPhaden, M. J. y Yu, W. (2010). The Global Tropical Moored Buoy Array. En *Proceedings of the "OceanObs'09: Sustained Ocean Observations and Information for Society" Conference (Vol. 2)*. Venecia, Italia, 21-25 September 2009, Hall, J., Harrison, D.E. & Stammer, D. (Eds.), ESA Publication WPP-306. DOI: 10.5270/OceanObs09.cwp.61
- Arrese, E. (2005). *Estudio y análisis de las fuentes de interferencia y ruido en el radar atmosférico de Piura* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Perú.
- Barron, E. J. (1992). *A Decade of International Climate Research: The First Ten Years of World Climate Research Program*. Washington, DC: National Academy Press.
- Capel Molina, J. J. (1998). El Niño 1997-1998 y su Impacto Climático Global. *Papeles de Geografía*, 27, 15-40.
- CPPS. *Historia de la Comisión Permanente del Pacífico Sur*. Recuperado el 20 de julio de 2016, de <http://cpps-int.org>
- Department of Oceanography Naval Postgraduate School. (2001). *El Niño and La Niña for the Navy: Kelvin Waves*. Estados Unidos. Recuperado el 28 de julio de 2016, de <http://www.oc.nps.edu/webmodules/ENSO/kelvin.html>
- DHN. *Dirección de Hidrografía y Navegación*. Perú. Recuperado el 08 de noviembre de 2016, de <https://www.dhn.mil.pe>
- Díaz, A., Villegas, E., Alfaro, L., Avalos, G., Bazo, J., Escajadillo, Y., Barreto, C. y Febre, C. (2014). El Fenómeno El Niño en el Perú. Dirección de Climatología y SENAMHI.
- ECMWF. *The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*. Alemania. Recuperado el 08 de noviembre, de <http://www.ecmwf.int>

- ENFEN. (2012-2017). Comunicados Oficiales ENFEN. Recuperado el 17 de marzo, de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=0812>
- Fallas, B. y Alfaro, E. J. (2012). Uso de herramientas estadísticas para la predicción estacional del campo de precipitación en América Central como apoyo a los Foros Climáticos Regionales. 2: Análisis de Correlación Canónica. *Revista de Climatología*, 12, 93-105.
- Gage, K., Ecklund, W., Carter, D., Balsley, B., Riddle, A., Johnston, P. y Woodman, R. (1991). Status of the trans-Pacific network of wind profilers. Recuperado de: <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/325>
- Glantz, M. H. (1998). *Corrientes de Cambio: El Impacto de "El Niño" sobre el Clima y la Sociedad*. Valparaíso, Chile: Cambridge University Press.
- Hamilton, G. (1988). Guía de utilización de boyas a la deriva para acopio e intercambio de datos oceanográficos. Comisión Oceanográfica Intergubernamental y Organización Meteorológica Mundial.
- IGP. *Instituto Geofísico del Perú*. Perú. Recuperado el 11 de enero de 2017, de <http://www.igp.gob.pe>
- IGP. *Index of /variabclim/yakifigs*. Perú. Recuperado el 08 de marzo de 2017, de <http://www.met.igp.gob.pe/variabclim/yakifigs/>
- IMARPE. *Instituto del Mar del Perú*. Perú. Recuperado el 20 de julio de 2016, de <http://www.imarpe.pe>
- INDECI. *Instituto Nacional de Defensa Civil*. Perú. Recuperado el 20 de julio de 2016, de <http://www.indeci.gob.pe/>
- INOCAR. *El Niño: Generalidades*. Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 15 de julio de 2017, de http://www.inocar.mil.ec/modelamiento/elnino/nino_generalidades.php
- Poleo, D. (2015). *El Índice de la Oscilación del Sur (IOS)*. Costa Rica. Recuperado el 11 de noviembre de 2016, de Instituto de Meteorología Nacional: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/37774/7-EL+INDICE+DE+LA+OSCILACION+DEL+SUR.pdf/fabe2c92-82ac-4f1f-8b28-6025892a11a1>
- Instituto de Tecnologías Educativas. (2012). *El fenómeno de la Oscilación del Sur-El Niño (ENSO)*. España. Recuperado el 20 de julio de 2016, de Ministerio de Educación: https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion05/1_el_fenmeno_de_la_oscilacin_del_sur_el_nio_enso.html
- IRI. *The Climate Predictability Tool*. Recuperado el 15 de enero de 2017, de <http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/tools/cpt/>

- Jenner, L. (2015). *GOES Overview and History*. Recuperado el 05 de enero de 2017, de NASA: <https://www.nasa.gov/content/goes-overview/index.html>
- Jiménez S., R. (2008). *Aspectos biológicos de El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Naturales Centro de Biodiversidad Ecuador.
- Martí, J., Llastarri, A., Grau, M. y Vivancos, D. (2005). *Satélites meteorológicos*. España. Recuperado el 05 de enero de 2017, de Centro Nacional de Innovación e Investigación Educativa: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad3/sat_mete.htm
- McPhaden, M. J., Busalacchi, A. J., Cheney, R., Donguy, J. R., Gage, K. S., Halpern, D., Takeuchi, K. (1998). The Tropical Ocean-Global Atmosphere observing system: A decade of progress. *Journal of Geophysical Research*, 103, 169-240. Recuperado de <http://www.pmel.noaa.gov/pubs/outstand/mcph1720/abstract.shtml>
- Mysak, L. A. (1986). El Niño, Interannual Variability and Fisheries in the Northeast Pacific Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43 (2), 464-497.
- MONGABAY. (2017). *Lluvias e inundaciones en la Costa de Perú: Científicos explican las causas*. Recuperado el 28 de febrero de 2017, de <https://es.mongabay.com/2017/02/peru-lluvias-inundaciones-mar/>
- NASA. (2001). *Twin Convergence Zones: Image of the Day*. Recuperado el 14 de julio de 2016, de http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=2628&eocn=image&eoci=related_image
- NOAA. *El Niño Southern Oscillation (ENSO): Past ENSO Events*. Recuperado el 23 de noviembre de 2016, de Earth System Research Laboratory: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/>
- NOAA. *Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures*. Recuperado el 23 de julio de 2016, de National Centers For Environmental Information: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>
- NOAA. *How ENSO leads to a cascade of global impacts*. Recuperado el 15 de julio de 2016, de Climate.gov: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/how-enso-leads-cascade-global-impacts>
- NOAA. *What is El Niño?* Recuperado el 12 de julio de 2016, de Pacific Marine Environmental Laboratory: <http://www.pmel.noaa.gov>
- PCE Ibérica. (2013) *¿Qué es una estación meteorológica?* España. Recuperado el 09 de enero de 2017, de <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>

- Philander, S. G. (1990). *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*. International Geophysics Series: Vol. 46. San Diego, Estados Unidos: Academic Press.
- Radar UDEP. *Condiciones meteorológicas en Piura*. Perú. Recuperado el 18 de enero de 2017, de Universidad de Piura: <http://udep.edu.pe/met/>
- Rau, P., Bournel, L., Dewitte, B., Labat, D., Frappart, F. y Lavado, W. (2016). Variación de baja frecuencia y tendencias en la relación entre el Fenómeno El Niño y las precipitaciones en la Vertiente del Pacífico peruano. XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica.
- Rocha F., A. (2014). El Impacto Mundial del Fenómeno "El Niño" (ENSO) de 1877-1878. *Revista Oficial del Colegio de Ingenieros del Perú*, 15.
- Rosica, A. (2007). Pronóstico Numérico. Buenos Aires: Servicio Meteorológico Nacional.
- Science and Development Network. (2015). *Herramienta de predicción climática muestra su eficacia*. Recuperado el 15 de enero de 2017, de <http://www.scidev.net/americas-latina/cambio-climatico/noticias/herramienta-de-prediccion-climatica-muestra-su-eficacia.html>
- SENAMHI. (2014). *El Fenómeno "El Niño"*. Perú. Recuperado el 12 de julio de 2016, de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=0814>
- SENAMHI. (2014). *Las ondas Kelvin y su relación con el fenómeno del Niño*. Perú. Recuperado el 12 de julio de 2016, de <http://www.minam.gob.pe/fenomenodelnino/que-es-el-nino-y-que-factores-determinan-su-intensidad/las-ondas-kelvin-y-su-relacion-con-el-fenomeno-del-nino/>
- SENAMHI. *Datos Históricos*. Perú. Recuperado el 18 de enero de 2017, de http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi
- SENAMHI. *Red de Estaciones Hidrometeorológicas - Data histórica*. Perú. Recuperado el 20 de enero de 2017, de <http://www.peruclima.pe/?p=data-historica>
- Stefanski, R. (2004). Reunión Técnica Regional Guayaquil. Ecuador: Servicios de Información y Predicción del Clima y Aplicaciones Agrometeorológicas.
- The World Data Center for Remote Sensing of the Atmosphere. *AVHRR Sensor WDC-RSAT*. Recuperado el 05 de enero de 2017, de Department of Climate and Atmospheric Products: <https://wdc.dlr.de/sensors/avhrr/>
- Vargas, F. (2015). *Sistema de Información en Línea para el seguimiento del Fenómeno El Niño en la Costa Norte del Perú* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Perú.
- Zona de convergencia intertropical. Recuperado 21:10, Julio 20, 2016, de Wikipedia, Enciclopedia Libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_de_convergencia_intertropical

- Zambrano, J. (1998). *El Fenómeno El Niño 1997-1998: Memoria, Retos y Soluciones* (V). Perú: Corporación Andina de Fomento.

Anexos

Anexo A - Índices de ENSO

Los valores en rojo (azul), son los indicadores del Índice ENSO que hacen referencia a la presencia de El Niño (La Niña).

Anexo A 1 – Índice de ENSO multivariado desde 1950 al 2016

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
1950	-1.043	-1.162	-1.312	-1.104	-1.433	-1.391	-1.296	-1.053	-0.634	-0.433	-1.171	-1.263
1951	-1.078	-1.189	-1.222	-0.523	-0.360	0.349	0.666	0.829	0.743	0.736	0.709	0.477
1952	0.421	0.136	0.063	0.220	-0.309	-0.723	-0.316	-0.378	0.313	0.275	-0.359	-0.132
1953	0.032	0.385	0.256	0.682	0.784	0.218	0.368	0.213	0.501	0.093	0.063	0.316
1954	-0.044	-0.032	0.162	-0.567	-1.416	-1.564	-1.378	-1.471	-1.166	-1.348	-1.139	-1.114
1955	-0.766	-0.698	-1.152	-1.634	-1.642	-2.243	-1.998	-2.073	-1.823	-1.753	-1.852	-1.879
1956	-1.447	-1.323	-1.413	-1.132	-1.317	-1.502	-1.259	-1.131	-1.359	-1.486	-1.058	-1.040
1957	-0.944	-0.364	0.134	0.353	0.866	0.769	0.908	1.148	1.125	1.083	1.122	1.240
1958	1.474	1.442	1.320	1.013	0.719	0.864	0.693	0.427	0.188	0.213	0.468	0.670
1959	0.549	0.788	0.496	0.197	0.013	-0.018	-0.134	0.114	0.105	-0.060	-0.176	-0.255
1960	-0.297	-0.257	-0.094	-0.019	-0.335	-0.254	-0.340	-0.251	-0.465	-0.355	-0.341	-0.438
1961	-0.167	-0.261	-0.097	0.000	-0.288	-0.137	-0.216	-0.304	-0.301	-0.539	-0.440	-0.634
1962	-1.082	-0.988	-0.724	-1.039	-0.910	-0.852	-0.701	-0.543	-0.551	-0.670	-0.625	-0.506
1963	-0.730	-0.861	-0.690	-0.792	-0.477	-0.087	0.401	0.597	0.750	0.814	0.843	0.739
1964	0.867	0.465	-0.269	-0.563	-1.242	-1.115	-1.405	-1.503	-1.311	-1.225	-1.242	-0.945
1965	-0.554	-0.349	-0.276	0.053	0.490	0.915	1.360	1.443	1.406	1.219	1.355	1.253
1966	1.305	1.178	0.678	0.528	-0.152	-0.168	-0.136	0.155	-0.085	-0.044	0.007	-0.198
1967	-0.474	-0.924	-1.068	-1.059	-0.455	-0.266	-0.521	-0.395	-0.621	-0.683	-0.425	-0.378
1968	-0.622	-0.740	-0.629	-0.965	-1.095	-0.771	-0.527	-0.102	0.220	0.435	0.590	0.350
1969	0.664	0.844	0.452	0.623	0.696	0.820	0.467	0.218	0.177	0.511	0.670	0.392
1970	0.367	0.411	0.215	-0.023	-0.126	-0.659	-1.089	-1.016	-1.252	-1.088	-1.078	-1.224
1971	-1.221	-1.521	-1.807	-1.888	-1.464	-1.448	-1.230	-1.225	-1.460	-1.421	-1.330	-0.998
1972	-0.595	-0.422	-0.262	-0.196	0.464	1.069	1.827	1.821	1.558	1.643	1.747	1.761
1973	1.720	1.497	0.845	0.481	-0.106	-0.769	-1.081	-1.347	-1.727	-1.667	-1.496	-1.844
1974	-1.934	-1.793	-1.760	-1.673	-1.077	-0.670	-0.769	-0.671	-0.627	-1.052	-1.243	-0.906

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
1975	-0.544	-0.597	-0.884	-0.963	-0.863	-1.150	-1.519	-1.730	-1.874	-1.987	-1.771	-1.752
1976	-1.613	-1.394	-1.246	-1.184	-0.496	0.307	0.615	0.664	1.038	0.946	0.490	0.547
1977	0.516	0.271	0.131	0.539	0.326	0.451	0.866	0.695	0.800	0.986	0.970	0.860
1978	0.770	0.893	0.936	0.191	-0.388	-0.579	-0.433	-0.200	-0.389	-0.020	0.178	0.392
1979	0.598	0.361	-0.015	0.283	0.380	0.423	0.369	0.625	0.786	0.678	0.744	0.996
1980	0.678	0.589	0.690	0.907	0.961	0.907	0.749	0.336	0.281	0.201	0.252	0.098
1981	-0.254	-0.163	0.457	0.669	0.161	-0.019	-0.048	-0.088	0.187	0.112	-0.036	-0.137
1982	-0.268	-0.138	0.106	-0.009	0.429	0.944	1.604	1.799	1.811	2.024	2.433	2.418
1983	2.691	2.909	3.011	2.824	2.542	2.240	1.763	1.178	0.497	0.038	-0.131	-0.176
1984	-0.327	-0.533	0.143	0.347	0.131	-0.079	-0.084	-0.154	-0.106	0.001	-0.344	-0.596
1985	-0.559	-0.594	-0.718	-0.481	-0.707	-0.133	-0.143	-0.367	-0.526	-0.139	-0.057	-0.299
1986	-0.307	-0.196	0.040	-0.110	0.350	0.306	0.383	0.775	1.088	0.979	0.865	1.183
1987	1.243	1.192	1.719	1.866	2.140	1.964	1.859	1.999	1.894	1.647	1.271	1.284
1988	1.116	0.697	0.487	0.353	0.119	-0.622	-1.145	-1.303	-1.506	-1.326	-1.440	-1.306
1989	-1.128	-1.271	-1.037	-0.795	-0.435	-0.253	-0.459	-0.497	-0.311	-0.341	-0.045	0.127
1990	0.232	0.555	0.945	0.442	0.637	0.484	0.120	0.131	0.378	0.285	0.390	0.357
1991	0.320	0.313	0.405	0.463	0.759	1.100	1.023	1.024	0.760	1.009	1.200	1.325
1992	1.749	1.864	1.993	2.275	2.129	1.748	1.018	0.570	0.497	0.641	0.589	0.640
1993	0.686	0.979	0.990	1.409	1.998	1.591	1.170	1.042	0.992	1.069	0.839	0.595
1994	0.349	0.197	0.174	0.465	0.573	0.788	0.880	0.773	0.908	1.407	1.290	1.229
1995	1.216	0.961	0.879	0.466	0.563	0.508	0.207	-0.143	-0.426	-0.477	-0.453	-0.546
1996	-0.630	-0.581	-0.227	-0.420	-0.127	0.068	-0.204	-0.374	-0.437	-0.349	-0.130	-0.325
1997	-0.489	-0.595	-0.222	0.535	1.165	2.292	2.805	3.040	3.044	2.401	2.575	2.368
1998	2.503	2.792	2.768	2.685	2.212	1.292	0.347	-0.331	-0.600	-0.798	-1.099	-0.941
1999	-1.094	-1.176	-1.019	-0.982	-0.660	-0.361	-0.507	-0.745	-0.953	-0.973	-1.042	-1.192
2000	-1.164	-1.207	-1.112	-0.479	0.169	-0.053	-0.184	-0.145	-0.227	-0.387	-0.712	-0.551
2001	-0.502	-0.669	-0.571	-0.091	0.233	0.006	0.270	0.338	-0.165	-0.275	-0.159	0.028
2002	-0.032	-0.176	-0.137	0.401	0.851	0.913	0.685	1.017	0.908	1.000	1.076	1.141
2003	1.199	0.937	0.831	0.365	0.111	0.097	0.144	0.316	0.477	0.516	0.536	0.349
2004	0.322	0.356	-0.056	0.285	0.539	0.267	0.541	0.627	0.572	0.508	0.815	0.665
2005	0.310	0.810	1.055	0.642	0.836	0.585	0.490	0.352	0.315	-0.167	-0.376	-0.576
2006	-0.435	-0.411	-0.533	-0.621	0.008	0.530	0.691	0.759	0.823	0.955	1.322	0.998

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
2007	1.012	0.542	0.112	0.015	0.247	-0.215	-0.288	-0.441	-1.181	-1.217	-1.119	-1.129
2008	-0.968	-1.355	-1.583	-0.874	-0.368	0.133	0.054	-0.266	-0.551	-0.692	-0.502	-0.608
2009	-0.711	-0.677	-0.678	-0.109	0.361	0.819	1.035	1.067	0.735	0.909	1.088	1.041
2010	1.152	1.521	1.427	0.950	0.643	-0.325	-1.156	-1.683	-1.868	-1.899	-1.523	-1.529
2011	-1.645	-1.530	-1.511	-1.392	-0.288	-0.075	-0.228	-0.519	-0.769	-0.933	-0.886	-0.912
2012	-0.995	-0.665	-0.377	0.127	0.747	0.835	1.098	0.619	0.339	0.081	0.210	0.081
2013	0.069	-0.119	-0.128	0.069	0.146	-0.168	-0.355	-0.480	-0.133	0.130	-0.027	-0.255
2014	-0.287	-0.241	0.032	0.248	0.976	0.980	0.882	0.954	0.585	0.438	0.772	0.611
2015	0.419	0.468	0.670	0.970	1.584	2.045	1.948	2.366	2.530	2.241	2.308	2.123
2016	2.202	2.121	1.960	2.070	1.699	1.001	0.312	0.175	-0.101	-0.379	-0.212	-0.121

Fuente: (NOAA).

Elaboración: Propia.

Anexo A 2– Índice Costero El Niño (°C) desde 1950 al 2016

Año	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
1950	-1.54	-1.60	-1.42	-1.55	-1.42	-1.27	-1.17	-1.11	-1.39	-1.40	-1.17	-1.17
1951	-0.85	-0.66	-0.26	0.58	1.29	1.57	1.22	0.78	0.55	0.32	0.32	0.07
1952	-0.06	-0.07	-0.30	-0.78	-0.85	-0.97	-1.14	-1.04	-1.03	-0.83	-0.83	-0.74
1953	-0.31	0.18	0.84	1.11	0.96	0.33	0.31	0.16	-0.03	-0.35	-0.35	-0.82
1954	-1.12	-1.32	-1.64	-2.17	-2.49	-2.18	-2.05	-1.93	-1.86	-1.79	-1.79	-1.40
1955	-1.31	-1.20	-1.35	-1.67	-1.84	-1.89	-1.54	-1.72	-1.89	-1.95	-1.95	-1.75
1956	-1.56	-1.15	-0.98	-0.94	-1.09	-0.94	-0.68	-1.02	-1.25	-1.40	-1.40	-1.41
1957	-0.93	-0.08	0.95	1.66	1.93	2.04	1.34	0.92	0.70	0.61	0.61	0.48
1958	0.44	0.41	0.60	0.55	0.40	0.26	-0.10	-0.26	-0.24	-0.32	-0.32	-0.51
1959	-0.48	-0.16	0.15	0.16	-0.16	-0.39	-0.69	-0.65	-0.31	-0.25	-0.25	-0.23
1960	-0.42	-0.43	-0.65	-0.78	-1.03	-1.13	-0.86	-0.75	-0.71	-0.70	-0.70	-0.42
1961	0.06	-0.04	-0.15	-0.60	-0.66	-1.00	-1.26	-1.15	-1.01	-0.92	-0.92	-0.77
1962	-0.78	-1.15	-1.66	-1.87	-1.61	-1.35	-1.06	-0.95	-0.92	-1.03	-1.03	-0.97
1963	-0.94	-0.70	-0.72	-0.62	-0.69	-0.43	0.05	0.09	-0.04	-0.24	-0.24	-0.39
1964	-0.68	-0.92	-1.08	-1.56	-1.71	-1.95	-1.52	-1.41	-1.19	-1.18	-1.18	-0.86
1965	-0.53	-0.07	0.56	1.09	1.53	1.49	1.03	0.73	0.41	0.39	0.39	0.42
1966	0.19	-0.31	-0.91	-1.33	-1.38	-1.30	-0.97	-0.82	-0.77	-0.75	-0.75	-0.86
1967	-0.79	-0.85	-0.72	-0.74	-0.77	-0.86	-1.31	-1.60	-1.72	-1.70	-1.70	-1.62
1968	-1.49	-1.37	-1.42	-1.67	-1.67	-1.36	-0.17	0.05	0.04	-0.01	-0.01	0.01
1969	-0.13	0.01	0.36	1.10	1.34	1.15	0.15	0.17	0.40	0.59	0.59	0.52
1970	0.19	-0.33	-0.72	-1.10	-1.38	-1.86	-1.83	-1.42	-1.21	-1.17	-1.17	-1.27
1971	-1.38	-1.38	-1.15	-1.02	-1.09	-1.19	-1.08	-1.20	-1.11	-1.08	-1.08	-0.69
1972	-0.22	0.32	0.59	0.76	1.21	1.70	1.90	1.65	1.37	1.58	1.58	1.57
1973	1.20	0.49	-0.20	-0.65	-1.01	-1.15	-1.39	-1.47	-1.30	-1.26	-1.26	-1.26
1974	-1.30	-1.15	-0.79	-0.40	-0.33	-0.36	-0.50	-0.81	-1.06	-1.36	-1.36	-1.29
1975	-1.30	-0.91	-0.56	-0.41	-0.68	-0.96	-1.27	-1.63	-2.05	-2.13	-2.13	-1.84
1976	-1.30	-0.85	-0.42	0.06	0.73	1.13	0.94	0.66	0.50	0.36	0.36	0.28
1977	0.07	-0.15	-0.34	-0.41	-0.41	-0.42	-0.75	-0.83	-0.73	-0.56	-0.56	-0.48
1978	-0.42	-0.61	-0.78	-1.09	-1.11	-1.14	-1.10	-1.11	-0.69	-0.42	-0.42	0.08

Año	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
1979	-0.19	-0.35	-0.37	-0.17	0.09	0.04	-0.01	0.01	0.15	0.21	0.10	-0.08
1980	-0.25	-0.25	-0.11	0.03	-0.02	-0.29	-0.48	-0.56	-0.58	-0.60	-0.68	-0.99
1981	-1.20	-1.16	-0.83	-0.60	-0.58	-0.64	-0.82	-0.91	-0.83	-0.66	-0.53	-0.43
1982	-0.48	-0.71	-0.81	-0.65	-0.20	0.19	0.53	0.82	1.21	1.86	2.43	2.73
1983	2.52	2.34	2.56	3.17	3.84	4.02	3.63	2.64	1.73	0.93	0.53	0.07
1984	-0.39	-0.70	-0.65	-0.60	-0.61	-0.69	-0.56	-0.35	-0.40	-0.28	-0.42	-0.50
1985	-0.89	-1.01	-1.17	-1.33	-1.44	-1.41	-1.22	-1.15	-1.05	-0.94	-0.77	-0.58
1986	-0.37	-0.44	-0.56	-0.85	-0.96	-0.82	-0.47	-0.04	0.16	0.29	0.37	0.59
1987	0.78	1.07	1.21	1.42	1.28	1.17	0.93	0.99	1.09	1.16	0.95	0.53
1988	0.07	-0.36	-0.70	-0.99	-1.20	-1.35	-1.43	-1.43	-1.43	-1.22	-1.00	-0.65
1989	-0.39	-0.24	-0.15	-0.47	-0.69	-0.90	-0.63	-0.55	-0.54	-0.59	-0.49	-0.42
1990	-0.27	-0.25	-0.25	-0.36	-0.35	-0.41	-0.45	-0.54	-0.60	-0.68	-0.72	-0.68
1991	-0.65	-0.47	-0.39	-0.21	-0.08	0.21	0.30	0.35	0.39	0.48	0.61	0.55
1992	0.53	0.59	1.23	1.74	1.59	0.89	0.14	-0.13	-0.10	-0.02	-0.09	-0.07
1993	0.04	0.30	0.72	0.99	1.15	0.95	0.74	0.47	0.43	0.33	0.20	-0.01
1994	-0.17	-0.37	-0.70	-0.92	-0.93	-0.83	-0.82	-0.64	-0.09	0.35	0.67	0.66
1995	0.56	0.17	-0.52	-0.92	-1.00	-0.75	-0.62	-0.53	-0.53	-0.43	-0.63	-0.73
1996	-0.82	-0.56	-0.81	-1.05	-1.45	-1.33	-1.18	-0.86	-0.67	-0.73	-1.02	-1.12
1997	-0.78	-0.12	0.59	1.38	2.18	3.01	3.51	3.76	3.70	3.76	3.84	3.84
1998	3.40	2.96	2.76	2.84	2.63	2.23	1.64	1.08	0.59	0.13	-0.09	-0.29
1999	-0.35	-0.29	-0.50	-0.63	-0.95	-0.80	-0.68	-0.62	-0.66	-0.91	-0.85	-0.82
2000	-0.67	-0.75	-0.55	-0.35	-0.13	-0.27	-0.56	-0.59	-0.52	-0.56	-0.80	-0.84
2001	-0.46	-0.02	0.26	0.11	-0.14	-0.44	-0.58	-0.84	-1.02	-1.12	-1.16	-1.01
2002	-0.59	0.14	0.61	0.86	0.63	0.24	0.03	0.14	0.47	0.74	0.90	0.80
2003	0.51	0.30	0.12	-0.32	-0.77	-0.86	-0.42	-0.15	0.17	0.29	0.53	0.50
2004	0.45	0.13	-0.12	-0.57	-0.62	-0.75	-0.52	-0.36	0.00	0.46	0.60	0.45
2005	-0.24	-0.79	-0.90	-0.59	-0.33	-0.32	-0.49	-0.63	-0.94	-1.13	-1.11	-0.65
2006	-0.11	0.07	-0.40	-0.73	-0.72	-0.21	0.25	0.69	1.03	1.03	1.06	1.02
2007	0.99	0.58	-0.01	-0.70	-1.16	-1.26	-1.18	-1.04	-1.36	-1.64	-1.92	-1.44
2008	-0.68	0.08	0.25	0.16	0.06	0.39	0.73	0.93	0.65	0.21	-0.13	-0.29
2009	-0.39	-0.63	-0.46	-0.09	0.59	0.88	1.02	0.88	0.66	0.40	0.27	0.13

Año	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
2010	0.09	0.03	0.17	0.27	0.31	-0.12	-0.77	-1.36	-1.56	-1.48	-1.27	-1.00
2011	-0.58	-0.54	-0.44	-0.41	-0.12	-0.07	-0.08	-0.37	-0.71	-0.97	-1.02	-0.79
2012	-0.40	-0.02	0.41	0.66	1.13	1.07	0.71	0.28	-0.08	-0.27	-0.69	-0.73
2013	-0.67	-0.56	-0.79	-1.03	-1.44	-1.62	-1.64	-1.33	-0.98	-0.68	-0.51	-0.30
2014	-0.49	-0.54	-0.64	-0.15	0.47	1.03	1.19	1.02	0.69	0.52	0.38	0.35
2015	0.08	0.01	0.18	0.68	1.36	1.96	2.15	2.15	2.07	2.23	2.18	2.07
2016	1.77	1.49	1.07	0.77	0.54	0.43	0.29	0.17	0.14	0.22	0.37	0.43

Fuente: (IGP).

Elaboración: Propia.

Anexo B - Estaciones meteorológicas en la región Piura

Las estaciones subrayadas son aquellas que se encuentran en funcionamiento en la actualidad (febrero de 2017).

N°	Provincia	Estación	Distrito	Coord. Geográfica		Altitud (msnm)	Entidad que opera
				Latitud	Longitud		
1	Ayabaca	Altamiza	Pacaipampa	05°04'01.0"	79°44'01.0"	2527	SENAMHI
2	<u>Ayabaca</u>	<u>Alto De Poclus</u>	<u>Frias</u>	<u>04°55'00.9"</u>	<u>79°53'26.0"</u>	<u>3370</u>	<u>SENAMHI</u>
3	Ayabaca	Ania Cabuyal	Ayabaca	04°51'01.0"	79°29'01.0"	2425	SENAMHI
4	Ayabaca	Aranza	Pacaipampa	04°52'01.0"	79°35'01.0"	2001	SENAMHI
5	Ayabaca	Arenales	Frias	04°55'01.0"	79°51'01.0"	3093	SENAMHI-PECHP
6	Ayabaca	Arrendamientos	Lagunas	04°50'01.0"	79°54'01.0"	3044	SENAMHI-PECHP
7	Ayabaca	Aul (C. Membrillo)	Ayabaca	04°33'01.0"	79°42'01.0"	2450	DEPECHP
8	<u>Ayabaca</u>	<u>Ayabaca</u>	<u>Ayabaca</u>	<u>04°38'16.1"</u>	<u>79°42'38.9"</u>	<u>2567</u>	<u>SENAMHI</u>
9	Ayabaca	El Ciruelo	Suyo	04°18'01.0"	80°09'01.0"	300	DEPECHP
10	Ayabaca	Espindola	Ayabaca	04°38'01.0"	79°30'01.0"	1900	SENAMHI
11	Ayabaca	Frias	Frias	04°56'01.0"	79°51'01.0"	3100	SENAMHI-PECHP
12	Ayabaca	Huara De Veras	Ayabaca	04°35'01.0"	79°34'01.0"	1243	SENAMHI-PECHP
13	Ayabaca	Jilili	Jilili	04°35'01.0"	79°48'01.0"	1236	SENAMHI-PECHP
14	Ayabaca	La Pircas	Frias	04°59'01.0"	79°48'01.0"	3265	SENAMHI
15	Ayabaca	Lagartera	Sapillica	04°44'01.0"	79°58'01.0"	1471	SENAMHI
16	Ayabaca	Laguna Seca	Ayabaca	04°53'01.0"	79°29'01.0"	1952	SENAMHI
17	Ayabaca	Las Arrebitadas	Ayabaca	04°45'01.0"	79°28'01.0"	3500	SENAMHI-PECHP
18	Ayabaca	Montero	Montero	04°38'01.0"	79°50'01.0"	1200	SENAMHI-PECHP
19	Ayabaca	Nangay Matalacas	Pacaipampa	04°52'01.0"	79°46'01.0"	2124	DEPECHP
20	Ayabaca	Olleros	Ayabaca	04°42'01.0"	79°39'01.0"	1482	SENAMHI-PECHP
21	<u>Ayabaca</u>	<u>Pacaypampa</u>	<u>Pacaipampa</u>	<u>04°59'47.1"</u>	<u>79°39'54.1"</u>	<u>2020</u>	<u>SENAMHI-PECHP</u>
22	Ayabaca	Paimas	Paimas	04°37'01.0"	79°57'01.0"	504	SENAMHI
23	Ayabaca	Palo Blanco	Pacaipampa	05°03'01.0"	79°38'01.0"	2736	SENAMHI-PECHP
24	Ayabaca	Pico De Loro	Suyo	04°32'01.0"	79°52'01.0"	1490	SENAMHI-PECHP
25	Ayabaca	Puente Internacional	Suyo	04°24'01.0"	79°57'01.0"	415	SENAMHI
26	Ayabaca	San Juan De Los Alisos	Pacaipampa	04°58'01.0"	79°32'01.0"	2150	SENAMHI-PECHP
27	Ayabaca	Sapillica	Sapillica	04°46'41.7"	79°58'55.9"	1483	SENAMHI

N°	Provincia	Estación	Distrito	Coord. Geográfica		Altitud (msnm)	Entidad que opera
				Latitud	Longitud		
28	Ayabaca	Sausal De Culucan	Lagunas	04°45'08.5"	79°45'28.5"	1050	SENAMHI
29	Ayabaca	Sicchez	Sicchez	04°34'01.0"	79°46'01.0"	1292	SENAMHI-PECHP
30	Ayabaca	Suyo	Suyo	04°32'01.0"	80°00'01.0"	515	SENAMHI-PECHP
31	Ayabaca	Tacalpo	Ayabaca	04°39'01.0"	79°36'01.0"	1950	SENAMHI-PECHP
32	Ayabaca	Talaneo	Pacaipampa	05°03'01.0"	79°33'01.0"	2965	SENAMHI-PECHP
33	Ayabaca	Tapal	Ayabaca	04°46'01.0"	79°33'01.0"	1550	SENAMHI-PECHP
34	Ayabaca	Tipulco	Ayabaca	04°42'01.0"	79°34'01.0"	2500	SENAMHI-PECHP
35	Ayabaca	Toma De Zamba	Paimas	04°40'01.0"	79°54'01.0"	761	SENAMHI-PECHP
36	Ayabaca	Vado Grande	Ayabaca	04°27'37.4"	79°36'23.5"	1006	SENAMHI-PECHP
37	Huancabamba	Canchaque	Canchaque	05°22'01.0"	79°36'01.0"	1550	SENAMHI
38	Huancabamba	Chignia	Huarmaca	05°36'01.0"	79°42'01.0"	556	SENAMHI
39	Huancabamba	Hda. Schumaya	Sondorillo	05°22'22.0"	79°21'21.0"	2220	SENAMHI
40	Huancabamba	Huancabamba	Huancabamba	05°15'00.0"	79°33'00.0"	1950	SENAMHI
41	Huancabamba	Huar Huar (Salala)	El Carmen De La Frontera	05°06'01.0"	79°27'01.0"	2650	SENAMHI-PECHP
42	Huancabamba	Huarmaca	Huarmaca	05°33'57.1"	79°31'31.6"	2186	SENAMHI
43	Huancabamba	Pasapampa	Huancabamba	05°07'01.0"	79°36'01.0"	2339	SENAMHI
44	Huancabamba	Pirgas	Huarmaca	05°40'01.0"	79°37'01.0"	1214	SENAMHI-PECHP
45	Huancabamba	Porulla	Huancabamba	05°50'22.7"	79°30'20.6"	2169	SENAMHI
46	Huancabamba	Quispapampa	Huancabamba	05°14'01.0"	79°27'01.0"	1976	SENAMHI
47	Huancabamba	Salala	El Carmen De La Frontera	05°06'41.7"	79°27'48.4"	2990	SENAMHI-PECHP
48	Huancabamba	Sondorillo	Sondorillo	05°20'20.0"	79°24'24.0"	2025	SENAMHI
49	Huancabamba	Tuluce	Sondorillo	05°29'29.0"	79°22'22.0"	1730	SENAMHI
50	Morropón	Barrios	San Juan De Bigote	05°17'01.0"	79°42'01.0"	335	SENAMHI-PECHP
51	Morropón	Chalaco	Chalaco	05°02'19.2"	79°47'29.9"	2295	SENAMHI-PECHP
52	Morropón	Chulucanas	Chulucanas	05°06'01.0"	80°10'01.0"	90	SENAMHI
53	Morropón	Corral Del Medio	Yamango	05°11'01.0"	79°53'01.0"	221	SENAMHI
54	Morropón	Bigote	Salitral	05°19'15.0"	79°47'08.5"	213	SENAMHI
55	Morropón	Hda. Pabur	La Matanza	05°13'01.0"	80°02'01.0"	98	SENAMHI
56	Morropón	Hda. Y apatera	Chulucanas	05°04'01.0"	80°08'01.0"	117	SENAMHI
57	Morropón	Malacasi	Salitral	05°19'01.0"	79°53'01.0"	240	SENAMHI

N°	Provincia	Estación	Distrito	Coord. Geográfica		Altitud (msnm)	Entidad que opera
				Latitud	Longitud		
58	Morropón	Morropón	Morropón	05°11'40.0"	79°58'16.0"	141	SENAMHI
59	Morropón	Paltashaco	Santa Catalina De Mossa	05°07'01.0"	79°52'01.0"	1210	SENAMHI-PECHP
60	Morropón	San Pedro	Chulucanas	05°04'45.0"	80°00'58.7"	231	SENAMHI
61	Morropón	Santo Domingo	Santo Domingo	05°02'18.0"	79°52'13.8"	1514	SENAMHI
62	Paita	Bayovar	Amotape	04°49'01.0"	81°01'01.0"	35	SENAMHI
63	Paita	La Esperanza	Colan	04°55'01.0"	81°03'26.5"	11	SENAMHI
64	Paita	Paita	Paita	05°07'01.0"	81°08'01.0"	40	SENAMHI
65	Piura	Cruceta	Tambogrande	04°52'01.0"	80°16'01.0"	135	SENAMHI
66	Piura	Curvan	Tambogrande	04°57'01.0"	80°18'01.0"	61	SENAMHI
67	Piura	Hualtaco	Tambogrande	04°51'01.0"	80°19'01.0"	112	SENAMHI
68	Piura	Las Lomas	Las Lomas	04°38'01.0"	80°15'01.0"	255	SENAMHI
69	Piura	Malingas	Tambogrande	04°58'01.0"	80°16'01.0"	80	SENAMHI
70	Piura	Miraflores	Castilla	05°10'00.0"	80°36'00.0"	30	SENAMHI
71	Piura	Monte grande	La Arena	05°21'01.0"	80°42'01.0"	13	SENAMHI
72	Piura	Partidor	Las Lomas	04°43'42.7"	80°16'38.9"	236	SENAMHI
73	Piura	Represa San Lorenzo	Las Lomas	04°40'01.0"	80°13'01.0"	231	SENAMHI
74	Piura	San Isidro	Tambogrande	04°47'01.0"	80°16'01.0"	160	SENAMHI
75	Piura	San Joaquin	Tambogrande	05°08'01.0"	80°21'01.0"	223	SENAMHI-PECHP
76	Piura	San Miguel	Catacaos	05°18'14.0"	80°40'50.3"	20	SENAMHI
77	Piura	Tablazo	Tambogrande	04°53'01.0"	80°28'01.0"	106	SENAMHI
78	Piura	Tejedores	Tambogrande	04°45'01.0"	80°14'01.0"	211	SENAMHI
79	Sechura	Bernal	Bernal	05°27'03.7"	80°44'15.1"	8	SENAMHI
80	Sechura	Chusis	Sechura	05°31'27.0"	80°48'22.6"	14	SENAMHI
81	Sechura	Isla Lobos De Tierra	Sechura	06°27'01.0"	80°51'01.0"	22	SENAMHI
82	Sechura	Laguna Ramon	Cristo Nos Valga	05°30'01.0"	80°36'01.0"	25	SENAMHI
83	Sullana	Alamor	Lancones	04°28'45.1"	80°23'52.2"	150	SENAMHI
84	Sullana	Aliviaderos	Sullana	04°43'01.0"	80°31'01.0"	74	SENAMHI
85	Sullana	Chilaco	Sullana	04°42'01.0"	80°30'01.0"	100	SENAMHI
86	Sullana	Lancones	Lancones	04°34'01.0"	80°29'01.0"	135	SENAMHI
87	Sullana	Mallares	Marcavelica	04°51'01.0"	80°43'59.7"	48	SENAMHI

N°	Provincia	Estación	Distrito	Coord. Geográfica		Altitud (msmm)	Entidad que opera
				Latitud	Longitud		
88	Sullana	Pananga	Marcavelica	04°33'33.0"	80°53'53.0"	440	SENAMHI
89	Sullana	San Jacinto	Ignacio Escudero	04°51'01.0"	80°52'01.0"	34	SENAMHI
90	Talara	El Alto	El Alto	04°15'30.0"	81°12'57.0"	298	SENAMHI
91	Talara	Lobitos	Lobitos	04°27'01.0"	81°16'01.0"	25	SENAMHI
92	Talara	Negritos	La Brea	04°39'01.0"	81°18'01.0"	17	SENAMHI
93	Talara	Talara - Corpac	Pariñas	04°34'01.0"	81°15'01.0"	67	SENAMHI

Fuente: (SENAMHI).

Anexo C – Datos de precipitaciones por estación

Todos los datos han sido obtenidos de la base de datos históricos de SENAMHI. Los valores en rojo, indican los valores faltantes completados por los estudios diagnósticos y los valores subrayados, los datos perdidos. Las unidades son mm.

Estación Ayabaca				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	145.0	299.1	571.8	1015.9
1972	152.1	138.1	422.6	712.8
1973	154.5	261.7	321.1	737.3
1974	105.4	281.6	162.5	549.5
1975	84.3	383.2	462.3	929.8
1976	266.9	335.2	388.2	990.3
1977	271.0	283.6	185.4	740.0
1978	31.5	121.4	101.4	254.3
1979	127.0	227.1	422.5	776.6
1980	72.3	91.6	103.8	267.7
1981	62.5	267.5	338.1	668.1
1982	130.3	153.3	41.1	324.7
1983	502.1	165.3	526.0	1193.4
1984	139.3	516.6	396.8	1052.7
1985	104.7	63.3	117.2	285.2
1986	217.3	180.7	57.0	455.0
1987	253.3	181.4	234.2	668.9
1988	278.6	285.2	39.5	603.3
1989	399.6	285.8	357.1	1042.5
1990	45.2	139.0	194.1	378.3
1991	42.9	225.6	407.4	675.9
1992	51.7	162.1	210.6	424.4
1993	82.9	539.0	403.3	1025.2
1994	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995	45.6	205.3	197.3	448.2
1996	172.2	198.9	245.9	617.0
1997	60.4	166.0	206.8	433.2
1998	186.7	412.8	454.4	1053.9
1999	146.3	685.1	579.3	1410.7
2000	104.4	327.9	407.5	839.8
2001	287.7	247.3	478.3	1013.3
2002	68.0	287.2	432.3	787.5
2003	67.4	150.3	344.2	561.9
2004	131.4	124.9	116.9	373.2
2005	96.4	185.9	501.4	783.7
2006	190.9	379.2	453.8	1023.9
2007	152.9	76.2	430.1	659.2
2008	201.8	473.3	333.4	1008.5
2009	495.1	303.2	385.2	1183.5
2010	130.6	343.5	255.4	729.5
2011	127.0	292.5	120.8	540.3
2012	465.5	508.7	388.8	1363.0
2013	108.9	225.8	259.7	594.4
2014	87.7	246.8	307.0	641.5

2015	193.2	159.3	502.6	855.1
2016	191.2	199.9	283.1	674.2

Elaboración: Propia.

Estación Sapolilca				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	58.5	77.0	321.4	456.9
1972	64.2	210.3	491.9	766.4
1973	121.0	142.8	200.1	463.9
1974	76.2	64.4	64.6	205.3
1975	90.4	160.4	372.5	623.4
1976	261.3	311.1	232.3	804.7
1977	81.1	183.3	213.5	477.9
1978	25.1	107.7	150.9	283.7
1979	66.4	162.0	134.2	362.6
1980	2.3	59.0	128.5	189.8
1981	11.7	320.8	243.3	575.8
1982	16.4	58.9	103.3	178.7
1983	166.0	226.3	765.4	1157.8
1984	73.9	98.4	108.3	280.6
1985	89.1	135.6	108.1	332.8
1986	109.5	112.7	46.2	268.4
1987	123.0	108.0	159.0	390.1
1988	77.2	153.9	18.3	249.4
1989	282.4	170.2	249.4	702.0
1990	69.5	83.5	213.4	366.4
1991	4.8	225.0	204.3	434.1
1992	209.1	199.4	352.6	761.1
1993	121.4	498.4	607.3	1227.1
1994	256.7	496.1	422.9	1175.7
1995	76.8	125.6	108.1	310.5
1996	32.8	50.7	103.0	186.5
1997	23.3	78.3	106.6	208.3
1998	181.3	446.0	542.0	1169.3
1999	38.1	208.0	214.6	460.7
2000	36.7	89.1	191.3	317.1
2001	64.9	147.0	621.0	832.9
2002	12.4	169.4	484.6	666.4
2003	75.8	78.1	113.6	267.5
2004	30.0	88.3	59.6	177.9
2005	7.6	34.1	132.9	174.6
2006	209.9	215.6	354.6	780.1
2007	62.2	37.8	205.4	305.4
2008	139.9	148.1	215.4	503.4
2009	143.3	329.9	158.7	631.9
2010	64.4	288.5	271.5	624.4
2011	15.0	82.9	26.7	124.6
2012	124.3	481.3	151.6	757.3
2013	84.1	66.1	159.6	309.8
2014	53.8	67.6	91.3	212.7
2015	51.0	127.9	502.2	681.1
2016	116.1	234.9	344.2	695.2

Elaboración: Propia.

Estación Sausal de Culucan				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	66.3	74.3	163.3	303.9
1972	31.9	35.7	176.3	244.0
1973	19.5	64.7	67.8	152.0
1974	24.9	58.0	19.4	102.3
1975	22.6	106.4	99.9	228.9
1976	72.0	35.8	78.7	186.5
1977	55.5	91.6	68.1	215.2
1978	7.7	38.5	85.6	131.8
1979	24.1	33.4	79.9	137.4
1980	27.3	9.9	25.1	62.3
1981	17.9	76.5	116.6	211.0
1982	9.1	21.8	3.2	34.1
1983	130.9	69.7	164.5	365.2
1984	9.3	121.7	106.4	237.4
1985	20.9	18.2	23.2	62.3
1986	46.8	38.6	15.0	100.4
1987	74.3	21.5	74.3	170.1
1988	40.4	67.1	3.0	110.5
1989	128.5	78.7	64.0	271.2
1990	16.6	31.3	51.7	99.6
1991	0.0	56.3	76.4	132.7
1992	10.3	52.2	65.5	128.0
1993	10.6	115.2	99.4	225.2
1994	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995	13.5	37.2	21.5	72.2
1996	43.7	41.4	69.8	155.0
1997	11.1	73.8	41.3	126.2
1998	75.0	133.3	123.6	331.9
1999	64.0	167.6	104.4	336.0
2000	28.2	76.8	131.1	236.1
2001	67.9	72.4	89.1	229.4
2002	7.4	124.2	146.2	277.8
2003	16.4	37.3	60.7	114.4
2004	32.2	9.4	31.9	73.5
2005	32.9	49.8	160.2	242.9
2006	59.0	103.3	138.4	300.7
2007	47.3	14.5	93.0	154.8
2008	71.9	136.9	105.1	313.9
2009	164.9	162.3	90.2	417.4
2010	50.9	119.1	92.7	262.7
2011	21.3	49.2	61.0	131.5
2012	91.6	173.6	94.6	359.8
2013	29.1	47.2	82.6	158.9
2014	18.0	87.5	89.1	194.6
2015	64.2	30.8	161.2	256.2
2016	55.1	83.7	88.5	227.3

Elaboración: Propia.

Estación Hacienda Schumaya				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	94.0	92.5	137.5	324.0
1972	80.0	58.3	207.7	346.0
1973	209.2	60.3	123.3	392.8
1974	66.3	91.7	67.5	225.5
1975	88.1	172.9	154.2	415.2
1976	92.5	132.7	132.4	357.6
1977	127.9	150.5	177.2	455.6
1978	23.1	31.5	122.5	177.1
1979	59.1	30.0	144.2	233.3
1980	44.9	53.1	125.6	223.6
1981	39.2	91.4	102.8	233.4
1982	81.3	26.2	76.4	183.9
1983	103.3	125.2	166.0	394.5
1984	12.0	170.9	176.1	359.0
1985	68.5	80.0	38.0	186.5
1986	51.5	50.5	59.5	161.5
1987	58.0	74.2	45.5	177.7
1988	63.0	80.3	38.2	181.5
1989	87.0	87.8	77.3	252.1
1990	88.0	47.5	70.5	206.0
1991	85.0	75.0	153.3	313.2
1992	16.5	36.0	67.5	120.0
1993	81.5	94.0	242.1	417.6
1994	144.5	173.4	227.0	544.9
1995	68.9	43.5	122.0	234.4
1996	90.5	96.7	111.9	299.1
1997	86.3	86.4	75.4	248.1
1998	68.1	153.0	257.6	478.7
1999	274.9	167.7	264.4	707.0
2000	77.5	200.1	260.1	537.7
2001	147.7	92.1	194.0	433.8
2002	118.7	149.1	116.5	384.3
2003	67.3	80.3	121.9	269.5
2004	44.6	26.5	140.8	211.9
2005	35.9	184.9	200.0	420.8
2006	133.0	90.4	247.0	470.5
2007	104.5	87.7	127.6	319.8
2008	83.7	226.9	99.5	410.1
2009	111.7	110.1	98.6	320.4
2010	75.9	119.0	119.5	314.4
2011	43.7	80.3	78.8	202.8
2012	142.1	97.4	114.5	354.0
2013	65.9	58.9	58.9	183.7
2014	35.8	41.8	119.4	197.0
2015	122.7	56.3	194.6	373.6
2016	111.9	126.4	154.9	393.2

Elaboración: Propia.

Estación Huarmaca				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	114.5	84.3	388.9	587.8
1972	75.2	105.1	512.0	692.3
1973	101.7	296.9	256.7	655.3
1974	50.3	228.7	90.7	369.7
1975	71.2	258.9	344.1	674.2
1976	185.0	349.2	240.7	774.9
1977	149.5	206.3	256.0	611.8
1978	38.4	132.1	210.9	381.4
1979	170.7	62.3	415.1	648.1
1980	38.7	139.0	116.9	294.6
1981	75.8	188.7	348.3	612.8
1982	87.0	136.3	48.9	272.2
1983	355.7	297.5	620.5	1273.7
1984	105.6	457.3	232.0	794.9
1985	140.1	97.6	173.4	411.1
1986	122.3	179.5	92.6	394.4
1987	152.5	77.1	319.3	548.9
1988	170.8	186.4	25.3	382.5
1989	195.9	269.5	562.6	1028.0
1990	36.2	145.2	107.1	288.5
1991	25.7	125.8	277.1	428.6
1992	113.6	147.8	250.2	511.6
1993	83.3	316.5	449.6	849.4
1994	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995	131.4	248.8	211.8	592.0
1996	63.2	100.5	171.8	335.5
1997	58.4	99.2	172.7	330.3
1998	169.7	400.9	422.6	993.2
1999	144.7	552.5	274.1	971.3
2000	112.6	318.7	517.5	948.8
2001	224.7	338.2	323.0	885.9
2002	23.2	333.0	368.3	724.5
2003	136.0	196.6	127.5	460.1
2004	85.5	73.1	112.2	270.8
2005	39.2	232.5	450.1	721.8
2006	69.5	392.6	571.1	1033.2
2007	102.2	105.9	237.9	446.0
2008	314.2	607.2	524.7	1446.1
2009	339.9	307.4	409.1	1056.4
2010	110.3	333.4	237.3	681.0
2011	117.6	227.9	65.1	410.6
2012	276.8	624.8	254.7	1156.3
2013	66.7	74.7	183.4	324.8
2014	79.2	84.9	216.6	380.7
2015	196.6	117.2	523.2	837.0
2016	234.9	178.3	205.5	618.7

Elaboración: Propia.

Estación Porculla				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	87.0	137.0	485.0	709.1
1972	183.0	117.0	662.5	962.5
1973	72.5	204.0	409.3	685.8
1974	10.7	235.2	54.3	300.2
1975	112.7	293.3	344.8	750.9
1976	1146.5	559.2	851.5	2557.2
1977	153.0	123.0	152.0	428.0
1978	41.0	134.0	157.5	332.5
1979	55.6	131.7	277.0	464.3
1980	72.0	97.0	47.0	216.0
1981	154.3	331.8	287.6	773.7
1982	209.1	175.1	200.9	585.1
1983	157.8	142.9	521.2	821.9
1984	309.9	286.2	444.2	1040.3
1985	110.6	73.7	60.5	244.8
1986	296.7	285.7	55.5	637.9
1987	136.0	75.0	207.1	418.1
1988	403.1	417.7	129.1	949.9
1989	414.1	447.0	480.4	1341.5
1990	25.1	141.7	133.3	300.1
1991	18.0	132.1	506.0	656.1
1992	387.6	226.9	394.7	1009.2
1993	1.0	519.0	659.1	1179.1
1994	89.8	260.4	164.8	515.0
1995	72.8	208.0	116.6	397.4
1996	120.8	123.0	377.2	621.0
1997	0.0	164.8	97.6	262.4
1998	84.1	174.0	277.9	536.0
1999	174.3	425.7	447.4	1047.4
2000	105.0	358.0	409.5	872.5
2001	159.6	100.0	239.6	499.2
2002	34.1	138.7	134.4	307.2
2003	97.8	125.0	73.0	295.8
2004	41.4	54.3	25.7	121.4
2005	26.9	157.4	237.3	421.6
2006	57.7	309.1	259.0	625.8
2007	63.5	51.4	126.8	241.7
2008	217.1	409.4	410.6	1037.1
2009	301.3	246.3	313.9	861.5
2010	91.8	277.7	188.4	557.9
2011	75.3	146.0	45.5	266.8
2012	205.9	344.5	185.7	736.1
2013	103.1	113.6	127.3	344.0
2014	61.2	85.7	179.7	326.6
2015	63.8	121.0	441.8	626.6
2016	143.1	256.0	210.3	609.4

Elaboración: Propia.

Estación Sondorillo				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	72.5	89.2	253.0	414.7
1972	27.8	52.8	75.6	156.2
1973	9.4	47.5	40.9	97.8
1974	39.3	59.9	75.7	174.9
1975	7.6	107.8	90.9	206.3
1976	57.7	42.3	30.1	130.1
1977	41.2	94.0	35.8	171.0
1978	2.8	5.3	81.7	89.8
1979	34.5	11.6	91.7	137.8
1980	1.1	28.6	71.3	101.0
1981	23.6	66.3	88.7	178.6
1982	35.0	46.9	60.5	142.4
1983	50.9	31.8	125.3	208.0
1984	26.6	235.7	71.5	333.8
1985	34.5	8.9	5.3	48.7
1986	29.7	13.7	16.7	60.1
1987	45.8	9.0	24.0	78.8
1988	88.5	57.0	11.1	156.6
1989	96.4	77.9	78.7	253.0
1990	26.6	22.5	24.5	73.6
1991	10.4	33.5	75.5	119.4
1992	12.2	35.7	24.4	72.3
1993	26.6	84.6	161.2	272.4
1994	64.5	113.4	102.1	280.0
1995	14.2	23.9	28.9	67.0
1996	48.7	36.2	46.8	131.7
1997	43.2	54.2	17.4	114.8
1998	18.2	83.4	118.6	220.2
1999	68.1	94.7	105.7	268.5
2000	39.4	69.0	110.4	218.8
2001	56.1	33.0	83.2	172.3
2002	15.0	54.2	57.6	126.8
2003	17.5	17.2	23.6	58.3
2004	24.4	2.4	5.1	31.9
2005	16.3	65.4	124.1	205.8
2006	41.6	66.1	133.8	241.5
2007	25.1	17.5	75.2	117.8
2008	39.3	182.2	81.0	302.5
2009	91.2	39.0	72.0	202.2
2010	17.9	80.8	25.0	123.7
2011	23.8	50.3	23.0	97.1
2012	83.3	89.6	45.6	218.5
2013	9.3	16.3	29.9	55.5
2014	9.6	21.0	92.7	123.3
2015	75.7	6.3	123.9	205.9
2016	81.7	29.9	33.0	144.6

Elaboración: Propia.

Estación Tuluca				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	141.1	139.8	314.0	595.0
1972	142.9	134.1	234.0	510.9
1973	392.5	148.2	135.0	675.8
1974	121.0	114.0	48.2	283.2
1975	201.1	244.1	247.7	693.0
1976	165.6	68.3	234.0	468.0
1977	202.8	206.2	314.1	723.2
1978	20.6	31.1	269.3	321.0
1979	86.9	189.4	121.5	397.8
1980	76.9	91.0	193.6	361.6
1981	49.3	151.7	147.2	348.3
1982	179.1	109.7	113.4	402.3
1983	169.6	126.2	253.6	549.5
1984	28.5	116.6	122.2	267.4
1985	71.6	138.9	95.4	306.0
1986	83.5	66.6	57.7	207.9
1987	159.5	177.7	74.6	411.9
1988	111.7	126.9	107.7	346.4
1989	95.5	109.5	96.3	301.3
1990	73.3	94.8	142.8	310.9
1991	132.8	102.1	170.3	405.2
1992	124.3	85.3	124.4	334.1
1993	79.4	86.5	166.5	332.4
1994	126.7	113.1	192.9	432.7
1995	124.6	61.9	115.7	302.2
1996	79.4	88.0	127.5	294.9
1997	91.0	297.5	108.0	496.5
1998	76.6	101.1	150.0	327.7
1999	250.4	209.7	223.7	683.8
2000	53.9	230.8	306.8	591.5
2001	161.2	148.3	98.9	408.4
2002	128.4	194.0	98.5	420.9
2003	127.2	109.3	195.9	432.4
2004	65.2	56.0	218.7	339.9
2005	27.9	238.2	214.5	480.6
2006	111.4	178.7	301.5	591.6
2007	171.6	141.4	323.9	636.9
2008	105.4	302.4	187.7	595.5
2009	205.1	173.9	263.5	642.5
2010	95.4	354.1	101.0	550.5
2011	101.3	223.6	93.8	418.7
2012	225.4	269.5	153.3	648.2
2013	247.8	90.1	132.7	470.6
2014	98.2	79.9	231.2	409.3
2015	312.6	122.5	265.2	700.3
2016	170.2	176.8	189.6	536.6

Elaboración: Propia.

Estación Chulucanas				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	-999.0	4.8	185.3	-999.0
1972	4.1	63.8	578.0	645.9
1973	148.0	183.7	118.0	449.7
1974	13.6	25.4	7.7	46.7
1975	5.4	73.3	102.3	181.0
1976	76.5	94.3	43.5	214.3
1977	12.0	152.3	143.2	307.5
1978	-999.0	18.4	56.6	-999.0
1979	5.7	6.3	39.8	51.8
1980	0.3	12.7	73.4	86.4
1981	0.8	16.4	223.3	240.5
1982	0.0	0.8	66.5	67.3
1983	672.3	463.0	854.2	1989.5
1984	26.1	105.0	89.9	221.0
1985	7.2	42.9	59.7	109.8
1986	16.4	8.7	5.2	30.3
1987	50.9	130.5	239.4	420.8
1988	9.6	7.3	0.0	16.9
1989	40.1	225.6	148.5	414.2
1990	1.3	3.8	33.4	38.5
1991	-999.0	17.9	63.4	-999.0
1992	-999.0	78.6	453.3	-999.0
1993	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995	-999.0	59.2	66.0	-999.0
1996	-999.0	8.0	66.1	-999.0
1997	-999.0	51.9	64.6	-999.0
1998	-999.0	1039.4	1031.6	-999.0
1999	15.0	281.1	44.0	340.1
2000	10.4	80.0	99.0	189.4
2001	42.8	134.1	438.6	615.5
2002	0.0	79.3	341.7	421.0
2003	29.3	63.5	17.8	110.6
2004	56.5	22.2	1.6	80.3
2005	1.5	1.7	94.9	98.1
2006	25.7	151.0	135.2	311.9
2007	27.3	3.2	40.3	70.8
2008	36.3	546.5	287.5	870.3
2009	165.8	58.0	112.1	336.0
2010	-999.0	216.2	138.6	-999.0
2011	49.2	16.6	1.2	67.0
2012	34.7	447.6	320.3	802.6
2013	7.4	13.2	127.8	148.4
2014	1.2	2.8	25.5	29.5
2015	10.6	9.6	293.6	313.8
2016	95.4	166.2	101.8	363.4

Elaboración: Propia.

Estación Bigote				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	0.0	57.3	263.9	321.2
1972	124.8	32.2	534.6	691.6
1973	141.9	198.3	196.9	537.1
1974	13.1	71.2	13.4	97.7
1975	33.4	102.3	264.5	400.2
1976	89.9	145.5	90.7	326.1
1977	29.4	165.2	211.5	406.1
1978	0.0	24.0	144.7	168.8
1979	12.0	29.0	89.2	130.1
1980	0.0	10.1	131.1	141.2
1981	19.6	31.6	477.2	528.4
1982	6.1	16.2	0.1	22.4
1983	296.0	286.1	667.4	1249.5
1984	3.5	0.0	6.3	9.8
1985	41.1	9.2	11.4	61.7
1986	31.4	45.5	14.5	91.4
1987	67.8	96.0	356.2	520.0
1988	45.2	89.3	3.0	137.4
1989	6.4	167.9	110.8	285.2
1990	9.8	2.5	25.8	38.1
1991	0.5	38.5	67.7	106.8
1992	16.0	76.3	373.2	465.4
1993	0.1	228.2	416.7	645.1
1994	40.0	208.1	291.1	539.2
1995	60.8	108.9	42.9	212.6
1996	0.1	20.3	55.5	76.0
1997	107.0	25.0	77.9	209.9
1998	438.7	614.1	737.3	1790.1
1999	25.5	388.5	255.4	669.4
2000	46.7	331.2	267.7	645.6
2001	128.5	113.0	374.0	615.6
2002	0.0	137.6	289.9	427.5
2003	31.5	152.9	12.8	197.2
2004	48.8	28.6	2.2	79.7
2005	0.4	47.1	188.4	235.9
2006	22.1	366.8	227.7	616.6
2007	36.6	0.9	125.0	162.5
2008	91.9	472.6	521.4	1085.9
2009	186.7	127.9	243.7	558.3
2010	43.1	238.3	144.9	426.3
2011	8.9	99.8	0.0	108.8
2012	81.5	613.5	343.3	1038.3
2013	34.8	12.2	110.7	157.8
2014	12.9	9.1	101.6	123.6
2015	17.8	42.3	371.6	431.7
2016	167.8	286.2	336.3	790.3

Elaboración: Propia.

Estación Morropón				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	3.0	1.0	100.1	104.1
1972	1.0	95.0	351.4	447.4
1973	112.4	194.6	188.6	495.6
1974	14.0	21.8	10.9	46.8
1975	6.6	83.7	223.9	314.2
1976	75.3	74.1	86.5	235.9
1977	14.3	170.7	196.6	381.6
1978	0.3	52.5	55.4	108.2
1979	7.3	4.1	85.9	97.3
1980	0.0	18.5	91.6	110.1
1981	1.9	11.3	578.8	592.0
1982	7.9	3.1	0.0	11.0
1983	574.8	299.3	494.4	1368.5
1984	26.9	206.4	108.7	342.0
1985	0.0	28.4	88.4	116.8
1986	20.4	17.8	30.0	68.3
1987	70.5	86.9	396.7	554.1
1988	20.4	14.6	0.3	35.3
1989	108.2	155.0	114.2	377.4
1990	0.0	8.5	17.5	26.0
1991	0.0	17.0	45.6	62.6
1992	41.4	86.9	414.8	543.1
1993	7.0	156.1	293.1	456.2
1994	14.1	80.2	119.6	213.9
1995	90.5	66.3	11.2	168.0
1996	1.6	0.4	129.3	131.3
1997	2.7	66.4	89.0	158.1
1998	0.0	538.2	854.1	1392.3
1999	10.0	340.3	133.4	483.7
2000	26.0	219.5	247.1	492.6
2001	77.6	115.6	433.1	626.3
2002	0.4	145.2	391.6	537.2
2003	33.9	79.5	18.3	131.7
2004	67.5	21.1	10.2	98.8
2005	2.0	14.3	125.9	142.2
2006	15.9	290.7	177.6	484.2
2007	39.2	9.0	123.2	171.4
2008	55.8	581.4	444.0	1081.2
2009	213.0	72.2	149.1	434.3
2010	23.9	197.9	105.8	327.6
2011	5.2	84.5	0.0	89.7
2012	38.7	639.9	374.0	1052.6
2013	22.6	14.3	140.9	177.8
2014	0.6	17.7	41.1	59.4
2015	14.6	35.0	383.9	433.5
2016	140.5	215.4	124.9	480.8

Elaboración: Propia.

Estación San Pedro				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	21.5	111.5	155.1	288.2
1972	31.3	76.4	422.0	529.7
1973	96.7	135.0	224.3	456.0
1974	30.9	69.9	36.8	137.5
1975	13.9	91.7	248.4	354.0
1976	130.1	132.8	232.8	495.7
1977	48.6	203.4	190.3	442.3
1978	2.1	45.9	91.5	139.5
1979	12.4	29.8	123.0	165.2
1980	1.6	17.6	143.2	162.4
1981	3.2	41.0	511.6	555.8
1982	6.0	30.3	7.9	44.2
1983	744.9	530.0	699.5	1974.4
1984	29.7	205.9	117.9	353.5
1985	24.4	111.3	139.1	274.8
1986	46.5	47.0	32.5	126.0
1987	73.7	175.6	182.6	431.9
1988	31.9	17.3	1.5	50.7
1989	52.2	320.7	248.6	621.5
1990	3.2	29.2	53.7	86.1
1991	6.2	65.7	79.3	151.2
1992	54.8	156.6	571.1	782.5
1993	30.6	-999.0	-999.0	-999.0
1994	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995	68.1	108.3	14.4	190.8
1996	3.7	11.7	70.5	85.9
1997	2.2	62.4	83.9	148.5
1998	817.2	763.3	1109.6	2690.1
1999	13.6	251.0	140.8	405.4
2000	24.2	88.4	237.5	350.1
2001	80.6	170.7	466.5	717.8
2002	1.8	228.8	484.5	715.1
2003	128.8	118.8	25.4	273.0
2004	58.3	27.3	13.1	98.7
2005	7.3	11.9	186.0	205.2
2006	65.2	308.4	208.6	582.2
2007	65.2	17.4	127.9	210.5
2008	96.0	523.3	487.6	1106.9
2009	278.9	234.4	232.5	745.8
2010	33.2	162.9	154.7	350.8
2011	12.0	43.7	12.3	68.0
2012	34.5	236.4	348.5	619.4
2013	58.3	41.7	258.0	358.0
2014	13.2	25.3	70.0	108.5
2015	13.2	39.2	503.0	555.4
2016	296.9	299.2	392.0	988.1

Elaboración: Propia.

Estación La Esperanza				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	0.0	0.1	0.0	0.1
1972	2.0	0.6	186.5	189.2
1973	24.8	4.2	5.3	34.4
1974	2.1	4.3	0.0	6.4
1975	2.9	2.3	22.5	27.7
1976	39.9	22.5	0.0	62.4
1977	0.0	28.1	3.1	31.2
1978	0.0	0.3	12.3	12.6
1979	3.2	0.0	0.3	3.5
1980	0.0	0.0	12.0	12.0
1981	0.0	1.7	6.7	8.4
1982	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	145.7	83.3	285.5	514.6
1984	0.0	10.5	0.6	11.1
1985	0.0	0.0	11.7	11.8
1986	5.9	3.3	0.5	9.8
1987	10.2	45.7	25.3	81.2
1988	0.1	0.6	0.1	0.8
1989	3.6	9.6	18.8	32.0
1990	0.3	0.3	0.7	1.3
1991	0.4	2.0	0.5	2.9
1992	0.0	13.4	77.8	91.2
1993	0.0	-999.0	12.5	-999.0
1994	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995	3.9	8.8	0.0	12.7
1996	0.0	3.0	1.7	4.8
1997	0.5	2.8	0.4	3.8
1998	307.6	223.6	296.7	828.0
1999	4.0	48.8	2.5	55.4
2000	0.0	3.1	0.5	3.5
2001	8.7	2.0	57.5	68.2
2002	0.0	3.3	56.8	60.1
2003	2.5	8.6	0.4	11.6
2004	2.7	0.4	0.2	3.3
2005	0.5	0.1	2.3	2.9
2006	0.5	7.7	13.0	21.2
2007	3.8	0.0	4.0	7.9
2008	16.9	108.9	21.3	147.1
2009	10.1	7.5	0.0	17.7
2010	0.1	67.0	37.6	104.7
2011	1.4	0.0	0.0	1.4
2012	2.6	56.0	1.7	60.2
2013	0.0	0.5	63.7	64.2
2014	0.0	2.2	2.3	4.5
2015	1.9	0.0	20.3	22.3
2016	78.3	54.4	38.0	170.7

Elaboración: Propia.

Estación Miraflores				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	0.0	11.9	51.8	63.6
1972	1.9	0.2	170.8	172.9
1973	58.4	37.5	23.1	119.0
1974	2.4	1.7	1.4	5.5
1975	0.3	11.0	21.4	32.7
1976	23.3	38.7	1.1	63.1
1977	1.4	31.1	22.0	54.5
1978	0.0	0.1	38.6	38.7
1979	1.7	0.0	1.0	2.7
1980	0.2	2.5	13.7	16.4
1981	0.3	1.8	25.7	27.8
1982	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	324.5	161.7	427.1	913.3
1984	0.4	29.7	8.0	38.1
1985	2.8	3.0	23.1	28.9
1986	1.5	7.1	3.5	12.1
1987	22.8	78.1	98.6	199.5
1988	7.2	0.3	0.0	7.5
1989	8.3	42.0	9.1	59.4
1990	0.0	0.5	3.7	4.2
1991	0.2	0.8	1.6	2.6
1992	2.9	11.0	187.1	201.0
1993	0.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995	5.7	3.1	0.0	8.8
1996	1.8	0.0	0.0	1.8
1997	0.0	23.9	0.6	24.5
1998	768.7	500.0	485.8	1754.5
1999	5.8	33.6	1.1	40.5
2000	2.2	10.5	6.2	18.9
2001	11.3	5.9	162.3	179.5
2002	0.0	4.1	132.0	136.1
2003	4.1	22.4	4.5	31.0
2004	4.6	0.7	0.0	5.3
2005	2.2	0.7	17.7	20.6
2006	0.0	26.9	30.7	57.6
2007	6.5	0.0	3.7	10.2
2008	7.2	92.3	54.1	153.6
2009	29.7	21.9	18.0	69.6
2010	1.0	64.2	25.4	90.6
2011	1.4	1.8	0.0	3.2
2012	4.0	69.0	26.2	99.2
2013	0.8	9.2	42.5	52.5
2014	0.3	9.9	7.3	17.5
2015	0.2	0.3	43.3	43.8
2016	188.6	52.0	82.1	322.7

Elaboración: Propia.

Estación San Miguel				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	0.3	8.6	42.9	51.8
1972	0.1	0.0	109.1	109.2
1973	41.3	8.5	4.2	54.0
1974	1.1	1.0	2.0	4.1
1975	0.4	7.5	15.8	23.7
1976	62.9	20.8	0.8	84.6
1977	0.0	33.6	17.5	51.1
1978	0.1	0.1	33.1	33.2
1979	0.7	0.0	1.0	1.7
1980	0.0	1.9	8.2	10.1
1981	0.0	0.0	23.6	23.6
1982	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	249.8	165.2	296.9	711.9
1984	0.0	15.2	5.6	20.7
1985	0.0	0.0	10.5	10.5
1986	0.0	1.8	3.0	4.8
1987	15.8	42.4	0.0	58.2
1988	7.7	0.1	0.0	7.8
1989	14.0	41.2	0.0	55.2
1990	0.0	0.0	4.1	4.1
1991	0.0	4.3	0.0	4.3
1992	5.1	8.0	123.9	137.0
1993	0.0	12.6	44.1	56.7
1994	0.0	4.0	57.0	61.1
1995	1.7	2.0	0.0	3.8
1996	5.3	0.0	0.1	5.4
1997	0.1	18.4	5.4	23.9
1998	390.7	405.9	311.3	1107.9
1999	2.8	34.4	0.0	37.2
2000	1.0	8.5	5.9	15.4
2001	0.3	0.0	234.2	234.5
2002	0.0	5.0	74.5	79.5
2003	4.0	12.0	2.3	18.3
2004	3.8	1.3	0.0	5.1
2005	3.0	0.6	11.6	15.2
2006	0.0	18.7	13.5	32.2
2007	3.3	0.0	4.8	8.1
2008	7.5	91.2	22.5	121.2
2009	14.3	22.3	11.3	47.9
2010	0.7	53.9	16.7	71.3
2011	3.1	0.0	0.0	3.1
2012	2.5	53.7	31.7	88.0
2013	0.5	3.5	42.0	46.0
2014	0.0	9.6	5.3	14.9
2015	1.0	0.9	47.9	49.8
2016	0.6	28.0	96.5	125.1

Elaboración: Propia.

Estación Bernal				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	1.6	5.4	34.2	41.3
1972	1.2	0.2	76.2	77.6
1973	7.7	25.4	2.1	35.2
1974	1.1	0.5	0.0	1.6
1975	0.0	6.9	15.3	22.2
1976	29.1	3.8	0.0	33.0
1977	0.8	27.9	14.5	43.2
1978	0.0	0.6	9.2	9.8
1979	0.1	0.3	0.1	0.5
1980	0.1	1.5	4.9	6.5
1981	0.0	1.2	1.9	3.1
1982	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	89.1	85.5	385.7	560.3
1984	1.1	1.6	0.0	2.7
1985	1.0	0.0	0.0	1.0
1986	0.7	3.8	0.4	4.9
1987	3.9	23.4	70.6	97.9
1988	9.2	7.2	0.0	16.4
1989	9.2	7.8	9.4	26.4
1990	0.0	4.5	0.0	4.5
1991	0.0	3.2	2.6	5.8
1992	0.0	7.5	77.3	84.8
1993	2.3	14.2	-999.0	-999.0
1994	0.5	2.8	20.0	23.3
1995	1.6	5.6	0.0	7.2
1996	1.3	0.0	2.3	3.6
1997	0.0	4.8	1.0	5.8
1998	459.1	389.8	333.8	1182.7
1999	0.2	48.1	10.3	58.7
2000	0.4	2.1	2.0	4.5
2001	0.0	0.0	68.0	68.1
2002	0.0	3.4	28.8	32.3
2003	1.8	8.3	1.2	11.4
2004	4.7	0.0	0.0	4.8
2005	1.2	0.1	8.1	9.5
2006	0.1	13.9	26.7	40.7
2007	0.3	0.0	0.1	0.4
2008	1.0	27.8	13.5	42.3
2009	19.2	21.4	13.6	54.3
2010	1.1	40.5	8.1	49.8
2011	3.2	0.0	0.0	3.3
2012	8.8	23.4	11.8	44.0
2013	0.0	0.1	51.0	51.2
2014	0.3	0.1	3.7	4.1
2015	1.0	2.2	10.8	14.0
2016	1.5	14.6	21.2	37.3

Elaboración: Propia.

Estación Chusis				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	2.9	3.5	30.0	36.4
1972	1.8	1.0	92.0	94.8
1973	4.3	19.4	4.9	28.6
1974	1.8	1.8	0.0	3.6
1975	2.0	5.6	14.9	22.5
1976	32.2	1.8	0.9	34.9
1977	1.5	21.1	8.2	30.8
1978	0.0	0.3	5.7	6.0
1979	1.0	1.0	0.0	2.0
1980	0.0	0.0	6.4	6.4
1981	0.0	1.2	11.4	12.6
1982	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	55.9	61.3	294.3	411.5
1984	0.0	1.2	0.0	1.2
1985	1.0	0.0	0.0	1.0
1986	0.0	3.2	2.8	6.0
1987	1.3	17.7	41.0	60.1
1988	0.0	0.0	0.0	0.0
1989	4.0	1.3	7.4	12.7
1990	0.0	0.4	0.8	1.2
1991	0.0	2.7	3.9	6.6
1992	0.0	2.0	56.0	58.0
1993	1.7	-999.0	-999.0	-999.0
1994	2.6	0.6	-999.0	-999.0
1995	1.4	3.9	0.0	5.3
1996	1.1	0.2	0.0	1.3
1997	0.0	2.4	0.3	2.7
1998	500.9	272.3	202.1	975.3
1999	2.1	35.6	1.8	39.5
2000	0.0	1.9	2.6	4.5
2001	0.0	0.0	39.1	39.1
2002	0.0	2.6	20.0	22.6
2003	1.9	8.7	0.3	10.9
2004	0.0	0.0	0.0	0.0
2005	0.0	0.0	6.1	6.1
2006	0.0	14.4	29.9	44.3
2007	2.3	0.0	0.0	2.3
2008	0.5	20.6	16.6	37.7
2009	19.8	24.9	8.5	53.2
2010	0.0	29.1	5.1	34.2
2011	1.2	0.0	0.0	1.2
2012	3.0	29.6	13.6	46.2
2013	0.0	0.5	54.1	54.6
2014	0.0	0.8	1.4	2.2
2015	0.9	1.5	9.3	11.7
2016	1.2	10.1	4.6	15.9

Elaboración: Propia.

Estación Lancones				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	11.9	70.8	438.1	520.8
1972	0.0	37.2	504.1	541.4
1973	231.4	83.4	105.5	420.3
1974	14.7	5.0	0.0	19.7
1975	1.3	8.6	138.3	148.2
1976	27.8	83.1	37.7	148.6
1977	0.0	58.2	3.6	61.8
1978	0.0	0.0	101.8	101.8
1979	7.0	0.0	0.0	7.0
1980	0.0	0.0	16.6	16.6
1981	0.0	4.0	96.5	100.5
1982	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	522.4	313.1	613.8	1449.3
1984	0.0	156.7	72.3	229.0
1985	0.0	10.2	35.4	45.6
1986	4.4	12.6	0.0	17.0
1987	84.1	283.4	167.5	535.0
1988	0.0	0.0	0.0	0.0
1989	26.0	41.0	36.6	103.6
1990	0.0	0.0	1.4	1.4
1991	0.0	32.8	22.6	55.4
1992	5.5	60.6	252.7	318.8
1993	0.0	78.5	113.0	191.5
1994	0.0	55.7	79.3	135.0
1995	9.4	137.9	4.4	151.7
1996	2.6	0.5	6.6	9.7
1997	0.0	16.0	138.6	154.6
1998	1103.0	719.3	924.9	2747.2
1999	15.3	172.0	13.2	200.5
2000	5.6	39.8	53.2	98.6
2001	31.6	113.5	422.7	567.8
2002	7.4	37.4	190.1	235.0
2003	0.0	54.1	0.0	54.1
2004	0.0	0.0	0.0	0.0
2005	0.0	0.0	93.3	93.3
2006	3.9	156.6	83.8	244.3
2007	9.6	0.0	61.9	71.5
2008	26.2	304.9	265.7	596.8
2009	83.7	31.8	175.7	291.2
2010	1.3	140.6	118.9	260.8
2011	0.0	35.2	15.2	50.4
2012	23.4	402.7	320.9	747.0
2013	3.4	0.0	295.7	299.1
2014	0.0	0.0	59.6	59.6
2015	5.2	5.6	171.5	182.3
2016	16.0	143.9	388.2	548.1

Elaboración: Propia.

Estación Mollares				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	0.1	12.4	76.2	88.7
1972	0.0	0.2	158.4	158.6
1973	50.7	17.1	29.8	97.6
1974	2.3	7.6	0.9	10.8
1975	2.7	4.3	32.1	39.1
1976	24.6	99.7	3.1	127.4
1977	1.0	39.5	9.8	50.3
1978	0.0	0.2	41.1	41.3
1979	2.7	0.2	5.2	8.1
1980	0.0	0.5	4.6	5.1
1981	0.0	4.1	19.9	24.0
1982	0.0	0.6	0.0	0.6
1983	321.0	218.2	500.0	1039.2
1984	1.5	39.8	11.7	53.0
1985	0.3	0.0	23.3	23.6
1986	2.3	7.7	1.4	11.4
1987	9.6	203.8	92.2	305.6
1988	9.6	2.4	1.4	13.4
1989	9.5	24.8	15.0	49.2
1990	0.1	0.9	1.4	2.4
1991	3.3	5.9	26.9	36.1
1992	8.8	42.5	202.4	253.7
1993	0.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994	1.2	9.7	19.2	30.1
1995	0.0	2.1	1.8	3.9
1996	1.3	0.2	1.3	2.8
1997	0.0	11.5	25.0	36.5
1998	548.0	434.6	681.4	1664.0
1999	8.0	130.8	7.0	145.8
2000	1.8	12.6	8.3	22.7
2001	7.9	5.8	238.1	251.8
2002	0.1	5.0	103.0	108.1
2003	4.8	13.2	2.0	20.0
2004	7.5	1.7	1.1	10.3
2005	0.0	0.0	23.4	23.5
2006	0.0	57.5	27.2	84.7
2007	6.4	0.0	18.6	25.0
2008	55.6	215.8	98.1	369.5
2009	34.0	32.5	35.9	102.4
2010	3.2	100.7	51.9	155.8
2011	3.0	1.3	0.9	5.2
2012	10.8	135.4	45.2	191.4
2013	0.9	2.5	90.7	94.1
2014	1.8	1.7	5.8	9.3
2015	3.7	5.2	36.1	45.0
2016	1.7	55.1	139.2	196.0

Elaboración: Propia.

Estación Pananga				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Precipitación Acumulada EFM
1971	2.3	11.7	90.3	104.4
1972	0.5	27.0	210.8	238.4
1973	57.3	27.1	25.8	110.2
1974	0.1	3.6	0.0	3.7
1975	2.5	105.5	83.5	191.6
1976	23.0	26.6	41.6	91.2
1977	1.9	116.1	43.2	161.3
1978	3.4	11.5	67.3	82.2
1979	0.0	0.0	0.0	0.0
1980	0.0	3.2	20.8	24.0
1981	0.0	0.0	26.2	26.2
1982	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	553.5	198.6	315.8	1067.9
1984	12.3	67.8	80.9	161.0
1985	0.0	10.0	6.4	16.4
1986	51.0	37.8	0.0	88.8
1987	55.2	226.7	180.8	462.8
1988	6.4	2.3	0.0	8.8
1989	23.0	91.8	111.4	226.2
1990	0.0	2.3	5.7	8.0
1991	31.9	0.0	0.0	31.9
1992	0.0	0.0	0.0	0.0
1993	0.0	148.0	38.5	186.5
1994	0.0	34.8	26.6	61.4
1995	2.3	36.8	16.2	55.3
1996	4.7	3.7	36.1	44.5
1997	1.0	30.0	105.0	136.1
1998	780.7	592.9	824.0	2197.7
1999	8.8	171.4	54.2	234.5
2000	0.0	16.5	27.5	44.1
2001	49.0	23.9	561.6	634.5
2002	0.0	66.6	423.4	490.0
2003	7.8	50.6	0.0	58.4
2004	0.0	20.1	58.8	78.9
2005	0.0	55.8	44.0	99.8
2006	1.2	145.8	55.9	202.9
2007	10.8	0.0	60.3	71.1
2008	78.1	171.7	262.1	511.9
2009	46.9	75.1	66.3	188.3
2010	1.0	119.9	41.9	162.8
2011	2.8	0.0	2.2	5.0
2012	6.4	356.7	47.4	410.5
2013	5.1	0.0	196.2	201.3
2014	2.1	0.0	6.3	8.4
2015	3.2	0.0	99.3	102.5
2016	224.4	168.9	219.6	612.9

Elaboración: Propia.

Anexo D - Resultados de los estudios diagnósticos

Anexo D 1 - Medidas de validación para la precipitación del mes de enero, tomando la TSM de las regiones Niño 1+2 y 3.4

Estación	Provincia	Región Niño 1+2					Región Niño 3.4				
		Índice de correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)	Índice de correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)		
Ayabaca	Ayabaca	0.0528	0.2052	40.91	20.31	0.4438	0.5044	54.55	41.41		
Sapillica	Ayabaca	0.3658	0.3784	52.27	37.89	0.2973	0.3381	45.45	34.37		
Sausal de Culucan	Ayabaca	0.0279	0.1232	34.09	4.96	0.4678	0.4864	56.82	43.89		
Hda. Schumaya	Huancabamba	-0.1007	-0.0792	40.91	3.91	0.1630	0.1073	38.64	12.11		
Huarnaca	Huancabamba	0.2451	0.3350	40.91	19.40	0.4962	0.5359	59.09	41.79		
Porculla	Huancabamba	-0.0154	0.0657	34.09	13.81	0.1460	0.2248	29.55	7.09		
Sondorillo	Huancabamba	0.1411	0.1666	38.64	11.83	0.0879	0.1231	47.73	18.70		
Tuluce	Huancabamba	-0.1351	-0.0613	38.64	9.12	0.1919	0.3570	54.55	32.12		
Chulucanas	Morropón	El modelo no utilizó la estación para el análisis									
Bigote	Morropón	0.5740	0.3570	34.09	9.54	0.6542	0.4851	47.73	34.73		
Morropón	Morropón	0.1168	0.2839	40.91	22.66	0.1705	0.4097	50.00	41.41		
San Pedro	Morropón	0.6338	0.5831	45.45	35.88	0.6193	0.5747	54.55	38.17		
La Esperanza	Paíta	0.4668	0.4602	52.27	34.73	0.4304	0.5026	54.55	31.30		
Miraflores	Piura	0.4653	0.4874	43.18	25.57	0.4097	0.5490	52.27	48.47		
San Miguel	Piura	0.5480	0.4209	47.73	25.00	0.4845	0.6047	56.82	51.87		
Bernal	Sechura	0.1692	0.4401	45.45	29.01	0.1766	0.3745	45.45	31.30		
Chusis	Sechura	0.0530	0.2966	45.45	38.04	0.0735	0.4900	56.82	55.98		
Lancones	Sullana	0.5874	0.3363	47.73	42.44	0.5265	0.5714	63.64	68.60		
Mallares	Sullana	0.5590	0.3990	45.45	30.60	0.5063	0.6431	56.82	56.34		
Pananga	Sullana	0.5915	0.3127	40.91	19.85	0.5184	0.4736	45.45	31.30		

Elaboración: Propia.

Anexo D 2 - Medidas de validación para la precipitación del mes de febrero, tomando la TSM de las regiones Niño 1+2 y 3.4

Estación	Provincia	Región Niño 1+2				Región Niño 3.4			
		Índice de correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)	Índice de correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)
Ayabaca	Ayabaca	0.3007	0.2773	39.53	7.52	0.3571	0.3656	39.53	16.54
Sapillica	Ayabaca	-0.0926	0.0142	41.86	1.97	0.2631	0.2424	41.86	13.78
Sausal de Culucan	Ayabaca	0.2002	0.1975	41.86	22.69	0.4106	0.3855	37.21	20.38
Hda. Schumaya	Huancabamba	-0.0320	-0.0199	41.86	13.46	0.3468	0.3318	41.86	27.31
Huarmaca	Huancabamba	0.1774	0.0805	44.19	12.60	0.5095	0.4686	48.84	29.13
Porculla	Huancabamba	0.1993	0.2072	32.56	6.39	-0.0137	0.0583	37.21	6.39
Sondorillo	Huancabamba	0.2100	0.3387	48.84	22.05	0.2145	0.2235	39.53	12.60
Tuluze	Huancabamba	0.1794	0.1486	44.19	14.62	0.0326	0.1445	39.53	14.62
Chulucanas	Morropón	0.6082	0.4316	39.53	21.54	0.6392	0.6679	58.14	56.15
Bigote	Morropón	0.4900	0.3037	44.19	21.05	0.6339	0.5634	51.16	35.71
Morropón	Morropón	0.5257	0.3972	41.86	20.87	0.6602	0.6899	62.79	55.12
San Pedro	Morropón	0.5325	0.2771	44.19	27.82	0.6537	0.6184	55.81	40.23
La Esperanza	Paita	0.5966	0.3781	41.86	16.14	0.5497	0.5557	46.51	35.04
Miraflores	Piura	0.4705	0.2737	41.86	20.38	0.4026	0.5758	55.81	48.08
San Miguel	Piura	0.5113	0.2620	39.53	7.87	0.4459	0.5338	55.81	44.49
Bernal	Sechura	0.2853	0.2643	37.21	13.16	0.2262	0.4130	46.51	33.46
Chusis	Sechura	0.3243	0.2077	30.23	-1.61	0.2759	0.4363	48.84	41.94
Lancones	Sullana	0.6625	0.4213	51.16	27.95	0.6630	0.6118	46.51	37.40
Mallares	Sullana	0.6354	0.3370	39.53	7.87	0.6126	0.5988	51.16	42.13
Pananga	Sullana	0.5596	0.3395	32.56	4.55	0.5919	0.5329	72.09	57.85

Elaboración: Propia.

Anexo D 3 - Medidas de validación para la precipitación del mes de marzo, tomando la TSM de las regiones Niño 1+2 y 3.4

Estación	Provincia	Región Niño 1+2					Región Niño 3.4				
		Índice de correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)	Índice de correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)		
Ayabaca	Ayabaca	0.1718	0.2249	34.88	-1.50	0.0908	0.0889	34.88	0.75		
Sapilllica	Ayabaca	0.5723	0.5129	46.51	22.18	0.3557	0.2784	39.53	21.05		
Sausal de Culucan	Ayabaca	0.1845	0.1560	46.51	11.42	0.1966	0.2334	41.86	16.14		
Hda. Schumaya	Huancabamba	0.0223	-0.0105	37.21	5.81	-0.0073	-0.0114	34.88	7.69		
Huarnaca	Huancabamba	0.2575	0.2830	34.88	-1.50	0.2538	0.2526	27.91	1.88		
Porulla	Huancabamba	0.0427	0.1317	32.56	1.92	-0.0452	-0.0088	37.21	8.85		
Sondorillo	Huancabamba	-0.1336	-0.1234	39.53	-1.61	-0.1537	-0.0876	41.86	4.44		
Tuluca	Huancabamba	-0.4601	-0.5005	30.23	-1.54	-0.3745	-0.4041	32.56	-0.38		
Chulucanas	Morropón	0.7893	0.5289	55.81	42.13	0.5861	0.4540	46.51	30.31		
Bigote	Morropón	0.6438	0.5068	48.84	23.85	0.5151	0.4286	55.81	34.23		
Morropón	Morropón	0.7003	0.5416	46.51	31.92	0.6041	0.5284	51.16	34.23		
San Pedro	Morropón	0.6859	0.4644	46.51	30.31	0.5564	0.4864	58.14	43.31		
La Esperanza	Paíta	0.7303	0.6178	48.84	45.45	0.5082	0.5647	48.84	38.02		
Miraflores	Piura	0.7945	0.4997	39.53	22.58	0.5977	0.5542	51.16	38.31		
San Miguel	Piura	0.6753	0.3537	41.86	19.92	0.5164	0.4545	51.16	40.23		
Bernal	Sechura	0.7278	0.5828	48.84	37.69	0.5592	0.4974	41.86	29.62		
Chusis	Sechura	0.6565	0.4968	48.84	33.08	0.5000	0.4795	51.16	36.54		
Lancones	Sullana	0.6314	0.4204	55.81	28.95	0.4715	0.3816	53.49	27.82		
Mallares	Sullana	0.7486	0.5701	44.19	24.41	0.5700	0.5079	51.16	37.40		
Pananga	Sullana	0.5628	0.4001	51.16	31.92	0.3833	0.3362	46.51	25.00		

Elaboración: Propia.

Anexo D 4 - Medidas de validación para la precipitación del mes de enero, tomando el índice ENSO de las regiones Niño 1+2 y 3.4

Estación	Provincia	Región Niño 1+2				Región Niño 3.4			
		Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)	Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)
Ayabaca	Ayabaca	0.0895	0.0813	40.91	10.94	-0.4545	-0.2896	31.82	8.59
Sapillica	Ayabaca	0.2698	0.2178	34.09	14.45	-0.6375	-0.6251	36.36	-5.47
Sausal de Culucan	Ayabaca	0.0910	-0.0540	43.18	9.54	-0.4336	-0.2595	34.09	0.38
Hda. Schumaya	Huancabamba	-0.3019	-0.3687	40.91	10.94	-0.3219	-0.1782	38.64	5.08
Huarmaca	Huancabamba	0.1548	0.1776	31.82	10.69	-0.6740	-0.4107	31.82	-0.75
Porculla	Huancabamba	-0.1603	-0.1479	29.55	-8.58	0.0819	0.2111	43.18	14.04
Sondorillo	Huancabamba	-0.3117	-0.3738	34.09	-4.20	0.3169	0.4058	40.91	22.14
Tuluze	Huancabamba	-0.2587	-0.3014	29.55	-4.01	-0.3082	-0.2957	31.82	-0.73
Chulucanas	Morropón	El modelo no utilizó la estación para el análisis							
Bigote	Morropón	0.5460	0.1817	25.00	0.38	0.0906	0.0029	31.82	-3.05
Morropón	Morropón	0.0268	0.2165	31.82	10.94	-0.1626	-0.1402	25.00	-23.05
San Pedro	Morropón	0.6516	0.3616	34.09	7.42	0.2237	0.1167	38.64	-4.20
La Esperanza	Paita	0.5125	0.2647	45.45	19.85	0.1851	0.0062	31.82	-7.63
Miraflores	Piura	0.4813	0.3246	38.64	9.54	0.2049	0.0456	29.55	-20.23
San Miguel	Piura	0.6173	0.3109	36.36	10.69	0.2417	0.1804	36.36	-0.75
Bernal	Secura	0.2110	0.3708	52.27	40.67	0.0168	-0.0466	22.73	-23.66
Chusis	Secura	0.0954	0.1969	43.18	30.90	-0.0525	-0.0933	31.82	25.00
Lancones	Sullana	0.5683	0.1678	43.18	31.98	0.2569	-0.0884	22.73	9.30
Mallares	Sullana	0.5817	0.2765	40.91	15.27	0.2395	0.0764	29.55	-15.30
Pananga	Sullana	0.6249	0.2211	36.36	10.69	0.2512	0.0121	27.27	-14.50

Elaboración: Propia.

Anexo D 5 - Medidas de validación para la precipitación del mes de febrero, tomando el índice ENSO de las regiones Niño 1+2 y 3.4

Estación	Provincia	Región Niño 1+2					Región Niño 3.4				
		Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)	Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)		
Ayabaca	Ayabaca	-0.0467	-0.0963	27.91	-9.40	0.2226	0.3932	39.53	14.29		
Sapillica	Ayabaca	0.3454	0.3630	41.86	20.87	-0.2567	-0.1554	41.86	9.06		
Sausal de Culucan	Ayabaca	0.0635	0.0023	34.88	5.38	-0.0534	0.1370	30.23	0.77		
Hda. Schumaya	Huancabamba	-0.0856	-0.2330	32.56	6.54	0.0172	0.1770	30.23	12.31		
Huarnaca	Huancabamba	0.1640	0.1838	41.86	9.06	-0.0245	0.0228	37.21	4.33		
Porculla	Huancabamba	-0.1604	-0.1458	25.58	-6.02	0.2904	0.2620	39.53	21.05		
Sondorillo	Huancabamba	-0.1007	-0.0642	32.56	-0.39	0.2129	0.3379	37.21	18.50		
Tuluce	Huancabamba	-0.2451	-0.3756	30.23	-3.85	-0.1181	-0.0273	37.21	11.15		
Chulucanas	Morropón	0.6017	0.5228	37.21	24.44	-0.0904	-0.0900	23.26	-21.15		
Bigote	Morropón	0.4416	0.4338	44.19	32.33	-0.5640	-0.4021	27.91	-7.14		
Morropón	Morropón	0.4768	0.5225	46.51	30.31	-0.6841	-0.5168	32.56	1.97		
San Pedro	Morropón	0.6175	0.4085	41.86	22.69	-0.2101	-0.1871	32.56	-0.38		
La Esperanza	Paita	0.5662	0.4662	44.19	22.05	0.0828	-0.0079	32.56	-9.84		
Miraflores	Piura	0.4840	0.3477	37.21	15.77	0.1224	-0.1055	34.88	-15.38		
San Miguel	Piura	0.5317	0.3723	41.86	18.50	0.1295	-0.0099	20.93	-22.83		
Bernal	Sechura	0.2873	0.5007	51.16	35.71	0.1042	0.2229	30.23	-10.53		
Chusis	Sechura	0.3121	0.4084	37.21	14.11	0.0963	0.0867	25.58	-11.29		
Lancones	Sullana	0.6524	0.5325	34.88	19.69	0.0470	-0.0459	30.23	-18.11		
Mallares	Sullana	0.6599	0.4205	37.21	13.78	0.0907	-0.0436	27.91	-12.20		
Pananga	Sullana	0.5524	0.4128	34.88	13.22	-0.0102	-0.0670	37.21	-7.85		

Elaboración: Propia.

Anexo D 6 - Medidas de validación para la precipitación del mes de marzo, tomando el índice ENSO de las regiones Niño 1+2 y 3.4

Estación	Provincia	Región Niño 1+2				Región Niño 3.4			
		Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)	Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)
Ayabaca	Ayabaca	0.1492	0.2175	34.88	-1.50	-0.2396	-0.2384	30.23	-1.50
Sapillica	Ayabaca	0.5850	0.4985	39.53	16.54	0.1548	0.0285	32.56	-4.89
Sausal de Culucan	Ayabaca	0.2068	0.1816	44.19	10.24	-0.1422	-0.2133	39.53	5.51
Hda. Schumaya	Huancabamba	0.0301	-0.0391	37.21	4.23	-0.2525	-0.1406	27.91	-5.00
Huarmaca	Huancabamba	0.3055	0.2862	41.86	15.77	-0.1563	-0.1098	27.91	-0.38
Porculla	Huancabamba	0.1215	0.1851	34.88	7.69	-0.2630	-0.2546	32.56	1.92
Sondorillo	Huancabamba	-0.1389	-0.1133	41.86	6.85	-0.4468	-0.3541	39.53	0.81
Tuluce	Huancabamba	-0.4917	-0.5697	30.23	-1.54	-0.5589	-0.4938	32.56	-0.38
Chulucanas	Morropón	0.8214	0.6105	58.14	43.31	0.3078	0.1308	39.53	-1.57
Bigote	Morropón	0.7127	0.5009	53.49	26.15	0.1419	0.0622	39.53	7.69
Morropón	Morropón	0.7024	0.5539	51.16	31.92	0.2182	0.0740	44.19	7.69
San Pedro	Morropón	0.7017	0.5415	51.16	27.95	0.2056	0.0033	27.91	-7.48
La Esperanza	Paita	0.7602	0.6079	53.49	47.93	0.3154	0.3064	37.21	9.50
Miraflores	Piura	0.8236	0.4871	46.51	25.59	0.3697	0.2151	39.53	5.65
San Miguel	Piura	0.7404	0.3734	48.84	19.69	0.2610	0.1350	48.84	14.29
Bernal	Sechura	0.7248	0.6213	58.14	42.31	0.3186	0.1688	30.23	-3.85
Chusis	Sechura	0.7232	0.5821	48.84	33.08	0.2731	0.1524	37.21	1.92
Lancones	Sullana	0.6882	0.4973	53.49	32.33	0.1241	0.0263	37.21	-4.89
Mallares	Sullana	0.7729	0.5862	44.19	26.15	0.3094	0.1956	44.19	10.24
Pananga	Sullana	0.5728	0.4742	55.81	36.54	0.0366	-0.1293	37.21	-9.62

Elaboración: Propia.

Anexo E - Resultados de los pronósticos

Anexo E 1 - Medidas de validación para pronósticos del trimestre EFM, tomando la TSM observada de las regiones Niño 1+2 y 3.4

Estación	Provincia	Región Niño 1+2					Región Niño 3.4				
		Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)	Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)		
Ayabaca	Ayabaca	0.0098	-0.0604	34.88	7.35	0.4706	0.4037	39.53	22.79		
Sapillica	Ayabaca	-0.0370	-0.1130	32.56	1.97	0.4666	0.3864	53.49	26.77		
Sausal de Culucan	Ayabaca	-0.1488	-0.1317	32.56	1.84	0.3042	0.2456	39.53	13.97		
Hda. Schumaya	Huancabamba	0.1047	0.1019	39.53	12.31	0.1526	0.1660	27.91	-2.69		
Huarnaca	Huancabamba	-0.2786	-0.2757	39.53	5.51	0.3064	0.3070	48.84	14.96		
Porculla	Huancabamba	-0.2181	-0.1749	30.23	-10.77	0.3194	0.2853	51.16	22.69		
Sondorillo	Huancabamba	0.3924	0.3516	30.23	10.00	0.3807	0.3374	41.86	18.08		
Tuluce	Huancabamba	-0.0522	0.0287	41.86	19.92	-0.1328	-0.1211	30.23	7.52		
Chulucanas	Morropón	El modelo no utilizó la estación para el análisis									
Bigote	Morropón	-0.0568	-0.1276	27.91	-5.12	0.4775	0.3473	41.86	20.87		
Morropón	Morropón	-0.0202	-0.0352	32.56	4.33	0.4107	0.2877	46.51	23.23		
San Pedro	Morropón	0.2421	0.0621	27.91	-2.69	0.4937	0.3209	41.86	20.38		
La Esperanza	Paita	0.3732	0.0712	37.21	-0.38	0.4470	0.3248	44.19	25.56		
Miraflores	Piura	0.3956	0.1460	27.91	-12.81	0.4518	0.3857	39.53	15.70		
San Miguel	Piura	0.3787	0.0792	23.26	-16.93	0.4426	0.3594	32.56	6.69		
Bernal	Sechura	0.3239	0.0785	30.23	-8.66	0.3235	0.2797	34.88	12.60		
Chusis	Sechura	0.2695	-0.0687	25.58	-20.47	0.2853	0.1831	32.56	1.97		
Lancones	Sullana	0.2684	0.0140	27.91	-7.66	0.4753	0.3189	37.21	16.53		
Mallares	Sullana	0.3440	0.0442	32.56	-9.62	0.4191	0.3285	44.19	21.54		
Pananga	Sullana	0.2390	0.0317	25.58	-10.77	0.4415	0.2008	30.23	0.77		

Elaboración: Propia.

Anexo E 2 - Medidas de validación para pronósticos del trimestre EFM, tomando la TSM pronosticada de las regiones Niño 1+2 y 3.4

Estación	Provincia	Región Niño 1+2				Región Niño 3.4			
		Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)	Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)
Ayabaca	Ayabaca	0.1781	-0.1155	34.38	6.44	-0.1272	-0.1532	34.48	6.44
Sapillica	Ayabaca	-0.1302	0.1195	37.50	5.26	0.2395	0.1448	40.63	10.00
Sausal de Culucan	Ayabaca	0.0553	-0.1573	31.25	2.04	0.0244	-0.1265	28.13	0.51
Hda. Schumaya	Huancabamba	0.0609	-0.4710	31.25	2.04	-0.0187	-0.3281	40.63	15.82
Huarmaca	Huancabamba	0.0665	-0.0953	37.50	5.43	-0.0767	-0.1327	31.25	-1.09
Porculla	Huancabamba	0.2667	-0.0872	37.50	8.42	0.2667	-0.1895	34.38	0.53
Sondorillo	Huancabamba	0.4149	-0.1045	37.50	8.16	-0.3953	-0.2137	28.13	-5.61
Tuluze	Huancabamba	-0.2442	-0.4949	34.38	0.51	0.2389	-0.1791	43.75	17.35
Chulucanas	Morropón	El modelo no utilizó la estación para el análisis							
Bigote	Morropón	-0.1850	-0.0418	46.88	16.32	0.2948	0.1309	50.00	24.21
Morropón	Morropón	-0.0262	0.0363	34.38	9.69	0.1719	-0.0297	34.38	9.69
San Pedro	Morropón	-0.0520	0.2012	37.50	14.29	0.2225	0.1162	31.25	8.16
La Esperanza	Paita	-0.0710	0.2168	34.38	9.69	0.1752	0.1542	34.38	9.69
Miraflores	Piura	-0.0571	0.3591	37.50	11.58	0.1474	0.2295	37.50	11.58
San Miguel	Piura	-0.0637	0.2173	34.38	10.67	0.1156	0.1906	34.38	10.67
Bernal	Sechura	-0.0624	0.2349	40.63	10.94	0.0246	0.3862	43.75	27.37
Chusis	Sechura	-0.0606	0.3026	37.50	14.29	0.0016	0.2968	40.63	25.00
Lancones	Sullana	-0.0332	0.2056	43.75	14.29	0.1618	0.1502	46.88	15.82
Mallares	Sullana	-0.0623	0.2250	34.38	7.07	0.1201	0.1338	34.38	7.07
Pananga	Sullana	-0.0463	0.1284	34.38	10.33	0.1938	-0.0018	34.38	7.07

Elaboración: Propia.

Anexo E 3 - Medidas de validación para pronósticos del trimestre EFM, tomando el índice ENSO de las regiones Niño 1+2 y 3.4

Estación	Provincia	Región Niño 1+2					Región Niño 3.4				
		Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)	Índice de Correlación de Pearson	Índice de correlación de Spearman	Índice de Acierto (%)	LEPS (%)		
Ayabaca	Ayabaca	-0.1290	-0.2013	27.91	1.84	-0.0896	-0.0340	32.56	-2.57		
Sapillica	Ayabaca	0.1515	-0.0606	37.21	6.69	-0.0591	-0.1330	37.21	4.33		
Sausal de Culucan	Ayabaca	-0.1090	-0.2521	27.91	-0.37	-0.5590	-0.5355	27.91	-2.57		
Hda. Schumaya	Huancabamba	-0.1692	-0.1833	39.53	10.00	-0.6375	-0.5790	32.56	-0.38		
Huarnaca	Huancabamba	-0.1216	-0.1948	27.91	-2.76	-0.3758	-0.3063	34.88	-1.57		
Porculla	Huancabamba	-0.2791	-0.1726	32.56	4.23	0.1487	0.1956	37.21	8.85		
Sondorillo	Huancabamba	-0.2318	-0.2783	34.88	3.08	0.1489	0.2295	30.23	-3.85		
Tuluce	Huancabamba	-0.3475	-0.3839	30.23	-3.76	-0.5623	-0.5749	30.23	-1.50		
Chulucanas	Morropón	El modelo no utilizó la estación para el análisis									
Bigote	Morropón	0.1642	-0.0461	32.56	6.69	-0.0166	-0.0237	34.88	7.87		
Morropón	Morropón	0.1689	0.0021	39.53	12.60	-0.0783	-0.0581	34.88	5.51		
San Pedro	Morropón	0.2866	0.0083	30.23	5.38	0.1014	-0.0245	30.23	-1.54		
La Esperanza	Paita	0.3447	0.0690	34.88	0.75	0.2080	0.0694	37.21	-0.38		
Miraflores	Piura	0.3479	0.0796	32.56	-7.85	0.2282	0.1355	30.23	-9.09		
San Miguel	Piura	0.3213	0.0381	32.56	-12.20	0.1639	0.0739	34.88	-8.66		
Bernal	Sechura	0.2584	0.0947	27.91	-5.12	0.1355	0.1689	30.23	-1.57		
Chusis	Sechura	0.2178	-0.0564	30.23	-13.39	0.0973	0.0440	23.26	-9.84		
Lancones	Sullana	0.3063	0.0036	37.21	2.02	0.1503	0.0665	37.21	9.27		
Mallares	Sullana	0.3175	0.0368	34.88	-8.46	0.1638	0.0556	37.21	-5.00		
Pananga	Sullana	0.2508	-0.0433	25.58	-13.08	0.1056	-0.0524	30.23	-6.15		

Elaboración: Propia.

Anexo F – Valores de pronósticos con validación cruzada para el periodo 1972-2019

Anexo F 1 – Modelo predictivo 1

Estaciones	Stn_Ayabaca (mm)	Stn_Sapillica (mm)	Stn_SausalC (mm)	Stn_HdaShumaya (mm)	Stn_Huarmaca (mm)
1972-01/03	536.3	418.2	136.0	183.3	500.4
1973-01/03	670.8	585.3	183.0	287.2	620.0
1974-01/03	850.6	317.4	220.5	375.5	738.6
1975-01/03	820.9	453.9	224.9	374.3	728.7
1976-01/03	650.9	438.5	183.9	258.5	605.1
1977-01/03	670.9	578.5	188.7	278.6	621.6
1978-01/03	663.8	586.2	195.3	270.0	622.9
1979-01/03	626.6	554.4	169.1	234.0	572.1
1980-01/03	854.2	511.0	235.4	366.2	719.0
1981-01/03	845.8	507.0	240.0	341.7	685.5
1982-01/03	968.3	566.6	277.7	452.5	770.2
1983-01/03	608.6	634.6	182.2	317.5	497.8
1984-01/03	1057.3	503.9	290.8	547.5	904.1
1985-01/03	723.5	436.5	181.2	318.0	656.5
1986-01/03	481.6	554.4	119.5	125.2	470.5
1987-01/03	522.3	635.8	148.4	209.0	512.6
1988-01/03	826.5	468.7	222.6	387.7	726.1
1989-01/03	649.8	327.4	151.8	299.3	596.5
1990-01/03	637.1	386.2	156.1	284.8	583.5
1991-01/03	756.4	408.9	200.8	317.9	654.3
1992-01/03	684.3	557.8	186.1	271.0	622.9
1993-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995-01/03	660.0	556.4	178.5	260.6	595.9
1996-01/03	762.3	407.5	192.5	296.1	660.2
1997-01/03	692.6	448.7	180.2	234.8	600.3
1998-01/03	681.6	514.7	180.8	347.9	628.5
1999-01/03	813.5	296.4	205.8	336.2	687.1
2000-01/03	681.9	300.1	167.1	246.1	582.2
2001-01/03	763.0	333.3	192.8	321.3	649.3
2002-01/03	814.9	461.6	219.0	359.0	699.0
2003-01/03	720.8	681.7	215.4	312.6	685.0
2004-01/03	761.6	581.7	217.7	319.2	687.9
2005-01/03	798.4	611.4	225.5	348.7	730.8
2006-01/03	711.1	344.0	173.4	287.0	571.6
2007-01/03	693.7	540.4	186.6	295.3	618.5
2008-01/03	600.4	222.3	125.6	233.2	460.5
2009-01/03	690.2	463.8	177.2	295.7	599.8
2010-01/03	638.1	400.2	160.0	298.6	490.9
2011-01/03	677.4	343.8	161.3	279.2	602.1
2012-01/03	730.1	417.7	187.6	325.5	656.5
2013-01/03	823.4	394.5	210.7	373.1	714.3
2014-01/03	733.3	438.6	195.7	331.7	650.4
2015-01/03	901.6	532.2	249.8	419.3	781.9
2016-01/03	798.7	621.4	231.2	355.6	699.0

Elaboración: Propia.

Estaciones	Stn_Porculla (mm)	Stn_Sondorillo (mm)	Stn_Tuluca (mm)	Stn_Chulucanas (mm)	Stn_Bigote (mm)
1972-01/03	669.0	87.6	392.5	-999.0	160.3
1973-01/03	548.9	134.4	354.0	-999.0	617.2
1974-01/03	673.4	196.1	514.1	-999.0	230.0
1975-01/03	592.8	173.8	511.0	-999.0	451.8
1976-01/03	467.0	102.2	527.5	-999.0	285.5
1977-01/03	566.0	124.2	426.7	-999.0	549.1
1978-01/03	471.2	101.1	498.8	-999.0	539.8
1979-01/03	705.9	91.2	462.0	-999.0	360.3
1980-01/03	654.6	168.8	538.6	-999.0	428.4
1981-01/03	684.5	147.7	619.6	-999.0	304.4
1982-01/03	513.2	189.7	637.0	-999.0	557.6
1983-01/03	307.3	94.3	473.0	-999.0	723.2
1984-01/03	476.3	251.5	544.5	-999.0	722.9
1985-01/03	745.5	172.4	378.6	-999.0	411.7
1986-01/03	1011.4	75.9	353.3	-999.0	208.5
1987-01/03	710.7	68.5	447.4	-999.0	487.8
1988-01/03	530.5	190.8	459.6	-999.0	526.8
1989-01/03	744.5	167.6	353.2	-999.0	254.2
1990-01/03	686.0	145.8	377.8	-999.0	322.8
1991-01/03	657.6	156.7	492.4	-999.0	298.6
1992-01/03	651.2	133.0	400.7	-999.0	540.9
1993-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995-01/03	641.9	123.8	388.3	-999.0	507.8
1996-01/03	744.1	177.3	400.5	-999.0	276.6
1997-01/03	763.2	139.2	388.7	-999.0	277.4
1998-01/03	412.6	149.1	491.4	-999.0	480.0
1999-01/03	654.1	215.7	447.5	-999.0	201.4
2000-01/03	661.0	182.5	310.5	-999.0	123.8
2001-01/03	644.0	197.4	432.7	-999.0	239.6
2002-01/03	685.0	163.8	582.3	-999.0	376.0
2003-01/03	594.8	120.6	516.0	-999.0	690.1
2004-01/03	648.9	136.5	545.2	-999.0	552.9
2005-01/03	615.5	160.9	472.8	-999.0	663.1
2006-01/03	695.6	149.4	426.0	-999.0	156.7
2007-01/03	601.3	136.9	406.9	-999.0	500.3
2008-01/03	710.1	111.8	390.5	-999.0	0.0
2009-01/03	642.2	135.4	438.8	-999.0	353.1
2010-01/03	493.4	84.3	552.4	-999.0	196.7
2011-01/03	778.2	152.5	388.3	-999.0	142.2
2012-01/03	717.6	155.1	476.4	-999.0	274.4
2013-01/03	701.2	191.4	469.6	-999.0	327.2
2014-01/03	642.7	143.9	514.8	-999.0	310.6
2015-01/03	538.3	183.3	567.2	-999.0	607.8
2016-01/03	444.2	148.2	491.9	-999.0	721.8

Elaboración: Propia.

Estaciones	Stn_ Morropon (mm)	Stn_ SanPedro (mm)	Stn_ LaEsperanza (mm)	Stn_ Miraflores (mm)	Stn_ SanMiguel (mm)
1972-01/03	198.1	169.9	0.0	0.0	0.0
1973-01/03	548.1	934.7	245.2	501.0	330.6
1974-01/03	237.4	91.2	0.0	0.0	0.0
1975-01/03	391.2	448.7	54.1	90.1	64.4
1976-01/03	286.0	189.4	0.0	0.0	0.0
1977-01/03	487.7	734.8	160.4	311.0	204.7
1978-01/03	481.7	641.2	116.1	215.4	143.4
1979-01/03	334.2	432.1	49.3	72.9	54.4
1980-01/03	377.8	448.1	47.5	77.8	58.8
1981-01/03	267.1	206.5	0.0	0.0	0.0
1982-01/03	444.2	564.8	83.7	159.6	107.5
1983-01/03	569.1	999.2	276.6	573.8	352.0
1984-01/03	545.1	790.8	174.5	357.5	238.2
1985-01/03	344.2	500.8	89.7	174.1	120.2
1986-01/03	245.2	377.0	35.0	34.4	36.9
1987-01/03	419.3	674.5	142.0	256.7	176.7
1988-01/03	463.2	641.8	128.5	256.3	170.7
1989-01/03	259.2	303.8	25.1	40.8	30.6
1990-01/03	303.1	403.0	62.9	113.5	76.7
1991-01/03	286.3	251.0	0.0	0.0	0.0
1992-01/03	474.2	761.2	181.5	354.1	234.1
1993-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995-01/03	443.9	728.1	173.6	338.4	223.5
1996-01/03	281.1	351.3	29.8	49.5	41.2
1997-01/03	273.1	322.6	12.5	20.1	13.2
1998-01/03	479.2	773.0	206.2	359.1	269.9
1999-01/03	206.6	186.0	0.0	0.0	0.0
2000-01/03	173.6	231.1	2.8	6.9	11.1
2001-01/03	241.5	279.1	10.5	15.9	11.7
2002-01/03	327.8	298.4	0.0	0.0	0.0
2003-01/03	582.8	864.7	195.3	371.4	244.6
2004-01/03	479.0	623.3	110.7	197.3	134.8
2005-01/03	578.4	843.7	190.0	370.2	246.2
2006-01/03	164.1	121.4	0.0	0.0	0.0
2007-01/03	443.9	678.8	148.8	293.6	195.0
2008-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2009-01/03	324.7	401.1	47.5	85.8	60.6
2010-01/03	165.3	135.0	0.0	0.0	0.0
2011-01/03	172.3	112.4	0.0	0.0	0.0
2012-01/03	263.2	247.2	0.0	0.0	0.0
2013-01/03	304.4	319.0	9.1	5.1	9.4
2014-01/03	282.4	272.7	0.0	0.0	0.0
2015-01/03	520.3	662.3	125.0	244.2	166.3
2016-01/03	610.8	966.8	247.3	494.9	328.4

Elaboración: Propia.

Estaciones	Stn_Bernal (mm)	Stn_Chusis (mm)	Stn_Lancones (mm)	Stn_Mallares (mm)	Stn_Pananga (mm)
1972-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1973-01/03	323.8	260.1	813.3	501.6	648.2
1974-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1975-01/03	44.8	36.1	262.6	116.8	226.3
1976-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1977-01/03	185.1	148.2	564.0	319.7	421.4
1978-01/03	114.4	91.0	459.5	235.1	328.5
1979-01/03	20.3	14.4	220.4	97.5	133.7
1980-01/03	38.9	31.4	242.0	100.4	202.7
1981-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1982-01/03	99.5	83.5	379.0	165.8	334.1
1983-01/03	360.6	296.6	967.4	537.4	741.5
1984-01/03	246.0	201.2	631.8	360.0	617.6
1985-01/03	109.9	88.9	319.9	189.3	280.3
1986-01/03	0.0	0.0	117.2	56.0	0.0
1987-01/03	140.9	114.1	463.7	263.3	286.3
1988-01/03	160.6	130.1	488.5	267.3	420.5
1989-01/03	13.6	12.1	131.8	61.2	110.3
1990-01/03	60.2	49.7	249.7	128.9	200.6
1991-01/03	0.0	0.0	46.1	0.0	43.3
1992-01/03	219.1	176.9	617.4	360.6	484.0
1993-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995-01/03	208.7	168.4	584.3	342.2	459.6
1996-01/03	25.3	19.6	152.6	73.4	136.1
1997-01/03	2.2	4.2	132.6	42.2	88.1
1998-01/03	210.3	152.8	557.1	390.4	448.7
1999-01/03	0.0	0.0	16.5	0.0	55.2
2000-01/03	5.1	3.3	50.9	22.1	61.1
2001-01/03	3.9	4.9	113.8	29.6	116.8
2002-01/03	0.0	0.0	87.0	0.0	54.0
2003-01/03	221.1	178.0	680.6	383.6	491.6
2004-01/03	110.2	88.5	431.7	222.6	302.9
2005-01/03	227.5	182.9	674.7	383.7	531.6
2006-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2007-01/03	179.0	143.5	523.3	299.3	413.8
2008-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2009-01/03	40.1	31.3	223.0	100.4	175.7
2010-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2011-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8
2013-01/03	0.0	0.0	107.9	31.1	124.9
2014-01/03	0.0	0.0	46.0	0.0	41.8
2015-01/03	156.7	126.3	496.8	269.3	410.1
2016-01/03	325.7	262.7	843.5	507.0	675.1

Elaboración: Propia.

Anexo F 2 – Modelo predictivo 2

Estaciones	Stn_Ayabaca (mm)	Stn_Sapillica (mm)	Stn_SausalC (mm)	Stn_HdaShumaya (mm)	Stn_Huarmaca (mm)
1972-01/03	523.9	372.8	135.7	184.7	475.8
1973-01/03	897.6	904.8	252.6	338.6	855.3
1974-01/03	919.2	399.0	237.5	360.5	795.8
1975-01/03	799.2	584.1	224.1	300.3	758.6
1976-01/03	1123.2	688.1	326.5	408.6	1067.9
1977-01/03	648.4	558.9	178.5	273.4	606.2
1978-01/03	610.2	494.1	170.5	241.0	565.4
1979-01/03	722.5	527.9	178.9	267.6	641.5
1980-01/03	655.8	479.9	175.7	289.9	568.3
1981-01/03	602.6	343.6	140.0	264.2	467.6
1982-01/03	482.7	221.9	105.9	271.0	307.3
1983-01/03	732.5	826.9	210.8	351.8	636.6
1984-01/03	910.3	324.9	220.8	468.0	691.6
1985-01/03	834.3	367.1	218.8	368.1	725.2
1986-01/03	511.5	357.3	129.8	212.7	436.1
1987-01/03	574.2	404.5	156.4	277.1	489.0
1988-01/03	701.9	355.0	188.4	334.9	597.8
1989-01/03	893.9	420.8	224.8	371.8	768.3
1990-01/03	810.4	467.0	219.2	338.9	726.2
1991-01/03	531.2	211.4	132.2	214.8	436.0
1992-01/03	676.3	482.2	197.3	303.6	614.2
1993-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995-01/03	654.2	423.8	197.5	312.6	595.9
1996-01/03	719.2	282.7	182.6	311.9	603.1
1997-01/03	629.0	304.6	143.8	234.9	513.8
1998-01/03	1007.3	835.2	312.8	421.2	996.1
1999-01/03	1149.3	557.3	300.4	372.8	1027.4
2000-01/03	906.0	474.3	257.8	339.6	851.8
2001-01/03	883.6	584.3	254.8	335.3	836.5
2002-01/03	445.5	256.8	104.7	187.3	367.6
2003-01/03	534.2	545.1	177.5	238.3	549.1
2004-01/03	595.5	437.0	162.6	263.7	529.0
2005-01/03	390.4	270.2	96.5	169.5	330.2
2006-01/03	612.7	368.6	156.7	246.0	525.2
2007-01/03	599.6	389.1	173.9	289.6	523.4
2008-01/03	695.1	447.1	175.6	293.6	598.3
2009-01/03	947.3	663.1	254.2	403.0	831.4
2010-01/03	594.3	460.4	166.7	292.8	547.3
2011-01/03	896.2	612.0	242.1	385.2	843.7
2012-01/03	895.0	675.4	248.1	369.3	842.0
2013-01/03	817.7	469.8	222.3	342.4	757.3
2014-01/03	878.9	711.7	250.3	362.2	844.8
2015-01/03	730.0	402.2	189.7	351.9	617.4
2016-01/03	1042.3	1040.6	308.4	407.6	996.4

Elaboración: Propia.

Estaciones	Stn_Porculla (mm)	Stn_Sondorillo (mm)	Stn_Tuluca (mm)	Stn_Chulucanas (mm)	Stn_Bigote (mm)
1972-01/03	588.7	79.0	439.9	-999.0	104.7
1973-01/03	968.4	152.0	433.2	-999.0	935.5
1974-01/03	814.2	214.6	451.5	-999.0	280.1
1975-01/03	731.6	168.6	426.0	-999.0	528.1
1976-01/03	862.5	234.3	556.1	-999.0	685.1
1977-01/03	597.2	125.7	414.6	-999.0	531.0
1978-01/03	508.5	101.6	451.2	-999.0	371.7
1979-01/03	982.8	137.2	421.2	-999.0	311.3
1980-01/03	538.0	117.4	453.0	-999.0	399.9
1981-01/03	724.9	120.0	393.0	-999.0	121.2
1982-01/03	365.3	92.4	395.1	-999.0	70.5
1983-01/03	735.7	107.8	513.3	-999.0	857.9
1984-01/03	686.3	217.8	480.3	-999.0	364.8
1985-01/03	618.6	195.2	481.5	-999.0	355.7
1986-01/03	549.5	96.5	415.9	-999.0	124.3
1987-01/03	347.8	114.8	432.5	-999.0	342.1
1988-01/03	354.3	163.9	441.9	-999.0	360.4
1989-01/03	954.6	205.2	478.1	-999.0	314.6
1990-01/03	687.1	169.0	500.5	-999.0	404.2
1991-01/03	471.7	110.8	429.8	-999.0	1.4
1992-01/03	355.7	124.3	503.7	-999.0	482.9
1993-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995-01/03	142.4	123.3	523.6	-999.0	454.4
1996-01/03	533.3	178.6	429.8	-999.0	197.1
1997-01/03	756.3	156.4	325.5	-999.0	84.7
1998-01/03	542.4	179.0	648.1	-999.0	924.3
1999-01/03	1278.0	297.9	423.2	-999.0	395.5
2000-01/03	648.6	209.8	521.7	-999.0	499.1
2001-01/03	634.9	197.7	462.1	-999.0	639.4
2002-01/03	537.0	86.4	417.0	-999.0	0.0
2003-01/03	207.4	75.1	532.3	-999.0	558.6
2004-01/03	432.3	118.4	435.3	-999.0	380.9
2005-01/03	370.2	79.5	349.3	-999.0	57.9
2006-01/03	643.2	114.6	458.0	-999.0	148.7
2007-01/03	58.5	129.7	401.7	-999.0	467.5
2008-01/03	696.9	135.0	461.6	-999.0	303.9
2009-01/03	846.2	195.0	499.6	-999.0	665.4
2010-01/03	379.4	106.1	498.7	-999.0	357.6
2011-01/03	892.1	190.1	527.7	-999.0	546.1
2012-01/03	922.2	177.8	517.0	-999.0	619.3
2013-01/03	768.9	178.1	495.9	-999.0	351.8
2014-01/03	872.5	162.3	522.8	-999.0	676.4
2015-01/03	452.9	173.2	412.7	-999.0	433.9
2016-01/03	929.9	170.9	509.9	-999.0	1196.2

Elaboración: Propia.

Estaciones	Stn_ Morropon (mm)	Stn_ SanPedro (mm)	Stn_ LaEsperanza (mm)	Stn_ Miraflores (mm)	Stn_ SanMiguel (mm)
1972-01/03	142.4	31.7	0.0	0.0	0.0
1973-01/03	831.3	1368.6	346.0	683.4	467.5
1974-01/03	307.1	251.7	0.0	0.0	0.0
1975-01/03	510.3	669.5	112.1	207.4	144.6
1976-01/03	682.2	724.3	72.0	113.5	96.1
1977-01/03	470.6	713.6	157.5	304.1	198.8
1978-01/03	353.9	427.5	48.1	80.5	55.4
1979-01/03	301.9	395.3	36.3	45.6	40.9
1980-01/03	347.8	492.1	86.5	163.4	107.5
1981-01/03	108.4	159.2	0.0	0.0	0.0
1982-01/03	11.0	100.5	16.9	38.0	21.1
1983-01/03	690.2	1162.7	300.5	603.9	377.5
1984-01/03	217.3	383.5	82.8	164.1	116.4
1985-01/03	302.0	313.5	15.0	18.1	21.2
1986-01/03	132.7	128.4	0.0	0.0	0.0
1987-01/03	285.9	439.5	84.4	168.7	110.0
1988-01/03	318.9	429.2	71.8	147.9	96.2
1989-01/03	314.1	278.0	0.0	0.0	0.0
1990-01/03	382.4	398.1	27.1	32.4	29.9
1991-01/03	38.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1992-01/03	424.7	540.1	91.8	174.3	114.5
1993-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995-01/03	403.2	464.7	66.0	128.5	80.6
1996-01/03	183.2	153.0	0.0	0.0	0.0
1997-01/03	101.0	146.6	0.0	0.0	0.0
1998-01/03	890.9	1142.9	239.5	417.4	309.8
1999-01/03	459.6	547.3	37.1	53.2	57.7
2000-01/03	479.4	465.9	22.4	33.1	17.6
2001-01/03	603.4	808.3	157.9	303.6	203.3
2002-01/03	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0
2003-01/03	479.5	611.3	117.1	217.9	137.6
2004-01/03	333.0	460.3	84.5	163.7	106.3
2005-01/03	64.1	61.2	0.0	0.0	0.0
2006-01/03	156.6	74.3	0.0	0.0	0.0
2007-01/03	413.7	608.6	144.1	305.7	192.6
2008-01/03	290.0	302.5	10.2	4.3	10.0
2009-01/03	589.3	819.5	167.0	321.8	221.2
2010-01/03	321.7	383.7	32.8	56.6	38.5
2011-01/03	511.7	618.2	76.8	122.9	94.7
2012-01/03	559.8	762.8	125.0	225.7	160.5
2013-01/03	345.9	344.8	0.0	0.0	0.0
2014-01/03	611.3	829.6	154.1	278.6	199.1
2015-01/03	370.9	570.2	129.0	267.6	173.5
2016-01/03	1047.3	1676.6	435.3	859.6	586.1

Elaboración: Propia.

Estaciones	Stn_Bernal (mm)	Stn_Chusis (mm)	Stn_Lancones (mm)	Stn_Mallares (mm)	Stn_Pananga (mm)
1972-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1973-01/03	439.5	352.6	1127.2	711.6	863.7
1974-01/03	0.0	0.0	13.6	0.0	43.0
1975-01/03	115.6	91.5	435.3	235.1	335.1
1976-01/03	46.7	35.9	398.7	176.1	324.4
1977-01/03	180.9	144.8	544.3	311.8	400.0
1978-01/03	26.7	19.7	235.3	100.6	160.4
1979-01/03	10.6	7.3	160.5	75.4	103.0
1980-01/03	91.1	72.5	334.8	173.3	258.4
1981-01/03	0.0	0.0	2.0	0.0	0.5
1982-01/03	30.9	23.7	34.0	21.5	45.2
1983-01/03	368.8	304.6	1047.3	579.6	779.1
1984-01/03	135.8	111.0	249.6	167.5	282.2
1985-01/03	11.6	8.7	118.5	47.9	136.5
1986-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1987-01/03	99.7	80.5	314.6	162.3	253.0
1988-01/03	91.5	74.3	304.5	151.1	271.7
1989-01/03	0.0	0.0	49.2	0.0	38.7
1990-01/03	3.5	3.1	186.8	65.7	148.0
1991-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1992-01/03	93.8	74.7	382.4	187.2	308.2
1993-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1994-01/03	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0
1995-01/03	64.0	50.2	316.8	140.4	262.7
1996-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	26.8
1997-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1998-01/03	227.9	171.0	823.3	479.9	639.3
1999-01/03	30.0	26.4	221.1	101.5	201.1
2000-01/03	2.0	5.9	254.0	69.8	197.2
2001-01/03	184.3	148.8	605.9	331.8	471.6
2002-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2003-01/03	112.3	88.9	472.5	233.3	306.4
2004-01/03	92.6	73.8	336.1	171.9	249.2
2005-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2006-01/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2007-01/03	192.0	153.3	543.6	296.5	464.6
2008-01/03	0.0	0.0	106.0	23.2	75.7
2009-01/03	197.9	159.4	609.2	338.7	486.0
2010-01/03	10.3	5.6	173.1	65.2	143.9
2011-01/03	54.6	41.9	311.1	161.0	257.5
2012-01/03	124.3	99.0	461.9	257.3	361.6
2013-01/03	0.0	0.0	57.4	0.8	65.1
2014-01/03	164.0	131.0	548.6	320.0	414.2
2015-01/03	176.9	143.0	465.4	267.0	406.4
2016-01/03	556.7	447.3	1431.7	895.3	1112.5

Elaboración: Propia.

Anexo G - Valores de las anomalías de la TSM en las regiones Niño 1+2 y 3.4 para los años 1982-83, 1997-98, 2015-16, 2016-17

La información de la TSM y sus anomalías han sido obtenidas de la base de datos de la NOAA.

Año	Meses	Niño 1+2		Niño 3.4	
		TSM (°C)	ATSM (°C)	TSM (°C)	ATSM (°C)
1982	Set	21.80	1.44	28.11	1.39
	Oct	22.94	2.12	28.64	1.95
	Nov	24.59	3.00	28.81	2.16
	Dic	26.13	3.34	29.21	2.64
1983	Ene	27.42	2.96	29.36	2.79
	Feb	28.09	2.02	29.13	2.41
	Mar	28.68	2.16	29.03	1.81
	Abr	28.56	3.09	28.91	1.13
	May	28.19	3.99	28.89	1.04
	Jun	27.44	4.62	28.24	0.59
	Jul	25.95	4.35	27.07	-0.15
	Ago	23.78	3.13	26.53	-0.29
1997	Set	24.40	4.04	28.93	2.21
	Oct	24.58	3.76	29.23	2.54
	Nov	25.63	4.04	29.32	2.67
	Dic	26.92	4.13	29.26	2.69
1998	Ene	28.22	3.76	29.10	2.53
	Feb	28.98	2.91	28.86	2.14
	Mar	29.15	2.63	28.67	1.45
	Abr	28.61	3.14	28.56	0.78
	May	27.69	3.49	28.47	0.62
	Jun	25.18	2.36	26.72	-0.93
	Jul	23.43	1.83	25.94	-1.28
	Ago	21.77	1.12	25.49	-1.33
2015	Set	22.91	2.57	29.00	2.28
	Oct	23.31	2.52	29.15	2.46
	Nov	23.83	2.24	29.60	2.95
	Dic	25.01	2.19	29.39	2.82
2016	Ene	25.93	1.41	29.17	2.60
	Feb	26.81	0.67	29.12	2.40
	Mar	27.57	0.93	28.90	1.68
	Abr	25.83	0.23	28.87	1.09
	May	24.55	0.27	28.15	0.30
	Jun	23.17	0.29	27.53	-0.12
	Jul	21.79	0.17	26.73	-0.49
	Ago	21.03	0.39	26.28	-0.54
2016	Set	20.87	0.53	26.11	-0.61
	Oct	21.18	0.39	25.96	-0.73
	Nov	21.68	0.09	26.10	-0.55
	Dic	23.35	0.53	26.16	-0.41
2017	Ene	25.75	1.23	26.25	-0.32
	Feb	27.76	1.62	26.87	0.14

Elaboración: Propia.

Anexo H –Pronóstico para el trimestre EFM de 2017

Anexo H 1 – Rango de valores de pronóstico del modelo 1

Estos valores se han obtenido por medio del Análisis de Correlación Canónica entre las variables, predictor y predictante, que fueron ingresadas al modelo, y guardan relación con el comportamiento explicado en los modos del modelo (acápite 4.3.1.1) ante las variaciones de la TSM.

Estación	Valores mínimos (mm)	Valores normales (mm)	Valores máximos (mm)
Ayabaca	461.2	821.3	1181.4
Sapillica	62.9	398.1	733.3
Sausal de Culucan	90.3	212.0	333.7
Hda. Schumaya	206.2	361.6	516.9
Huarmaca	320.5	705.4	1090.4
Porculla	132.0	660.9	1189.9
Sondorillo	115.9	193.1	270.4
Tuluce	267.1	457.0	646.9
Chulucanas	-999.0	-999.0	-999.0
Hda. Bigote	0.0	353.1	845.1
Morropón	0.0	327.0	756.2
San Pedro	0.0	375.8	962.7
La Esperanza	0.0	34.9	197.5
Miraflores	0.0	61.9	383.7
San Miguel	0.0	45.9	261.2
Bernal	0.0	33.5	255.1
Chusis	0.0	27.1	212.0
Lancones	0.0	192.7	748.7
Mallares	0.0	82.9	412.8
Pananga	0.0	183.3	635.4

Elaboración: Propia.

Anexo H 2 - Precipitación observada del trimestre EFM 2017

Estación	Provincia	Enero (mm)	Febrero (mm)	Marzo (mm)	Acumulado (Hasta 08/03) (mm)
Ayabaca	Ayabaca	136.1	297.2	127.5	560.8
Huarmaca	Huancabamba	193.1	408.6	144.6	746.3
Morropón	Morropón	200.6	690.7	270.1	1161.4
La Esperanza	Paita	12.8	121.9	63.5	198.2
San Miguel	Piura	97.3	88.1	115.5	300.9
Chusis	Sechura	20.9	24.7	208.7	254.3
Mallares	Sullana	19.9	167.4	127.3	314.6

Fuente: (SENAMHI).

Elaboración: Propia.