

PERÍODOS SECOS Y HÚMEDOS EN CUENCAS BINACIONALES DE PERÚ - ECUADOR

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ – SENAMHI
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA EN HIDROLOGÍA DEL ECUADOR - INAMHI

DIRECTORIO

Ing. Amelia Díaz Pabló
Presidenta Ejecutiva del SENAMHI

Ing. Oscar Felipe Obando
Director de Hidrología del SENAMHI

CPNV (SP) José Olmedo Morán
Director Ejecutivo del INAMHI

Ing. Mónica Delgado
Directora de Estudios, Investigación y Desarrollo Hidrometeorológico del
INAMHI

ELABORADO POR:

Mg. Sc. Ing. Julia Acuña Azarte¹

CONTRIBUCIONES:

Aybar C.¹; Endara S.¹; Fernández C.¹; Caycho T.¹; Casaverde M.²; Felipe O.³

1 Subdirección de Estudios e Investigaciones Hidrológicas

2 Subdirección de Predicción Hidrológica

3 Dirección de Hidrología

CITA SUGERIDA:

Acuña Azarte, J., Felipe Obando, O., Aybar Camacho C. & et al (2017). Períodos secos y húmedos en cuencas binacionales de Perú - Ecuador. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. Lima, Perú, 65 pp.

Contenido

1.	Introducción.....	10
1.1	Antecedentes	10
1.2	Generalidades	10
1.3	Objetivo	11
2.	Zona de estudio, datos y códigos R.....	11
2.1	Área de estudio	11
2.2	Datos.....	11
2.3	Códigos en R.....	13
3.	Metodología	14
3.1	Técnicas de acoplamiento de datos de Pluviómetros y Satelital	14
3.1.1	Modelamiento Lineal	14
3.1.2	Corrección del BIAS.....	14
3.1.3	Inverso a la Distancia Ponderada.....	14
3.1.4	Regresión con inverso a la distancia ponderada	15
3.1.5	Kriging Ordinario.....	15
3.1.6	Kriging con deriva externa.....	15
3.2	Interpolación de datos de precipitación cuencas Perú Ecuador	15
3.3	Índice de precipitación estandarizado.....	15
3.4	Síntesis del enfoque metodológico	17
4.	Resultados	18
4.1	Control de calidad de datos de precipitación	18
4.2	Interpolación de precipitación a paso diario Vs. Paso mensual	24
4.3	Delimitación de subcuencas.....	25
4.4	Análisis de precipitación	26
4.5	Caracterización de períodos secos y húmedos	29
4.5.1	Caracterización de períodos con SPI 3	29
4.5.1.1	Variación temporal con SPI 3.....	29
4.5.1.2	Variación espacial con SPI 3.....	36
4.5.2	Caracterización de períodos con SPI 12	37
4.5.2.1	Variación temporal con SPI 12.....	37
4.5.2.2	Variación espacial con SPI 12.....	43
5.	Conclusiones.....	45
6.	Perspectivas.....	46

7. Anexo.....	47
7.1 Anexo Figuras.....	47
7.2 Anexo Mapas.....	48
Agradecimientos.....	49
Referencias.....	49

Lista de Figuras

Figura 1. Zona de estudio sobre el modelo digital de elevación SRTM de 90 m de resolución, puntos rojos muestran la red de estaciones meteorológicas	12
Figura 2. Salidas de Códigos en R	14
Figura 3. Características de la sequía.....	16
Figura 4. Flujograma metodológico sobre la caracterización de períodos secos y húmedos	17
Figura 5. Vector regional de la precipitación con las mejores estaciones del Grupo 1	19
Figura 6. Curva de masa de índices de precipitación de las mejores estaciones del Grupo 1	19
Figura 7. Vector regional de la precipitación con las mejores estaciones del Grupo 2	20
Figura 8. Curva de doble masa de índices de precipitación de las mejores estaciones del Grupo 2	20
Figura 9. Vector regional de la precipitación de las mejores estaciones del Grupo 3	21
Figura 10. Curva de doble masa de índices de precipitación de las mejores estaciones del Grupo 3 ..	21
Figura 11. Vector regional de la precipitación de las mejores estaciones del Grupo 4	22
Figura 12. Curva de doble masa de índices de precipitación de las mejores estaciones del Grupo 4..	22
Figura 13. Vector regional de la precipitación de las mejores estaciones del Grupo 5	23
Figura 14. Curva de doble masa de índices de precipitación de las mejores estaciones del Grupo 5 ..	23
Figura 15. Mejores estaciones de cada grupo pluviométrico	24
Figura 16. Comparación de métodos de interpolación en puntos de estaciones promedio a) Primera aproximación de Precipitación acumulada a Paso diario b) Segunda aproximación Precipitación de Paso mensual.....	25
Figura 17. Índice de correlación del promedio de estaciones a Paso diario y Paso mensual	25
Figura 18. Subcuencas delimitadas en el área de estudio	26
Figura 19. Precipitación media en cuencas Zarumilla, Puyango Tumbes y Catamayo Chira	27
Figura 20. Distribución espacial de la Precipitación anual en cuencas Zarumilla, Puyango Tumbes y Catamayo Chira	28
Figura 21. Precipitación anual a nivel de subcuencas.....	29
Figura 22. Intensidad máxima SPI 3 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos	36
Figura 23. Severidad máxima SPI 3 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos	36
Figura 24. Duración máxima SPI 3 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos	37
Figura 25. Intensidad máxima SPI 12 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos	43
Figura 26. Severidad máxima SPI 12 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos.....	43
Figura 27. Duración máxima SPI 12 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos	44

Lista de Tablas

Tabla 1. Red de estaciones meteorológicas	12
Tabla 2. Clasificación de las sequías según SPI	16
Tabla 3. Estaciones que conforman el Grupo 1	19
Tabla 4. Estaciones que conforman el Grupo 2	20
Tabla 5. Estaciones que conforman el Grupo 3	21
Tabla 6. Estaciones que conforman el Grupo 4	22
Tabla 7. Estaciones que conforman el Grupo 5	23
Tabla 8. Precipitación media a escala de cuenca	27
Tabla 9. Precipitación media a escala de subcuenca	28
Tabla 10. Número de períodos secos, inicio y fin basados en SPI 3	30
Tabla 11. Intervalos de recurrencia de períodos secos y Frecuencia basados con SPI 3	31
Tabla 12. Intensidad de períodos secos con SPI 3	31
Tabla 13. Severidad de períodos secos con SPI 3	32
Tabla 14. Duración de períodos secos con SPI 3	32
Tabla 15. Número, inicio y fin de períodos húmedos con SPI 3	33
Tabla 16. Intervalos de recurrencia y Frecuencia de períodos húmedos con SPI 3	34
Tabla 17. Intensidad de períodos húmedos con SPI 3	34
Tabla 18. Severidad de períodos húmedos con SPI 3	35
Tabla 19. Duración de períodos húmedos con SPI 3	35
Tabla 20. Número, inicio y fin de períodos secos con SPI 12	38
Tabla 21. Intervalos de recurrencia y Frecuencia de períodos secos con SPI 12	39
Tabla 22. Intensidad de períodos secos con SPI 12	39
Tabla 23. Severidad de períodos secos con SPI 12	40
Tabla 24. Duración de períodos secos con SPI 12	40
Tabla 25. Número, inicio y fin de períodos húmedos con SPI 12	41
Tabla 26. Intervalos de recurrencia, Frecuencia e intensidad de períodos húmedos con SPI 12	42
Tabla 27. Severidad y duración de períodos húmedos con SPI 12	42

Resumen

El estudio “Períodos secos y húmedos en cuencas binacionales de Perú - Ecuador”, analiza en base a la precipitación la variabilidad espacio temporal de los eventos secos y húmedos en términos de duración, intensidad, severidad, frecuencia, número de períodos, e inicio y fin de los episodios; en las cuencas Zarumilla, Puyango Tumbes y Catamayo Chira, para el período enero de 1981 abril 2016, utilizando el índice de precipitación estandarizada (SPI).

Encontramos cinco grupos de estaciones de precipitación homogéneos basados en el Vector Regional de Índices Pluviométricos; cada vector representa patrones diferenciados del comportamiento de la precipitación en los diferentes sectores de la zona de estudio y en base a ello permitió la generación del producto grillado mensual de precipitación PISCO-Perú Ecuador (424 mapas geotiff), así como el producto grillado mensual de SPI para las escalas de 3 y 12 meses, en el ámbito de interés.

Para el análisis de períodos secos se ha considerado valores de SPI <-1 recurrentes durante 3 a más meses consecutivos, de similar forma para los períodos húmedos, con la diferencia que considera valores de SPI >1 . Asimismo, se han delimitado 20 subcuencas para la caracterización de los períodos secos y húmedos en el ámbito de las cuencas Zarumilla, Puyango Tumbes y Catamayo Chira.

A corto plazo (SPI 3) el número de períodos secos (122) identificados fue menor que los períodos húmedos (133). Los períodos secos y húmedos que predominan son de duración de 3 meses totalizando 67 eventos secos de 122 y 55 eventos húmedos de 133. El período seco de mayor alcance espacial se presentó de marzo a mayo de 1982 con impacto regional en 14 de las 20 subcuencas; en cuanto a los períodos húmedos se presentaron dos de mayor alcance espacial, el primero de diciembre 1982 a febrero 1983; y el segundo de noviembre 1997 a enero 1998; en ambos casos afectaron a las 20 subcuencas evaluadas.

Finalmente, a largo plazo (SPI 12) el número de períodos secos (118) identificados fue mayor que los períodos húmedos (76); predominaron períodos secos de duración de 3 meses totalizando 18 eventos secos de 118 y para los períodos húmedos predominaron los de duración de 14 meses totalizando 19 eventos húmedos de 76. El período seco de mayor alcance espacial se presentó en marzo a octubre de 1982 con impacto regional en 15 de las 20 subcuencas y para el período húmedo se presentó de marzo a diciembre 1998 y afectó a las 20 subcuencas evaluadas.

Palabras clave: SPI, períodos secos y húmedos

Períodos secos y húmedos en cuencas binacionales de Perú - Ecuador

1. Introducción

1.1 Antecedentes

En el marco de XVII Reunión de grupos y subgrupos de trabajo de la Asociación Regional III de la Organización Meteorológica Mundial - OMM realizada en Asunción, Paraguay del 5 al 9 de octubre 2015, se reunió el Grupo de trabajo de hidrología, celebrando la Sesión XIII.

Como parte del programa de trabajo del Grupo de Hidrología, se presentó en el tema nuevas esferas el sistema de monitoreo de sequías del Perú, debido al interés suscitado, se acordó como acciones concretas extender la experiencia peruana hacia un caso piloto, en el que se propuso el Monitoreo de sequías de cuencas binacionales Perú-Ecuador. Es así, que se iniciaron las coordinaciones entre Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú -SENAMHI y el Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología del Ecuador -INAMHI en diciembre de 2016 y se aprobó un cronograma de actividades a fin de elaborar el estudio "Períodos secos y húmedos en cuencas binacionales Perú - Ecuador".

1.2 Generalidades

En los últimos años, las pérdidas registradas en la agricultura y en la ganadería están aumentando en diversas regiones de todo el mundo, como consecuencia de eventos climáticos extremos más frecuentes e intensos, asociados a una mayor variabilidad climática (Occhiuzzi et al., 2001). Una de las principales manifestaciones son las sequías (peligro natural insidioso resultante de unos niveles de precipitación es por debajo de lo que se considera normal, OMM 2012) e inundaciones (aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce¹, UNESCO, 1974); estos fenómenos naturales resultan de la variabilidad de la precipitación respecto a su normal climática² en un período de tiempo determinado.

Estos episodios son la causa más frecuente de riesgos climáticos de sequías extremas e inundaciones, en muchas partes del mundo (Bordi et al., 2004a). Según CEPAL, 2011 en América Latina los daños ocasionados por los desastres climatológicos (tormentas, huracanes, El Niño-Oscilación del Sur -ENOS e inundaciones provocadas por eventos extremos de precipitación) se concentran en el sector productivo 52,1%, infraestructura 27,5%, y sector social 20,4%. Esta situación se agrava para países con alta vulnerabilidad al cambio climático caso Perú es el tercer país más vulnerable después de Bangladesh y Honduras (Centro de investigación Tyndall Center, 2014).

El enfoque metodológico está basado en las técnicas geo estadísticas aplicadas en la obtención de la Base de datos PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations. Precipitación v1.1) que el SENAMHI viene impulsando a nivel de la región con el objetivo de fortalecer el sistema de monitoreo de sequías e inundaciones. La información generada para el presente estudio se sustenta en datos provenientes de estaciones terrenas administrados por SENAMHI e INAMHI, y datos satelitales del CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data), que permiten un merge y genera una base grillada de precipitación de 5km de resolución; a escala diaria, siendo este último el imput el producto grillado del índice estandarizado de precipitación (SPI) a diferentes escalas de tiempo (3, 6 y 12 meses). Cabe mencionar que el SPI es utilizado por diversos centros internacionales como CREAN (http://www.crean.unc.edu.ar/atlas/atlas_sequia.html- de Argentina), Estados Unidos, Canadá y

¹ Normales del cauce es aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños.

² Normales Climáticas Valores medios de las variables meteorológicas (temperatura, humedad, precipitación, evaporación, etc.) calculados con los datos relativamente uniformes recopilados durante un período extenso, generalmente de 30 años.

México (<http://smn.cna.gob.mx/es/CLIMATOLOGÍA/monitor-de-sequía/monitor-de-sequía-de-america-del-norte>) para el monitoreo de períodos secos, principalmente, asimismo, el SPI es recomendado por la Organización Meteorológica Mundial para el análisis de las sequías (OMM, 2009).

Es así, que se analiza por primera vez la variabilidad temporal y espacial de los períodos secos y húmedos en la línea base 1981-2016 en cuencas Perú - Ecuador (Zarumilla, Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira); basado en el índice estandarizado de precipitación.

1.3 Objetivo

Caracterizar a nivel de subcuencas la duración, intensidad, severidad, frecuencia e intervalo de recurrencia de períodos secos y húmedos en las cuencas binacionales de Zarumilla, Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira en el período enero 1981- abril 2016 utilizando el índice de precipitación estandarizado de SPI.

2. Zona de estudio, datos y códigos R

2.1 Área de estudio

Las cuencas Zarumilla, Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira están localizados geográficamente en la fracción norte y occidental de América del Sur, se extiende desde 3° 26' 13" y 5° 12' 14" Latitud Norte y 79° 6' 53" y 81° 9' 53" Longitud Oeste. Tiene una área total de 24 311.5 km² (52% en territorio peruano).

Por su ubicación geográfica entre el Ecuador y el trópico de capricornio, le corresponde a un clima eminentemente tropical con lluvias abundantes, de altas temperaturas y vegetación exuberante. Sin embargo, estas características se ven afectadas por la presencia de la Cordillera de los Andes, la Corriente Peruana de Humboldt, por el Anticiclón del Pacífico Sur; lo cual da como resultado un clima diversificado. Climáticamente, en la zona norte de la Vertiente del Pacífico peruano (VP) se presenta un aumento de las lluvias durante Eventos El Niño Fuerte y ausencia de Precipitación durante Eventos La Niña Fuerte (LNF), mientras que la región sur andina de la VP presenta disminución (aumento) de lluvias durante la LNF, que probablemente se deba a un mecanismo de teleconexión (Lagos et al. 2008).

Hidrográficamente, las cuencas Zarumilla, Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, desembocan en la VP, el primero sólo transportan agua durante la época de lluvia, permaneciendo seco el resto del año. El segundo y tercero transportan caudales significativos a lo largo de todo el año.

2.2 Datos

- Datos diarios de precipitación provenientes de estaciones meteorológicas ubicadas en las cuencas Zarumilla, Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira (cuena baja, media y alta) administrados el SENAMHI Perú e INAMHI Ecuador (Tabla 1).
- Datos de satélite CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data) producto precipitación disponible en: <ftp://ftp.chg.ucsb.edu/pub/org/chg/products/CHIRPS-2.0> a una resolución de 0.05° y desde enero de 1981.

La Figura 1 muestra el área de estudio sobre el modelo digital de elevación SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de 90 m de resolución resaltado en color rojo las estaciones evaluadas. La Tabla 1 indica características generales de un total de 60 estaciones recopiladas.

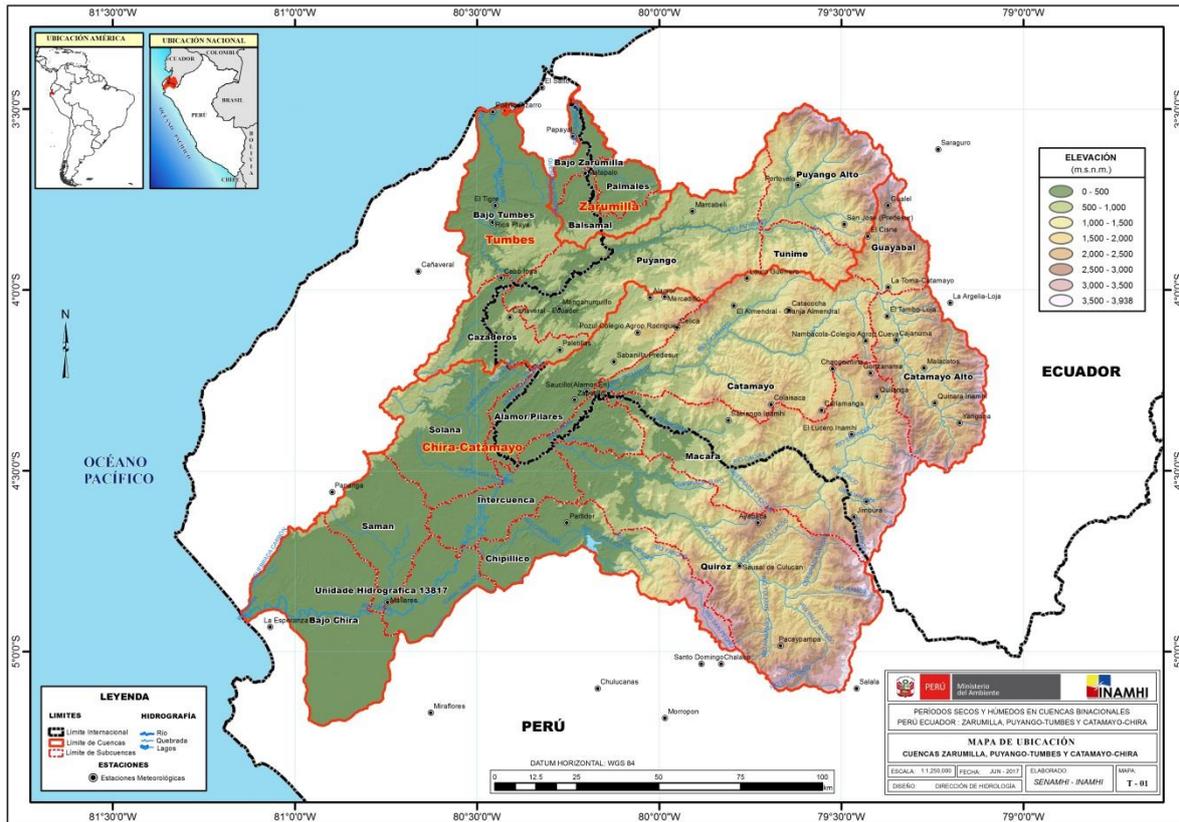


Figura 1. Zona de estudio sobre el modelo digital de elevación SRTM de 90 m de resolución, puntos rojos muestran la red de estaciones meteorológicas

Tabla 1. Red de estaciones meteorológicas

Estación	Longitud (o)	Latitud (o)	Código	Altitud (msnm)	Fuente
Puerto Pizarro	-80.457	-3.508	103038	7	SENAMHI
Cabo Inga	-80.434	-3.967	103043	405	SENAMHI
Cañaverall	-80.661	-3.949	000136	145	SENAMHI
Chulucanas	-80.169	-5.102	000255	29	SENAMHI
El Salto	-80.322	-3.441	103041	6	SENAMHI
El Tigre	-80.450	-3.767	103016	61	SENAMHI
La Esperanza	-81.068	-4.932	104090	6	SENAMHI
Lancones	-80.491	-4.576	104016	123	SENAMHI
Mallares	-80.746	-4.864	104079	29	SENAMHI
Matapalo	-80.203	-3.678	103008	70	SENAMHI
Miraflores	-80.627	-5.169	105100	30	SENAMHI
Morropón	-79.984	-5.184	105106	109	SENAMHI
Pananga	-80.898	-4.559	152101	480	SENAMHI
Papayal	-80.237	-3.576	103040	45	SENAMHI
Partidor	-80.254	-4.644	104084	250	SENAMHI
Rica Playa	-80.458	-3.813	103036	113	SENAMHI
Saucillo(Alamor En)	-80.199	-4.281	M0437	328	INAMHI
Zapotillo	-80.232	-4.304	M0151	223	INAMHI
Cañaverall - Ecuador	-80.410	-4.076	M1159	717	INAMHI
Mangahurquillo	-80.274	-4.052	M1164	272	INAMHI
Marcabeli	-79.909	-3.783	M0181	520	INAMHI

Estación	Longitud (o)	Latitud (o)	Código	Altitud (msnm)	Fuente
Paletillas	-80.273	-4.166	M1166	505	INAMHI
Portovelo	-79.619	-3.711	M0479	747	INAMHI
Sabanilla-Predesur	-80.124	-4.199	M0765	710	INAMHI
Sabiango Inamhi	-79.810	-4.361	M0439	700	INAMHI
San Ignacio	-78.997	-5.145	105058	740	SENAMHI
Mercadillo	-79.985	-4.019	M0762	1142	INAMHI
Alamor	-80.025	-4.021	M0435	1250	INAMHI
Celica	-79.951	-4.104	M0148	1904	INAMHI
El Almendral - Granja Almendral	-79.795	-4.044	M1242	1088	INAMHI
El Ingenio	-75.432	-4.414	M1128	1209	INAMHI
El Lucero Inamhi	-79.472	-4.400	M0433	1180	INAMHI
Pozul Colegio Agrop.Rodriguez	-80.059	-4.118	M1213	1739	INAMHI
Santo Domingo	-79.884	-5.034	105014	1475	SENAMHI
Sausal de Culucan	-79.779	-4.763	104059	1015	SENAMHI
El Tambo-Loja	-79.374	-4.073	M0759	1601	INAMHI
Gualel	-79.372	-3.767	M1162	2494	INAMHI
La Toma-Catamayo	-79.371	-3.993	M0060	1230	INAMHI
Catacocha	-79.644	-4.056	M0515	1808	INAMHI
Changaimina	-79.524	-4.218	M0756	1988	INAMHI
El Cisne	-79.427	-3.852	M0542	2348	INAMHI
Lauro Guerrero	-79.759	-3.968	M0760	1945	INAMHI
Nambacola-Colegio Agrop.Cueva	-79.433	-4.141	M1214	1835	INAMHI
San José (Predesur)	-79.492	-3.819	M1101	1623	INAMHI
Saraguro	-79.234	-3.612	M0142	2525	INAMHI
Amaluza Inamhi	-79.431	-4.585	M0150	1672	INAMHI
Ayabaca	-79.729	-4.644	104058	2830	SENAMHI
Cajanuma	-79.349	-4.139	M0543	2420	INAMHI
Cariamanga	-79.554	-4.333	M0146	1950	INAMHI
Chalaco	-79.830	-5.034	105016	1791	SENAMHI
Colaisaca	-79.693	-4.317	M0544	2410	INAMHI
Gonzanama	-79.420	-4.230	M0149	2041	INAMHI
Jimbura	-79.465	-4.628	M0438	2100	INAMHI
La Argelia-Loja	-79.201	-4.036	M0033	2160	INAMHI
Malacatos	-79.273	-4.216	M0143	1453	INAMHI
Pacaypampa	-79.667	-4.984	104023	2315	SENAMHI
Quilanga	-79.402	-4.295	M0241	1956	INAMHI
Quinara Inamhi	-79.243	-4.313	M0145	1559	INAMHI
Salala	-79.458	-5.102	105096	2800	SENAMHI
Yangana	-79.175	-4.368	M0147	1835	INAMHI

2.3 Códigos en R

Se ha utilizado el programa a R, el cual es libre diseñado para el análisis estadístico descargable de <https://www.r-project.org/> Ver Figura 2. Se ha utilizado para el análisis exploratorio de datos de precipitación, funciones para la interpolación de la precipitación y generación de SPI.

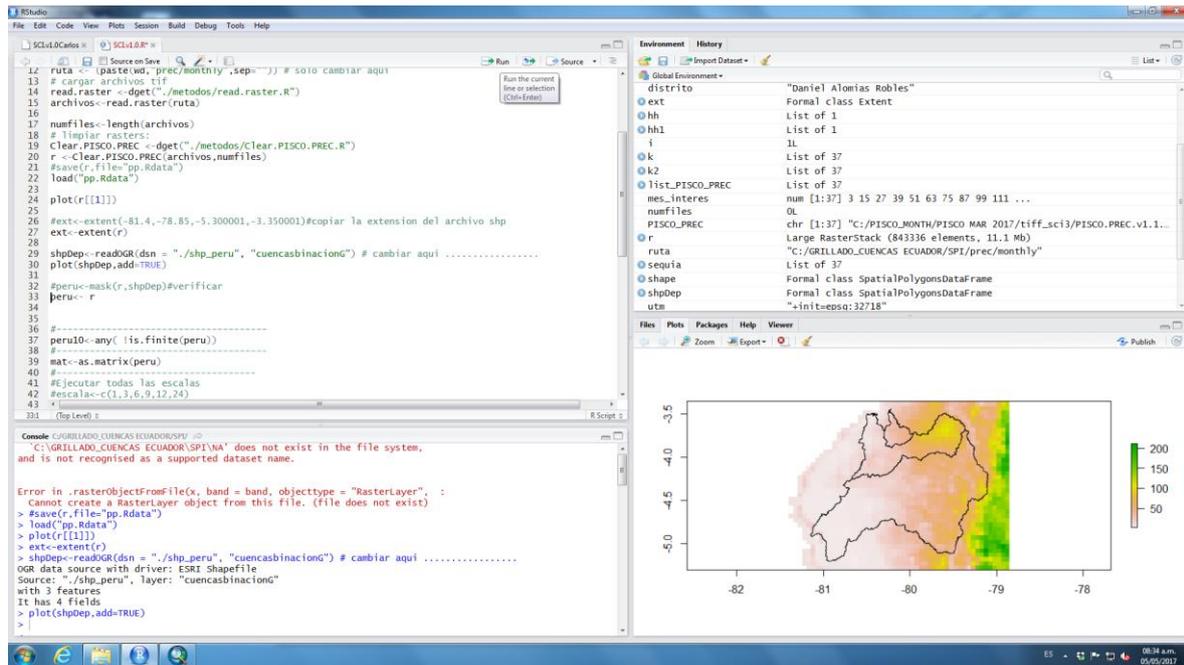


Figura 2. Salidas de Códigos en R

3. Metodología

3.1 Técnicas de acoplamiento de datos de Pluviómetros y Satelital

3.1.1 Modelamiento Lineal

Las estimaciones de satélite son extraídas en la localización de las estaciones in-situ (VCS, valores colocados del satélite), y un modelo lineal (LM) entre ambas es ajustado usando mínimos cuadrados mediante la ecuación 1.

$$Z_g = aZ_{s,g} + b \tag{1}$$

Donde:

- Z_sg : son los VCS del ámbito de estudio,
- Zg : los datos observados y
- a, b : los parámetros del modelo lineal.

3.1.2 Corrección del BIAS

Esta técnica de acoplamiento consiste en estimar un ratio, basado en la sumatoria de los VCS entre la suma los valores de precipitación de las estaciones *in-situ*, este ratio es aplicado de forma constante en todo el espacio analizado expresado con la ecuación 2.

$$BC = \frac{\sum_{j=1}^N Z_G(x_j)}{\sum_{j=1}^N Z_S(x_j)} \tag{2}$$

Donde:

- N : es el número de estaciones utilizadas y
- Z_G(x_j) y Z_S(x_j) : son los valores de precipitación diaria correspondiente para la estación j.

3.1.3 Inverso a la Distancia Ponderada

La técnica de interpolación Inverso a la distancia ponderada (IDW) estima los valores de precipitación en todo el ámbito de estudio en función a la correlación espacial entre las mismas estaciones y la obtención de un coeficiente de ponderación. Siendo obtenido en función al menor RMSE (error cuadrático medio) conseguido de la validación cruzada *leave-one-out*.

3.1.4 Regresión con inverso a la distancia ponderada

La diferencia (residual) entre los valores de precipitación de las estaciones *in situ* y el VCS son interpolados por IDW, obteniéndose una superficie de residuales en todo el ámbito de estudio. La Regresión con inverso a la distancia ponderada (RIDW) es obtenido sumando los residuales a los resultados obtenidos mediante Modelamiento Lineal. Para más detalle ver Dinku et al., 2014.

3.1.5 Kriging Ordinario

La técnica de acoplamiento Kriging genera superficie de precipitación bajo los supuestos estacionariedad espacial. Kriging ordinario (KO) calcula el mejor juego de parámetros a partir de la minimización de la variancia y cumple el insesgamiento de los parámetros. En este Estudio nosotros asegurados el supuesto de estacionariedad espacial mediante la conversión de los datos a un espacio normal, a través del normal *score transform* y luego de la interpolación utilizamos *back transformed* para transformar a datos reales de precipitación. La definición del variograma se realizó de forma automática usando la librería *automap* del lenguaje de programación R.

3.1.6 Kriging con deriva externa

A diferencia del KO, kriging con deriva externa (KED) asume que la estacionariedad de la variable a interpolar puede ser representada por otra variable. La elección de la segunda variable fue determinado mediante la correlación de *pearson*, y al ser la precipitación diaria altamente variable en el espacio la única covariable que presenta un grado de significancia estadística positiva fue la información satelital de Precipitación, siendo en particular para este estudio, el CHIRP.

3.2 Interpolación de datos de precipitación cuencas Perú Ecuador

En este Estudio, comparamos el performance de 6 técnicas de acoplamiento: 1) ML, 2) BC, 3) IDW, 4) RIDW, 5) KO y 6) KED. Todas las técnicas de interpolación son implementadas y evaluadas para todos los días del 1 de enero de 1981 hasta el 30 de abril de 2016. Con respecto al RIDW y IDW, se utilizó los resultados de la validación cruzada para establecer el mejor parámetro de potencia; para el caso del KO y KED, el ajuste del variograma experimental al teórico se realizó considerando la minimización del *sum of squares errors (SSErr)*, además, los intervalos de distancia (*bins*) fueron previamente definidos, siendo las distancias establecidas 5, 10, 20, 35, 50, 70, 90, 110, 130, 150 y 200 km. Cabe indicar, que para los días ó meses en los que no se detectó lluvia en la red pluviométrica se realizó automáticamente IDW sin considerar la deriva satelital, esto es explicado a la imposibilidad de ajustar un modelo de regresión y en el caso de kriging se formaría una matriz singular.

La elección de la técnica de interpolación que mejor se adecua al ámbito de estudio fue basado en los resultados obtenidos por la validación cruzada *leave-one-out* siendo analizados para cada día (Manz et al., 2016; Nerini et al., 2015). La información satelital empleada fue proveniente del *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation (CHIRP)*, Funk et al., 2015), esto debido a su buena performance en regiones de parecidas condiciones físicas y climáticas (Dembélé & Zwart, 2016; Javier et al., 2016), además, de proveer una serie histórica larga, ideal para estudios de sequía. Finalmente, la técnica de interpolación RIDW (*Regression Inverse Distance Weigthing*) fue la que presenta un mejor performance respecto a las técnicas ML, BC, IDW, KO y KED.

3.3 Índice de precipitación estandarizado

El SPI fue propuesto por McKee et al. (1993), es un indicador meteorológico y responde a condiciones climáticas que han sido anormalmente secas o húmedas. Convierte los datos de precipitación en probabilidades, basado en registros de precipitación de largo plazo consiste en el ajuste de los datos de precipitación mensual a la función Gamma para definir la relación de probabilidad. Una vez que la relación de probabilidad fue establecida de registros históricos. Las probabilidades se transforman a series estandarizadas con una media de 0 y una desviación estándar

de 1. La principal ventaja del SPI es que permite el análisis de los impactos de sequías (Edwards y McKee, 1997), facilitando la identificación de los diferentes tipos de sequía. Varios estudios han demostrado la respuesta en la agricultura (Quiring an d Ganesh, 2010) y variables ecológicas (Vicente-Serrano, 2006) a diferentes escalas de tiempo del SPI. A partir del SPI se definieron las características de los períodos secos y húmedos; en términos duración, intensidad, severidad, frecuencia, numero de períodos, e inicio y fin de los episodios. Ver Figura 2.

- Duración se definió como el período consecutivo e ininterrumpido del evento en meses,
- Intensidad se definió como el valor más bajo del SPI para un episodio seco y el valor más alto del SPI para un episodio húmedo.
- Severidad se definió como la suma de los SPI de un episodio seco y como la suma de los SPI de un episodio húmedo.
- Frecuencia es el número de casos que se producen en una muestra.
- Intervalo de recurrencia, se definió como el tiempo (meses) comprendido entre el final de un evento y el inicio de otro evento ó período. Un período seco o húmedo queda definido a partir de tres meses continuos de duración.

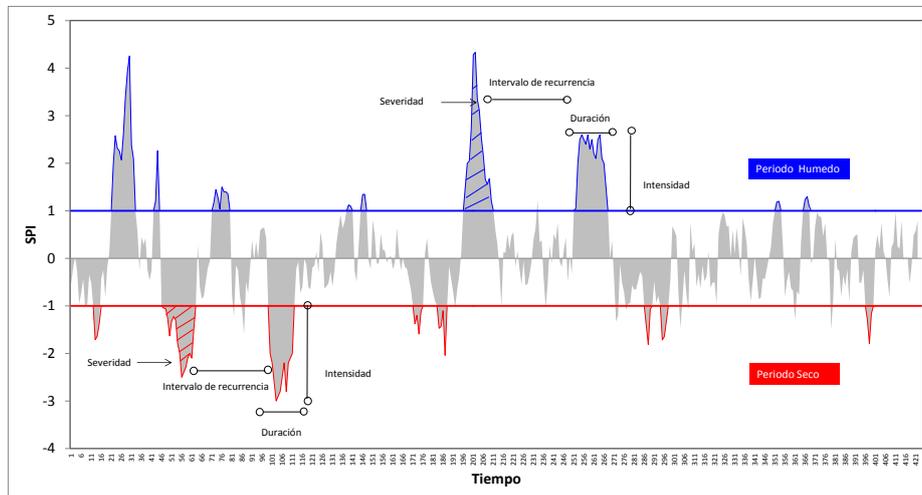


Figura 3. Características de la sequía
Fuente: Elaboración propia

Las categorías del SPI adoptados se basan en los criterios establecidos en la Tabla 2 por McKee et al. (1993), cabe mencionar que SENAMHI actualmente viene utilizando en el Monitoreo Nacional de Sequía. El período seco se inicia cuando el valor del SPI es negativo menor a -1 y termina cuando retoma el valor positivo y el período húmedo se inicia cuando el valor del es positivo y mayor a +1.

Tabla 2. Clasificación de las sequías según SPI

Valores SPI	Calificación
2 a mas	Extremadamente Húmedo
1.5 a 1.99	Severamente Húmedo
1.0 a 1.49	Moderadamente húmedo
-1 a 1	Cercano Normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente seco
-1.5 a -1.99	Severamente Seco
-2 a menos	Extremadamente seco

3.4 Síntesis del enfoque metodológico

El enfoque metodológico comprende procesos de: a) control de calidad de datos basados en el método de vector regional utilizando el programa Hydraccess, b) completación de datos faltantes (método de imputación espacio-temporal Cutoff). Este nuevo método de imputación extiende la idea de los métodos: simple arithmetic averaging method (SAA), single best estimator (SBE) y normal ratio (NR), utilizando información espacio-temporal para imputar los valores perdidos. Para lograr esto se generan ratios a partir del análisis de la misma serie como de los vecinos contiguos en el espacio. Este método solo funciona para completación de datos mensuales. (Referencia: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216941400897X>); y c) Aplicación de la técnica de interpolación RIDW (Regression Inverse Distance Weigthing) por ser la más adecuada de escala mensual y grillado a 5km de resolución y d) estimación de SPI basado en el paquete SCI (Funciones para la generación de Índices Climáticos Estandarizados). SCI es una transformación climática de series de tiempo que elimina la estacionalidad y fuerza los datos a tomar una distribución normal estándar y e) estimación duración, intensidad, severidad, frecuencia, numero de períodos, e inicio y fin de los eventos mediante códigos en R.

Cabe indicar que se ha adoptado como concepto de “período seco” igual a tres a más meses consecutivos con déficit de precipitación y “período Húmedo” igual a tres a más meses consecutivos con exceso de precipitación.

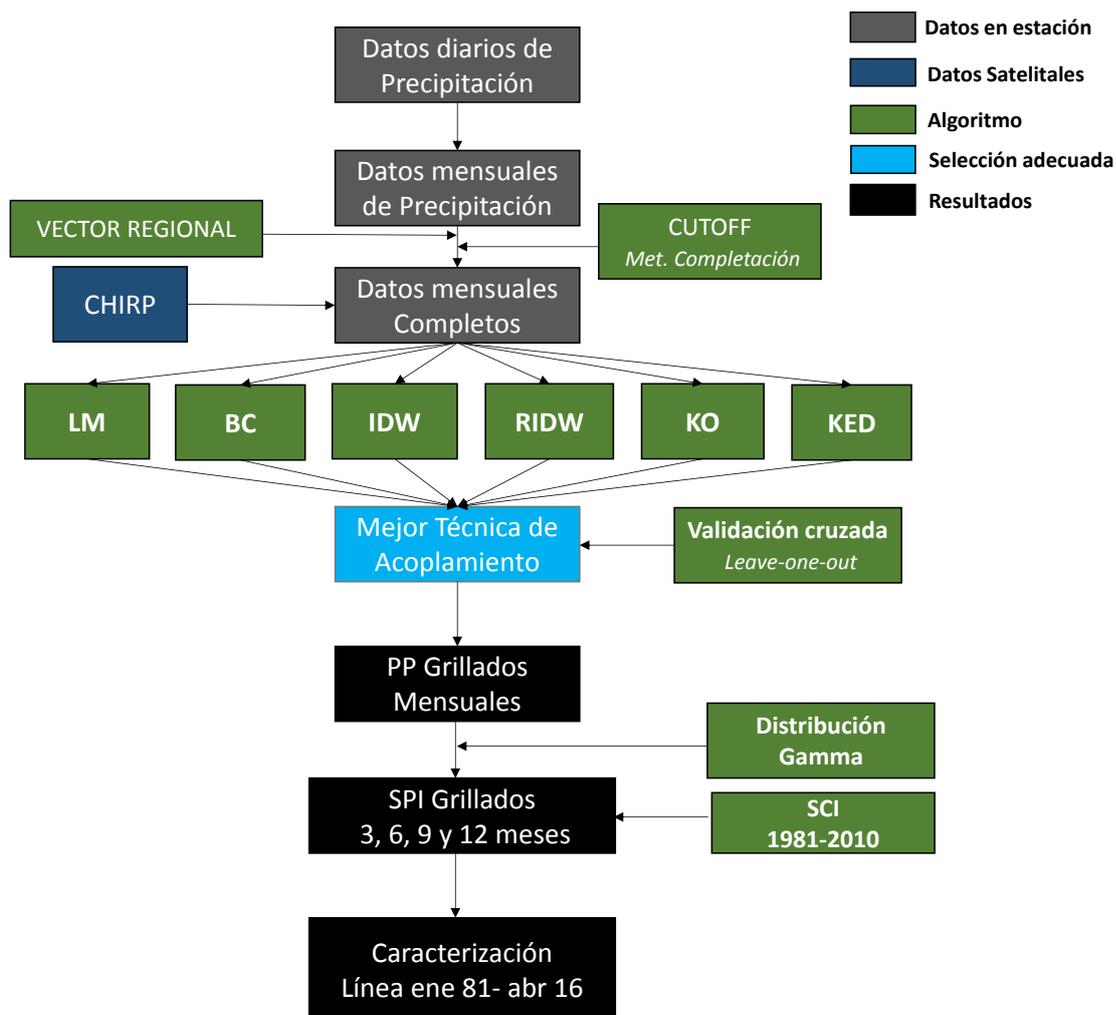


Figura 4. Flujograma metodológico sobre la caracterización de períodos secos y húmedos
Fuente: Aybar C., 2017 adaptado por Acuña, 2017

4. Resultados

4.1 Control de calidad de datos de precipitación

Del total de 60 estaciones se excluyeron 12 (estaciones Zapotillo, Cañaverel Ecuador, Mangahurquillo, Marcabeli, Paletillas, Portovelo, El Almendral – Granja Almendral, La Toma-Catamayo, San José (Predesur), Pozul Colegio Agro. Rodriguez, Gualel y Nambacola-Colegio Agrop.Cueva), por presentar longitudes menores a 10% de la información en el período de estudio ene 1981- abr 2016.

En la exploración de datos no se excluyó datos posiblemente dudosos como los registrados en el Niño 1982-83 y 1997-98 debido a que presentaron en estaciones vecinas y datos fue descartada este supuesto. Por tanto, las 48 estaciones se reagruparon en cinco grupos, mostrando información consistente, a excepción de cinco estaciones (Santo Domingo, San Ignacio, Ingenio, Quinara-Inamhi y Salala) que fueron excluidas por diferentes condiciones: provocar dispersión en grupo, muy distante del área de estudio y por no converger en un período en común. Luego de un proceso iterativo se obtuvo cinco grupos pluviométricos similares basados en 43 estaciones.

La Tabla 3 muestra las estaciones óptimas que conforman el Grupo 1, estas conservan el código de la base de datos creados, está constituido por ocho estaciones, con un DED grupal de 0.24, las cuales presentan una longitud de datos en común relativamente larga y la precipitación media anual varía de 311 y 823 mm. La Figura 5 muestra el vector regional del Grupo 1 sobre el período en común 1971-2014 y sobre la Figura 6 la curva de doble masa del Grupo 1 en éste no se observan quiebres abruptos respecto al vector confirmando su consistencia.

La Tabla 4 muestra las estaciones óptimas que conforman el Grupo 2, está conformada por ocho estaciones, con un DED grupal de 0.39 principalmente afectado por el Niño 1982 y 1998. La precipitación media anual varía de 131.3 y 706.7 mm. La Figura 7 muestra el vector regional del Grupo 2 sobre el período en común 1964-2014 y sobre la Figura 8 curva de doble masa del Grupo 2.

La Tabla 5 muestra las estaciones óptimas que conforman el Grupo 3, está conformada por siete estaciones, con un DED grupal de 0.22. La precipitación media anual varía de 339.3 y 1455.1 mm. La Figura 9 muestra el vector regional del Grupo 3 sobre el período en común 1964-2014 y sobre la Figura 10 curva de doble masa del Grupo 3.

La Tabla 6 muestra las estaciones óptimas que conforman el Grupo 4, está conformada por nueve estaciones, con un DED grupal de 0.17. La precipitación media anual varía de 796.5 y 1622.9 mm. La Figura 11 muestra el vector regional del Grupo 4 sobre el período en común 1964-2014 y sobre la Figura 12 curva de doble masa del Grupo 4.

La Tabla 7 muestra las estaciones óptimas que conforman el Grupo 5, está conformada por diez estaciones, con un DED grupal de 0.22. La precipitación media anual varía de 718.1 y 1456.2 mm. La Figura 13 muestra el vector regional del Grupo 5 sobre el período en común 1966-2014 y sobre la Figura 14 curva de doble masa del Grupo 5.

La Figura 15 muestra la distribución espacial de los cinco grupos pluviométricos en el ámbito de las cuencas de norte a sur Zarumilla, Puyango Tumbes y Catamayo Chira.

Tabla 3. Estaciones que conforman el Grupo 1

Estación	Código	N° Años	Coefficiente de Variación	Media Observada	Correlación/Vector
Cañaverall	000136_P_JPD_(mm)	9	0.524	310.6	0.905
Matapalo	103008_P_JPD_(mm)	12	0.273	721.0	0.889
El Tigre	103016_P_JPD_(mm)	30	0.844	443.8	0.984
Rica Playa	103036_P_JPD_(mm)	26	1.084	496.1	0.982
Puerto Pizarro	103038_P_JPD_(mm)	27	1.305	359.1	0.978
Papayal	103040_P_JPD_(mm)	27	0.591	406.2	0.942
El Salto	103041_P_JPD_(mm)	23	0.684	358.4	0.889
Cabo Inga	103043_P_JPD_(mm)	15	0.49	823.0	0.958
Saucillo(Alamor En)	M0437_P_JPD_(mm)	26	0.66	638.5	0.896
D.E. Desvíos = 0.24					

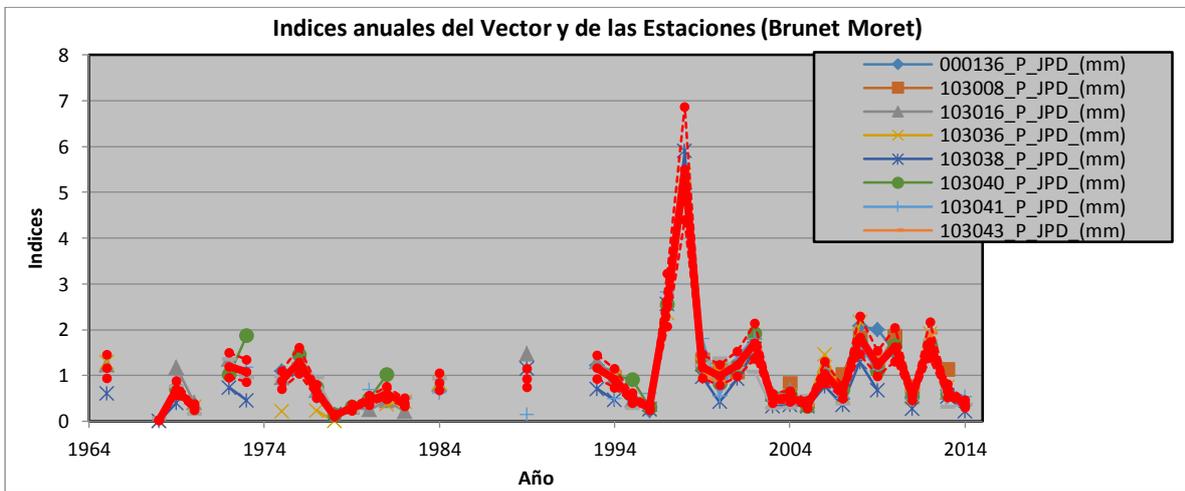


Figura 5. Vector regional de la precipitación con las mejores estaciones del Grupo 1

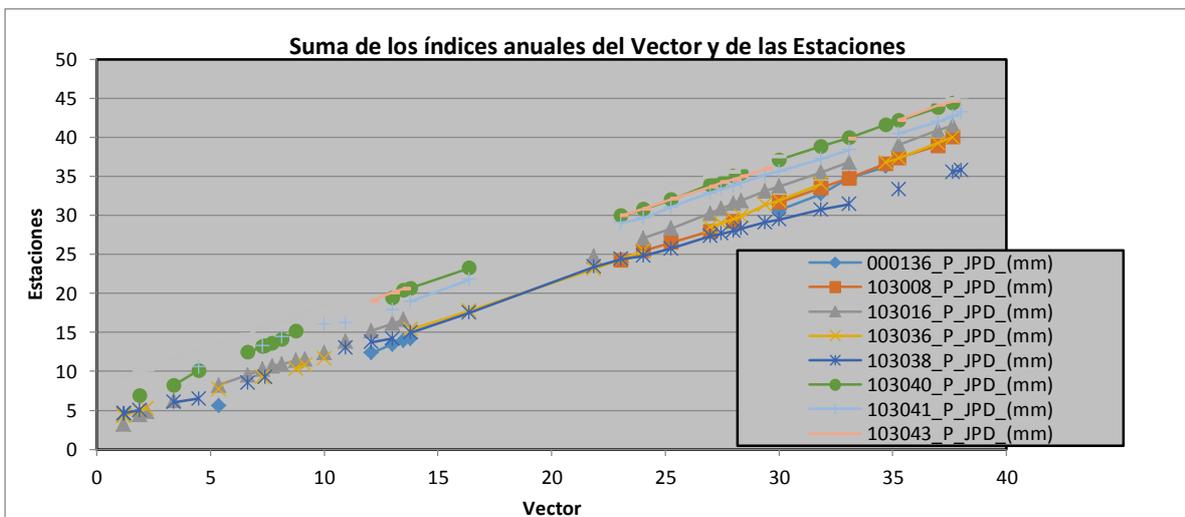


Figura 6. Curva de masa de índices de precipitación de las mejores estaciones del Grupo 1

Tabla 4. Estaciones que conforman el Grupo 2

Estación	Código	N° Años	Coefficiente de Variación	Media Observada	Correlación/Vector
Chulucanas	000255_P_JPD_(mm)	8	1.98	706.7	1.000
Lancones	104016_P_JPD_(mm)	36	1.857	418.1	0.992
Mallares	104079_P_JPD_(mm)	27	1.996	169.1	0.994
Partidor	104084_P_JPD_(mm)	17	0.831	385.4	0.981
La Esperanza	104090_P_JPD_(mm)	19	3.128	131.3	0.986
Miraflores	105100_P_JPD_(mm)	30	2.246	224.7	0.989
Morropón	105106_P_JPD_(mm)	38	1.171	431.4	0.936
Pananga	152101_P_JPD_(mm)	24	1.98	340.2	0.990
D.E. Desvíos = 0.39					

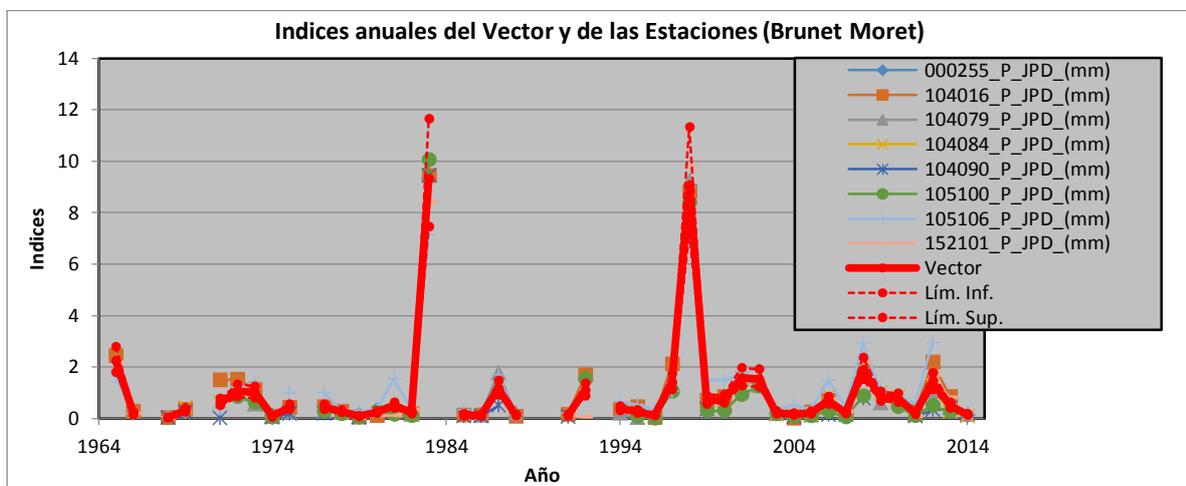


Figura 7. Vector regional de la precipitación con las mejores estaciones del Grupo 2

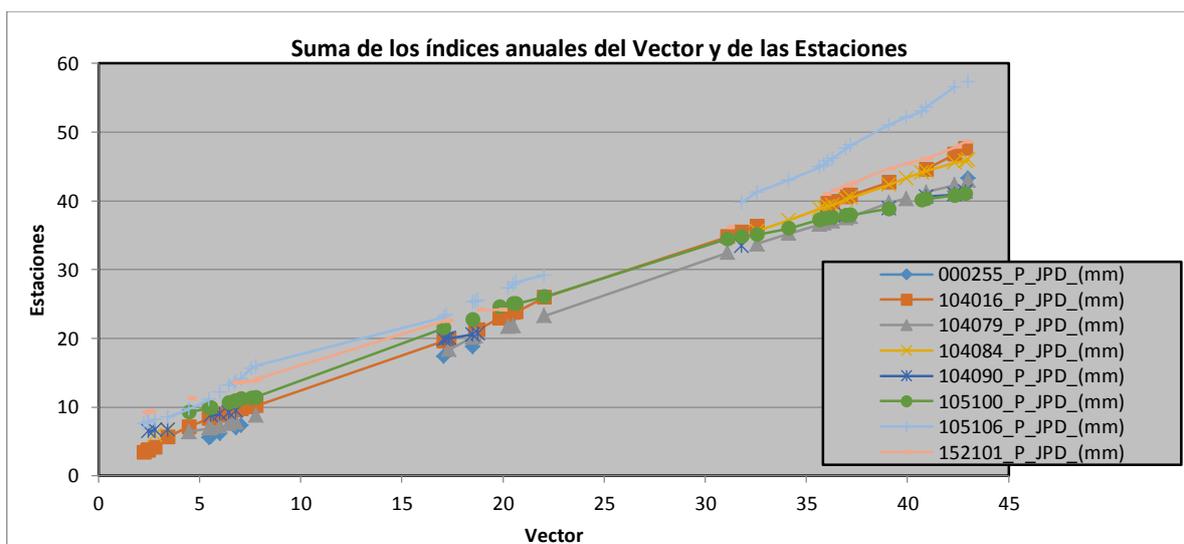


Figura 8. Curva de doble masa de índices de precipitación de las mejores estaciones del Grupo 2

Tabla 5. Estaciones que conforman el Grupo 3

Estación	Código	N° Años	Coefficiente de Variación	Media Observada	Correlación/Vector
Sausal de Culucan	104059_P_JPD_(mm)	33	0.342	339.3	0.342
Chalaco	105016_P_JPD_(mm)	8	0.344	1091.9	0.344
Celica	M0148_P_JPD_(mm)	31	0.326	940.5	0.326
Alamor	M0435_P_JPD_(mm)	34	0.511	1236.8	0.511
Sabiango-Inamhi	M0439_P_JPD_(mm)	29	0.515	1319.2	0.515
Mercadillo	M0762_P_JPD_(mm)	28	0.42	1455.1	0.42
Sabanilla-Predesur	M0765_P_JPD_(mm)	31	0.665	941.0	0.665
D.E. Desvíos = 0.22					

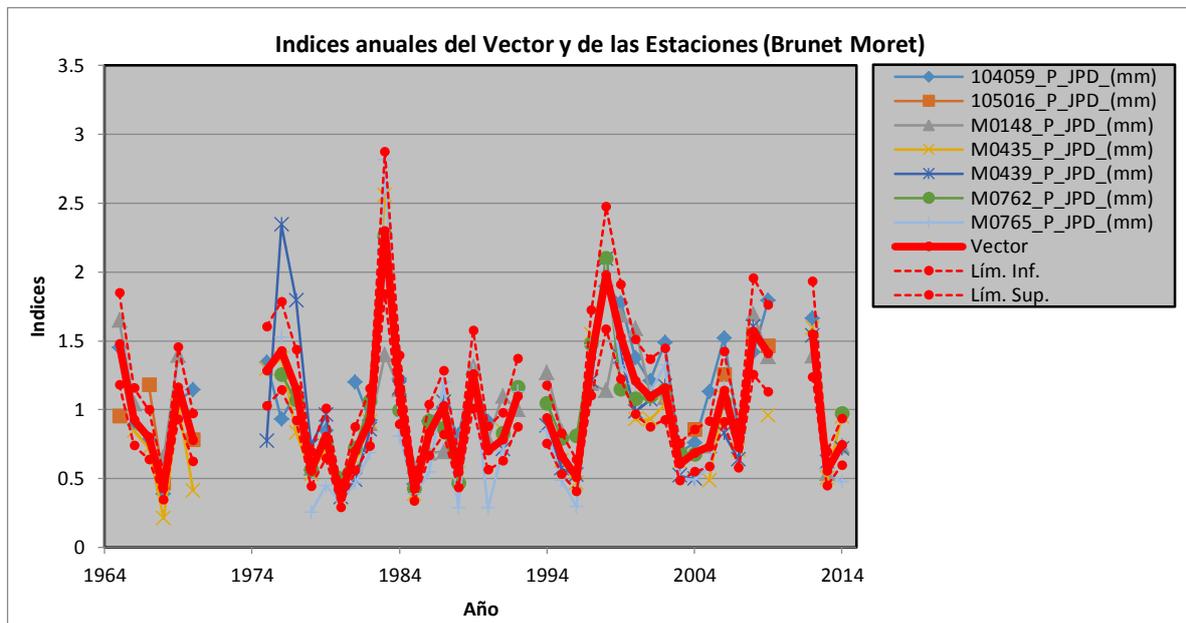


Figura 9. Vector regional de la precipitación de las mejores estaciones del Grupo 3

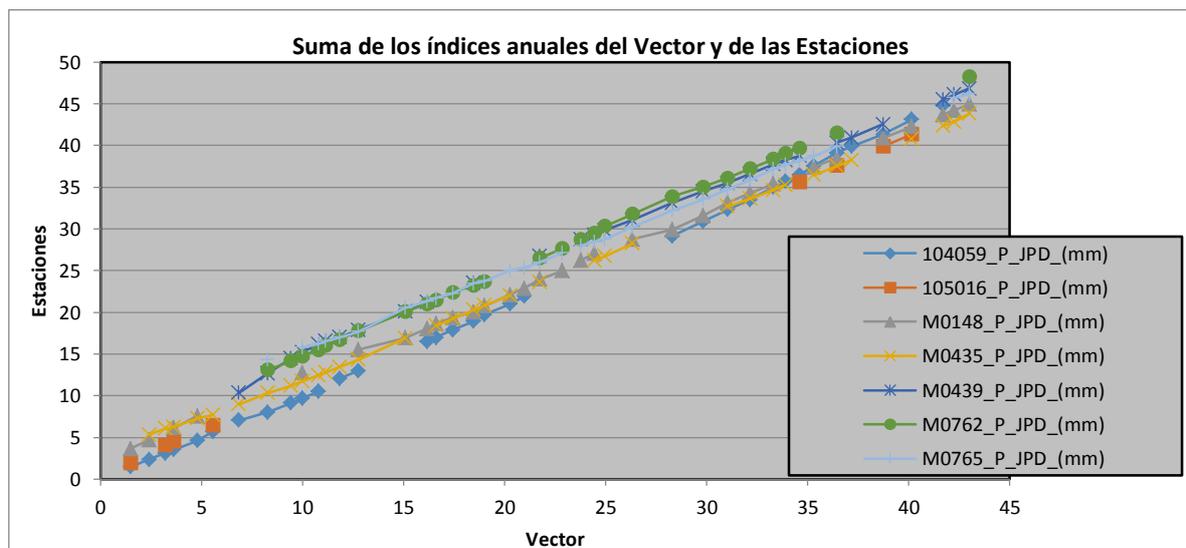


Figura 10. Curva de doble masa de índices de precipitación de las mejores estaciones del Grupo 3

Tabla 6. Estaciones que conforman el Grupo 4

Estación	Código	N° Años	Coefficiente de Variación	Media Observada	Correlación/Vector
Pacaypampa	104023_P_JPD_(mm)	27	0.314	1003.4	0.899
Ayabaca	104058_P_JPD_(mm)	38	0.336	1293.1	0.933
Saraguro	M0142_P_JPD_(mm)	18	0.148	796.5	0.512
Cariamanga	M0146_P_JPD_(mm)	16	0.316	1380.0	0.907
Catacocha	M0515_P_JPD_(mm)	31	0.317	951.4	0.881
El Cisne	M0542_P_JPD_(mm)	14	0.276	1069.6	0.552
Colaisaca	M0544_P_JPD_(mm)	25	0.411	1271.8	0.859
Changaimina	M0756_P_JPD_(mm)	25	0.418	1452.8	0.816
Lauro Guerrero	M0760_P_JPD_(mm)	28	0.294	1622.9	0.824
D.E. Desvíos = 0.17					

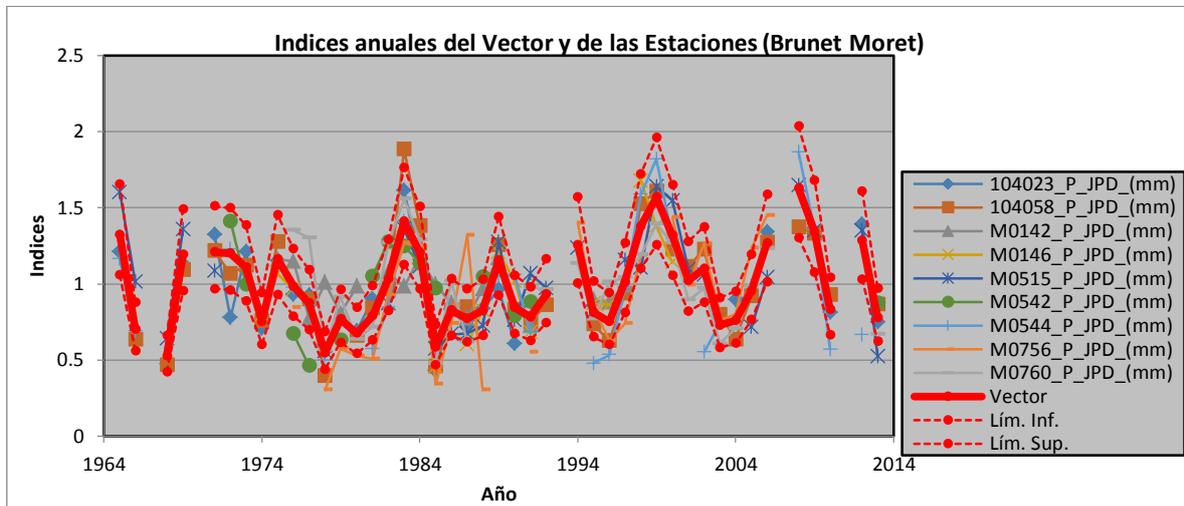


Figura 11. Vector regional de la precipitación de las mejores estaciones del Grupo 4

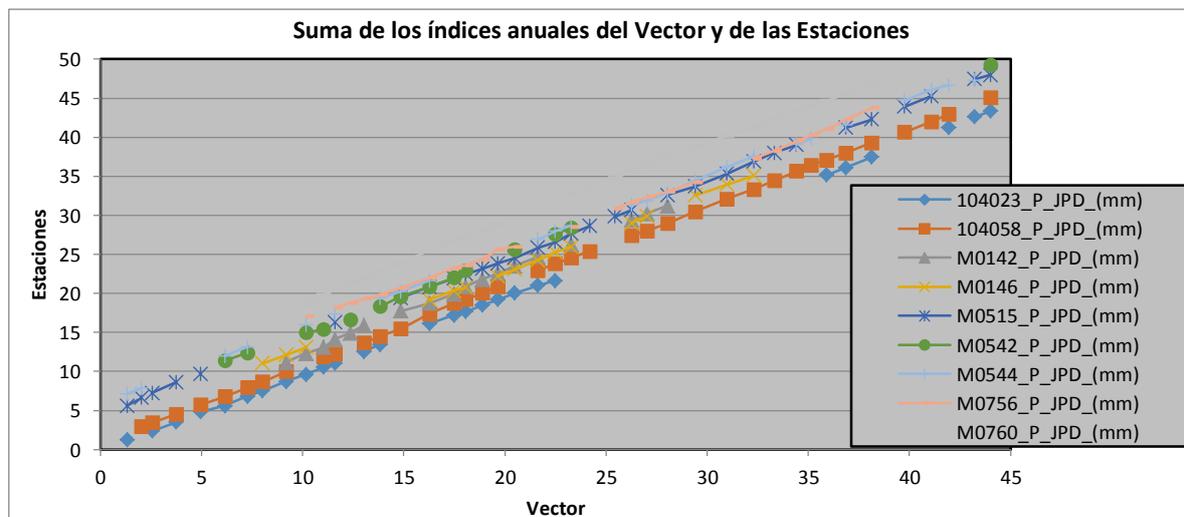


Figura 12. Curva de doble masa de índices de precipitación de las mejores estaciones del Grupo 4

Tabla 7. Estaciones que conforman el Grupo 5

Estación	Código	N° Años	Coefficiente de Variación	Media Observada	Correlación/Vector
La Argelia-Loja	M0033_P_JPD_(mm)	33	0.161	974.7	0.748
Malacatos	M0143_P_JPD_(mm)	21	0.23	718.1	0.894
Yangana	M0147_P_JPD_(mm)	20	0.262	1206.0	0.786
Gonzanama	M0149_P_JPD_(mm)	29	0.482	1394.8	0.836
Amaluza-Inamhi	M0150_P_JPD_(mm)	17	0.531	971.8	0.795
Quilanga	M0241_P_JPD_(mm)	9	0.176	1456.2	0.742
El Lucero Inamhi	M0433_P_JPD_(mm)	17	0.443	879.7	0.718
Jimburá	M0438_P_JPD_(mm)	25	0.317	1372.4	0.756
Cajanuma	M0543_P_JPD_(mm)	33	0.161	1147.5	0.638
El Tambo-Loja	M0759_P_JPD_(mm)	30	0.378	929.3	0.603
D.E. Desvíos = 0.22					

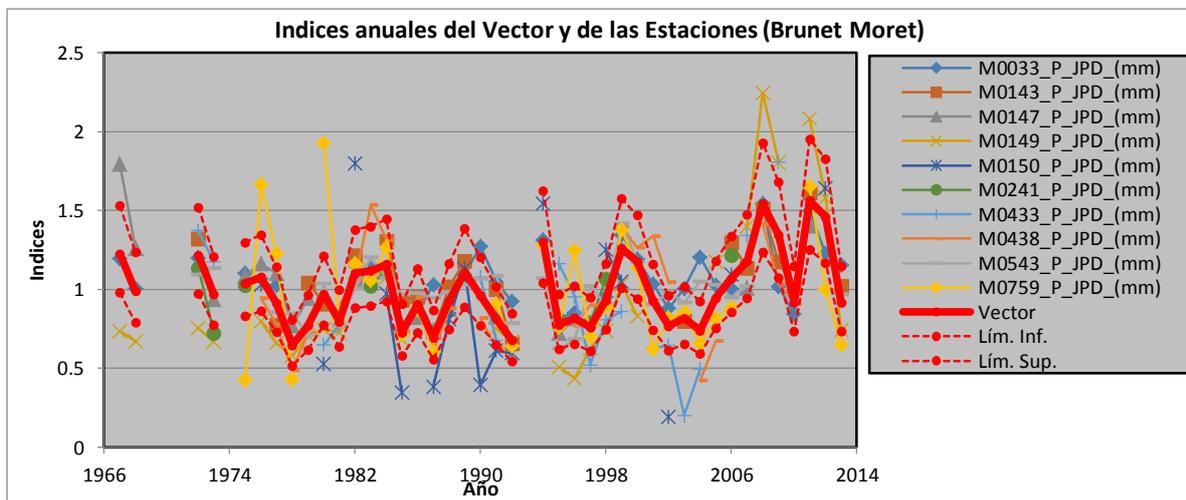


Figura 13. Vector regional de la precipitación de las mejores estaciones del Grupo 5

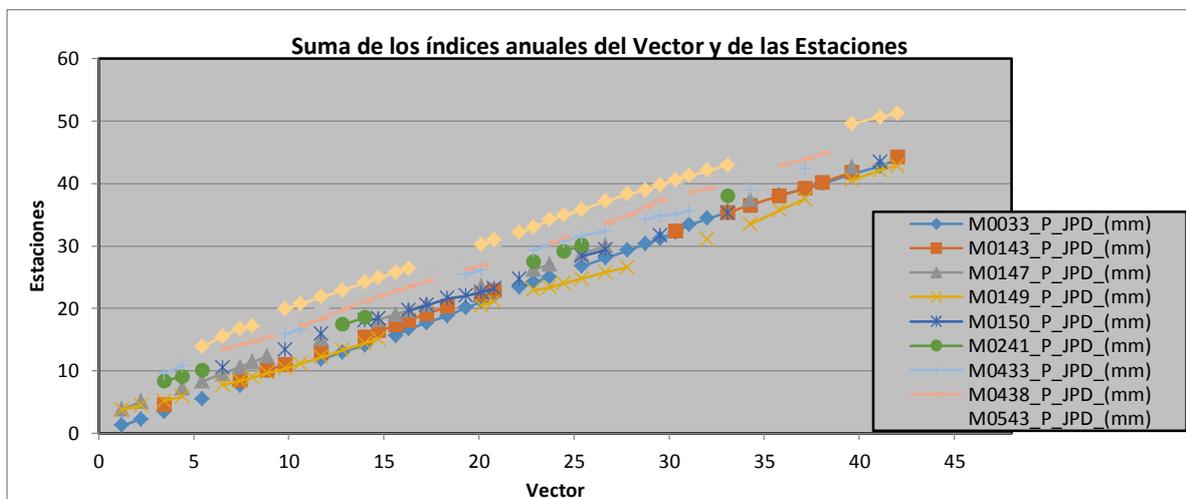


Figura 14. Curva de doble masa de índices de precipitación de las mejores estaciones del Grupo 5

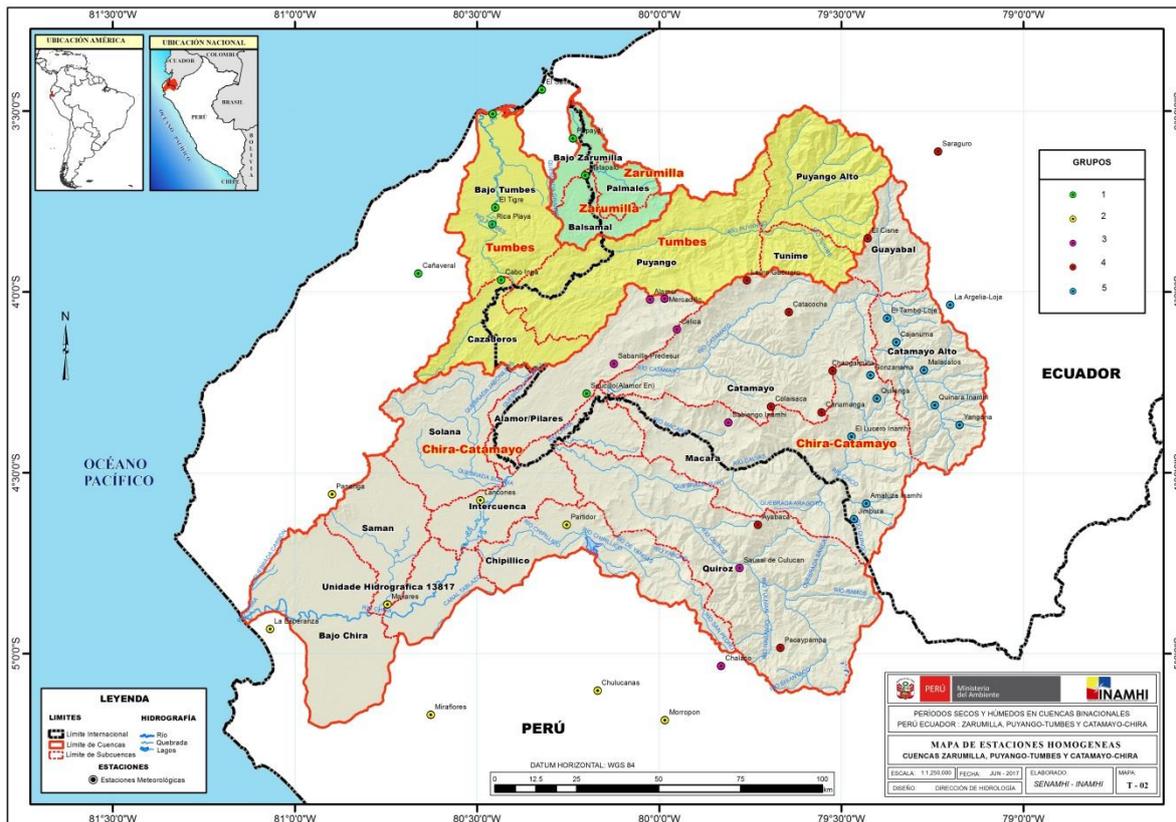


Figura 15. Mejores estaciones de cada grupo pluviométrico

4.2 Interpolación de precipitación a paso diario Vs. Paso mensual

La base de datos de precipitación se realizó la interpolación considerando dos escenarios a) primera aproximación, interpolación de la precipitación a paso diario y acumular para obtener la precipitación mensual y b) Segunda aproximación, interpolación directa de la precipitación de paso mensual (total mensual acumulado).

El uso de la técnica de interpolación RIDW (Regression Inverse Distance Weigthing) respecto a BC, IDW, KED, KO y LM presenta un mejor performance ya sea al analizar toda la serie, solo analizando la época seca o húmeda, sin embargo, este no es mucho mayor a las otras técnicas de interpolación sin uso de deriva satelital, para el caso de interpolación de datos diarios ha presentado un error promedio de 3.8 mm, 7.1 mm para la época húmeda y 3.4 mm para la época seca, los valores altos que se presentan al usar BC son explicados por la heterogeneidad del ámbito de estudio que genera subestimaciones en la cabecera de cuenca y sobreestimaciones en la costa; y para el caso de interpolación de datos mensuales el uso de RIDW también presenta mejor performance respecto a las técnicas de interpolación BC, IDW, KED, KO y LM; en el análisis de toda la serie resulta un error promedio de 55.0 mm, 78.0 mm para la época húmeda y 32.0 mm para la época seca (Figura 16).

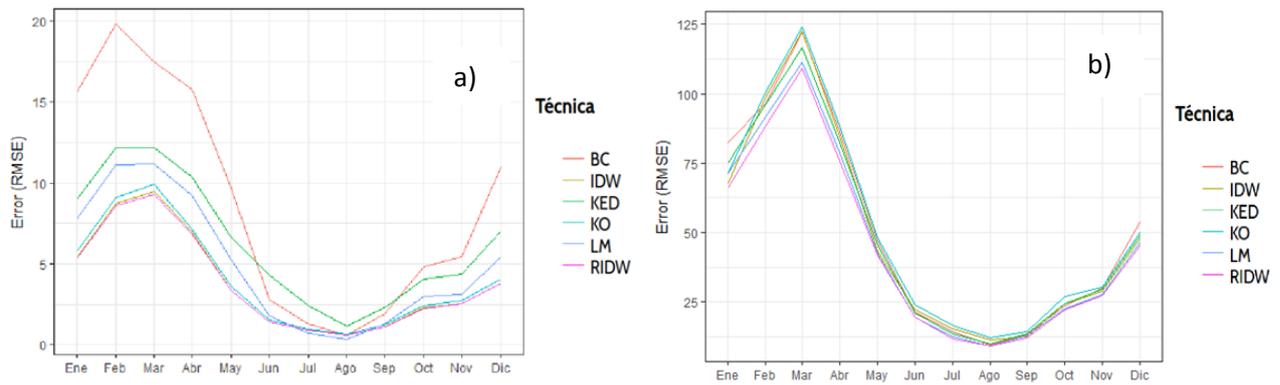


Figura 16. Comparación de métodos de interpolación en puntos de estaciones promedio a) Primera aproximación de Precipitación acumulada a Paso diario b) Segunda aproximación Precipitación de Paso mensual

Fuente: Aybar, C. 2017

Por tanto, las Precipitación diarias siguen un patrón poco esclarecido que puede ser considerado aleatorio, al analizar distintas covariables como la elevación y los valores de precipitación del CHIRP vimos que estos no guardan una robusta correlación, siendo incluso, para algunos días no significativa esto puede apreciarse en la Figura 17, donde vemos que la correlación promedio de los valores diarios fluctúan alrededor de 0.15, con respecto a las Precipitación mensuales el panorama es más alentador donde la correlación es alrededor de 0.65, por tanto existe una mejor correlación a paso mensual, no siendo un tema nuevo y ha sido ampliamente citado (Javier et al. 2016; Prakash et al. 2016; Scheel et al. 2010; Tang et al. 2016).

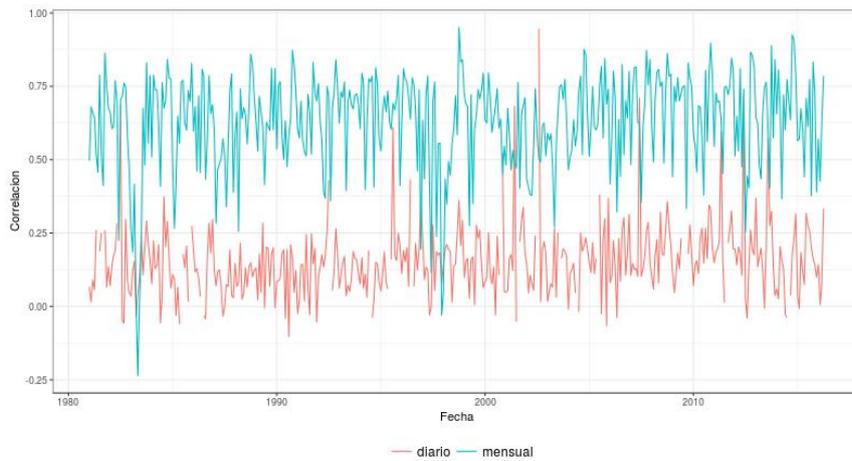


Figura 17. Índice de correlación del promedio de estaciones a Paso diario y Paso mensual

4.3 Delimitación de subcuencas

La delimitación de subcuencas se ha realizado considerando la delimitación de cuencas de nivel 5 del ANA, 2008 y apoyo del programa Arc hydro e imágenes de Google Earth, el total de unidades hidrográficas delimitadas es 20. La Figura 18 muestra la extensión superficial en km² de cada subcuenca, las subcuenca Bajo Zarumilla, Basamal y Palmares (3/20) se emplazándose en la cuenca Zarumilla, las subcuencas Palmares, Puyango, Bajo Tumbes, Puyango Alto y Cazaderos (5/20) en la cuenca Puyando Tumbes y las subcuencas U.H. 13817, Bajo Chira, Chipillico, Samán, Quiroz, Intercuenca, Solana, Macara, Catamayo Alto, Alamor, Catamayo y Guayalel (12/20) en la cuenca Chira Catamayo, distribuidos de derecha a izquierda.

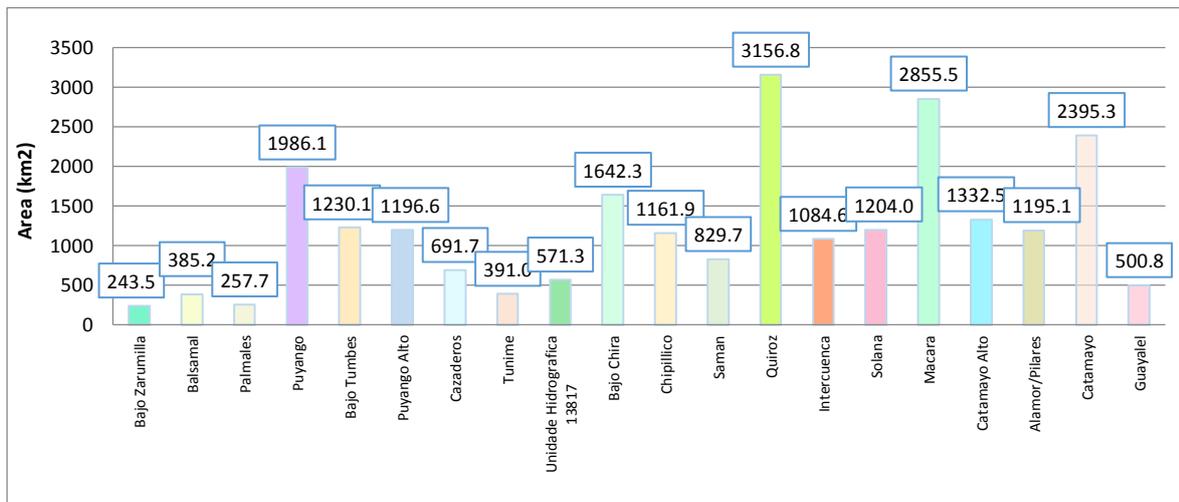
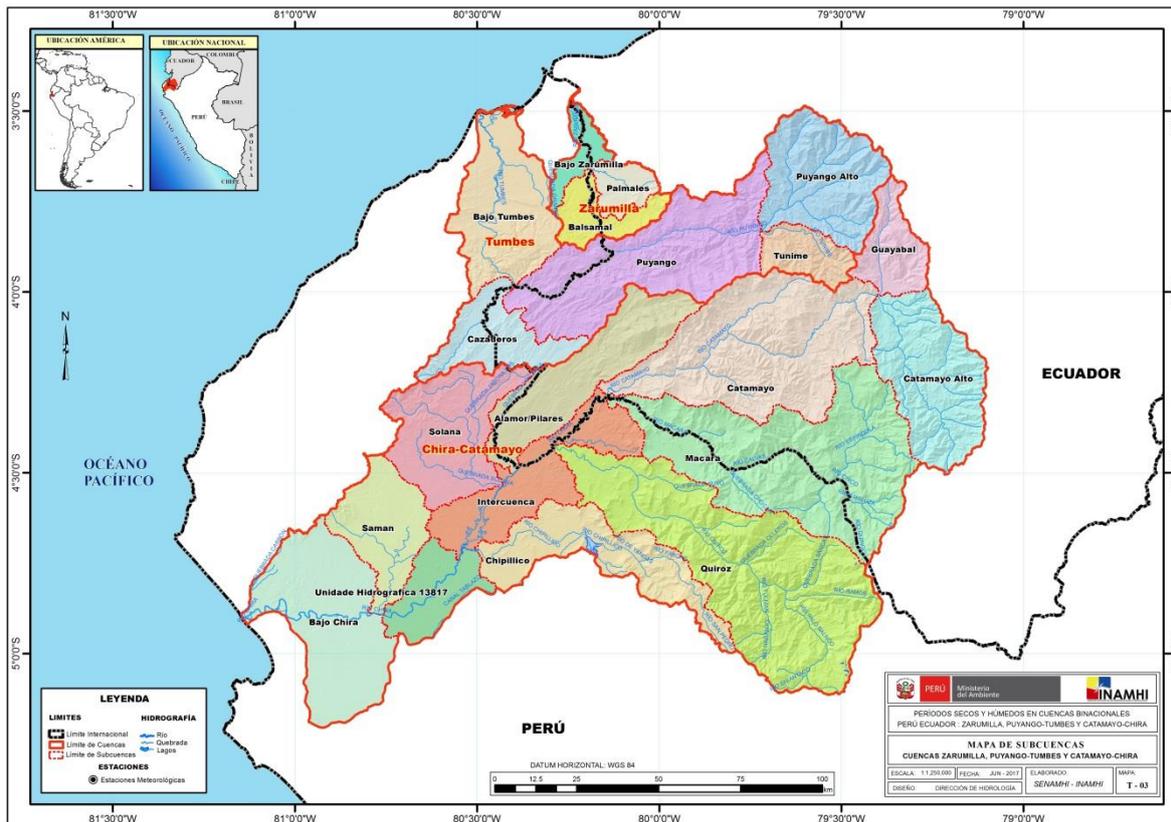


Figura 18. Subcuenclas delimitadas en el área de estudio

4.4 Análisis de precipitación

La precipitación media anual para toda la cuenca Zarumilla, Puyango Tumbes y Chira Catamayo alcanza valores de 994.5 mm, 1075.9 mm y 856.3 mm respectivamente, la cual se distribuye mensualmente según detalle que se presenta en la Tabla 8 y Figura 19 Respecto a las precipitaciones estacionales en promedio en las tres cuencas el 47% de la precipitación anual se concentra en el trimestre MAM (marzo, abril y mayo), mientras que en el trimestre más seco JJA (junio, julio y agosto), la precipitación acumulada representa el 2%. Los valores acumulados de las Precipitación del trimestre DEF la precipitación acumulada representa el 43% y SON a la precipitación acumulada representa el 7%. El mes más lluvioso es marzo y el más seco agosto.

Tabla 8. Precipitación media a escala de cuenca

CLIMATOLOGÍA DE LA PRECIPITACIÓN (mm) PERÍODO 1981-2015													
CUENCA	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Zarumilla	9.2	29.0	55.4	63.5	107.8	174.2	216.8	128.1	49.8	12.2	6.7	3.8	994.5
Puyango Tumbes	8.2	19.7	34.9	73.5	154.8	245.7	274.5	176.1	65.8	14.9	5.3	2.6	1075.9
Chira Catamayo	5.3	12.2	25.8	60.1	149.8	244.0	260.8	155.8	55.4	16.0	6.1	3.2	856.3

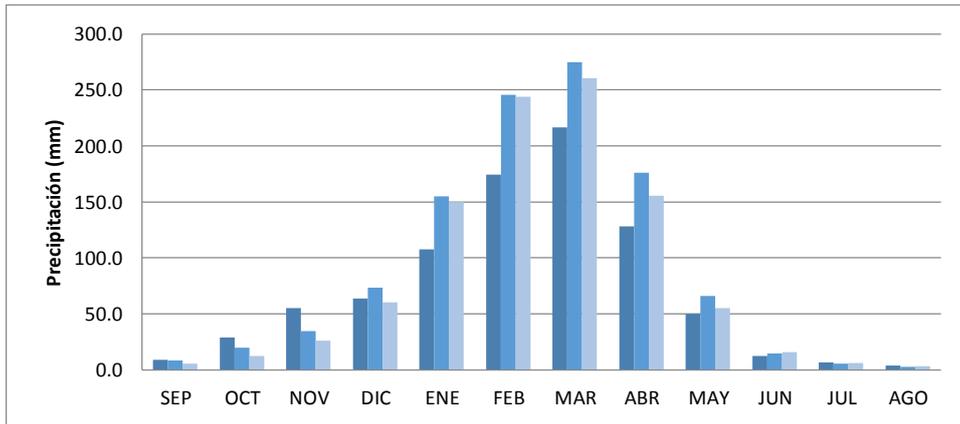


Figura 19. Precipitación media en cuencas Zarumilla, Puyango Tumbes y Catamayo Chira

La Figura 20 muestra el comportamiento de la precipitación anual en las cuencas en estudio, varía de 200 mm en la desembocadura con el Océano Pacífico a 1715 mm hacia la divisoria de cuenca, el promedio multianual de las precipitación es presenta valores que superan los 1000 mm/año en el sector oriental que comprende las partes altas de las cuenca (zona de Ecuador). En la zona occidental de las cuencas, las precipitación es son del orden de 200-800 mm/año.

En el Anexo - MAPAS se muestra los mapas de precipitación total mensual de enero a diciembre y anual representativos del periodo 1981-2015, así como la precipitación en años Niños como 1982, 1983, 1997, y 1998 siendo estos de gran impacto en el área de estudio.

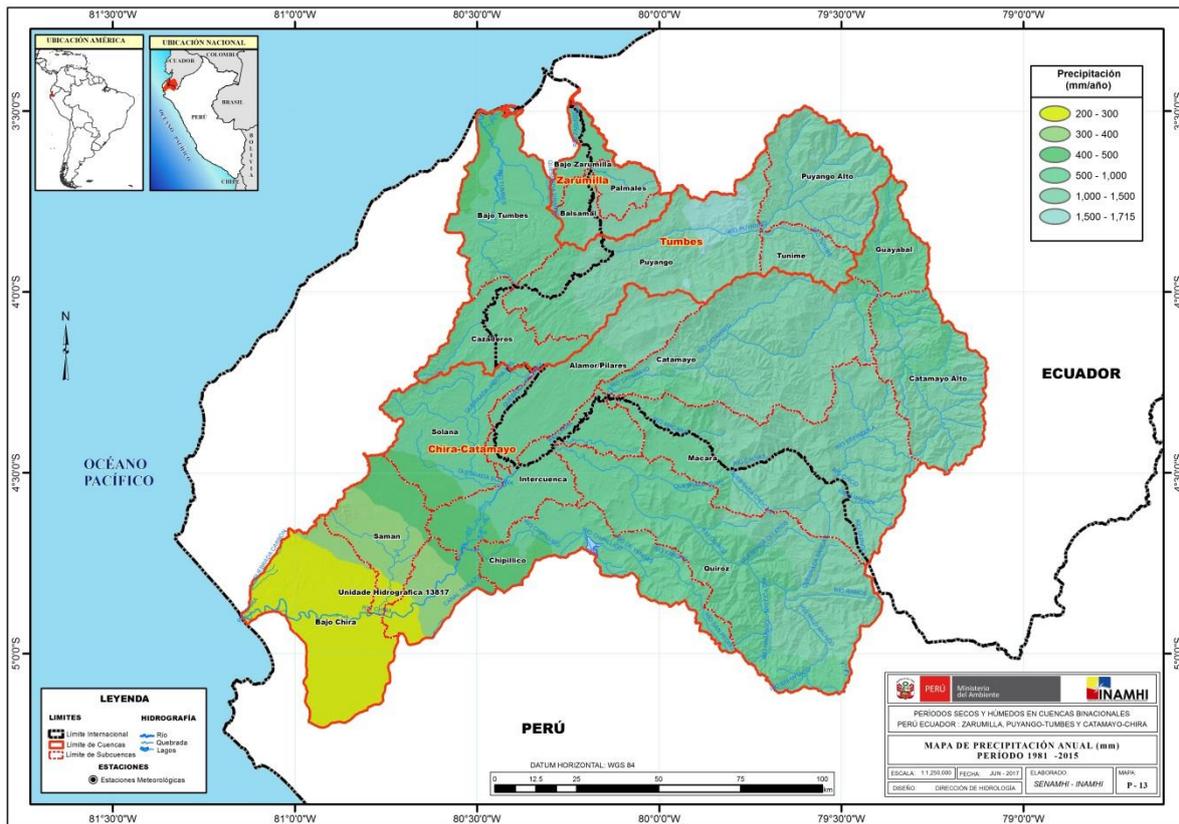


Figura 20. Distribución espacial de la Precipitación anual en cuencas Zarumilla, Puyango Tumbes y Catamayo Chira

El análisis a nivel de subcuencas ha permitido identificar que la subcuenca Puyango presenta la mayor precipitación anual con 1114.7 mm; y la menor precipitación anual se presenta en el Bajo Chira con 245.4 mm, tal como se presenta en la Tabla 9 y Figura 21.

Tabla 9. Precipitación media a escala de subcuenca

PRECIPITACIÓN MEDIA MULTIMENSUAL PERÍODO 1981-2015													
SUBCUENCA	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Bajo Zarumilla	4.3	8.8	16.2	48.4	131.8	198.8	210.9	120.7	42.1	12.9	5.6	2.8	725.7
Balsamal	5.2	12.2	16.7	63.1	149.5	261.1	284.9	168.2	59.6	16.1	5.3	2.7	947.4
Palmales	6.5	16.0	21.6	68.7	170.6	269.3	280.7	176.5	63.9	19.2	7.9	4.4	992.5
Puyango	7.3	18.2	23.6	81.7	176.0	286.4	334.4	217.0	75.2	17.4	5.3	3.0	1114.7
Bajo Tumbes	2.6	3.8	8.5	33.1	94.7	165.8	184.6	109.7	40.0	9.3	3.3	0.0	607.4
Puyango Alto	16.8	40.6	50.7	114.7	205.6	283.6	275.0	194.9	89.0	19.6	8.5	5.5	1081.7
Cazaderos	2.1	5.8	9.2	34.6	100.6	194.2	266.8	132.1	38.8	7.8	2.5	0.0	742.6
Tunime	15.3	36.9	44.7	96.1	167.4	253.6	259.3	186.4	70.1	16.7	6.6	4.5	964.6
U.H. 13817	0.2	1.7	5.6	19.3	50.2	93.2	100.4	50.9	21.0	5.2	1.4	0.0	322.2
Bajo Chira	0.2	1.3	5.1	17.4	42.8	65.2	65.4	45.2	20.0	5.5	1.4	0.0	245.4
Chipillico	3.2	11.3	14.8	38.7	85.6	143.5	186.1	90.9	31.5	7.2	2.3	2.0	549.1
Saman	0.3	1.6	5.7	21.7	53.9	98.3	114.5	52.3	21.3	5.3	1.3	0.0	347.0
Quiroz	10.6	36.8	47.1	76.3	122.4	183.9	215.5	145.8	58.7	11.0	6.4	5.1	748.7
Intercuenca	0.9	3.1	7.6	29.7	79.4	158.1	218.6	96.7	28.3	6.4	2.0	0.0	589.6

PRECIPITACIÓN MEDIA MULTIMENSUAL PERÍODO 1981-2015													
SUBCUENCA	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Solana	0.4	2.4	7.4	27.4	72.5	153.2	212.4	81.3	25.8	6.1	1.9	0.0	553.3
Macara	14.1	46.9	55.8	92.3	149.2	217.5	279.4	174.5	72.5	16.2	10.2	4.5	924.0
Catamayo Alto	31.3	90.2	92.0	120.0	115.1	161.2	197.4	133.3	66.6	32.0	27.1	17.4	750.1
Alamor/Pilares	3.1	8.8	13.9	52.8	112.7	222.8	307.6	154.3	45.4	9.3	3.4	0.9	856.4
Catamayo	12.4	35.4	40.3	84.3	149.5	247.2	304.1	192.7	69.9	15.8	6.4	4.7	990.3
Guayalel	21.9	61.3	60.2	77.0	101.8	148.1	144.8	97.5	50.5	16.2	9.5	6.7	575.1

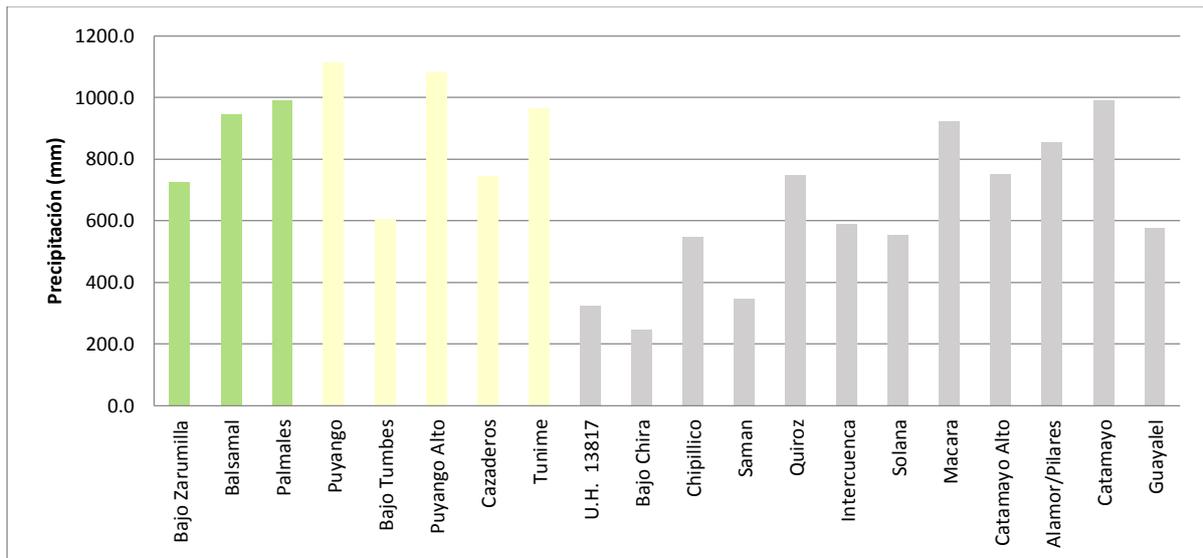


Figura 21. Precipitación anual a nivel de subcuencas

4.5 Caracterización de períodos secos y húmedos

4.5.1 Caracterización de períodos con SPI 3

4.5.1.1 Variación temporal con SPI 3

En las Tablas 10 al 14 se presenta las características de los períodos secos según el SPI 3 en términos de número de eventos, intervalos de recurrencia, intensidad, severidad y duración respectivamente.

- Se identificaron 122 períodos secos (Ps).
- El número de períodos secos variaron de 3 a 8 por subcuenca; el inicio y final de cada período es variable.
- El período de mayor alcance espacial se presentó durante marzo de 1982 a mayo del 1982 en 14 de 20 subcuencas en estudio.
- Los intervalos de recurrencia es variable el más próximo es de 2 meses en el Ps5-Ps6 de la subcuenca Catamayo Alto y el más lejano es de 212 meses en el Ps2-Ps3 de la subcuenca Palmales.
- La frecuencia de casos de eventos secos (1 mes de duración) varían de 34 (Saman) a 63 (Quiroz y Macara) meses.
- La intensidad de los períodos secos más extremo se presentaron en la subcuenca Catamayo en el Ps4 con -3.4 y la intensidad menor se presentó en Alamor/Pilares, Solana e Intercuenca con -1.1
- Los períodos secos más severos se presentaron en la subcuenca Quiroz en el Ps2 con -13.4 y menos severo en la subcuenca Alamor en el Ps6 con -3.2.
- La duración de los períodos secos varían de 3 a 9 meses; las que predominan son las de duración de 3 meses (67/122).

Tabla 10. Número de períodos secos, inicio y fin basados en SPI 3

PERÍODOS SECOS, INICIO Y FINAL DE EVENTOS SECOS									
SUBCUENCAS	Ps	Ps1	Ps2	Ps3	Ps4	Ps5	Ps6	Ps7	Ps8
Bajo Zarumilla	7	mar-82 / may-82	feb-85 / jun-85	jun-96 / sep-96	mar-03 / jun-03	ene-05 / mar-05	sep-05 / nov-05	mar-14 / may-14	
Balsamal	6	feb-82 / may-82	feb-85 / jun-85	mar-88 / may-88	ene-90 / abr-90	abr-03 / jun-03	sep-05 / nov-05		
Palmales	4	feb-82 / may-82	feb-85 / jun-85	mar-03 / jun-03	sep-05 / nov-05				
Puyango	8	jun-81 / ago-81	feb-82 / may-82	feb-85 / jun-85	mar-88 / may-88	ene-90 / may-90	may-96 / sep-96	mar-04 / may-04	sep-05 / nov-05
Bajo Tumbes	5	feb-82 / may-82	feb-85 / abr-85	mar-88 / may-88	feb-90 / may-90	mar-96 / jun-96			
Puyango Alto	5	feb-85 / jun-85	dic-96 / feb-97	mar-03 / jul-03	mar-04 / may-04	sep-05 / nov-05			
Cazaderos	7	feb-82 / may-82	feb-85 / jun-85	mar-88 / may-88	ene-90 / mar-90	mar-96 / sep-96	mar-04 / may-04	feb-14 / abr-14	
Tunime	8	feb-85 / mar-85	ene-90 / jun-90	ene-97 / mar-97	mar-03 / may-03	mar-04 / may-04	sep-05 / nov-05	sep-09 / nov-09	abr-13 / jun-13
U.H. 13817	4	mar-82 / may-82	mar-96 / jul-96	mar-07 / jul-07	ene-14 / abr-14				
Bajo Chira	5	mar-81 / may-81	feb-82 / abr-82	mar-96 / sep-96	mar-07 / jun-07	ene-14 / abr-14			
Chipillico	7	mar-82 / may-82	mar-88 / may-88	mar-96 / jul-96	mar-04 / may-04	sep-05 / nov-05	jun-07 / ago-07	nov-13 / may-14	
Saman	3	mar-82 / may-82	mar-96 / may-96	ene-14 / may-14					
Quiroz	7	mar-82 / may-82	ene-85 / jun-85	jul-95 / sep- 95	dic-96 / may-97	feb-03 / abr-03	oct-03 / jun-04	sep-05 / dic-05	
Intercuenca	5	mar-82 / may-82	mar-88 / may-88	mar-96 / sep-96	mar-04 / may-04	ene-14 / may-14			
Solana	4	mar-82 / may-82	mar-88 / may-88	mar-96 / sep-96	mar-04 / may-04				
Macara	6	feb-85 / jun-85	jul-86 / sep- 86	nov-96 / may-97	feb-03 / jun-03	oct-03 / dic-03	feb-04 / may-04		
Catamayo Alto	8	feb-85 / abr-85	oct-87 / dic-87	dic-91 / feb-92	may-95 / oct-95	may-96 / ago-96	nov-96 / may-97	oct-00 / dic-00	ene-04 / mar-04
Alamor	8	feb-82 / may-82	feb-85 / jun-85	mar-88 / may-88	feb-90 / may-90	abr-96 / sep-96	mar-03 / may-03	sep-05 / nov-05	jul-07 / oct-07
Catamayo	7	mar-82 / may-82	feb-85 / jun-85	mar-88 / may-88	ene-90 / mar-90	mar-03 / may-03	mar-04 / may-04	sep-09 / nov-09	
Guayalel	8	dic-89 / mar-90	mar-95 / jun-95	abr-96 / jun-96	dic-96 / mar-97	oct-00 / dic-00	feb-03 / abr-03	mar-04 / may-04	ago-09 / nov-09
Total	122								

Tabla 11. Intervalos de recurrencia de períodos secos y Frecuencia basados con SPI 3

SUBCUENCAS	INTERVALO DE RECURRENCIA ENTRE PERÍODOS SECOS - SPI 3 (meses)							FRECUENCIA (meses)
	Ps1- Ps2	Ps2-Ps3	Ps3-Ps4	Ps4-Ps5	Ps5-Ps6	Ps6-Ps7	Ps7-Ps8	
Bajo Zarumilla	32	131	77	18	5	99		48
Balsamal	32	32	19	155	26			49
Palmales	32	212	26					50
Puyango	5	32	32	19	71	89	15	51
Bajo Tumbes	32	34	20	69				38
Puyango Alto	137	72	25	45				53
Cazaderos	33	33	19	71	89	116		47
Tunime	54	81	71	9	15	45	49	47
U.H. 13817	165	127	77					38
Bajo Chira	8	166	125	81				39
Chipillico	69	93	91	15	18	74		53
Saman	165	211						34
Quiroz	31	120	14	68	5	14		63
Intercuenca	69	93	89	115				44
Solana	69	93	89					39
Macara	12	121	68	3	19			63
Catamayo Alto	29	47	38	6	2	40	36	55
Alamor/Pilares	32	32	20	70	77	27	19	60
Catamayo	32	32	19	155	9	63		53
Guayalel	59	9	10	42	125	10	62	54

Tabla 12. Intensidad de períodos secos con SPI 3

SUBCUENCAS	INTENSIDAD DE PERÍODOS SECOS - SPI 3(MAX)							
	Ps1	Ps2	Ps3	Ps4	Ps5	Ps6	Ps7	Ps8
Bajo Zarumilla	-1.7	-1.6	-2.0	-1.6	-1.8	-1.7	-1.8	
Balsamal	-1.8	-1.8	-1.6	-1.3	-1.4	-2.1		
Palmales	-1.8	-1.9	-1.5	-2.3				
Puyango	-1.6	-2.2	-2.0	-1.9	-1.7	-2.1	-1.2	-1.8
Bajo Tumbes	-1.8	-1.3	-1.4	-1.3	-1.3			
Puyango Alto	-2.6	-1.6	-1.8	-1.4	-2.5			
Cazaderos	-1.8	-1.3	-1.7	-1.2	-1.9	-1.2	-1.3	
Tunime	-2.4	-1.8	-1.6	-1.3	-1.3	-2.7	-2.2	-1.2
U.H. 13817	-1.2	-1.8	-1.8	-1.2				
Bajo Chira	-1.3	-1.3	-1.8	-1.8	-1.4			
Chipillico	-1.4	-1.3	-1.3	-1.2	-1.8	-2.1	-2.5	
Saman	-1.3	-1.5	-1.3					
Quiroz	-1.6	-3.0	-2.6	-1.8	-2.0	-1.8	-1.6	
Intercuenca	-1.5	-1.4	-1.8	-1.2	-1.1			
Solana	-1.6	-1.5	-1.8	-1.1				
Macara	-2.2	-1.2	-1.5	-1.2	-1.5	-1.6		
Catamayo Alto	-1.9	-1.9	-1.7	-3.4	-3.3	-2.2	-2.3	-1.8
Alamor/Pilares	-2.2	-1.3	-1.6	-1.3	-2.0	-1.1	-1.6	-1.6
Catamayo	-1.6	-2.3	-2.0	-1.7	-1.2	-1.5	-1.4	
Guayabal	-2.0	-1.4	-1.3	-1.6	-2.9	-1.3	-1.7	-2.4

Tabla 13. Severidad de períodos secos con SPI 3

SUBCUENCAS	SEVERIDAD DE PERÍODOS SECOS - SPI 3							
	Ps1	Ps2	Ps3	Ps4	Ps5	Ps6	Ps7	Ps8
Bajo Zarumilla	-4.7	-6.5	-6.1	-5.3	-4.3	-4.7	-4.3	
Balsamal	-5.8	-7.3	-4.0	-4.7	-3.5	-4.5		
Palmales	-5.8	-7.5	-5.0	-5.0				
Puyango	-3.7	-6.4	-8.1	-4.8	-6.8	-8.4	-3.3	-4.7
Bajo Tumbes	-6.0	-3.4	-3.8	-4.7	-4.7			
Puyango Alto	-9.2	-3.9	-7.3	-4.1	-4.8			
Cazaderos	-5.9	-5.6	-4.3	-3.5	-11.0	-3.3	-3.5	
Tunime	-9.1	-4.3	-3.9	-3.8	-3.7	-5.1	-5.3	-3.4
U.H. 13817	-3.3	-7.3	-6.5	-4.6				
Bajo Chira	-3.5	-3.7	-9.5	-6.1	-5.1			
Chipillico	-3.9	-3.5	-6.1	-3.4	-4.3	-4.9	-11.5	
Saman	-3.8	-4.1	-6.3					
Quiroz	-4.0	-13.4	-5.4	-8.2	-4.5	-13.1	-5.6	
Intercuenca	-4.3	-3.8	-8.6	-3.5	-5.5			
Solana	-4.6	-4.1	-9.1	-3.2				
Macara	-8.7	-3.4	-9.1	-5.8	-3.9	-5.6		
Catamayo Alto	-4.8	-5.2	-4.6	-11.8	-7.4	-12.4	-5.5	-5.1
Alamor/Pilares	-6.8	-5.9	-4.4	-4.9	-8.6	-3.2	-4.3	-4.9
Catamayo	-4.5	-9.2	-4.6	-4.4	-3.4	-4.2	-3.8	
Guayabal	-5.8	-5.2	-3.5	-5.6	-6.1	-3.5	-4.2	-7.2

Tabla 14. Duración de períodos secos con SPI 3

SUBCUENCAS	DURACION DE PERÍODOS SECOS - SPI 3 (meses)								
	Ps1	Ps2	Ps3	Ps4	Ps5	Ps6	Ps7	Ps8	Prom.
Bajo Zarumilla	3.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0		3.6
Balsamal	4.0	5.0	3.0	4.0	3.0	3.0			3.7
Palmales	4.0	5.0	4.0	3.0					4.0
Puyango	3.0	4.0	5.0	3.0	5.0	5.0	3.0	3.0	3.9
Bajo Tumbes	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0				3.6
Puyango Alto	5.0	3.0	5.0	3.0	3.0				3.8
Cazaderos	4.0	5.0	3.0	3.0	7.0	3.0	3.0		4.0
Tunime	5.0	3.0	3.3						
U.H. 13817	3.0	5.0	5.0	4.0					4.3
Bajo Chira	3.0	3.0	7.0	4.0	4.0				4.2
Chipillico	3.0	3.0	5.0	3.0	3.0	3.0	7.0		3.9
Saman	3.0	3.0	5.0						3.7
Quiroz	3.0	6.0	3.0	6.0	3.0	9.0	4.0		4.9
Intercuenca	3.0	3.0	7.0	3.0	5.0				4.2
Solana	3.0	3.0	7.0	3.0					4.0
Macara	5.0	3.0	7.0	5.0	3.0	4.0			4.5
Catamayo Alto	3.0	3.0	3.0	6.0	4.0	7.0	3.0	3.0	4.0
Pilares	4.0	5.0	3.0	4.0	6.0	3.0	3.0	4.0	4.0
Catamayo	3.0	5.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		3.3
Guayabal	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0	3.5

En las Tablas 15 al 19 se presenta las características de los períodos húmedos (Ph) según el SPI.

- Se identificaron 133 períodos húmedos
- El número de períodos húmedos variaron de 2 a 13 por subcuenca.
- Se registraron dos períodos húmedo de mayor alcance espacial en diciembre 1982 a febrero 1983; y en noviembre 1997 a enero 1998 que afectando a las 20 subcuencas en estudio.
- Los intervalos de recurrencia es variable el más próximo es de 1 y 166 meses.
- La frecuencia de casos de eventos húmedos (1 mes de duración) varían de 32 (Chipillico) a 73 (Puyango Alto) meses.
- La intensidad de los períodos húmedos extremo se presentó en la subcuenca Bajo Tumbes en el Ph1 con 4.7, el menos extremo se presentó en Ph2 en la Subcuenca Puyango con 1.1.
- La severidad más extrema se presentó en la subcuenca Alamor con 32.7 en Ph1 y la severidad menos extra en la Subcuencas Puyango con 3.1 en la Ph2.
- La duración de los períodos húmedos varían de 3 a 13 meses; las que predominan son las de duración de 3 meses (55/122).

Tabla 15. Número, inicio y fin de períodos húmedos con SPI 3

NÚMERO DE PERÍODOS HUMEDOS CON SPI 3														
SUBCUENCA	Ph	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Ph7	Ph8	Ph9	Ph10	Ph11	Ph12	Ph13
Bajo Zarumilla	3	dic-82 / sep83	feb87 / may87	sep-97 / jul-98										
Balsamal	5	nov-82 / oct-83	mar-93 / jun93	sep-97 / jul-98	mar-08 / jun08	feb-12 / abr12								
Palmales	7	nov-82 / oct-83	sep-84 / nov84	may-92 / jul-92	mar-93 / jun93	sep-97 / jul-98	mar-08 / jun08	ene-12 / abr12						
Puyango	7	oct-82 / oct83	may-92 / jul-92	mar93 / jun93	sep-97 / jul-98	feb-08 / jun08	ene-12 / abr12	jun-14 / ago14						
Bajo Tumbes	4	nov-82 / oct83	sep-97 / jul-98	feb08 / ab08	jul-14 / sep-14									
Puyango Alto	13	oct82 / mar83	ago-83 / oct-83	ene89 / ab89	mar-93 / jun93	dic-93 / feb-94	sep-97 / feb98	abr-98 / jul-98	jul-99 / sep-99	ene-08 / jun08	ene09 / mar09	jul-10 / sep-10	sep11 / abr-12	may14 / ago14
Cazaderos	6	oct-82 / oct-83	may-92 / jul-92	ago-97 / jul-98	feb-08 / abr08	ene09 / mar09	feb-12 / abr12							
Tunime	11	oct-82 / oct-83	ene-89 / ma-89	mar-93 / jun93	dic-93 / feb-94	sep-97 / feb98	abr-98 / jul-98	jul-99 / sep-99	feb-08 / jun08	ene09 / mar09	sep-11 / nov11	ene-12 / abr12		
U.H. 13817	2	nov-82 / oct-83	sep-97 / jun98											
Bajo Chira	2	nov-82 / oct-83	sep-97 / jun98											
Chipillico	3	nov-82 / oct-83	sep-97 / jul-98	feb-08 / abr08										
Saman	2	nov-82 / oct-83	sep-97 / jul-98											
Quiroz	13	oct-82 / mar-83	may-83 / ago83	dic-83 / abr-84	ago-84 / nov84	nov-97 / feb98	sep-98 / nov98	feb-99 / abr99	abr-00 / jul-00	abr-02 / jun02	oct-02 / dic-02	ene09 / mar09	dic-11 / abr-12	nov12 / ene13
Intercuenca	4	nov-82 / oct-83	sep-97 / jul-98	mar02 / may02	feb-12 / abr12									
Solana	4	nov-82 / oct-83	sep-97 / jul-98	mar02 / may02	feb-12 / ab-12									
Macara	12	oct-82 / mar-83	may-83 / ago83	feb-84 / abr84	ago-84 / nov84	mar93 / may93	sep-97 / feb98	abr-98 / jul-98	mar99 / may99	jul-99 / sep-99	feb-08 / jun08	ene09 / mar09	ene12 / mar12	
Catamayo Alto	11	nov-82 / feb83	jun-83 / ago83	feb-84 / abr84	ago-84 / nov84	mar93 / may93	nov-97 / ene98	feb-00 / jun00	abr-08 / jun08	oct-08 / mar-09	ago-11 / abr12	nov-12 / ene13		
Pilares	4	nov-82 / oct-83	may-92 / jul-92	sep-97 / jun98	feb-12 / abr12									
Catamayo	11	oct-82 / mar-83	may-83 / oct-83	mar-93 / jun93	dic-93 / feb-94	sep-97 / feb98	abr-98 / jul-98	mar99 / may99	jul-99 / sep-99	feb-08 / jun08	ene09 / mar09	ene12 / mar12		
Guayabal	9	oct-82 / ago-83	ene89 / mar89	oct-93 / feb-94	oct-97 / jul-98	mar99 / may99	jul-99 / sep-99	feb08 / may08	ene09 / mar09	ene-12 / mar12				
Total	133													

Tabla 16. Intervalos de recurrencia y Frecuencia de períodos húmedos con SPI 3

SUBCUENCAS	Intervalos de Recurrencia Período húmedo SPI 3												Frecuencia (meses)
	Ph1-Ph2	Ph2-Ph3	Ph3-Ph4	Ph4-Ph5	Ph5-Ph6	Ph6-Ph7	Ph7-ph8	Ph8-Ph9	Ph9-Ph10	Ph10-Ph11	Ph11-Ph12	Ph12-Ph13	
Bajo Zarumilla	40	123											43
Balsamal	112	50	106	43									47
Palmales	10	89	7	50	115	42							55
Puyango	102	7	50	114	43	25							52
Bajo Tumbes	166	114	74										41
Puyango Alto	4	62	46	5	42	1	11	99	6	15	11	24	73
Cazaderos	102	60	114	8	34								42
Tunime	62	62	47	5	42	1	11	100	6	33			63
U.H. 13817	166												33
Bajo Chira	166												34
Chipillico	166	114											32
Saman	166												33
Quiroz	1	3	3	155	6	2	11	20	3	72	32	6	66
Intercuenca	166	43	116										36
Solana	166	43	116										36
Macara	1	5	3	99	51	1	7	1	100	6	33		64
Catamayo Alto	3	5	3	153	1	18	93	3	28	6			36
Pilares	102	61	163										36
Catamayo	1	112	5	42	1	7	1	100	6	33			64
Guayabal	64	54	43	7	1	100	7	33					63

Tabla 17. Intensidad de períodos húmedos con SPI 3

SUBCUENCAS	INTENSIDAD- Ph SPI3												
	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Ph7	Ph8	Ph9	Ph10	Ph11	Ph12	Ph13
Bajo Zarumilla	4.3	1.4	4.3										
Balsamal	4.3	1.6	4.1	1.3	1.5								
Palmales	4.2	1.8	1.2	1.6	4.1	1.5	1.6						
Puyango	3.7	1.1	1.7	3.6	1.6	1.9	3.4						
Bajo Tumbes	4.7	4.4	1.2	1.4									
Puyango Alto	3.0	3.5	1.7	2.0	1.5	3.2	2.5	1.9	2.1	1.6	1.6	2.3	4.5
Cazaderos	3.8	1.2	4.1	1.2	1.2	1.4							
Tunime	3.4	1.4	2.2	1.6	3.2	1.8	2.0	2.2	1.5	2.3	2.1		
U.H. 13817	4.3	4.1											
Bajo Chira	4.2	4.1											
Chipillico	4.2	4.0	1.4										
Saman	4.2	1.4											
Quiroz	2.1	3.8	3.3	2.3	1.6	1.8	2.7	1.7	1.3	1.4	2.0	3.2	1.6
Intercuenca	4.0	4.0	1.7	1.1									
Solana	4.0	4.0	1.7	1.3									
Macara	3.2	3.4	1.3	1.8	1.3	2.5	2.1	1.6	2.2	1.7	1.5	1.9	
Catamayo Alto	2.6	2.2	1.7	1.7	2.5	2.1	3.1	1.5	1.8	2.6	1.6		
Pilares	3.9	1.5	3.6	1.3									
Catamayo	3.2	3.3	1.7	1.3	3.1	2.0	1.6	2.3	1.9	1.4	1.8		
Guayabal	4.0	1.5	2.8	3.9	1.4	1.8	2.0	2.0	2.2				

Tabla 18. Severidad de períodos húmedos con SPI 3

SUBCUENCAS	SEVERIDAD- Ph SPI3												
	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Ph7	Ph8	Ph9	Ph10	Ph11	Ph12	Ph13
Bajo Zarumilla	27.8	4.9	29.5										
Balsamal	29.2	5.4	30.3	4.7	4.3								
Palmales	28.1	4.3	3.6	5.3	29.7	5.5	5.4						
Puyango	30.9	3.1	5.7	27.5	7.0	5.9	6.2						
Bajo Tumbes	32.2	30.5	3.3	3.7									
Puyango Alto	12.7	6.2	5.3	6.6	3.8	11.2	7.9	5.1	11.0	4.5	3.7	13.9	8.7
Cazaderos	30.7	3.5	31.8	3.2	3.5	3.8							
Tunime	27.7	3.6	7.2	4.4	13.2	5.8	5.4	10.0	4.3	4.9	6.5		
U.H. 13817	31.1	27.3											
Bajo Chira	31.1	25.5											
Chipillico	30.8	30.8	3.8										
Saman	30.8	3.8											
Quiroz	9.1	11.2	9.6	6.6	5.2	4.3	5.6	5.4	3.7	3.7	4.8	8.9	4.2
Intercuenca	29.7	30.2	4.3	3.2									
Solana	30.1	30.3	4.3	3.5									
Macara	14.1	11.3	3.6	5.6	3.6	10.4	7.1	4.1	5.2	7.4	4.5	4.8	
Catamayo Alto	7.2	4.9	3.9	5.8	10.4	7.1	12.6	4.3	9.5	16.6	4.0		
Alamor	32.7	4.1	26.5	3.7									
Catamayo	14.1	12.9	5.6	3.4	13.0	6.1	4.1	5.9	8.7	4.2	4.6		
Guayabal	28.2	4.0	10.0	19.1	3.8	5.2	6.8	4.9	5.7				

Tabla 19. Duración de períodos húmedos con SPI 3

SUBCUENCAS	DURACION- Ph SPI3													
	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Ph7	Ph8	Ph9	Ph10	Ph11	Ph12	Ph13	
Bajo Zarumilla	10	4	11											8
Balsamal	12	4	11	4	3									7
Palmales	12	3	3	4	11	4	4							6
Puyango	13	3	4	11	5	4	3							6
Bajo Tumbes	12	11	3	3										7
Puyango Alto	6	3	4	4	3	6	4	3	6	3	3	8	4	4
Cazaderos	13	3	12	3	3	3								6
Tunime	13	3	4	3	6	4	3	5	3	3	4			5
U.H. 13817	12	10												11
Bajo Chira	12	10												11
Chipillico	12	11	3											9
Saman	12	3												8
Quiroz	6	4	5	4	4	3	3	4	3	3	3	5	3	4
Intercuenca	12	11	3	3										7
Solana	12	11	3	3										7
Macara	6	4	3	4	3	6	4	3	3	5	3	3		4
Catamayo Alto	4	3	3	4	6	4	5	3	6	9	3			5
Alamor	12	3	10	3										7
Catamayo	6	6	4	3	6	4	3	3	5	3	3			4
Guayabal	11	3	5	10	3	3	4	3	3					5

4.5.1.2 Variación espacial con SPI 3

En la Figura 22 al 24 se muestra la variación espacial de la intensidad, severidad y duración máxima que sean estimado durante los períodos secos y húmedos; en cada una de las 20 subcuencas en estudio para el análisis con SPI 3.

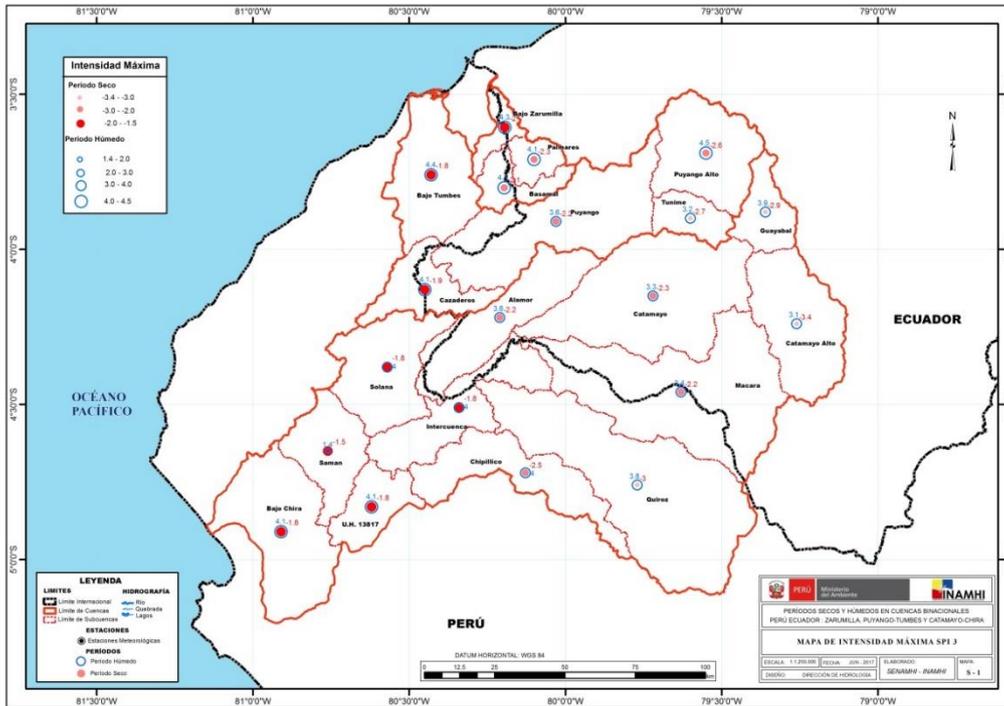


Figura 22. Intensidad máxima SPI 3 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos

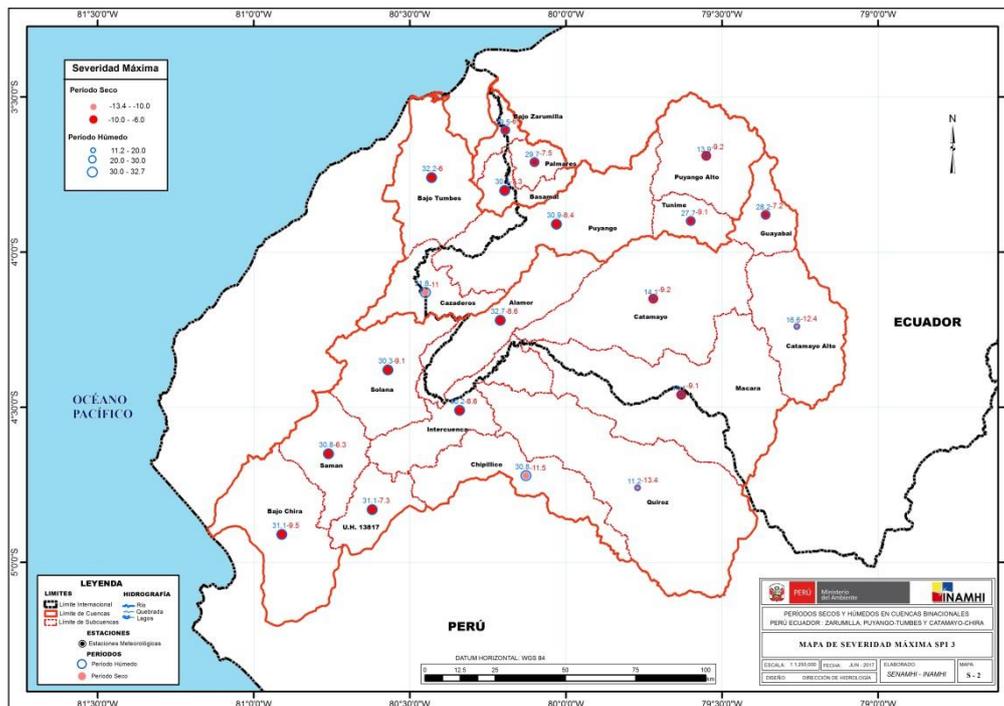


Figura 23. Severidad máxima SPI 3 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos

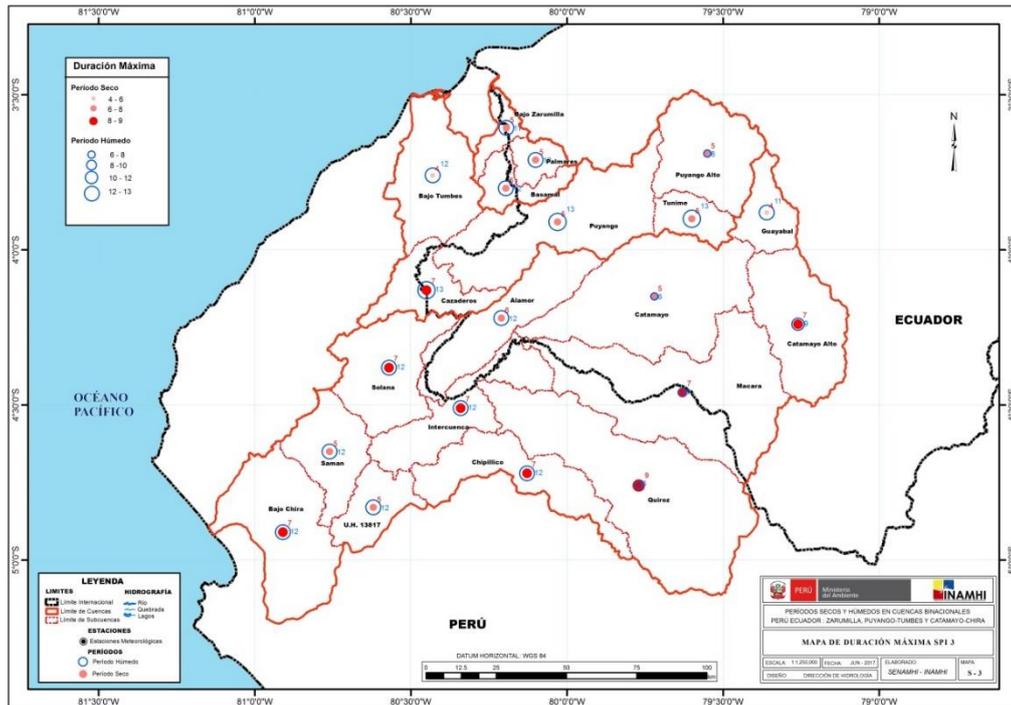


Figura 24. Duración máxima SPI 3 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos

4.5.2 Caracterización de períodos con SPI 12

4.5.2.1 Variación temporal con SPI 12

En las Tablas 20 al 24 se presenta las características de los períodos secos (Ps) según el SPI 12 en términos de número de eventos, intervalos de recurrencia, intensidad, severidad y duración respectivamente.

- Se identificaron 118 períodos secos.
- El número de períodos secos variaron de 3 a 9 por subcuenca; el inicio y final de cada período es variable.
- El período de mayor alcance espacial se presentó durante marzo de 1982 a octubre del 1982 en 15 de 20 subcuencas en estudio.
- Los intervalos de recurrencia es variable de 1 a 204 meses, este último se presentó en el Ps2-Ps3 de la subcuenca Samán.
- La frecuencia de casos de eventos secos (1 mes de duración) varían de 31 (Samán) a 76 (Pilares o Alamor y Catamayo) meses.
- La intensidad de los períodos secos más extremo se presentaron en la subcuenca Catamayo en el Ps4 con -2.9 y la menos extremo se presentó en la subcuenca Palmares, Chipillico y sola con -1.0.
- Los períodos secos más severos se presentaron en la subcuenca Puyango Alto con -43.3 y menos severo en la subcuenca Palmares y Chipillico con -3.0.
- La duración de los períodos secos varían de 3 a 33 meses; las que predominan son las de duración de 3 meses (18/118).

Tabla 20. Número, inicio y fin de períodos secos con SPI 12

PERÍODOS SECOS, INICIO Y FINAL DE EVENTOS SECOS- SPI 12										
SUBCUENCAS	No	Ps1	Ps2	Ps3	Ps4	Ps5	Ps6	Ps7	Ps8	Ps9
Bajo Zarumilla	5	mar-82 / nov-82	mar-85 / mar-86	dic-96 / mar-97	abr-03 / mar-04	dic-04 / ene-06				
Balsamal	8	mar-82 / nov-82	mar-85 / mar-86	may-88 / dic-88	mar-90 / feb-91	dic-96 / mar-97	nov-03 / mar-04	dic-04 / feb-05	abr-05 / dic-05	
Palmales	6	feb-82 / nov-82	mar-85 / ene-86	may-88 / dic-88	ene-97 / mar-97	abr-03 / abr-04	jun-04 / ago-04	dic-04 / ene-06		
Puyango	7	mar-82 / nov-82	mar-85 / mar-86	abr-88 / dic-88	mar-90 / feb-91	dic-96 / feb-97	dic-03 / abr-04	nov-04 / feb-05		
Bajo Tumbes	5	feb-82 / nov-82	feb-85 / ene-86	abr-88 / dic-88	mar-90 / feb-91	nov-96 / mar-97				
Puyango Alto	4	mar-85 / ene-86	oct-90 / feb-91	ene-97 / mar-97	abr-03 / dic-05					
Cazaderos	7	mar-82 / nov-82	abr-85 / ene-86	abr-88 / ene-89	oct-90 / ene-91	feb-96 / mar-97	dic-03 / feb-05	feb-14 / abr-14		
Tunime	8	mar-85 / ene-86	may-88 / nov-88	sep-90 / feb-91	ene-97 / mar-97	abr-03 / ago-03	oct-03 / sep-04	dic-04 / feb-05	nov-13 / feb-14	
U. H. 13817	5	mar-82 / oct-82	dic-96 / feb-97	abr-05 / ene-06	nov-07 / ene-08	mar-14 / feb-15				
Bajo Chira	5	dic-81 / oct-82	dic-96 / feb-97	sep-05 / dic-05	abr-07 / ene-08	mar-14 / feb-15				
Chipillico	6	mar-82 / oct-82	nov-96 / feb-97	dic-03 / abr-04	jun-04 / ago-04	nov-04 / feb-05	ene-14 / feb-15			
Samán	3	ene-82 / oct-82	dic-96 / feb-97	mar-14 / feb-15						
Quiroz	5	mar-82 / oct-82	mar-85 / mar-86	may-86 / sep-86	ene-97 / oct-97	oct-03 / feb-05				
Intercuenca	5	mar-82 / oct-82	abr-88 / dic-88	dic-96 / feb-97	dic-03 / feb-05	mar-14 / feb-15				
Solana	8	mar-82 / nov-82	nov-85 / ene-86	mar-88 / ene-89	nov-96 / feb-97	ene-04 / abr-04	jun-04 / sep-04	nov-04 / feb-05	ene-14 / feb-15	
Macara	6	abr-85 / mar-86	abr-88 / nov-88	abr-95 / nov-95	dic-96 / oct-97	abr-03 / feb-05	nov-13 / feb-14			
Catamayo	3	may-92 / ene-93	abr-95 / mar-96	nov-96 / oct-97						
Pilares	9	mar-82 / nov-82	mar-85 / ene-86	abr-88 / ene-89	mar-90 / feb-91	ene-96 / feb-97	dic-03 / feb-04	abr-04 / ago-04	nov-04 / feb-05	nov-13 / mar-14
Catamayo	8	mar-82 / oct-82	mar-85 / mar-86	abr-88 / dic-88	mar-90 / feb-91	abr-95 / jun-95	ago-95 / oct-95	oct-03 / feb-05	nov-13 / feb-14	
Guayabal	4	sep-90 / dic-90	mar-95 / dic-95	dic-96 / sep-97	mar-04 / sep-04					
Total	118									

Tabla 21. Intervalos de recurrencia y Frecuencia de períodos secos con SPI 12

SUBCUENCAS	INTERVALO DE RECURRENCIA DE PS SPI12 (meses)								FRECUENCIA (meses)
	Ps1-Ps2	Ps2-Ps3	Ps3-Ps4	Ps4-Ps5	Ps5-Ps6	Ps6-Ps7	Ps7-Ps8	Ps8-Ps9	
Bajo Zarumilla	27	128	72	8					64
Balsamal	27	25	14	69	79	1	8		57
Palmales	27	27	96	72	1	3			64
Puyango	27	24	14	69	81	6			66
Bajo Tumbes	26	26	14	68					57
Puyango Alto	56	70	72						58
Cazaderos	28	26	20	60	80	107			68
Tunime	27	21	70	72	1	2	104		56
Unidad H.	169	97	21	73					40
Bajo Chira	169	102	15	73					44
Chipillico	168	81	1	2	106				46
Samán	169	204							31
Quiroz	28	1	123	71					58
Intercuenca	65	95	81	108					56
Solana	35	25	93	82	1	1	106		57
Macara	24	76	65	65	104				69
Catamayo	26	7							40
Pilares	27	26	13	58	81	1	2	104	76
Catamayo	28	24	14	49	1	95	104		76
Guayabal	50	11	77						40

Tabla 22. Intensidad de períodos secos con SPI 12

SUBCUENCAS	INTENSIDAD PERÍODOS SECOS SPI12 (Max)								
	Ps1	Ps2	Ps3	Ps4	Ps5	Ps6	Ps7	Ps8	Ps9
Bajo Zarumilla	-1.5	-1.4	-1.3	-1.5	-1.7				
Balsamal	-1.6	-1.6	-1.1	-1.3	-1.4	-1.3	-1.6	-1.1	
Palmales	-1.7	-1.6	-1.1	-1.4	-1.5	-1.0	-1.6		
Puyango	-1.9	-1.9	-1.3	-1.6	-1.4	-1.2	-1.7		
Bajo Tumbes	-1.6	-1.2	-1.2	-1.3	-1.4				
Puyango Alto	-2.2	-1.4	-1.4	-2.5					
Cazaderos	-1.5	-1.3	-1.3	-1.1	-1.6	-1.6	-1.2		
Tunime	-1.9	-1.1	-1.2	-1.5	-1.1	-1.4	-1.8	-1.2	
Unidad H.	-1.3	-1.5	-1.2	-1.2	-1.3				
Bajo Chira	-1.5	-1.3	-1.2	-1.3	-1.6				
Chipillico	-1.2	-1.5	-1.2	-1.0	-1.5	-1.7			
Samán	-1.4	-1.4	-1.5						
Quiroz	-1.5	-2.8	-1.1	-1.8	-1.8				
Intercuenca	-1.4	-1.1	-1.3	-1.5	-1.4				
Solana	-1.6	-1.1	-1.3	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-1.3	
Macara	-1.9	-1.1	-1.2	-1.7	-1.7	-1.1			
Catamayo	-1.8	-1.8	-2.7						
Pilares	-2.1	-1.5	-1.3	-1.6	-1.4	-1.2	-1.1	-1.7	-1.3
Catamayo	-1.6	-2.9	-1.8	-1.7	-1.1	-1.1	-2	-1.7	
Guayabal	-1.3	-1.7	-1.5	-1.4					

Tabla 23. Severidad de períodos secos con SPI 12

SUBCUENCAS	SEVERIDAD PERÍODOS SECOS SPI12								
	Ps1	Ps2	Ps3	Ps4	Ps5	Ps6	Ps7	Ps8	Ps9
Bajo Zarumilla	-12.0	-16.1	-4.6	-14.0	-17.2				
Balsamal	-12.3	-17.7	-8.8	-13.6	-4.8	-5.8	-4.2	-9.3	
Palmales	-13.6	-15.9	-8.3	-3.7	-15.0	-3.0	-16.6		
Puyango	-13.3	-19.5	-11.1	-15.6	-3.6	-5.5	-5.4		
Bajo Tumbes	-14.5	-13.5	-10.5	-14.3	-6.1				
Puyango Alto	-20.1	-5.8	-4.0	-43.3					
Cazaderos	-12.1	-11.5	-11.9	-4.2	-18.0	-17.4	-3.4		
Tunime	-18.5	-7.8	-6.5	-4.0	-5.1	-13.5	-4.2	-4.4	
Unidad H.	-8.7	-4.1	-10.5	-3.3	-14.3				
Bajo Chira	-13.4	-3.5	-4.3	-10.9	-15.9				
Chipillico	-8.7	-5.1	-5.4	-3.0	-4.9	-19.3			
Samán	-11.5	-3.8	-16.6						
Quiroz	-11.1	-26.2	-5.2	-14.1	-26.0				
Intercuenca	-9.9	-10.0	-3.8	-16.7	-14.7				
Solana	-12.0	-3.3	-13.2	-4.9	-4.3	-4.1	-4.8	-16.0	
Macara	-17.6	-8.5	-8.9	-15.5	-31.9	-4.2			
Catamayo	-13.1	-18.0	-25.2						
Pilares	-14.4	-13.5	-12.2	-14.8	-16.1	-3.3	-5.1	-5.5	-5.7
Catamayo	-10.7	-22.1	-12.1	-14.3	-3.2	-3.1	-23.2	-5.4	
Guayabal	-4.7	-13.1	-12.6	-7.8					

Tabla 24. Duración de períodos secos con SPI 12

SUBCUENCAS	DURACION DE PERÍODOS SECOS SPI12 (meses)									PROM
	Ps1	Ps2	Ps3	Ps4	Ps5	Ps6	Ps7	Ps8	Ps9	
Bajo Zarumilla	9	13	4	12	14					10
Balsamal	9	13	8	12	4	5	3	9		8
Palmales	10	11	8	3	13	3	14			9
Puyango	9	13	9	12	3	5	4			8
Bajo Tumbes	10	12	9	12	5					10
Puyango Alto	11	5	3	33						13
Cazaderos	9	10	10	4	14	15	3			9
Tunime	11	7	6	3	5	12	3	4		6
Unidad H.	8	3	10	3	12					7
Bajo Chira	11	3	4	10	12					8
Chipillico	8	4	5	3	4	14				6
Samán	10	3	12							8
Quiroz	8	13	5	10	17					11
Intercuenca	8	9	3	15	12					9
Solana	9	3	11	4	4	4	4	14		7
Macara	12	8	8	11	23	4				11
Catamayo	9	12	12							11
Pilares	9	11	10	12	14	3	5	4	5	8
Catamayo	8	13	9	12	3	3	17	4		9
Guayabal	4	10	10	7						8

En las Tablas 25 al 27 se presenta las características de los períodos húmedos (Ph) según el SPI 12 en términos de número de eventos, intervalos de recurrencia, intensidad, severidad y duración respectivamente.

- Se identificaron 76 períodos húmedos
- El número de períodos húmedos variaron de 2 a 6 por subcuenca.
- Se registró un período húmedo de mayor alcance espacial durante marzo a diciembre de 1983 que afectando simultáneamente a las 20 subcuencas en estudio.
- Los intervalos de recurrencia es variable el más próximo es de 1 y 178 meses.
- La frecuencia de casos de eventos húmedos (1 mes de duración) varían de 29 (U.H. 13817 Y Bajo Chira) a 89 (Puyango Alto) meses.
- La intensidad de los períodos húmedos extremo se presentó en la subcuenca Bajo Chira y Chipillico con 3.4 y el menos extremo en la Subcuenca Guayabal con 1.1.
- La severidad más extrema se presentó en la subcuenca Quiroz con 43.1 en Ph1 y la severidad menos extra en la Subcuencas Solana con 3.2 en la Ph3.
- La duración de los períodos húmedos varían de 3 a 24 meses; las que predominan son las de duración de 14 meses (19/76).

Tabla 25. Número, inicio y fin de períodos húmedos con SPI 12

NUMERO DE PERÍODOS HUMEDOS SPI 12							
SUBCUENCA	Ph	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6
Bajo Zarumilla	3	feb-83 / mar-84	mar-87 / dic-87	ene-98 / feb-99			
Balsamal	5	mar-83 / mar-84	jul-93 / feb-94	ene-98 / feb-99	sep-08 / feb-09	mar-12 / dic-12	
Palmal	5	mar-83 / mar-84	dic-93 / feb-94	ene-98 / feb-99	abr-08 / feb-09	feb-12 / dic-12	
Puyango	5	feb-83 / abr-84	mar-93 / feb-94	ene-98 / mar-99	abr-08 / mar-09	feb-12 / dic-12	
Bajo Tumbes	2	feb-83 / abr-84	ene-98 / feb-99				
Puyango Alto	6	ene-83 / dic-83	mar-89 / dic-89	mar-93 / mar-94	feb-98 / mar-99	feb-08 / dic-09	ene-12 / dic-12
Cazaderos	2	mar-83 / mar-84	ene-98 / mar-99				
Tunime	5	feb-83 / may-84	mar-93 / mar-94	feb-98 / dic-98	feb-08 / mar-09	ene-12 / dic-12	
U.H. 13817	2	feb-83 / abr-84	ene-98 / feb-99				
Bajo Chira	2	feb-83 / abr-84	ene-98 / feb-99				
Chipillico	2	feb-83 / abr-84	ene-98 / feb-99				
Samán	2	feb-83 / abr-84	ene-98 / feb-99				
Quiroz	5	mar-83 / ene-85	feb-99 / ene-00	abr-00 / nov-00	ene-09 / mar-09	feb-12 / ene-13	
Intercuenca	2	mar-83 / abr-84	ene-98 / feb-99				
Solana	3	mar-83 / abr-84	ene-98 / feb-99	dic-02 / feb-03			
Macara	6	ene-83 / may-84	dic-93 / feb-94	mar-98 / abr-99	jun-99 / ene-00	feb-08 / sep-09	feb-12 / jun-12
Catamayo Alto	6	mar-83 / dic-83	feb-84 / ene-85	dic-99 / ene-01	mar-08 / oct-09	oct-11 / ene-13	ene-15 / abr-15
Pilares	2	feb-83 / mar-84	ene-98 / mar-99				
Catamayo	5	feb-83 / abr-84	mar-93 / feb-94	feb-98 / ene-00	feb-08 / mar-09	feb-12 / dic-12	
Guayabal	6	ene-83 / abr-84	dic-93 / sep-94	ene-98 / dic-98	feb-99 / abr-99	mar-08 / sep-09	ene-12 / dic-12
Total	76						

Tabla 26. Intervalos de recurrencia, Frecuencia e intensidad de períodos húmedos con SPI 12

SUBCUENCAS	INTERVALO DE RECURRENCIA					FRECUENCIA (meses)	INTENSIDAD					
	Ps1-Ps2	Ps2-Ps3	Ps3-Ps4	Ps4-Ps5	Ps5-Ps6		Ps1	Ps2	Ps3	Ps4	Ps5	Ps6
Bajo Zarumilla	35	120				39	2.8	1.2	2.9			
Balsamal	111	46	114	36		55	2.4	1.6	2.9	1.3	1.3	
Palmales	116	46	109	35		54	2.4	1.6	2.9	1.6	1.4	
Puyango	106	46	108	34		65	2.5	1.7	2.6	1.7	1.5	
Bajo Tumbes	164					31	3.0	2.9				
Puyango Alto	62	38	46	106	24	89	1.8	1.2	2.8	1.8	2.7	2.1
Cazaderos	165					32	2.6	2.9				
Tunime	105	46	109	33		67	2.4	2.4	1.8	2.3	1.8	
U.H. 13817	164					29	3.1	3.0				
Bajo Chira	164					29	3.4	2.9				
Chipillico	164					30	2.6	3.4				
Samán	164					29	2.9	3.3				
Quiroz	168	2	97	34		62	3.0	1.8	1.2	1.7	1.7	
Intercuenca	164					30	2.5	3.2				
Solana	164	45				31	2.6	3.1	1.1			
Macara	114	48	1	96	28	72	2.4	1.4	1.9	1.3	2.0	1.4
Catamayo Alto	1	178	85	23	23	81	1.7	1.8	2.6	2.4	2.7	1.5
Pilares	165					32	2.6	2.7				
Catamayo	106	47	96	34		79	2.7	2.0	1.9	2.6	1.5	
Guayabal	115	39	1	106	27	74	2.9	2.2	2.3	1.1	1.9	1.8

Tabla 27. Severidad y duración de períodos húmedos con SPI 12

SUBCUENCAS	SEVERIDAD Ph SPI 12						DURACION Ph SPI 12 (meses)						
	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6	Prom
Bajo Zarumilla	33.1	11.4	35.5				14	10	14				13
Balsamal	28.3	9.0	35.6	6.7	12.1		13	8	14	6	10		10
Palmales	27.4	4.0	35.7	13.3	13.4		13	3	14	11	11		10
Puyango	30.9	14.2	32.4	15.8	13.5		15	12	15	12	11		13
Bajo Tumbes	36.2	35.8					15	14					15
Puyango Alto	18.9	11.1	18.7	22.1	37.0	21.9	12	10	13	14	23	12	14
Cazaderos	30.3	36.5					13	15					14
Tunime	30.5	19.8	17.1	26.1	17.0		16	13	11	14	12		13
U.H. 13817	38.4	38.3					15	14					15
Bajo Chira	42.4	35.2					15	14					15
Chipillico	33.2	42.6					15	14					15
Samán	36.0	41.1					15	14					15
Quiroz	43.1	16.7	9.2	4.3	17.5		23	12	8	3	12		12
Intercuenca	31.0	40.6					14	14					14
Solana	31.7	38.9	3.2				14	14	3				10
Macara	33.2	3.8	22.3	9.0	27.3	5.7	17	3	14	8	20	5	11
Catamayo Alto	15.2	16.4	30.2	29.3	31.6	5.1	10	12	14	20	16	4	13
Pilares	31.5	35.1					14	15					15
Catamayo	29.0	15.2	33.8	24.0	13.0		15	12	24	14	11		15
Guayabal	38.1	15.3	22.8	3.4	26.3	17.9	16	10	12	3	19	12	12

4.5.2.2 Variación espacial con SPI 12

En la Figura 25 al 27 se muestra la variación espacial de las intensidad, severidad y duración máxima que sean presentados durante los períodos secos y húmedos; en cada una de las 20 subcuencas en estudio para el análisis con SPI 12.

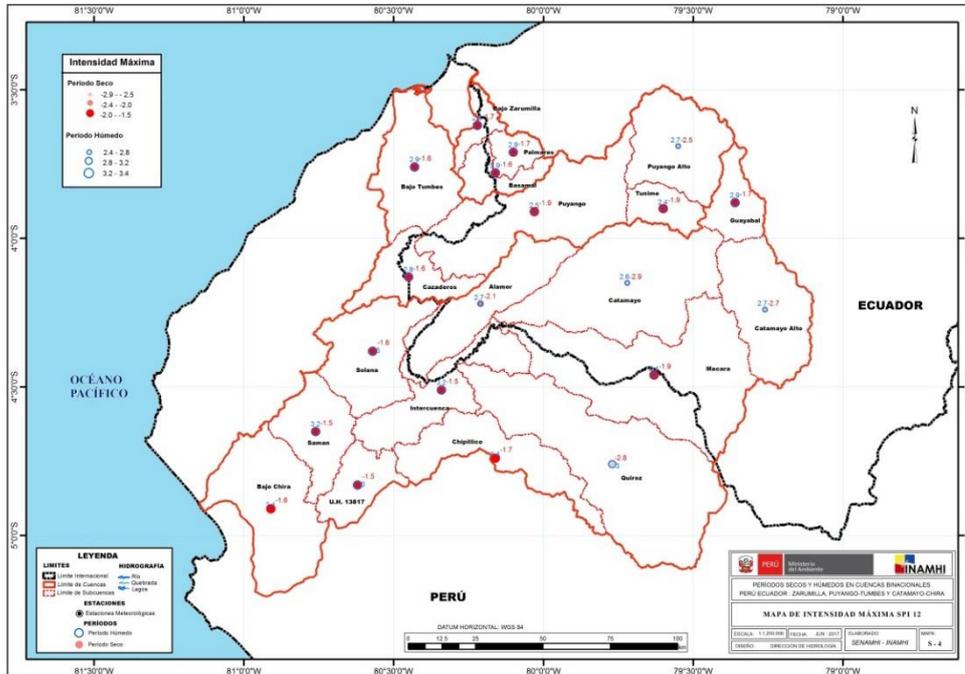


Figura 25. Intensidad máxima SPI 12 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos

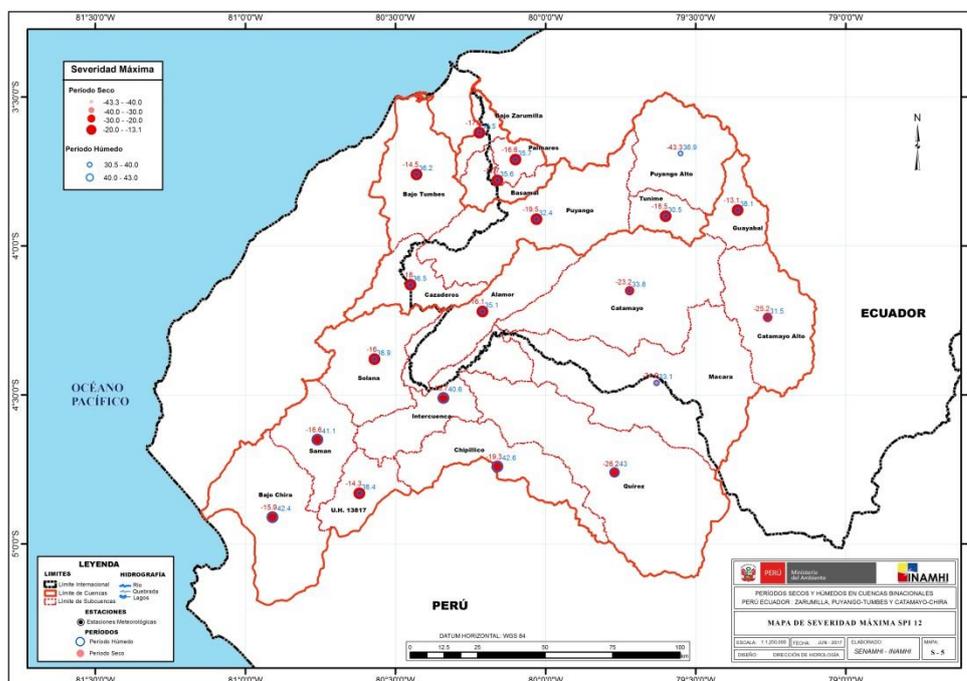


Figura 26. Severidad máxima SPI 12 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos

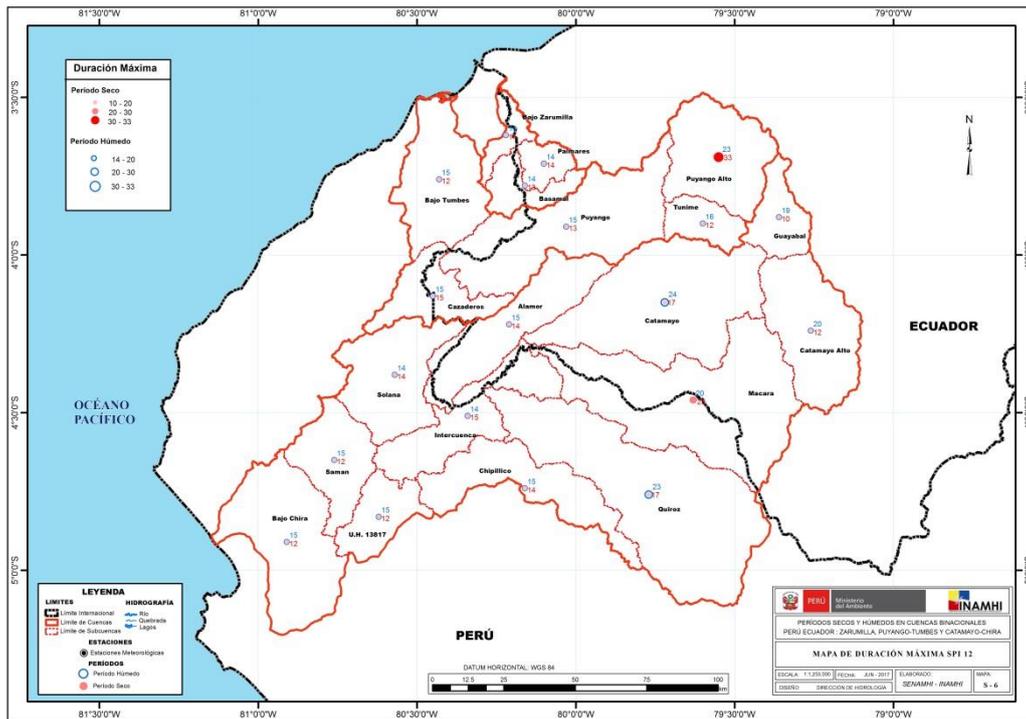


Figura 27. Duración máxima SPI 12 nivel de subcuencas para períodos secos y húmedos

En Anexo – Mapas se muestra la distribución espacial SPI 3 y SPI 12 que corresponde a un mes más seco y húmedo, siendo para SPI3 el mes de Marzo de 1982 como período seco (Ps) y SPI 3 de enero de 1983 como el húmedo (Ph); y para SPI 12 fue Octubre de 1982 – Ps y febrero de 1998 – Ph.

5. Conclusiones

- Se obtuvo 43 estaciones consistentes y representativas del período 1981-2015 del cual se identificaron cinco grupos homogéneos de pluviometría en las cuencas en estudio.
- En las cuencas Zarumilla, Puyango Tumbes y Catamayo – Chira se han delimitado 3, 5 y 15 subcuencas respectivamente, totalizando 20 a fin de caracterizar los períodos secos y húmedos utilizando SPI 3 meses y SPI 12 meses, definiéndose como período seco a la deficiencia de precipitación durante tres a más meses consecutivos de similar forma para período húmedo, con la diferencia de que se considera la excedencia de precipitación.
- La base grillada de precipitación de 5 km de resolución obtenida para las cuenca Zarumilla, Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, se obtuvo con el método de interpolación RIDW por explica en promedio el 65% del comportamiento de la precipitación, respecto a las técnicas BC, LM, KO, KE e IDW.
- La climatología de la precipitación anual en el período 1981-2015 en cuencas Perú Ecuador varía de 200 mm en la desembocadura con el Océano Pacífico a 1715 mm hacia la divisoria de cuencas. Los meses más húmedos son febrero y marzo, el más seco es agosto y setiembre.
- La precipitación anual más extrema registrado durante el período 1981 a 2015, se presentó en el año Niño 1983 con acumulados que variaron de 972 a 4075 mm año-1, registrándose los mayores módulos en las cuencas bajas de Zarumilla y Puyango-Tumbes principalmente.
- Según el SPI 3, se han identificado 122 períodos secos y 133 períodos húmedos en el total de las subcuencas analizadas (20). El período seco de mayor alcance espacial se presentó durante marzo a mayo de 1982 con impacto regional en 14 de las 20 subcuencas. Asimismo, se registraron dos períodos húmedo de mayor alcance espacial, el primero de diciembre 1982 a febrero 1983; y el segundo de noviembre 1997 a enero 1998 estos afectaron a las 20 subcuencas en ambos casos.
- La duración de los períodos secos y húmedos que predominan son las conformadas por 3 meses totalizando 67 eventos secos de 122 y 55 eventos húmedos de 133 respectivamente, en las 20 subcuencas evaluadas. En cuanto a la intensidad, el valor máximo fue -3.4 (subcuenca Catamayo) para período seco y 4.7 (subcuenca Bajo Tumbes) para período húmedo. En relación a la severidad extrema alcanzo un valor -13.4 (subcuenca Quiroz) y 32.7 (subcuenca Alamor) para períodos secos y húmedos respectivamente.
- Según el SPI 12, se han identificado 118 períodos secos y 76 períodos húmedos en las 20 subcuencas analizadas. El período seco de mayor alcance espacial se presentó durante marzo a octubre de 1982 con impacto regional en 15 de 20 subcuencas. Asimismo, para el período húmedo de mayor alcance espacial fue de marzo a diciembre 1983 y afectó a las 20 subcuencas.
- La duración de los períodos secos que predominan son las duración de 3 meses totalizando 18 eventos secos de 118 y para los períodos húmedos predominan las de 14 meses de duración, totalizando 19 eventos húmedos de 76 respecto, en el total de las 20 subcuencas evaluadas. En cuanto a la intensidad, el valor máximo fue -2.9 (subcuenca Catamayo) para período seco y 3.4 (subcuenca Bajo Chira y Chipillico) para período húmedo. En relación a la severidad extrema alcanzo un valor -43.3 (subcuenca Puyango Alto) y 43.1 (subcuenca Quiroz) para períodos secos y húmedos respectivamente.

6. Perspectivas

- Implementar un sistema operacional de monitoreo de los períodos secos y húmedos en las cuencas binacionales debido a que los eventos extremos de precipitación tiene gran impacto en la disponibilidad hídrica que sustenta las actividades económicas de estas cuencas.
- Establecer una plataforma de acceso de datos interoperables de precipitación y temperatura de INAMHI y SENAMHI de las 43 estaciones identificadas como idóneas para fines de monitoreo e investigación.
- Caracterizar el peligro de sequías basado en los resultados del presente estudio.

7. Anexo

7.1 Anexo Figuras

Series de SPI 3

Subcuenca Bajo Zarumilla – SPI 3
Subcuenca Balsamal – SPI 3
Subcuenca Palmales – SPI 3
Subcuenca Puyango – SPI 3
Subcuenca Bajo Tumbes – SPI 3
Subcuenca Puyango Alto – SPI 3
Subcuenca Bajo Tumbes – SPI 3
Subcuenca Puyango Alto – SPI 3
Subcuenca Cazaderos – SPI 3
Subcuenca Tunime – SPI 3
Subcuenca U.H. 13817 – SPI 3
Subcuenca Bajo Chira – SPI 3
Subcuenca Chipillico – SPI 3
Subcuenca Samán – SPI 3
Subcuenca Quiroz – SPI 3
Subcuenca Intercuenca – SPI 3
Subcuenca Solana – SPI 3
Subcuenca Macara – SPI 3
Subcuenca Catamayo Alto – SPI 3
Subcuenca Pilares – SPI 3
Subcuenca Catamayo – SPI 3
Subcuenca Guayabal – SPI 3

Series de SPI 12

Subcuenca Bajo Zarumilla – SPI 12
Subcuenca Balsamal – SPI 12
Subcuenca Palmales – SPI 12
Subcuenca Puyango – SPI 12
Subcuenca Bajo Tumbes – SPI 12
Subcuenca Puyango Alto – SPI 12
Subcuenca Bajo Tumbes – SPI 12
Subcuenca Puyango Alto – SPI 12
Subcuenca Cazaderos – SPI 12
Subcuenca Tunime – SPI 12
Subcuenca U.H. 13817 – SPI 12
Subcuenca Bajo Chira – SPI 12
Subcuenca Chipillico – SPI 12
Subcuenca Samán – SPI 12
Subcuenca Quiroz – SPI 12
Subcuenca Intercuenca – SPI 12
Subcuenca Solana – SPI 12
Subcuenca Macara – SPI 12
Subcuenca Catamayo Alto – SPI 12
Subcuenca Pilares – SPI 12
Subcuenca Catamayo – SPI 12
Subcuenca Guayabal – SPI 12

7.2 Anexo Mapas

Mapas Climáticos

Mapas de Precipitación Media (mm) Período 1981-2015

Mapa N°P-01. Precipitación mes de Enero

Mapa N°P-02. Precipitación mes de Febrero

Mapa N° P -03. Precipitación mes de Marzo

Mapa N° P -04. Precipitación mes de Abril

Mapa N° P -05. Precipitación mes de Mayo

Mapa N° P -06. Precipitación mes de Junio

Mapa N° P -07. Precipitación mes de Julio

Mapa N° P -08. Precipitación mes de Agosto

Mapa N° P -09. Precipitación mes de Septiembre

Mapa N° P -10. Precipitación mes de Octubre

Mapa N° P -11. Precipitación mes de Noviembre

Mapa N° P -12. Precipitación mes de Diciembre

Mapa N° P -13. Precipitación Anual

Mapa N°P-14. Precipitación Año 1982

Mapa N°P-15. Precipitación Año 1983

Mapa N°P-16. Precipitación Año 1997

Mapa N°P-17. Precipitación Año 1998

Mapas de SPI de períodos secos y húmedos extremos

Mapa N° SPI-1. SPI 3 Marzo 1982 - Ps

Mapa N° SPI-2. SPI 3 Enero 1983 - Ph

Mapa N° SPI-3. SPI 12 Marzo 1982 - Ps

Mapa N° SPI-4. SPI 12 Marzo 1998 - Ph

Agradecimientos

Los autores agradecemos al Ing. Anibal Vaca del INAMHI de Ecuador, por el acceso a los datos de precipitación, que hizo posible el desarrollo del presente Estudio.

Referencias

Acuña J. et al, 2017. Boletín de sequía en el Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Monitoreo mensual de la sequía en el Perú.

Avalos G. et al, 2016. Informe Técnico Nro. 06-2016: Períodos secos y húmedos en la vertiente occidental de los Andes peruanos. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Monitoreo de la sequía en el Perú.

Gómez S. et al, 2016. Variabilidad espacio-temporal del índice de precipitación estandarizado en Centro y Suramérica y El Caribe.

León-Altuna KB, 2014. Análisis espacio-temporal de las precipitaciones y caudales durante los eventos El Niño (1982-83 y 1997-98) en la Costa Norte Peruana. Universidad Nacional Agraria La Molina.

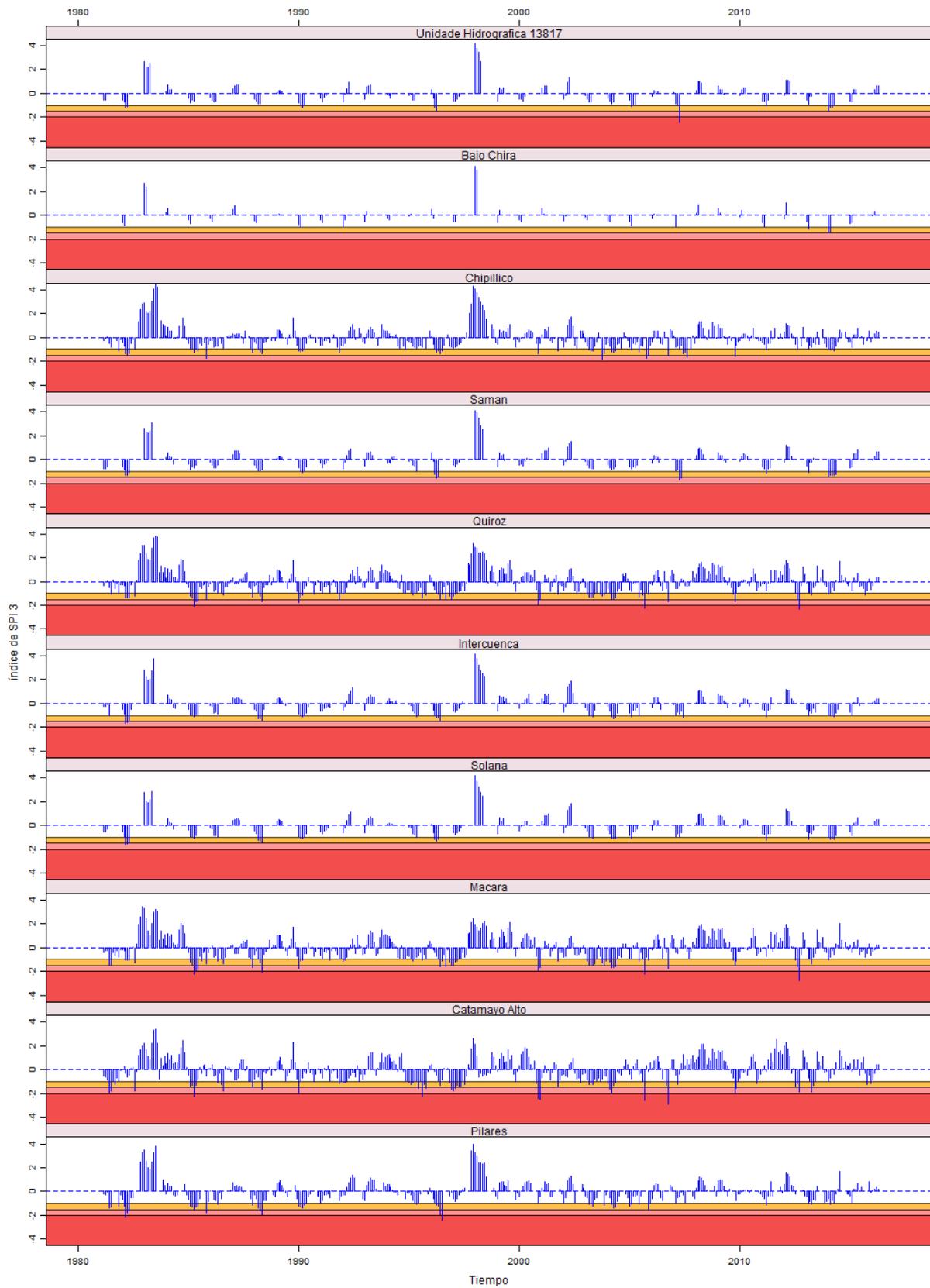
Vega-Jacome et al, 2016. Períodos secos en el Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Avance de investigación Aplicada en Hidrología para la gestión de riesgos de desastres.

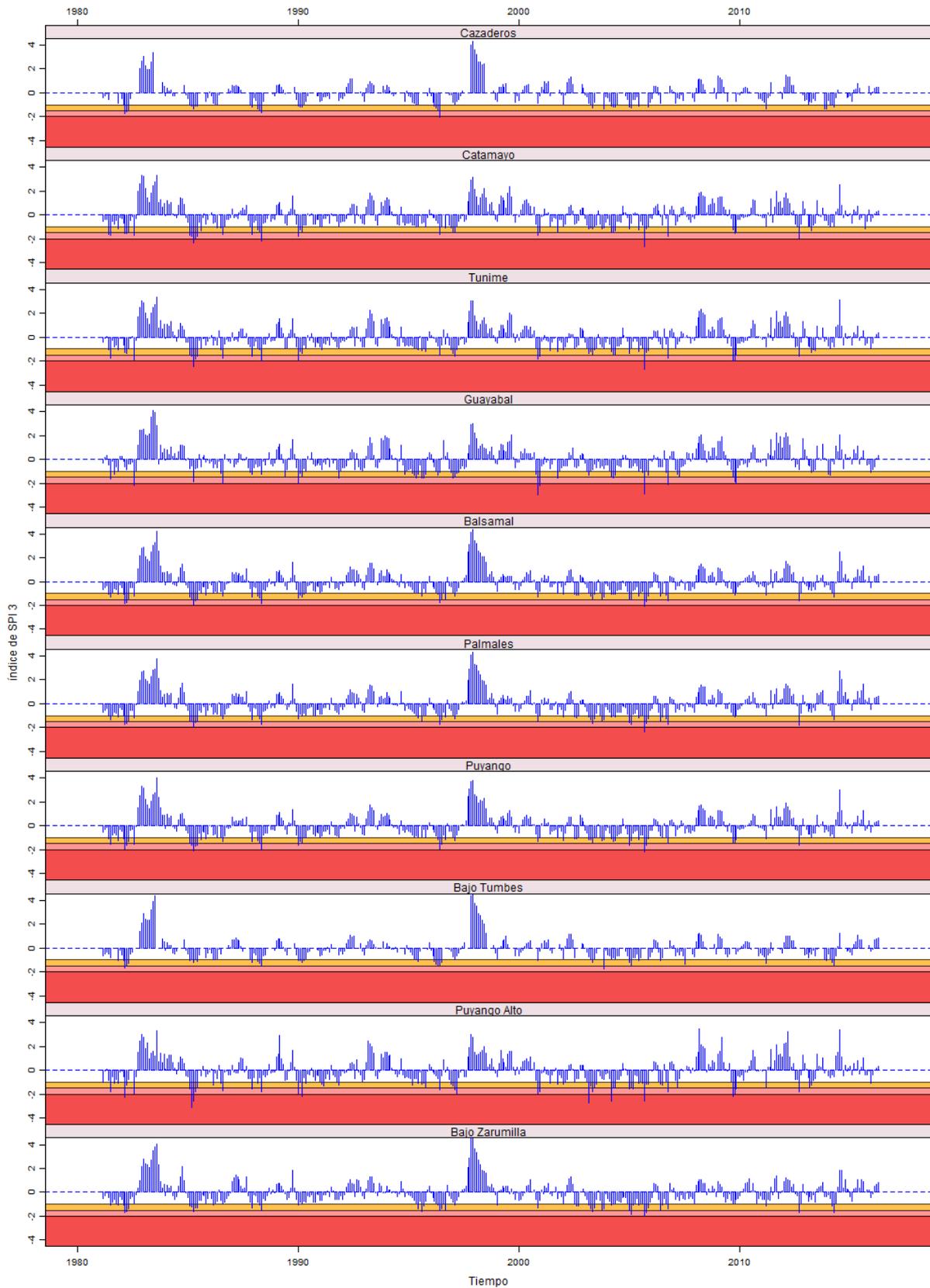
Vicente Serrano, 2014. Variabilidad espacio temporal de las sequías en Bolivia: 1955-2012. International Journal of Climatology. Published online in Wiley Online Library. (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/joc.4190

Lingbing Feng, 2014. CuTOFF A spatio-temporal imputation method <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216941400897X>

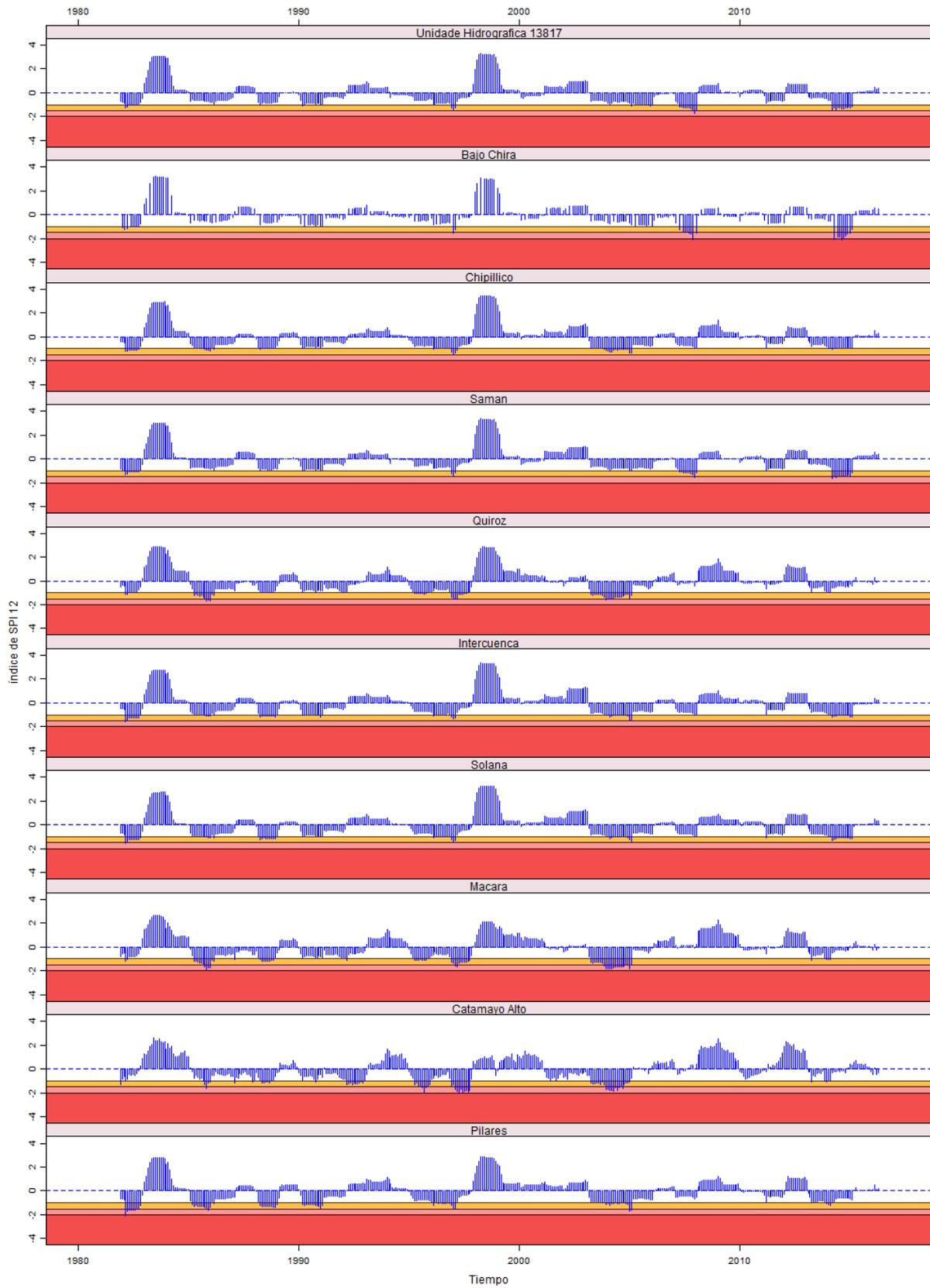
ANEXO

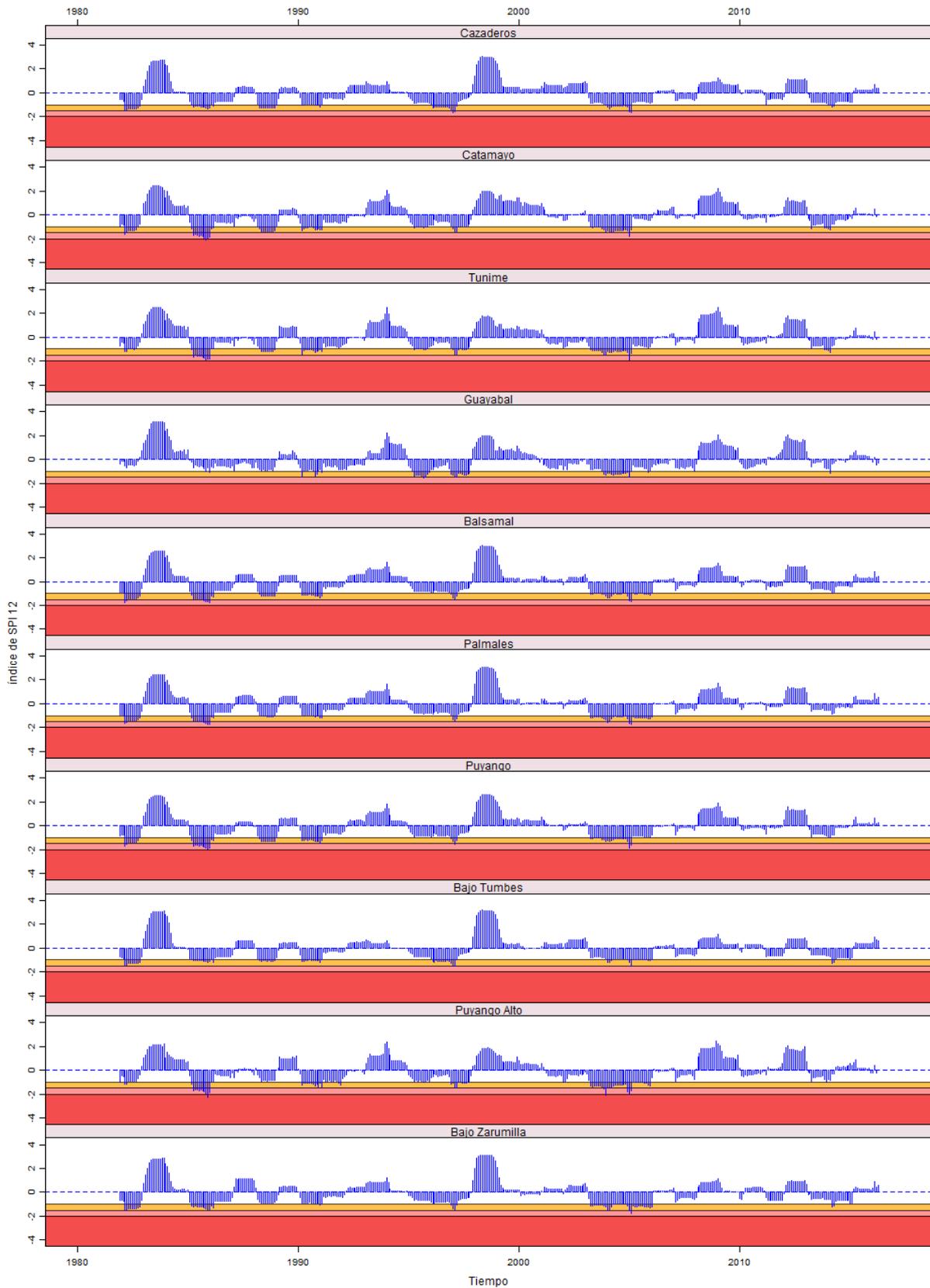
Series de SPI 3



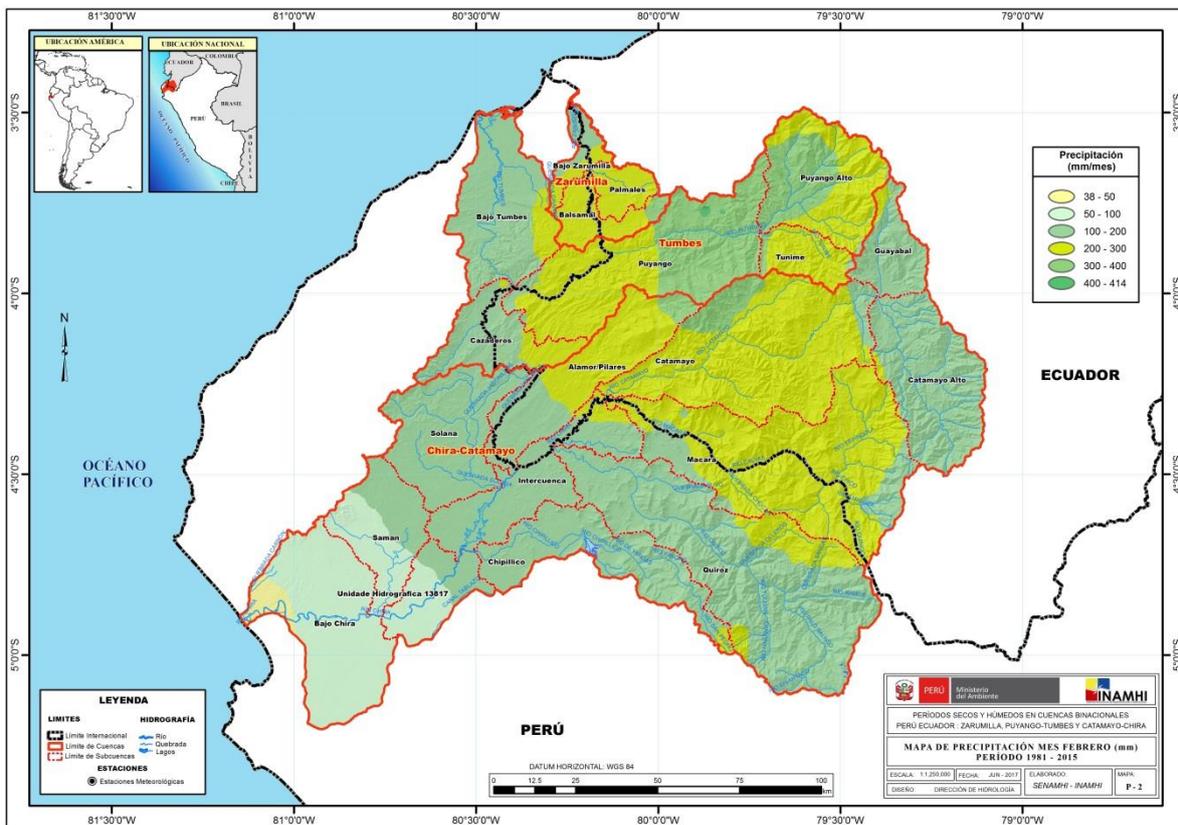
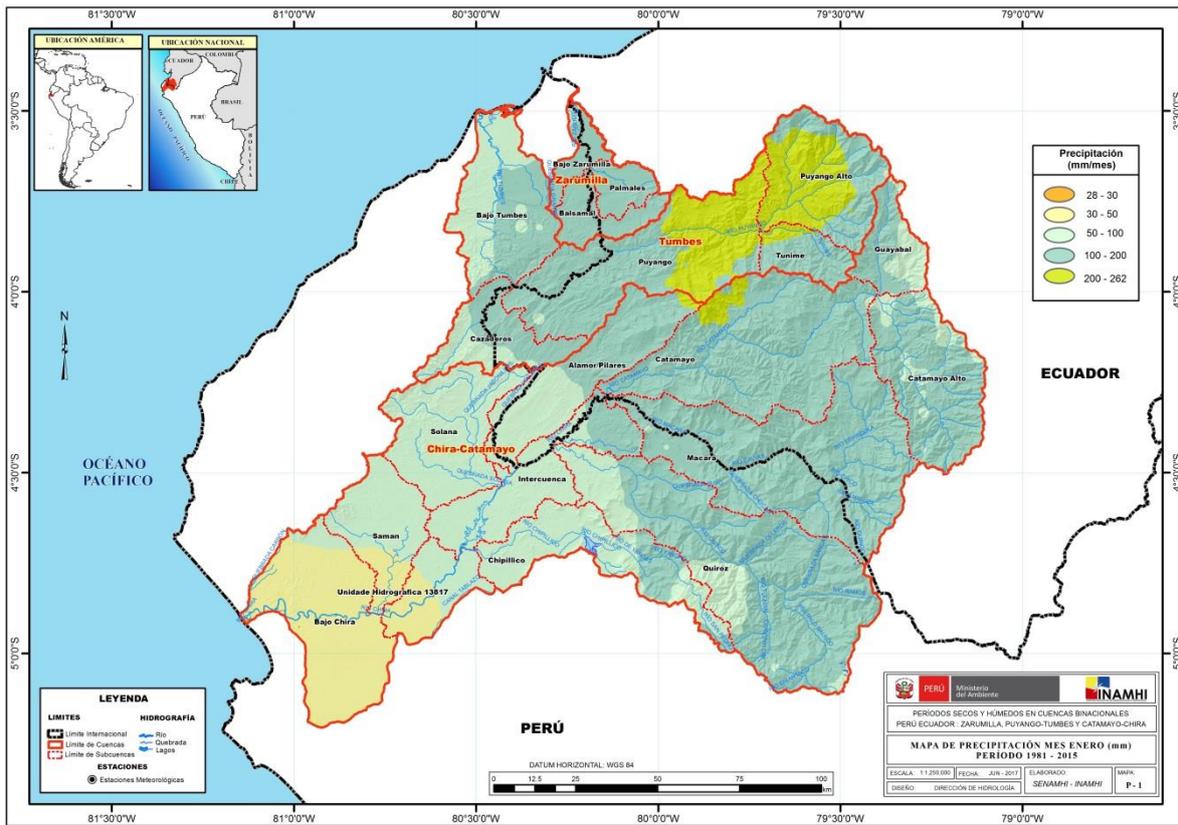


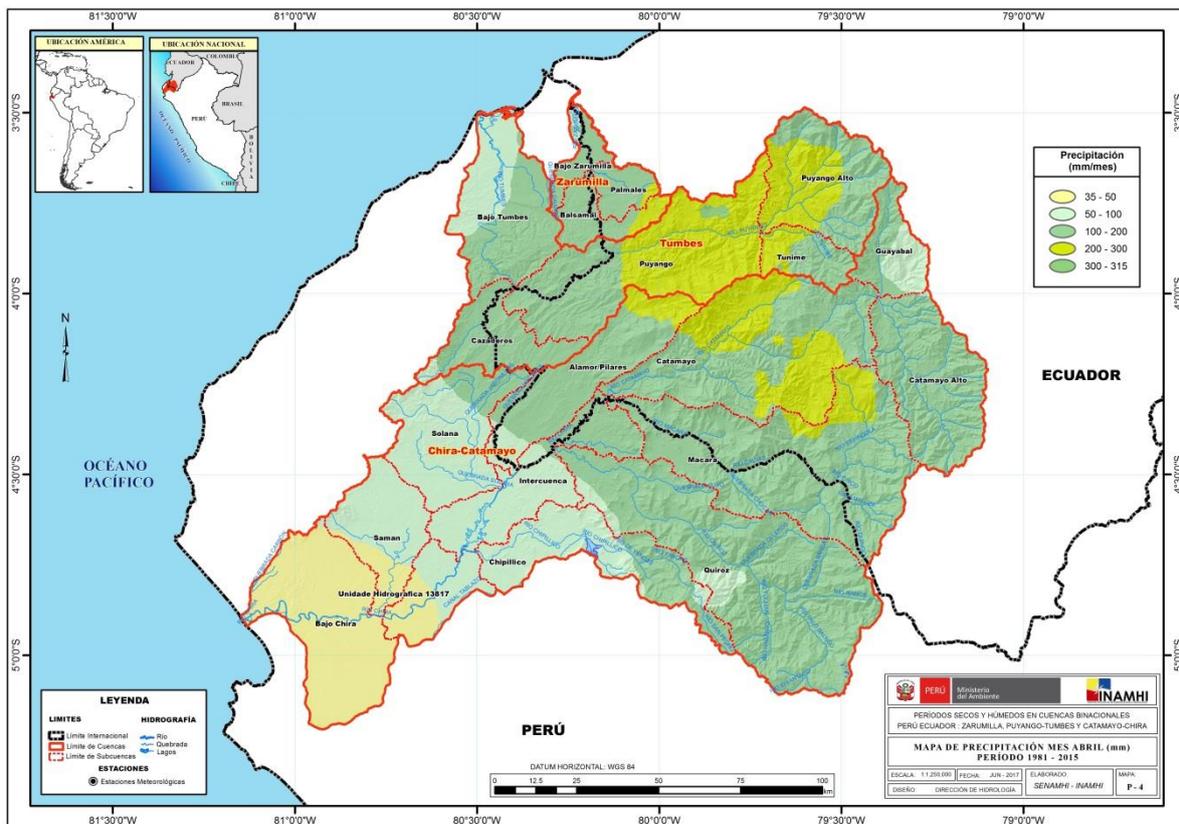
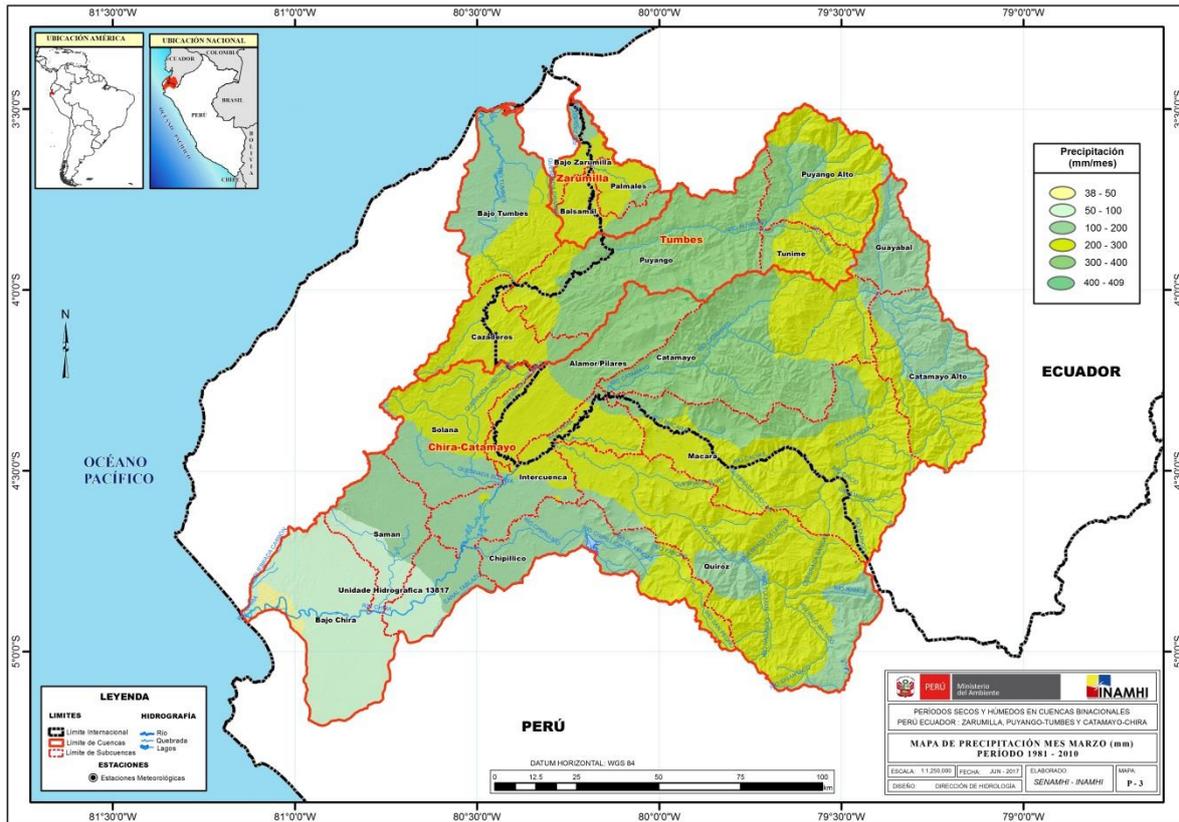
Series de SPI 12

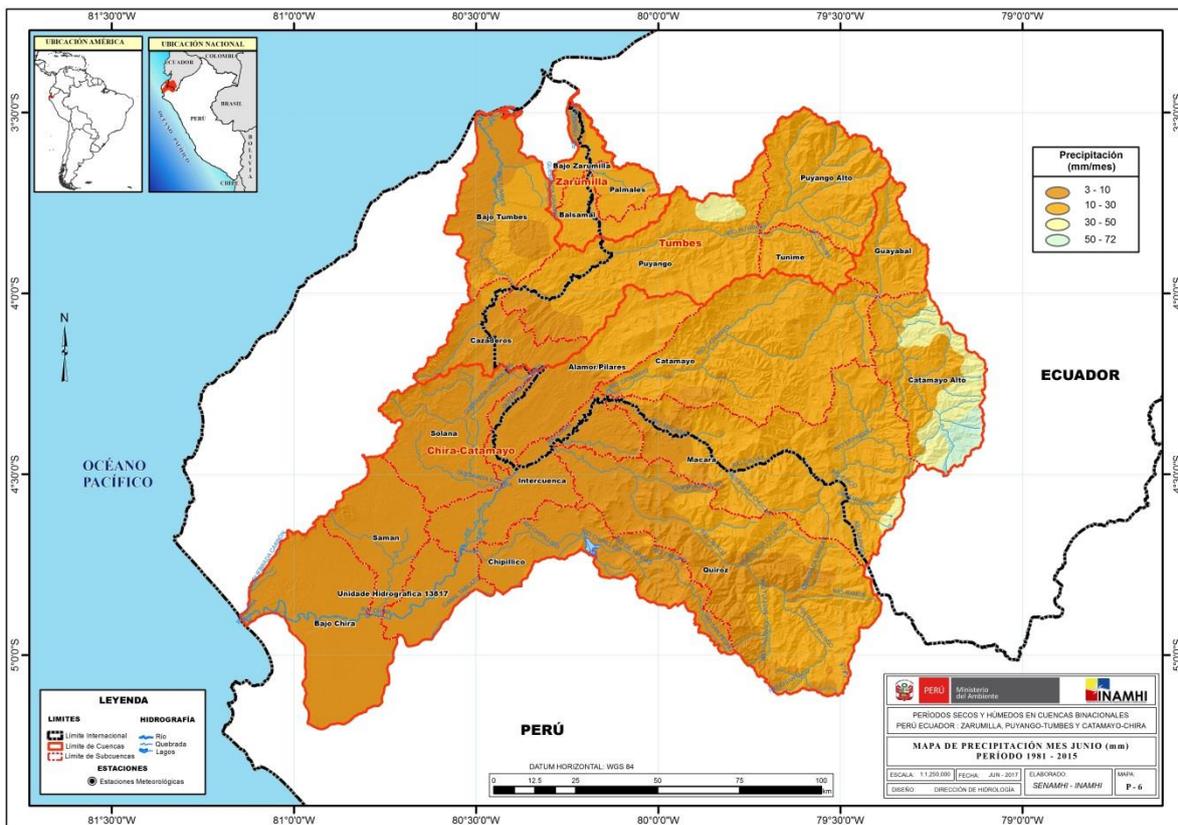
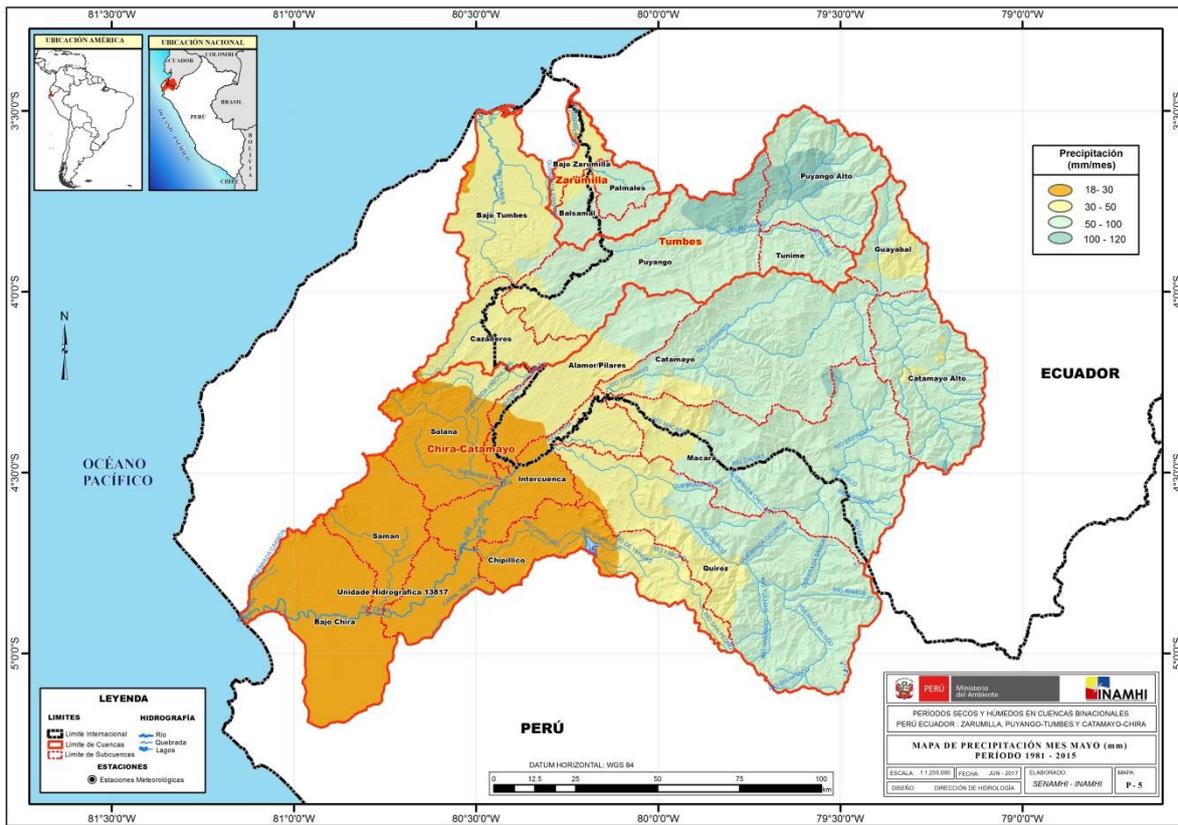


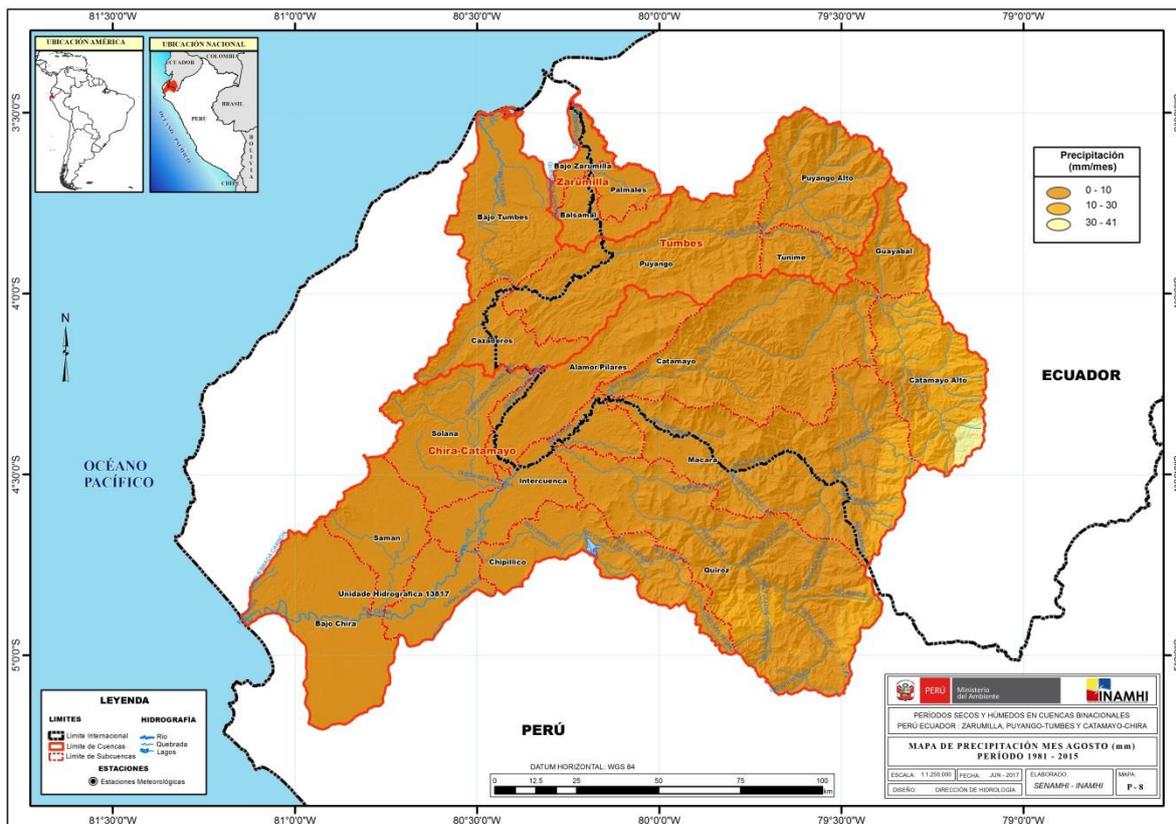
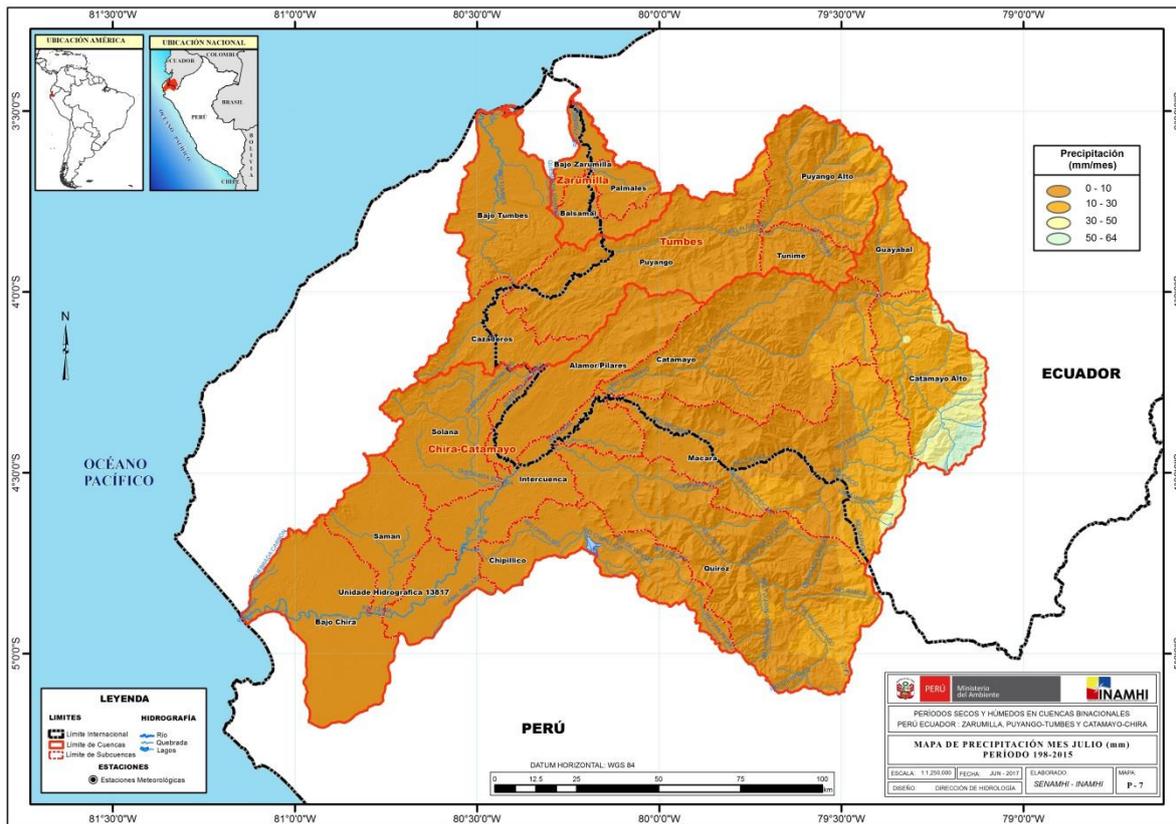


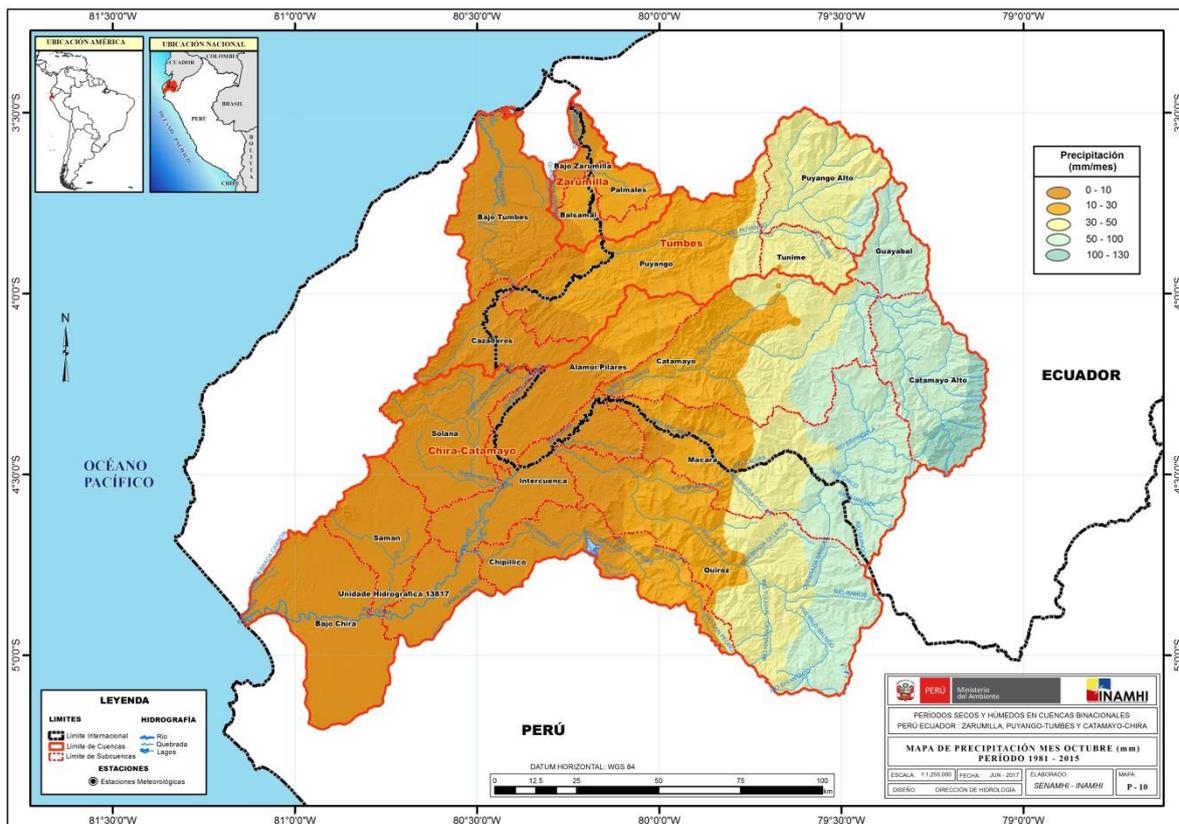
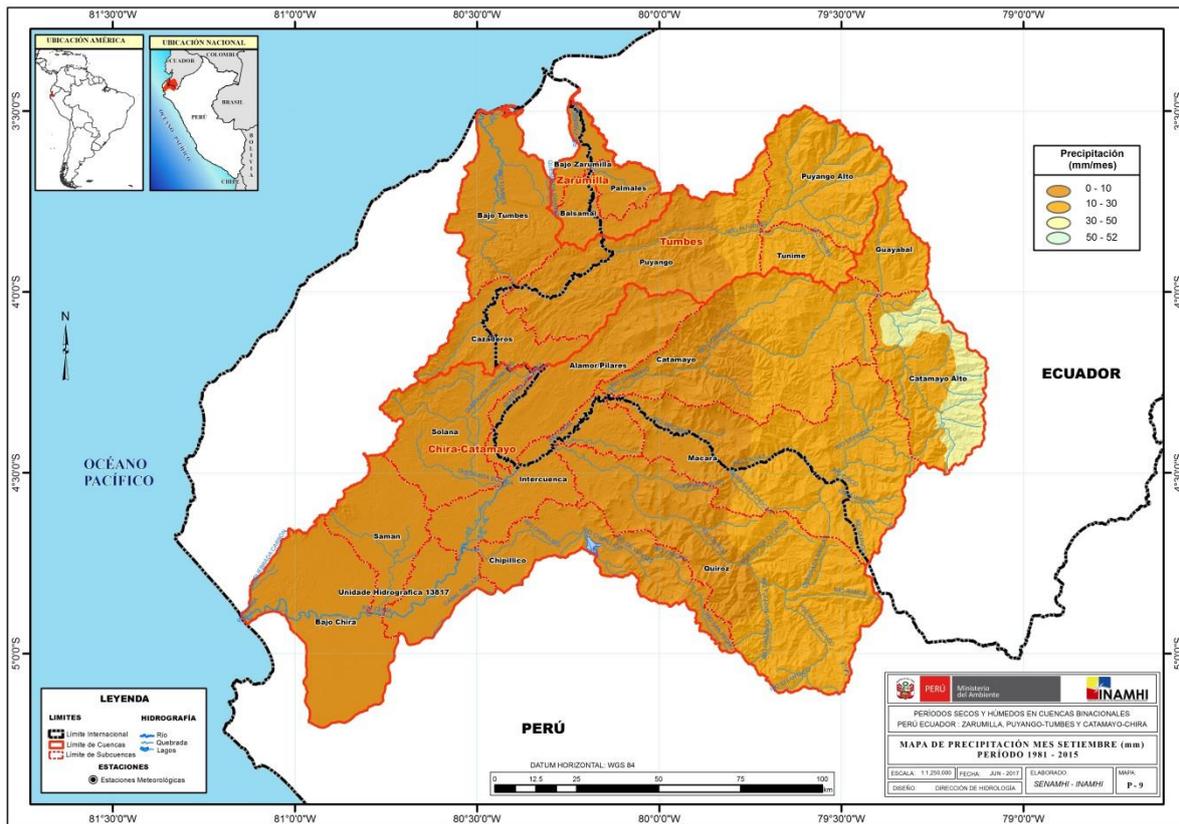
Mapas Climáticos

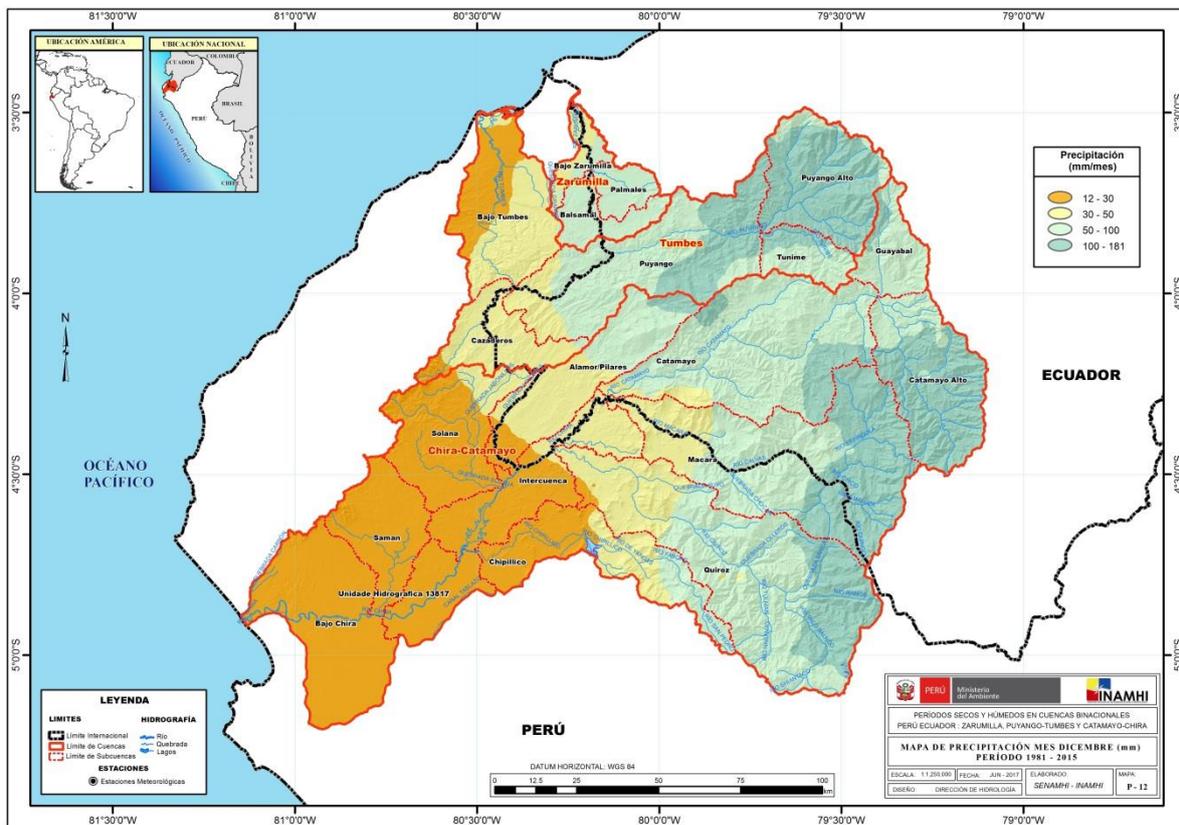
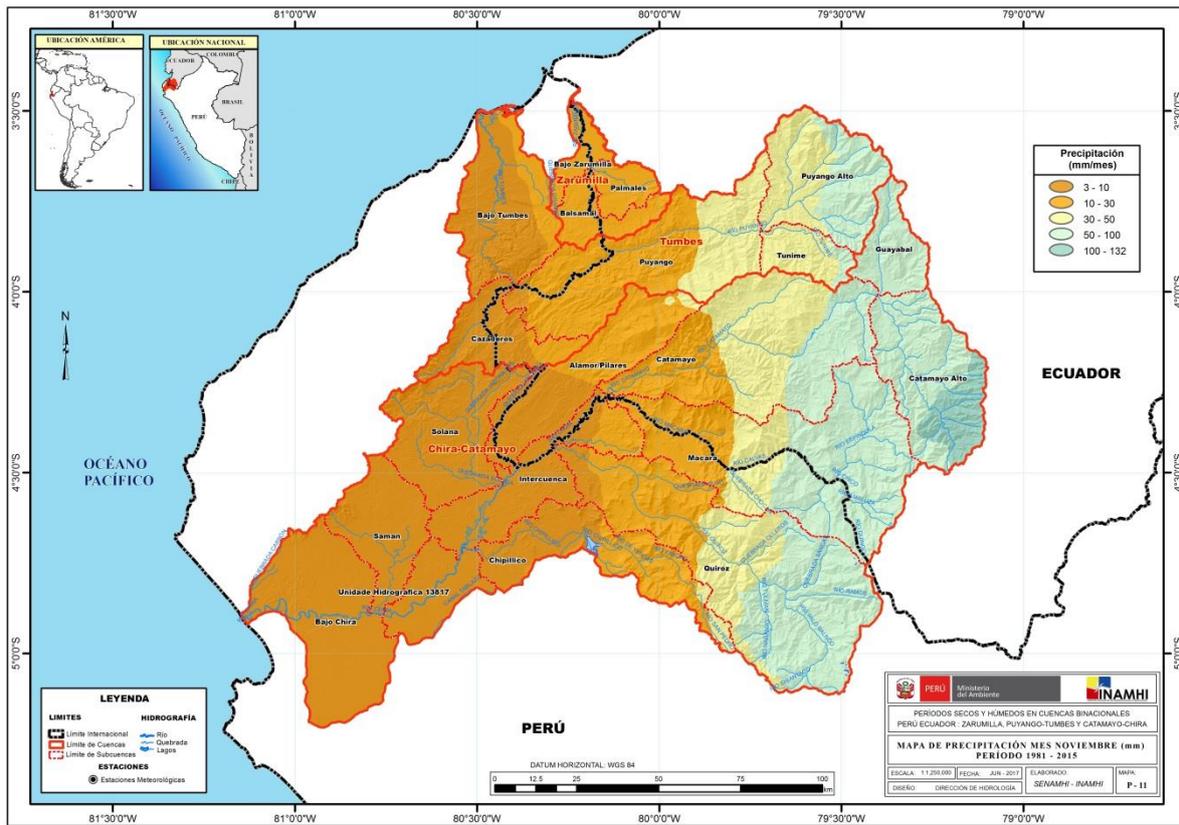


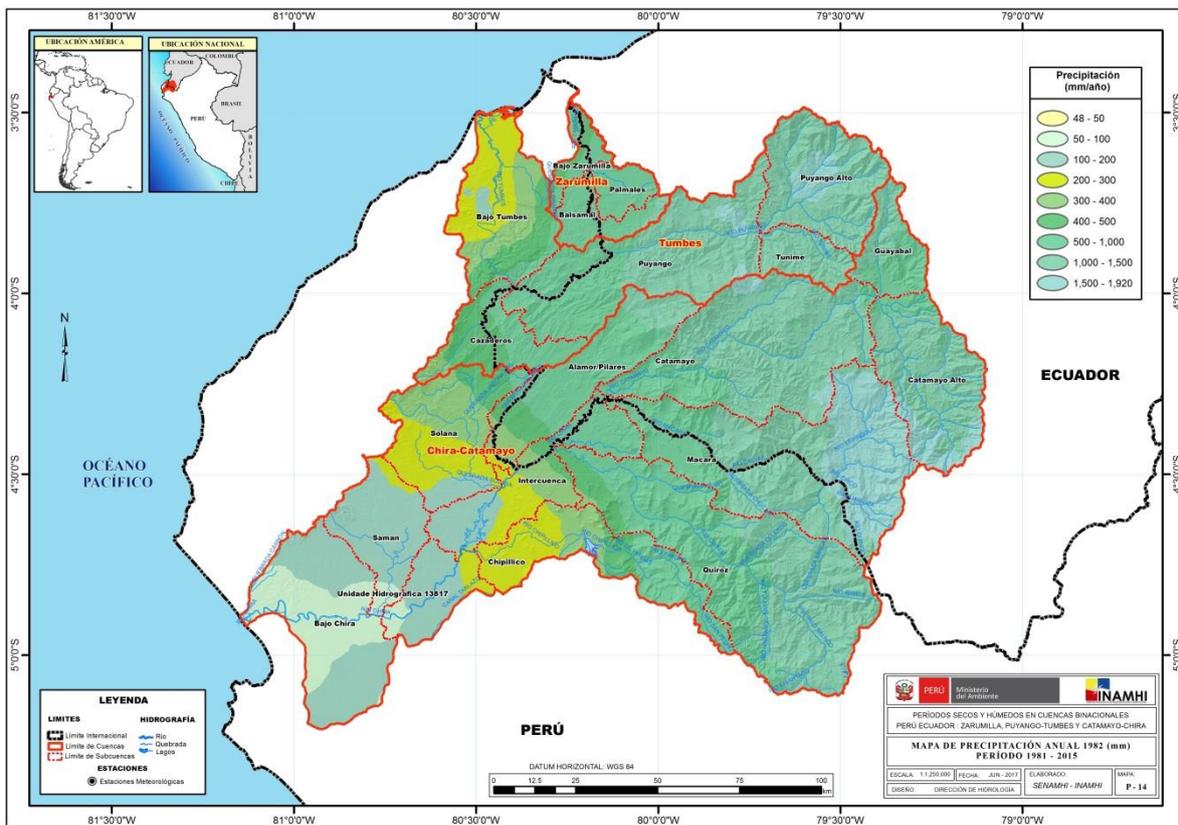
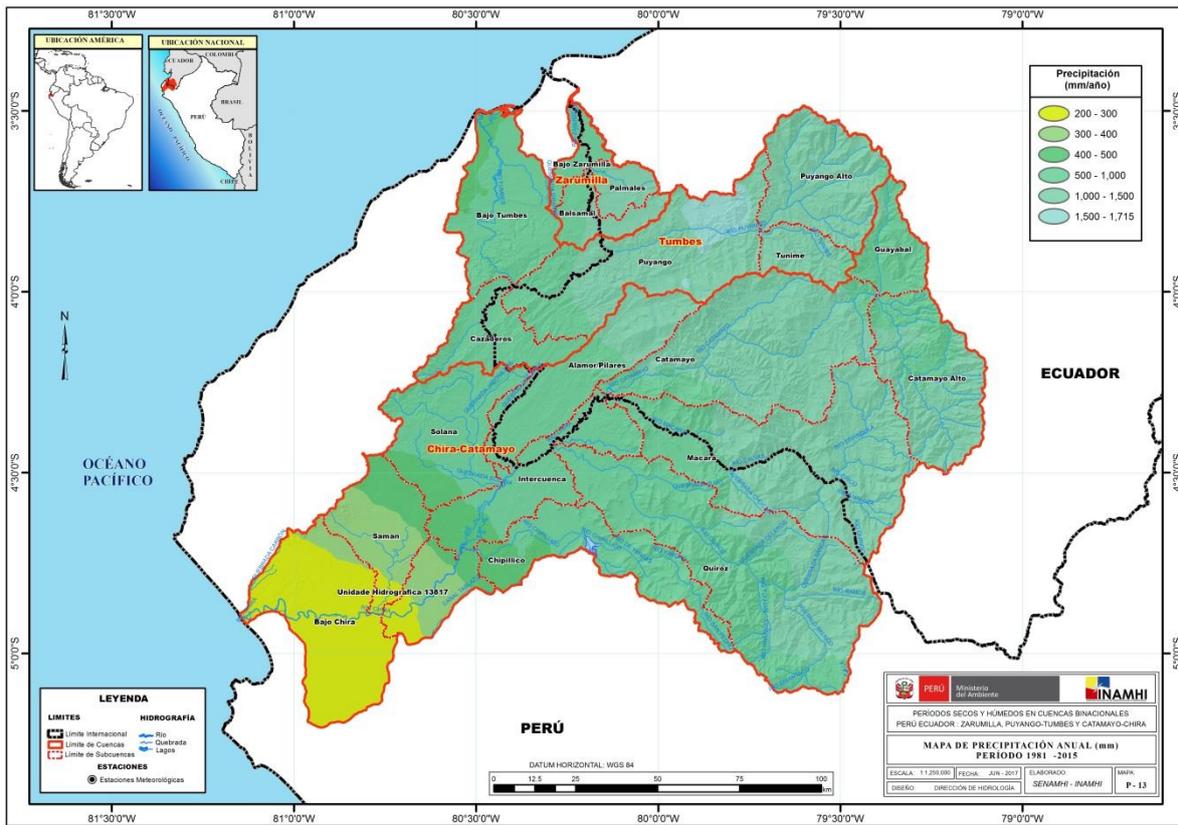


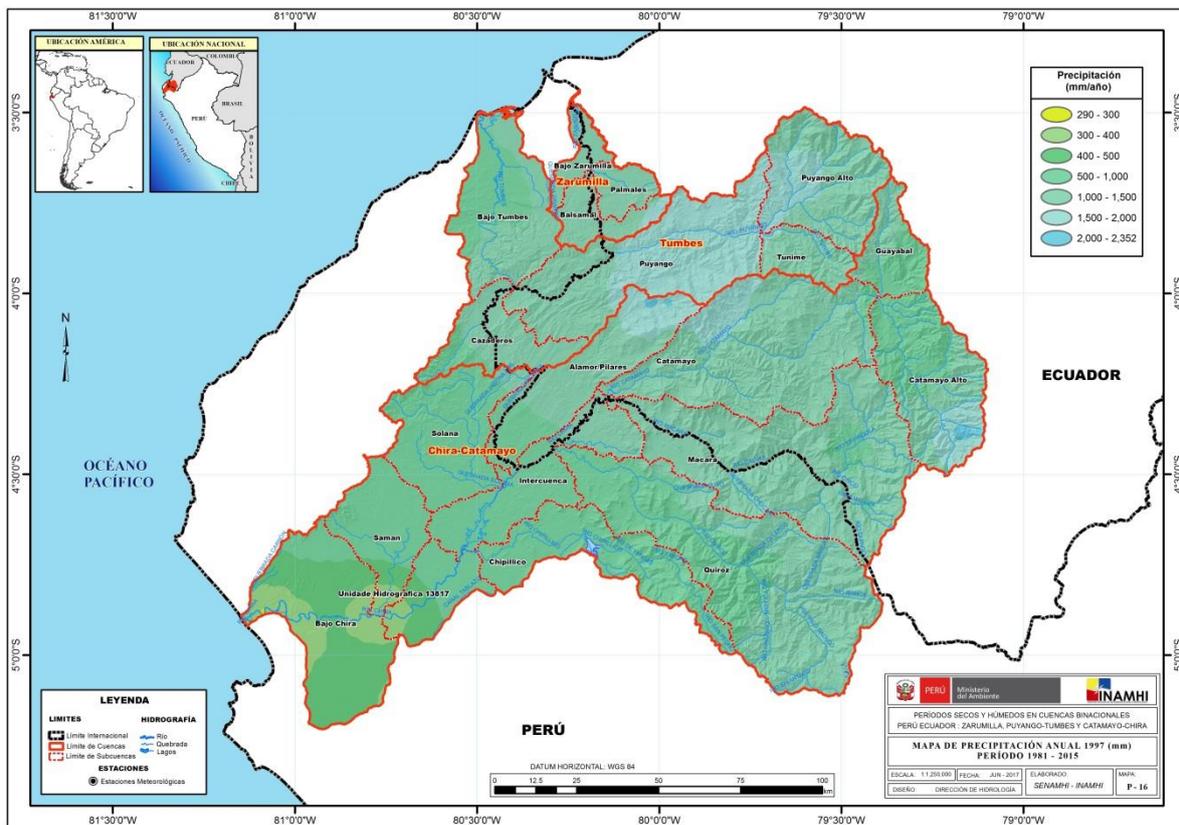
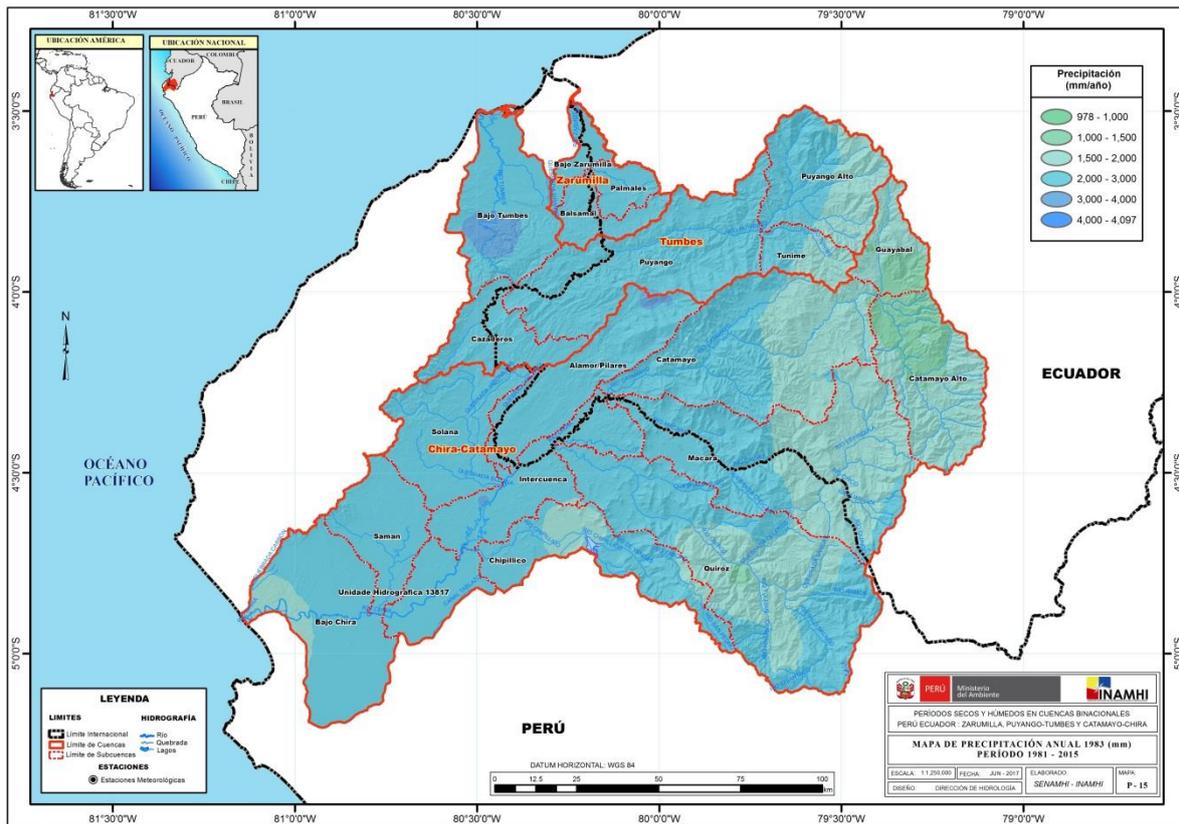


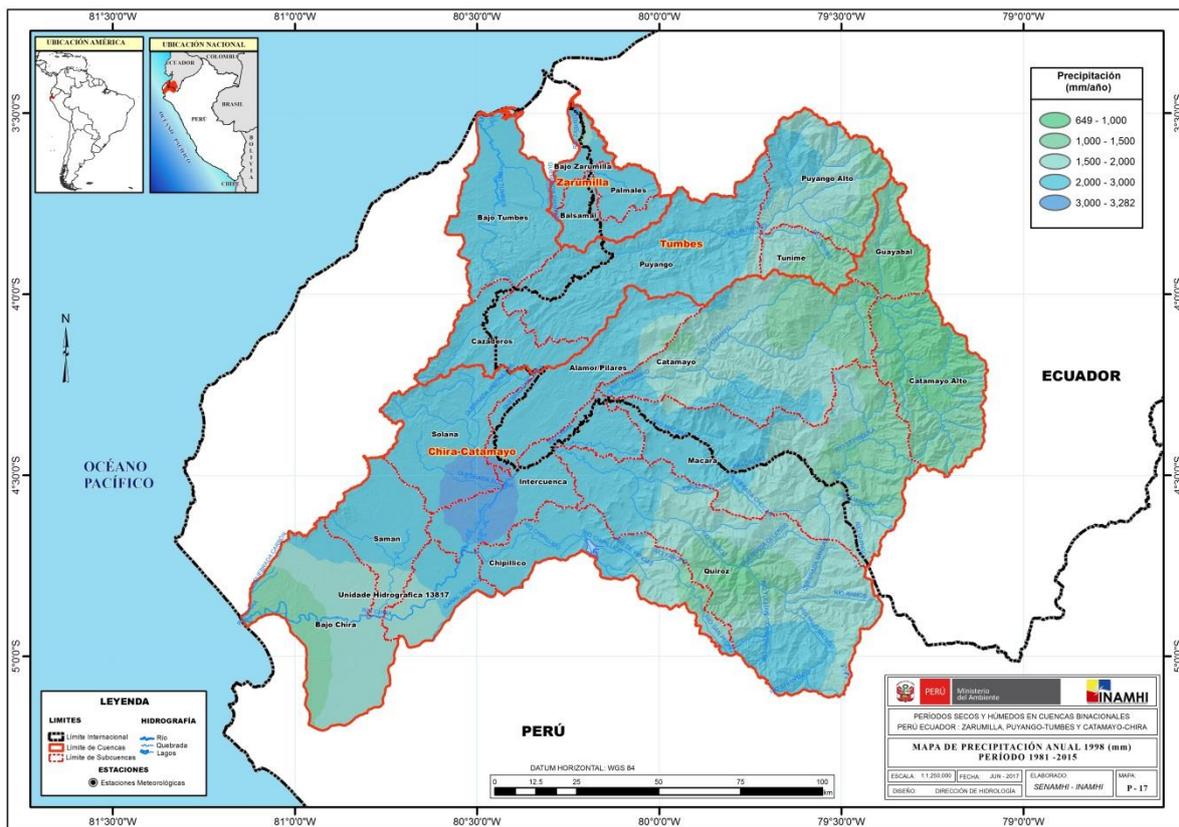




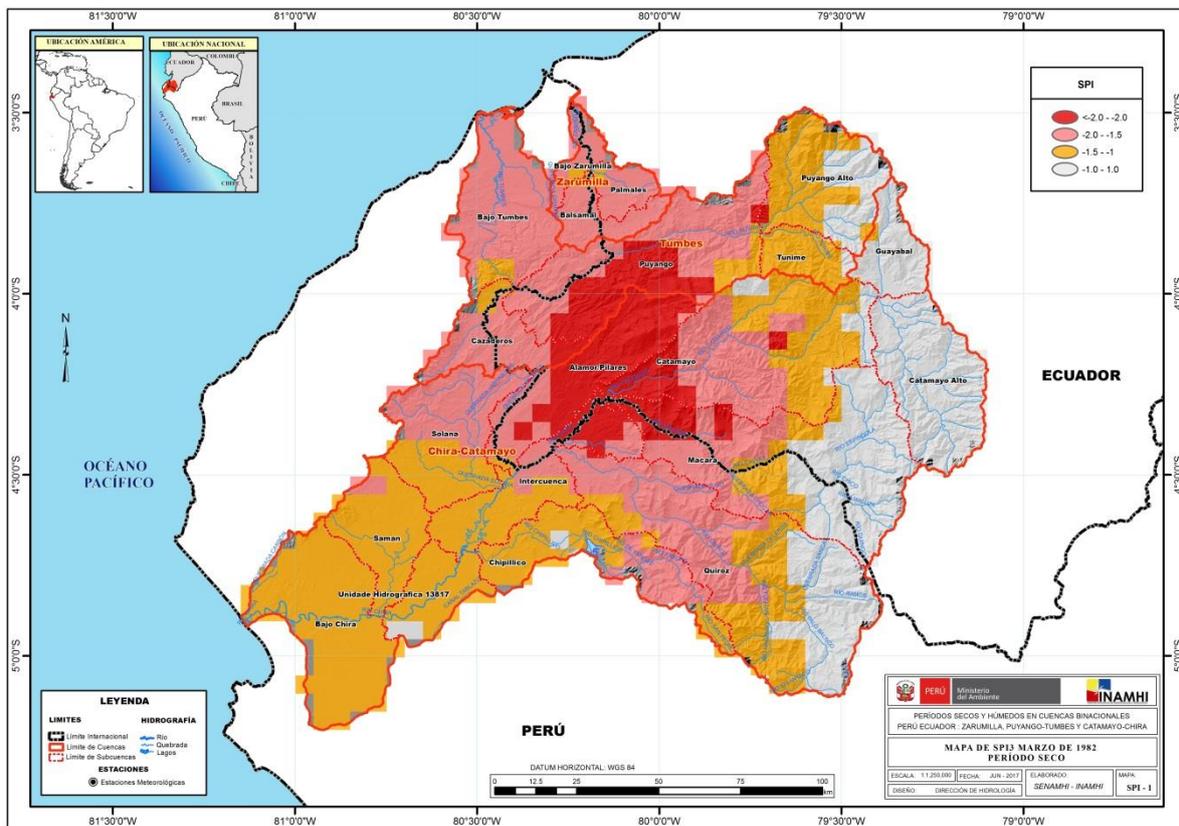


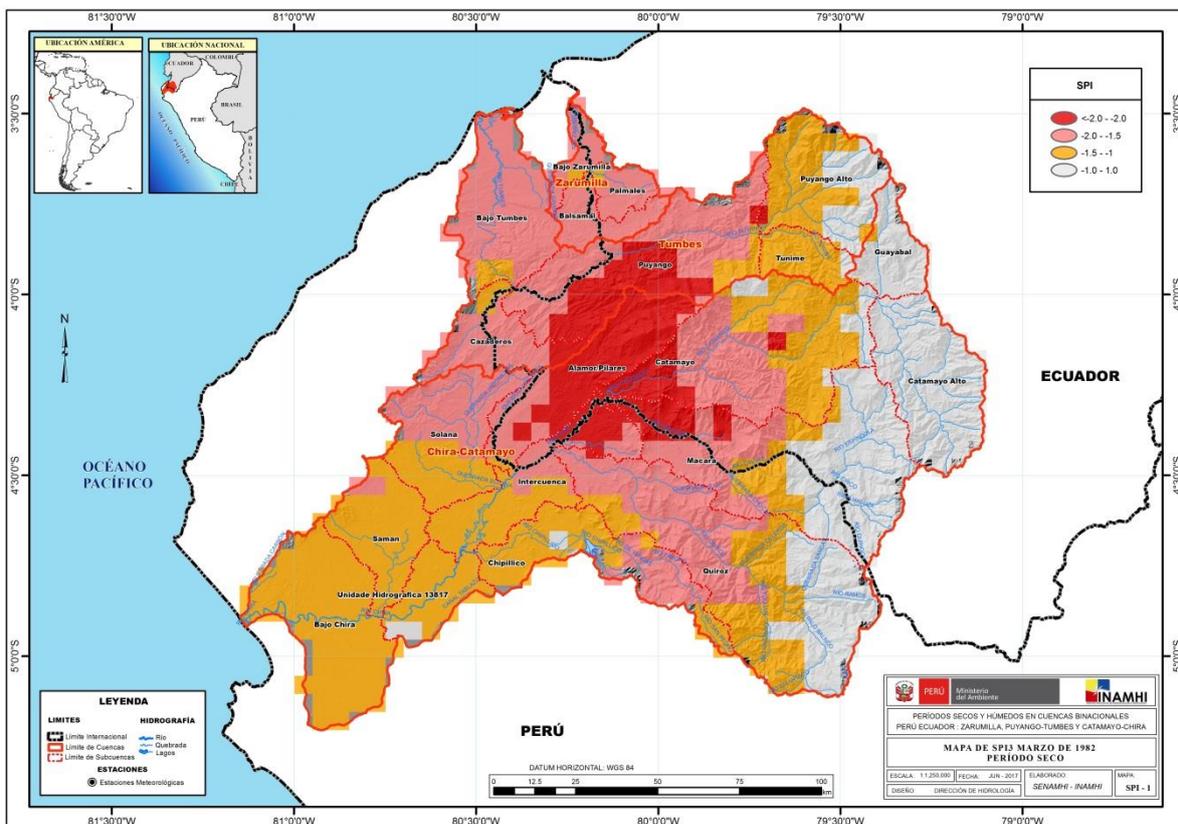
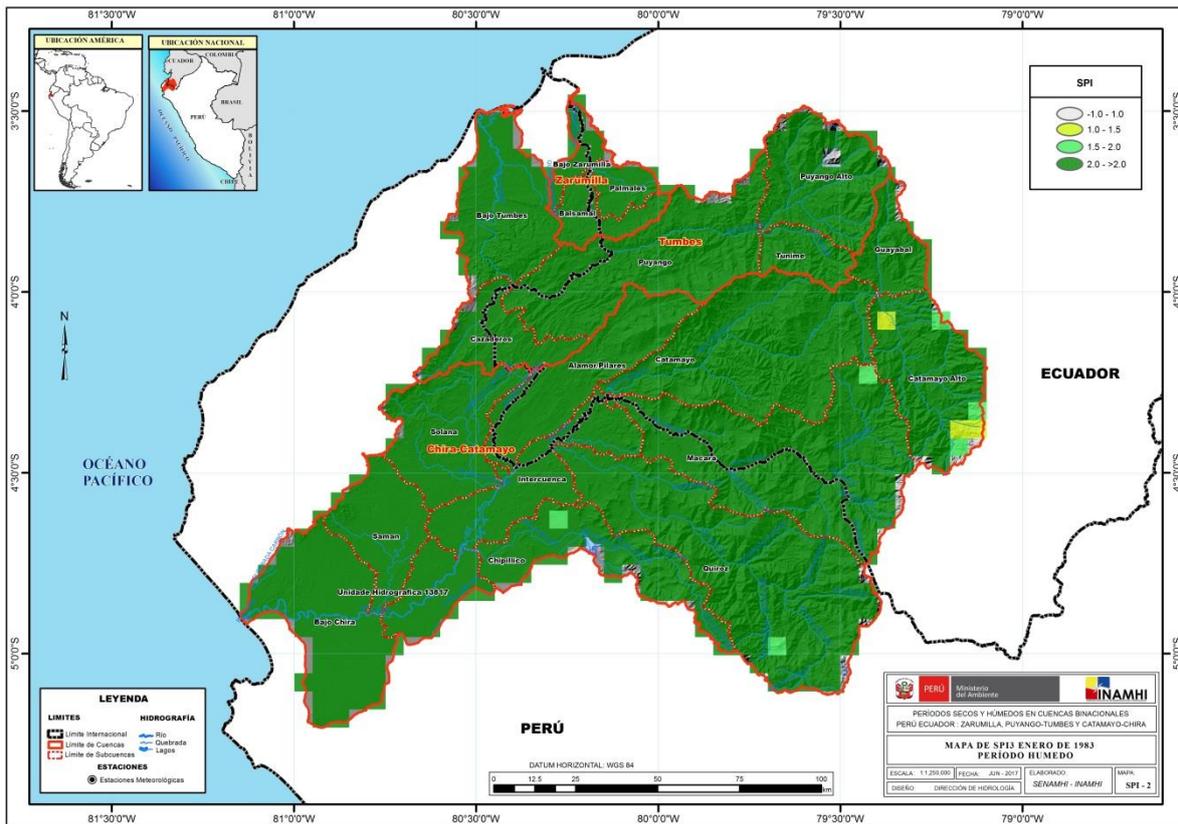


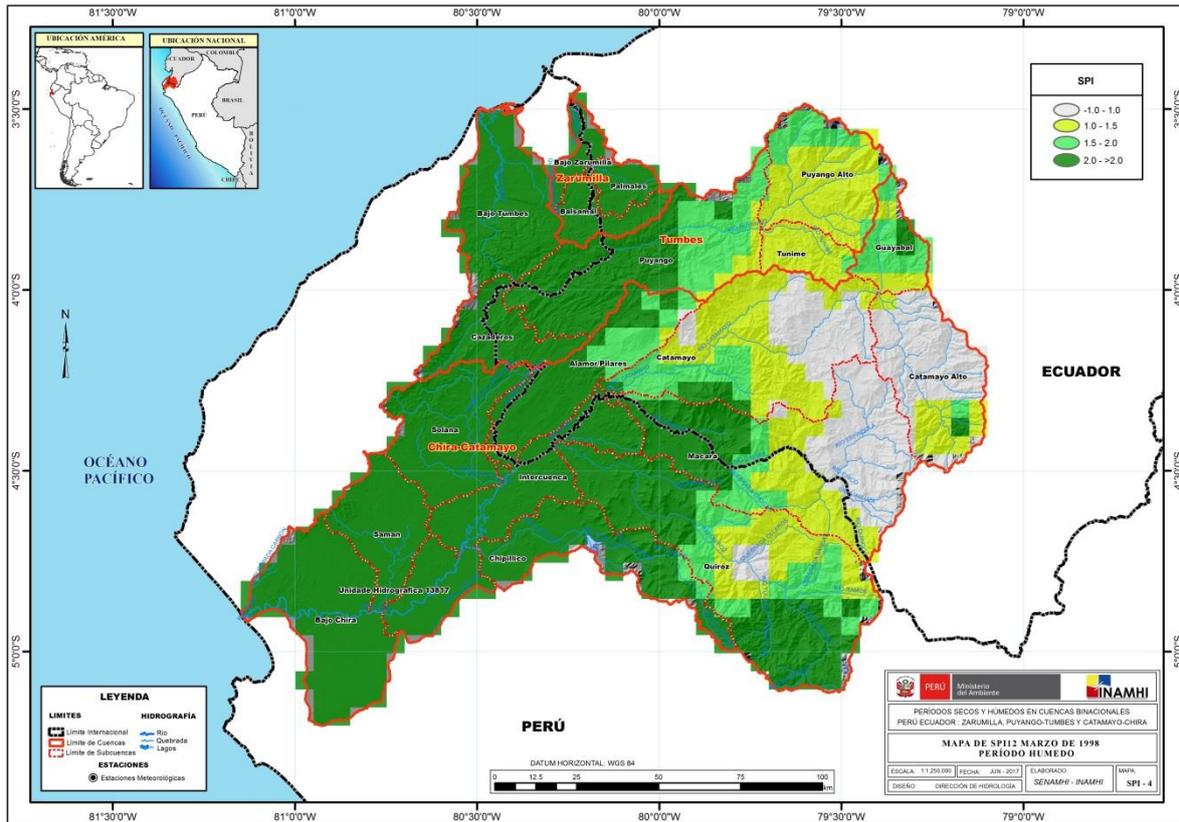


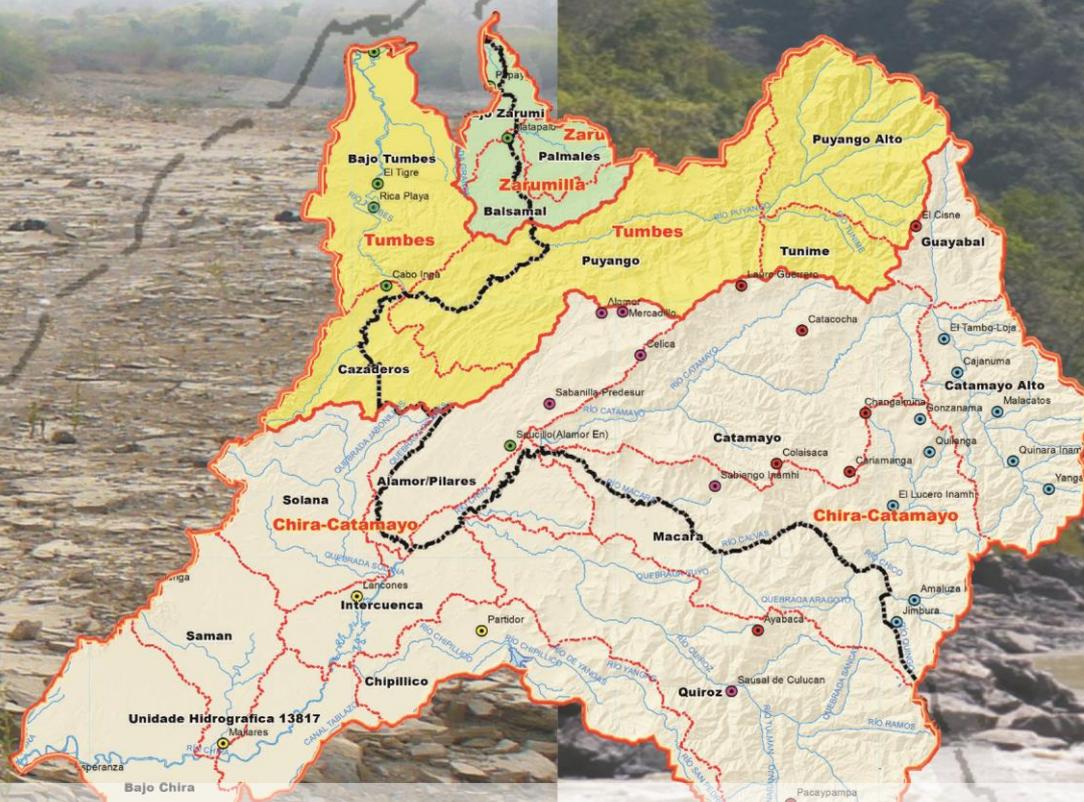


Mapas de SPI de períodos secos y húmedos extremos









© 2017 Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

Jr. Cahuide 785, Jesús María – Lima. | ☎ 614-1409 / 614-1414 (465)

✉ hidrologia_dgh@senamhi.gob.pe | 🌐 www.senamhi.gob.pe

Lima – Perú, Junio de 2017