

**CARACTERIZACIÓN ESPACIO  
TEMPORAL DE LA SEQUÍA EN LOS  
DEPARTAMENTOS ALTOANDINOS  
DEL PERÚ  
(1981 - 2018)**





DIRECTORIO

Dr. Ken Takahashi Guevara  
Presidente Ejecutivo del SENAMHI

Ing. Oscar Felipe Obando  
Director de Hidrología del SENAMHI

REVISOR:

Dr. Waldo Lavado Casimiro  
Subdirector de Estudios e Investigaciones Hidrológicas del  
SENAMHI

RESPONSABLE:

Grupo de Trabajo de Sequía del SENAMHI

Sofia Endara, Julia Acuña, Fiorella Vega,  
Cristian Febre, Kris Correa & Grinia Ávalos

Lima - Perú  
Junio - 2019

---

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	5
1.2 GENERALIDADES .....	5
1.3 OBJETIVO .....	6
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	6
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	6
<b>2. ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>6</b>
2.1.1 <i>Ubicación geográfica</i> .....	6
2.1.2 <i>Clima</i> .....	6
<b>3. DATOS Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>8</b>
3.1.1 <i>Datos</i> .....	8
3.1.2 <i>Metodología</i> .....	8
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>11</b>
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS SEQUÍAS METEOROLÓGICAS.....	11
4.2 CONDICIONES OCÉANO-ATMOSFÉRICAS DURANTE AÑOS CON SEQUÍAS METEOROLÓGICAS .....	25
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>27</b>

## Lista de Figuras

Figura 1. Área en estudio (polígonos en color morado) .....	7
Figura 2. Flujograma metodológico sobre la caracterización de la sequías .....	10
Figura 3. Número de episodios según SPI-3 para la REG en el periodo 1981-2018 .....	11
Figura 4. Variación temporal del SPI-3, para el departamento de Amazonas, Tacna, San Martín y Puno. ....	12
Figura 5. Variación temporal del SPI-3, para el departamento de Piura, Pasco, Moquegua y Lima. ....	12
Figura 6. Variación temporal del SPI-3, para el departamento de Lambayeque, Junín, Huánuco y Huancavelica. ....	13
Figura 7. Variación temporal del SPI-3, para el departamento de Cusco, Cajamarca, Ayacucho y Apurímac. ....	13
Figura 8. Variación temporal del SPI-3, para el departamento de Ancash, Tumbes, La Libertad y Arequipa. ....	14
Figura 9. SPI-3 en marzo de 1982 .....	20
Figura 10. Porcentaje de área afectada por departamento, basado en SPI-3 en marzo de 1982.....	20
Figura 11. SPI-3 en marzo de 1983 .....	20
Figura 12. Porcentaje de área afectada por departamento, basado en SPI3 en marzo de 1983 .....	20
Figura 13. SPI3 en marzo de 1985 .....	21
Figura 14. Porcentaje de área afectada por departamento, basado en SPI3 marzo de 1985.....	21
Figura 15. SPI 3 en marzo del 1987 .....	21
Figura 16. Porcentaje de área afectada por departamento, basado en SPI3 marzo de 1987.....	21
Figura 17. SPI3 en marzo de 1988 .....	22
Figura 18. Porcentaje de área afectada por departamentos, basado en SPI3 marzo de 1988 .....	22
Figura 19. SPI3 en marzo de 1990 .....	22
Figura 20. Porcentaje de área afectada por departamentos, basado en SPI3 marzo de 1990 .....	22
Figura 21. SPI3 en marzo del 1992 .....	23
Figura 22. Porcentaje de área afectada por departamentos, basado en SPI3 en marzo de 1992 .....	23
Figura 23. SPI-3 Enero a marzo del 2004.....	23
Figura 24. Porcentaje de área afectada por departamentos, basado en SPI-3 para marzo de 2004.....	23
Figura 25. SPI-3 Enero a marzo del 2005.....	24
Figura 26. Porcentaje de área afectada por departamentos, basado en SPI-3 para marzo de 2005.....	24
Figura 27. SPI-3 Enero a marzo del 2016.....	24
Figura 28. Porcentaje de área afectada por departamentos, basado en SPI-3 para marzo de 2016.....	24
Figura 29. Compuesto de anomalías para Enero – Febrero – Marzo del agua precipitable (en mm) en matices de colores (verde – húmedo, naranja - seco) y viento promedio de alta atmósfera (aproximadamente 12Km). En contornos se muestra la componente zonal anómala del viento significativa (Uzonal >1dev.std).....	26
Figura 30. Compuesto de anomalías para Enero – Febrero – Marzo de la temperatura superficial del mar (°C) en matices de colores y viento promedio de baja atmósfera (aproximadamente 1 Km). En contornos se muestra la componente zonal anómala del viento significativa (Uzonal >1dev.std).....	26
Figura 31. Compuesto por cada año de anomalías para Enero-Febrero-Marzo a partir de omega (Pa/seg) comprendido entre 500 y 300 hPa, en matices de colores y viento promedio de alta atmósfera (aproximadamente 10 km) entre 300 y 200 hPa.....	27

## Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación de las condiciones de sequía según SPI.....	10
Tabla 2. SPI 3 por departamentos en el período 1981-2018.....	15
Tabla 3. Características de las sequias en términos de intensidad y severidad .....	16
Tabla 4. Sequias y Eventos El Niño/La Niña .....	25

## Caracterización espacio temporal de la sequía en los departamentos altoandinos del Perú (1981-2018)

### Resumen

La caracterización de sequías meteorológicas en el Perú ha sido obtenida con el índice estandarizado de precipitación (“Standardized Precipitation Index”, SPI) dado su simplicidad y flexibilidad para el estudio de la precipitación en varias escalas temporales, en este caso se ha analizado el de tres meses correspondientes a enero, febrero y marzo en el período 1981-2018, el área de estudio seleccionada fue 20 departamentos del Perú (Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, La Libertad, San Martín, Ancash, Huánuco, Pasco, Junín, Lima, Cusco, Huancavelica, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Moquegua, Puno y Tacna, denominado en adelante REG), se ha excluido las zonas desérticas de los departamentos costeros debido a que reciben apenas el 2% de la precipitación pluvial que cae en el país (Mapa de tierras secas, SENAMHI 2010).

La base de datos utilizada fue PISCO (Peruvian Interpolate data of the SENAMHI’s Climatological and Hydrological Observations) producto precipitación mensual, elaborada por el Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología del Perú (SENAMHI).

El enfoque metodológico, comprendió la caracterización de las sequías en términos de intensidad y severidad, se sustenta en umbrales teóricos propuesto por OMM, 2012. Asimismo, se ha incorporado la experiencia interdisciplinaria de las Direcciones de Línea (Dirección de Hidrología y Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica) del SENAMHI, la cual es reflejada en estudios, investigaciones y en sus boletines de monitoreo de la sequía hidrológica y meteorológica publicadas con frecuencia mensual, en el portal web institucional (<https://www.senamhi.gob.pe/?p=sequias>).

Entre los resultados, se identificaron 10 episodios de sequías de moderadas a extremas y de diferentes cobertura espacial, estos eventos se presentaron en los años 1982 (12.9%), 1983 (38.6%, con mayor porcentaje de condición extrema), 1985 (21.6%), 1987 (25.1%), 1988 (21.3%), 1990 (71.3%), 1992 (78.5%, con mayor porcentaje de condición extrema), 2004 (45.7%), 2005 (25.2%) y 2016 (18.8%). Entre ellos, las sequías con mayores impactos regionales fueron los episodios de 1990 que afectó a 19 departamentos; y el episodio de 1992 que afectó 16 departamentos. Cabe mencionar, que el patrón océano – atmosférico en el Pacífico, que domina durante los años secos mencionados anteriormente, refleja la fase cálida del El Niño Oscilación Sur (ENOS). No obstante, las sequías evidenciadas durante los años 1982, 1990 y 2004 se dieron durante la fase neutra del ENOS.

## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes

En el marco del Grupo de trabajo de sequías (GTS) del SENAMHI aprobado con Resolución de presidencia ejecutiva N°005-2018/SENAMHI, se ha elaborado el Estudio Caracterización espacio temporal de la sequía en el Perú a escala de Departamento altoandinos, el cual analiza el período 1981-2018, como contribución al conocimiento de las sequías históricas en el país, este documento será difundido en el Observatorio Nacional de sequía (ONS) siendo ello una plataforma multisectorial en apoyo al fortalecimiento de la gestión integral de la sequía creada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en el 2014. Al respecto el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), en conjunto con el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), Instituto Geofísico del Perú (IGP), Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), son parte del Comité Especializado de la ONS; y provee de información climática con frecuencia mensual a la plataforma, en apoyo a la toma decisiones que permitan mitigar los efectos de las eventuales situaciones de sequía.

### 1.2 Generalidades

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la sequía es considerada como un período de condiciones meteorológicas anormales secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico (OMM, 2006).

Es así, que SENAMHI, 2018 en el marco del GTS y Climandes 2, la define como un “evento climático extremo de origen natural, que resulta de la deficiencia de lluvias considerablemente inferiores a los normales registrados, generando impactos negativos asociados a la vulnerabilidad de los sistemas expuestos. Cuando este evento se prolonga en el tiempo (meses y años), la disponibilidad de agua llega a ser insuficiente para satisfacer la demanda habitual de la sociedad y del ambiente; es así que, las sequias pueden clasificarse en meteorológica, agrícola, hidrológica, socioeconómica y ecológica”.

Dado, que la sequía es un fenómeno que ocurre en todas las zonas climáticas, tanto en regiones húmedas como secas y en cualquier época del año. Si bien no posee una definición universal, en términos generales puede decirse que es un período prolongado, usualmente de longitud estacional o mayor, durante el cual la precipitación se encuentra por debajo de sus valores normales.

Al respecto, al analizarse las condiciones de sequía se considera a la precipitación como el factor principal y su estudio son particularmente importantes en regiones donde las actividades económicas son altamente dependientes de los recursos hídricos (Vicente-Serrano et al., 2015), como es el caso del Perú.

Por tanto, el Estudio muestra el comportamiento espacio temporal de las sequias históricas por Departamento, basado en el índice estandarizado de precipitación (Standardized Precipitation Index, SPI) de tres meses (corto plazo) correspondiente a enero, febrero y marzo (EFM) para el período 1981-2018, meses donde se da la mayor tasa de precipitación en

comparación con otros meses de año y se ha incorporado el análisis experto sobre monitoreo de sequías, desarrollado por las Direcciones de Hidrología y Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica del SENAMHI, la cual es reflejada en sus boletines de monitoreo de la sequía hidrológica y meteorológica, así como en la generación de indicadores de sequía (índice de precipitación estandarizado-SPI y Anomalía porcentual de precipitación) de alcance nacional.

### 1.3 Objetivo

#### 1.3.1 Objetivo general

- Caracterizar espacio temporal de las sequías meteorológicas en el Perú basado en su intensidad y severidad, utilizando el índice de precipitación estandarizado de 3 meses (ene-feb-mar), en el periodo 1981-2018.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los departamentos afectados por las sequías meteorológicas en el período 1981-2018.
- Identificar años con sequías meteorológicas moderadas a extremadamente secas.
- Analizar los patrones océano-atmosféricos durante años con sequías meteorológicas moderadas a extremadamente secas.

## 2. Área de Estudio

### 2.1.1 Ubicación geográfica

El Perú está ubicado en la parte centro-oeste de Sudamérica, limita por el oeste con el Océano Pacífico, al norte con Ecuador y Colombia, al este con Brasil y Bolivia, y al sur con Chile. Se encuentra entre los 68°39'W y 81°19'W de longitud y los 00°01'S y 18°20'S de latitud. Su territorio tiene una superficie total de 1 285 220 km<sup>2</sup>.

La zona de estudio corresponde a 20 departamentos del Perú (Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, La Libertad, San Martín, Ancash, Huánuco, Pasco, Junín, Lima, Cusco, Huancavelica, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Moquegua, Puno y Tacna, REG) excluido la zona árida de los departamentos costeros. Ver Figura 1.

### 2.1.2 Clima

La influencia de la Cordillera de los Andes, la Corriente de Humboldt y el anticiclón Pacífico Sur, determinan las características climáticas de las distintas regiones geográficas (Gilford et al 1992). La región Costa es extremadamente seca con precipitaciones anuales inferiores a 40 mm en la parte sur y centro; y con precipitaciones que oscilan entre los 50 y los 200 mm en el extremo norte. En la región Sierra, la latitud, altitud, presencia de vientos locales y el efecto pantalla de la cordillera dan lugar a diferentes condiciones climáticas; el sistema meteorológico dominante del clima en la región sierra y selva es el anticiclón del Atlántico Sur, el cual a través de los vientos alisios asociados directa o indirectamente (reciclado), advecta grandes cantidades de humedad hacia la cuenca amazónica peruana (Guilford et al 1992).





Figura 1. Área en estudio (polígonos en color morado)

En general, las temperaturas decrecen al aumentar la altitud, mientras que la precipitación lo hace de norte a sur y de este a oeste. La región presenta dos estaciones de clima muy bien definidas: (i) una de estío, entre abril y octubre, caracterizada por días soleados, noches muy frías y ausencia de lluvias; (ii) una lluviosa, entre noviembre y marzo, en los valles interandinos situados por debajo de los 3 000 m sobre el nivel del mar las precipitaciones medias anuales son inferiores a 500 mm y por encima de los 3 000 m sobre el nivel del mar las precipitaciones medias anuales son superior a los 700 mm. La región Selva presenta un clima tropical cálido y húmedo, con precipitaciones durante todo el año, aunque con mayor intensidad entre diciembre y enero.

Las variaciones del clima que el Perú exhibe de un año a otro, conocido como variabilidad interanual, están en gran medida determinadas por la presencia de El Niño.

Es así, que las alteraciones que este fenómeno climático puede tener en el régimen pluviométrico en nuestro país tal como lo menciona Lavado et al. (2012a) que las lluvias y los caudales en el norte de la vertiente del Pacífico peruano y en la vertiente del lago Titicaca, son influenciadas de manera inversa por la variabilidad del ENOS (El Niño-Oscilación Sur); así, durante El Niño global, las lluvias y caudales están sobre sus valores normales en la costa norte mientras que en la vertiente del Titicaca y al este de los Andes, se presentan sequías. Por otro lado, eventos El Niño no siempre conducen a condiciones de sequías en los Andes del sur de Perú, tal es el caso de El Niño 1997/1998 que por el contrario se tuvo un escenario húmedo o la sequía de 1990 que ocurrió en un contexto no Niño. Además, fuertes eventos El Niño no siempre coinciden con una sequía de intensidad fuerte (Imfeld, 2019).

Una de las mayores sequías del último siglo desde 1964 fue la de 1982/1983 (Imfeld, 2019), evidenciando pérdidas económicas por US\$ 3283 millones, equivalentes al 11,6% del PBI anual.

### 3. Datos y Metodología

#### 3.1.1 Datos

- Se ha utilizado la Base de datos PISCO (Peruvian Interpolate data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations) producto precipitación total mensual (PPm) de resolución espacial de  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  (~10 km) en el período enero de 1981 hasta el 2018, obtenidas de la combinación geoestadística de datos de la red de estaciones del SENAMHI y del producto satelital de lluvia CHIRP (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation, Funk et al., 2015), están disponibles en <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SENAMHI/.HSR/.PISCO/.Prec/.v2p1/.unstable/.monthly/>
- Datos de SPI 3 meses grillados también a  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  (~10 km) . La Metodología de estimación de PISCO se describen en: [http://iridl.ldeo.columbia.edu/documentation/.pisco/.Manuscript\\_PISCO.pdf](http://iridl.ldeo.columbia.edu/documentation/.pisco/.Manuscript_PISCO.pdf).

#### 3.1.2 Metodología

Los procesos metodológicos para la caracterización espacio temporal de la sequía, se describe a continuación en forma secuencial y la Figura 2 muestra la síntesis del flujograma metodológico.

- Estimación de las series mensuales de precipitación

En base al producto PPM y a la geometría de los departamentos en estudio se calcularon los promedios areales de precipitación para cada región y para cada mes desde enero de 1981 hasta marzo del 2018, obteniéndose una serie mensual para cada departamento.

- Cálculo del Índice de Precipitación estandarizado

El Índice de precipitación estandarizado, SPI fue desarrollado por McKee *et al.* (1993) se basa en la probabilidad de precipitación para cualquier escala temporal. El SPI se concibió para cuantificar el déficit de precipitación en distintas escalas de tiempo, las cuales reflejan el estado de humedad baja diversas condiciones de acumulación de las

lluvias. El cálculo del SPI se basa en el registro de precipitaciones a largo plazo, los cuales se ajusta a una distribución de probabilidad (*Gamma* en este caso), que posteriormente es transformada a una distribución normal. Producto del ajuste y la transformación, cada valor del SPI representa el número de desviaciones estándares.

Una de las fortalezas notables del SPI es la distribución de probabilidad normalizada, de manera que tanto la sequía como la humedad pueden ser comparados a través de diferentes regiones (Qin, Yang, Lei, Xu, & Xu, 2015). El valor numérico del SPI hace referencia a la desviación estándar de la precipitación medida de una función de distribución de probabilidad dada.

Suponiendo que  $x$  es precipitación mensual acumulada en la escala de tiempo de la investigación (1 mes, 3 meses, 6 meses, 12 meses, etc.), la cual se ajusta a una función de densidad de probabilidad  $g(x)$  como sigue:

$$g(x) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)}, x > 0 \quad ; \quad \Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx$$

Donde  $x$  es la precipitación acumulada,  $\Gamma(x)$  es la función gamma,  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de forma y escala respectivamente, los cuales pueden ser estimados por el método de máxima verosimilitud (Guttman, 1999) como sigue:

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{1 + 4A/3}}{4A}, \beta = \frac{x}{\alpha} \quad A = \ln(\hat{x}) + \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

Donde  $n$  es la longitud de la serie de tiempo (meses). Luego la probabilidad acumulada de precipitación  $x$  en la escala de tiempo dada es expresada como:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx$$

Si  $t=x/\beta$ , la ecuación (1) se transforma en una función gamma incompleta:

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

La ecuación  $H(x)$  no considera la situación extrema donde la precipitación mensual acumulada  $x=0$ . Como resultado, la ecuación ( $Gx$ ) es modificada como  $H(x)$ :

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

Donde  $q$  es la probabilidad de  $x=0$ , es decir, la frecuencia de ocurrencia de  $x=0$  en todas las series observadas. Cuando son transformadas en la función de distribución estandarizada normal, el SPI se expresa como:

$$SPI = \begin{cases} -\left(t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right), & t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{H(x)^2}\right)}, \quad 0 < H(x) \leq 0.5 \\ t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}, & t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-H(x))^2}\right)}, \quad 0.5 < H(x) \leq 1 \end{cases}$$

Donde las constantes equivalen a:  $c_0 = 2.515517$ ,  $c_1 = 0.802853$ ,  $c_2 = 0.010328$ ,  $d_1 = 1.432788$ ,  $d_2 = 0.189269$  y  $d_3 = 0.001308$ .

- Identificación de los años con sequías meteorológicas

Para la identificación de años con sequías meteorológicas se utilizó los umbrales teóricos de SPI propuestos por OMM, 2012 mostrados en la Tabla 1. El sistema de clasificación para definir las intensidades de la sequía está en función a los distintos valores de SPI. Por tanto, **los episodios de sequía tienen lugar siempre que el SPI sea continuamente negativo y alcance una intensidad de -1.0 a menos.**

Tabla 1. Clasificación de las condiciones de sequía según SPI

Índices	Categoría
-2.0 y menor	Extremadamente seco
-1.5 a -1.99	Severamente seco
-1.0 a -1.49	Moderadamente seco
-0.99 a 0.99	Normal

Fuente: OMM 2012

- Características de Intensidad y severidad
  - Intensidad máxima es el valor extremo negativo de SPI.
  - Severidad es la suma de los valores de SPI de un episodio seco.

Cabe indicar que se ha adoptado como sequía, a valores de SPI 3 meses menores a -1

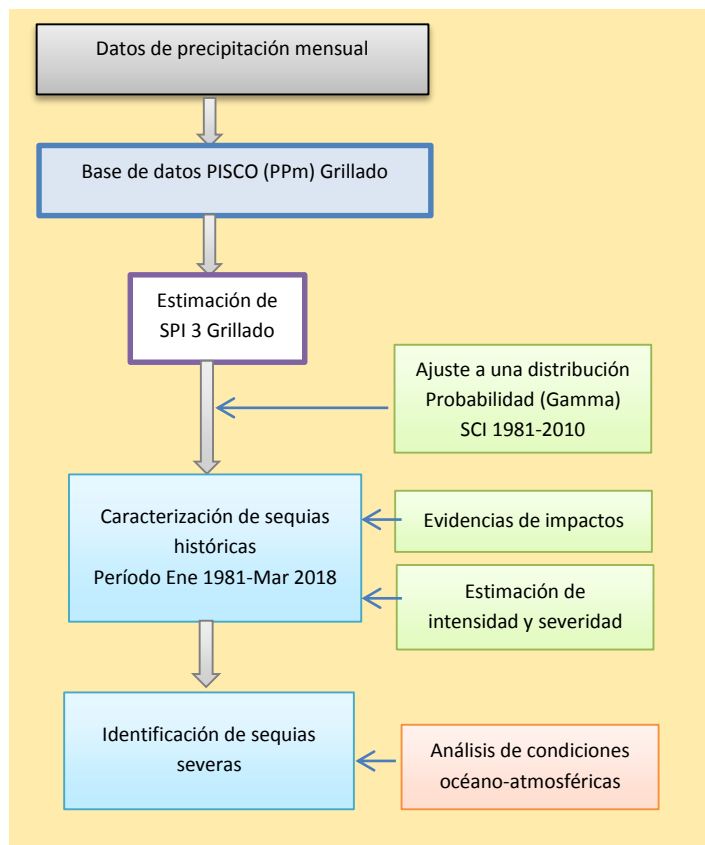


Figura 2. Flujograma metodológico sobre la caracterización de las sequías

## 4. Resultados

### 4.1 Caracterización de las sequías meteorológicas

La Figura 3 muestra el número de episodios secos para la REG que variaron de 3 a 7. Los departamentos con menor número de episodios secos fueron: Arequipa, Tumbes, Ayacucho, Moquegua, San Martín y Tacna (total 3 episodios). Por otro lado, el departamento con mayor número de episodios secos fue Amazonas (total 7 episodios).

El mayor número de episodios secos en la REG se dio en la categoría **Moderadamente seco**.

Las Figuras 4 a 7 muestran la variación temporal de SPI de 3 meses para cada departamento, en el período de 1981 al 2018. Donde rojo = Extremadamente seco, rosado=Severamente seco y naranja=Moderadamente seco.

La Tabla 2 muestra los valores de SPI 3 en el período 1981-2018, del cual se observa sequías con condiciones de moderadamente seco a extremadamente seco. El año 1990 se presentó un episodio seco que alcanzó una severidad de 29.3 y afectó a 19 departamentos. El año 1992 también fue un episodio seco y alcanzó una severidad de 37.6 que afectó a 16 departamentos.

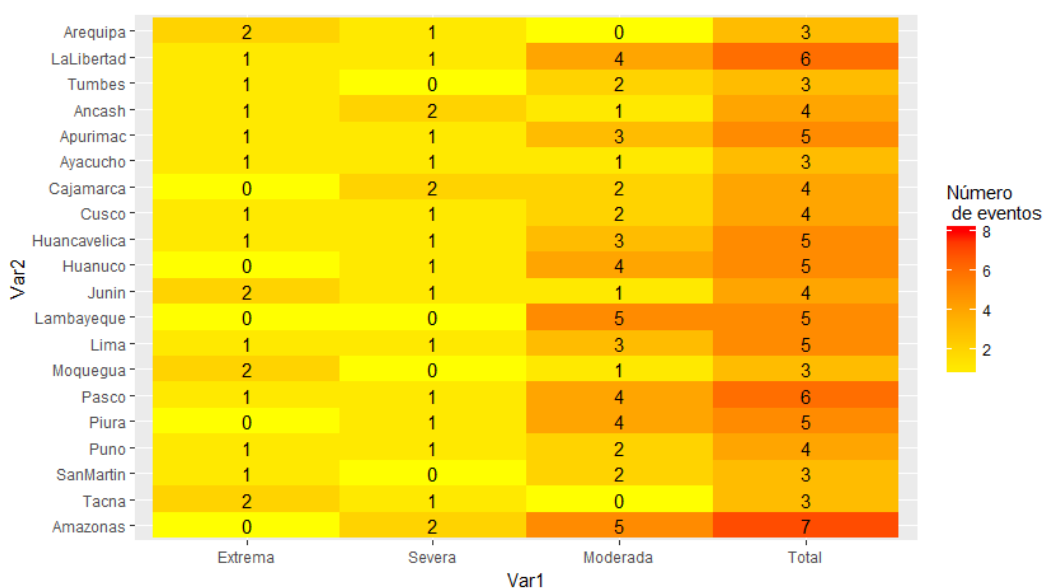


Figura 3. Número de episodios según SPI-3 para la REG en el periodo 1981-2018

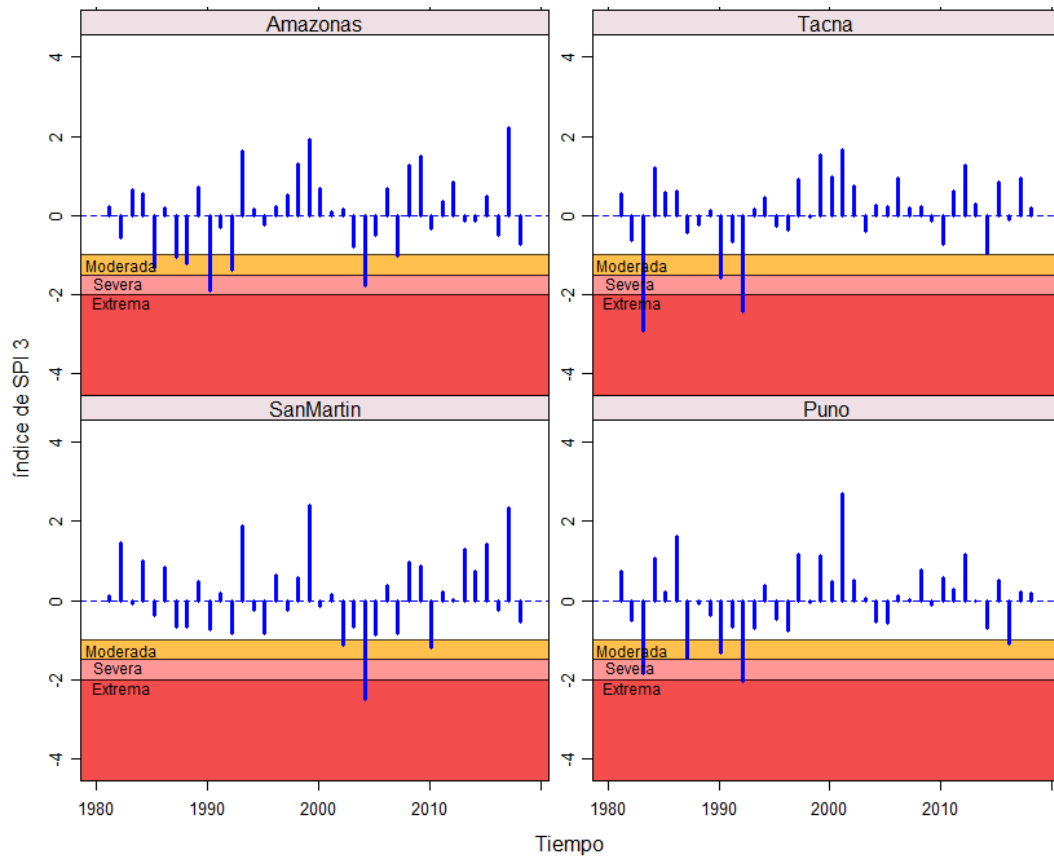


Figura 4. Variación temporal del SPI-3, para el departamento de Amazonas, Tacna, San Martín y Puno.

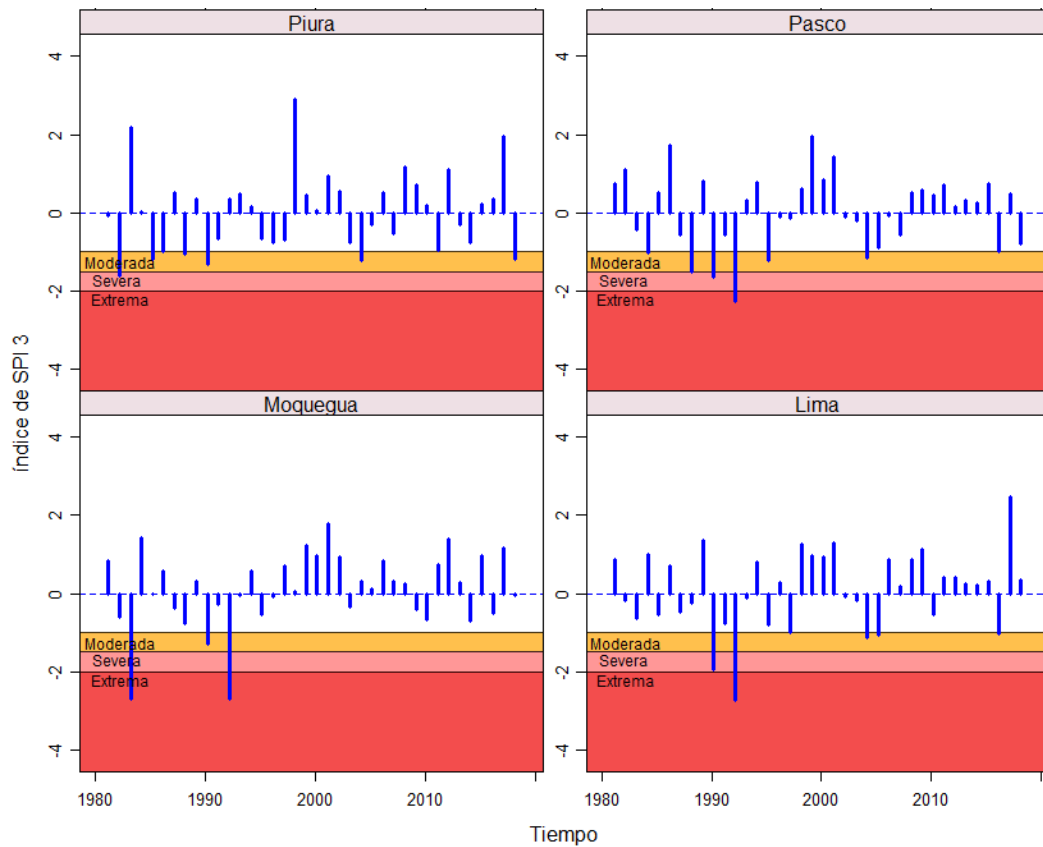


Figura 5. Variación temporal del SPI-3, para el departamento de Piura, Pasco, Moquegua y Lima.

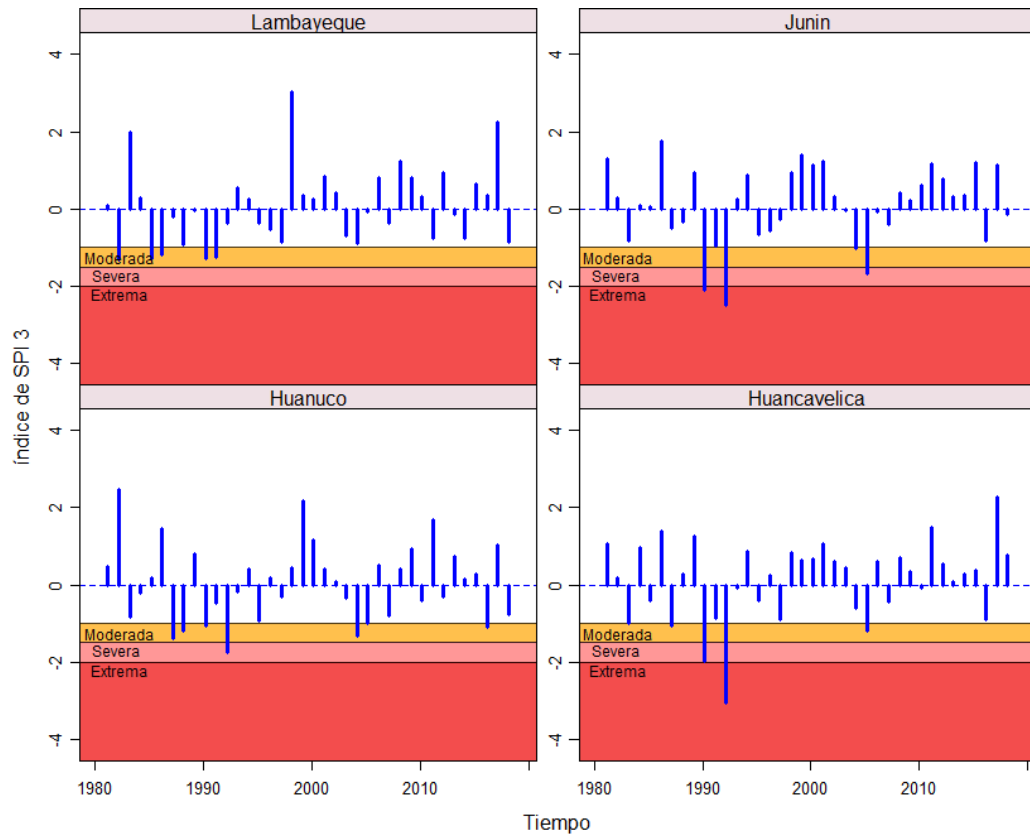


Figura 6. Variación temporal del SPI-3, para el departamento de Lambayeque, Junín, Huánuco y Huancavelica.

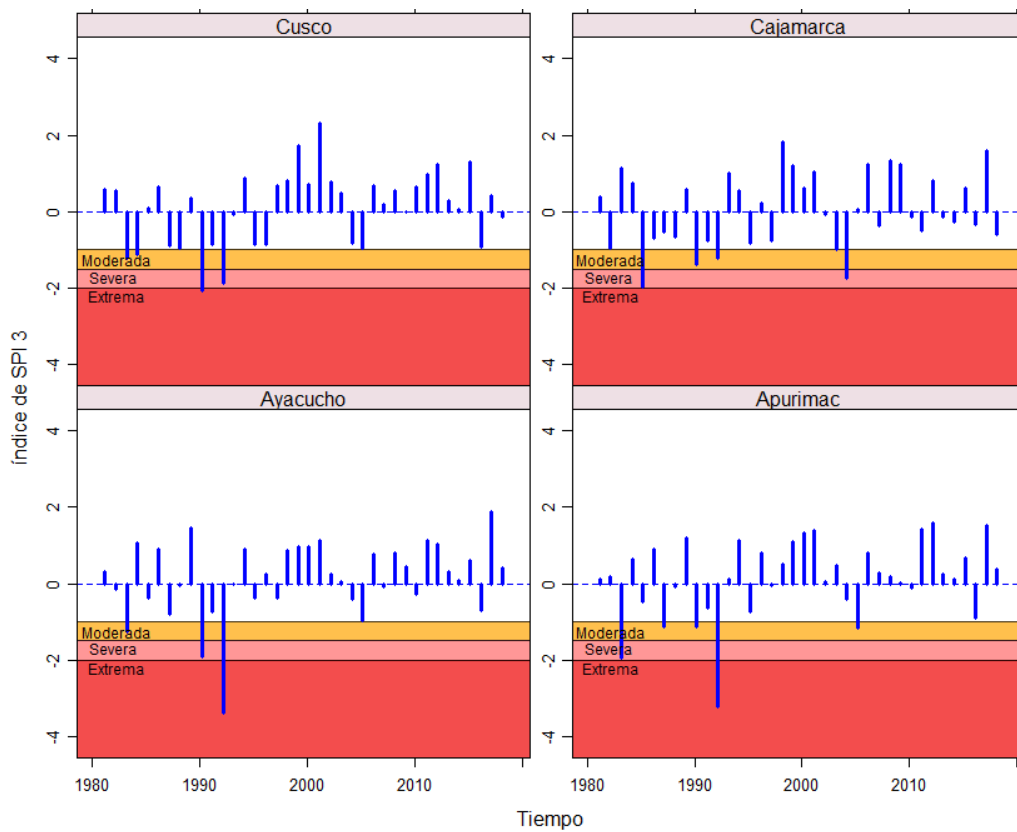


Figura 7. Variación temporal del SPI-3, para el departamento de Cusco, Cajamarca, Ayacucho y Apurímac.

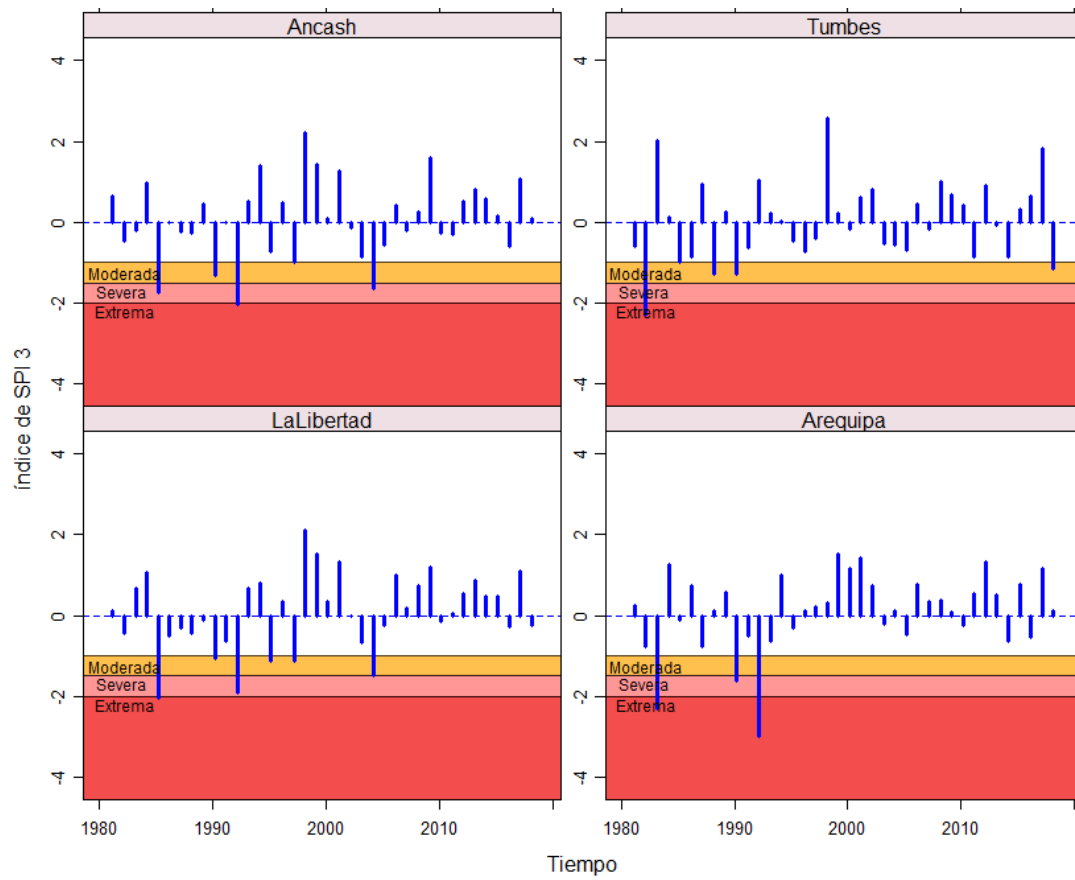


Figura 8. Variación temporal del SPI-3, para el departamento de Ancash, Tumbes, La Libertad y Arequipa.



Tabla 2. SPI 3 por departamentos en el período 1981-2018

Año	Amazonas	Tacna	San Martín	Puno	Piura	Pasco	Moquegua	Lima	Lambayeque	Junín	Huánuco	Huancavelica	Cusco	Cajamarca	Ayacucho	Apurímac	Ancash	Tumbes	La Libertad	Arequipa
1981	0.22	0.55	0.10	0.74	-0.06	0.75	0.84	0.87	0.10	1.30	0.48	1.08	0.59	0.38	0.31	0.12	0.64	-0.58	0.11	0.26
1982	-0.57	-0.63	1.46	-0.51	-1.62	1.09	-0.61	-0.19	-1.31	0.29	2.46	0.18	0.53	-0.95	-0.16	0.18	-0.46	-2.29	-0.44	-0.76
1983	0.65	-2.92	-0.08	-1.84	2.17	-0.43	-2.70	-0.65	1.99	-0.84	-0.85	-1.00	-1.23	1.13	-1.25	-1.93	-0.21	2.02	0.66	-2.31
1984	0.55	1.20	0.99	1.06	0.02	-1.02	1.44	0.99	0.28	0.09	-0.20	0.95	-1.12	0.73	1.07	0.64	0.98	0.11	1.07	1.26
1985	-1.32	0.57	-0.38	0.22	-1.17	0.52	-0.01	-0.53	-1.29	0.06	0.19	-0.42	0.08	-1.98	-0.37	-0.48	-1.73	-0.99	-2.04	-0.13
1986	0.18	0.63	0.83	1.61	-0.99	1.74	0.56	0.72	-1.20	1.76	1.45	1.38	0.65	-0.69	0.91	0.89	-0.02	-0.87	-0.50	0.73
1987	-1.05	-0.43	-0.68	-1.45	0.51	-0.56	-0.37	-0.49	-0.19	-0.52	-1.39	-1.07	-0.89	-0.52	-0.81	-1.12	-0.24	0.95	-0.30	-0.78
1988	-1.24	-0.25	-0.69	-0.10	-1.05	-1.50	-0.78	-0.24	-0.91	-0.33	-1.21	0.29	-0.96	-0.66	-0.04	-0.09	-0.28	-1.29	-0.43	0.12
1989	0.70	0.11	0.46	-0.37	0.35	0.81	0.31	1.35	-0.04	0.93	0.80	1.27	0.34	0.59	1.46	1.20	0.45	0.26	-0.11	0.56
1990	-1.90	-1.58	-0.73	-1.32	-1.31	-1.66	-1.28	-1.96	-1.30	-2.10	-1.07	-1.99	-2.07	-1.37	-1.91	-1.14	-1.32	-1.28	-1.07	-1.62
1991	-0.31	-0.65	0.19	-0.67	-0.66	-0.56	-0.29	-0.77	-1.25	-0.95	-0.47	-0.88	-0.86	-0.75	-0.75	-0.64	-0.02	-0.63	-0.63	-0.49
1992	-1.37	-2.44	-0.84	-2.03	0.35	-2.28	-2.71	-2.75	-0.38	-2.49	-1.74	-3.06	-1.89	-1.24	-3.39	-3.22	-2.03	1.02	-1.92	-3.00
1993	1.63	0.14	1.90	-0.71	0.47	0.31	-0.06	-0.11	0.54	0.24	-0.18	-0.08	-0.09	1.02	-0.01	0.12	0.50	0.22	0.68	-0.65
1994	0.16	0.45	-0.24	0.38	0.16	0.78	0.57	0.82	0.27	0.88	0.40	0.87	0.86	0.56	0.91	1.12	1.38	0.03	0.81	1.01
1995	-0.25	-0.27	-0.83	-0.47	-0.66	-1.22	-0.53	-0.79	-0.36	-0.67	-0.93	-0.40	-0.86	-0.82	-0.37	-0.75	-0.72	-0.47	-1.13	-0.30
1996	0.21	-0.37	0.65	-0.78	-0.75	-0.11	-0.10	0.27	-0.53	-0.55	0.18	0.24	-0.85	0.22	0.23	0.79	0.48	-0.74	0.35	0.12
1997	0.50	0.89	-0.23	1.15	-0.69	-0.13	0.70	-1.01	-0.87	-0.26	-0.31	-0.89	0.68	-0.77	-0.38	-0.04	-1.00	-0.40	-1.13	0.22
1998	1.30	-0.03	0.56	-0.05	2.89	0.60	0.04	1.25	3.05	0.96	0.45	0.82	0.82	1.82	0.88	0.50	2.22	2.58	2.10	0.31
1999	1.93	1.52	2.42	1.11	0.46	1.95	1.23	0.95	0.35	1.39	2.19	0.65	1.72	1.20	0.97	1.09	1.41	0.23	1.53	1.52
2000	0.67	0.97	-0.13	0.49	0.05	0.84	0.97	0.93	0.24	1.15	1.18	0.68	0.72	0.62	0.97	1.33	0.08	-0.19	0.36	1.15
2001	0.08	1.65	0.14	2.70	0.94	1.43	1.77	1.29	0.85	1.24	0.40	1.08	2.32	1.03	1.14	1.40	1.28	0.63	1.32	1.42
2002	0.17	0.74	-1.12	0.49	0.56	-0.10	0.92	-0.09	0.42	0.31	0.09	0.59	0.79	-0.08	0.25	0.07	-0.13	0.80	-0.02	0.72
2003	-0.79	-0.39	-0.68	0.06	-0.76	-0.19	-0.33	-0.17	-0.69	-0.05	-0.33	0.46	0.47	-0.98	0.05	0.48	-0.86	-0.55	-0.68	-0.22
2004	-1.76	0.25	-2.49	-0.54	-1.21	-1.15	0.31	-1.13	-0.91	-1.02	-1.31	-0.60	-0.82	-1.74	-0.41	-0.42	-1.66	-0.56	-1.50	0.13
2005	-0.51	0.21	-0.85	-0.59	-0.32	-0.90	0.12	-1.05	-0.08	-1.67	-1.00	-1.21	-0.95	0.06	-0.95	-1.15	-0.58	-0.71	-0.24	-0.47
2006	0.68	0.96	0.37	0.12	0.50	-0.08	0.83	0.86	0.80	-0.07	0.51	0.60	0.66	1.25	0.78	0.79	0.41	0.46	1.00	0.76
2007	-1.03	0.19	-0.83	0.02	-0.55	-0.58	0.32	0.18	-0.38	-0.40	-0.80	-0.45	0.19	-0.38	-0.08	0.27	-0.22	-0.18	0.17	0.35
2008	1.28	0.23	0.96	0.76	1.17	0.51	0.25	0.86	1.25	0.42	0.41	0.71	0.56	1.33	0.80	0.17	0.26	1.02	0.74	0.38
2009	1.48	-0.14	0.85	-0.12	0.71	0.59	-0.41	1.12	0.80	0.21	0.93	0.33	-0.02	1.24	0.45	0.03	1.58	0.68	1.21	0.09
2010	-0.35	-0.74	-1.21	0.57	0.18	0.45	-0.66	-0.53	0.32	0.60	-0.40	-0.08	0.64	-0.14	-0.26	-0.11	-0.28	0.42	-0.14	-0.25
2011	0.34	0.62	0.21	0.29	-0.97	0.71	0.75	0.42	-0.77	1.18	1.69	1.49	0.97	-0.49	1.13	1.41	-0.31	-0.86	0.05	0.53
2012	0.85	1.26	0.03	1.15	1.09	0.15	1.39	0.41	0.94	0.76	-0.30	0.53	1.24	0.82	1.02	1.58	0.50	0.89	0.55	1.34
2013	-0.14	0.29	1.28	0.00	-0.32	0.32	0.27	0.24	-0.14	0.31	0.74	0.07	0.28	-0.14	0.30	0.24	0.81	-0.09	0.86	0.50
2014	-0.14	-0.96	0.73	-0.72	-0.77	0.26	-0.71	0.21	-0.77	0.35	0.15	0.27	0.06	-0.28	0.07	0.12	0.57	-0.87	0.46	-0.65
2015	0.47	0.84	1.43	0.52	0.21	0.75	0.96	0.31	0.65	1.20	0.27	0.37	1.29	0.61	0.60	0.68	0.15	0.31	0.48	0.78
2016	-0.51	-0.12	-0.25	-1.11	0.34	-1.00	-0.50	-1.03	0.37	-0.84	-1.10	-0.89	-0.91	-0.34	-0.70	-0.91	-0.59	0.63	-0.28	-0.54
2017	2.21	0.94	2.33	0.20	1.95	0.47	1.18	2.47	2.25	1.12	1.02	2.27	0.41	1.60	1.88	1.52	1.07	1.82	1.09	1.17
2018	-0.72	0.19	-0.54	0.17	-1.19	-0.80	-0.05	0.33	-0.85	-0.14	-0.78	0.78	-0.12	-0.61	0.41	0.38	0.10	-1.15	-0.24	0.12

La Tabla 3 indica el número de departamentos afectados por episodios de sequía más severas y se presentaron en los años: 1982, 1983, 1985, 1987, 1988, 1990, 1992 y 2004, 2005 y 2016. Cabe mencionar que episodios de sequía también se presentaron en el año 1986, 1991, 2002, 2007, 2010 que afectaron a un departamento y en el año 1984, 1995, 1997 y 2018 afectaron a dos departamentos.

Tabla 3. Características de las sequías en términos de intensidad y severidad

Años	Número de departamentos con episodios de sequía	Departamentos con episodios de sequía	Intensidad Máxima	Severidad
1982	3	Tumbes, Piura y Lambayeque	-2.3	5.2
1983	8	Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Arequipa, Tacna, Puno, Moquegua y Cusco	-2.9	15.2
1984	2	Pasco y Cusco	-1.1	2.1
1985	6	Amazonas, Piura, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca y Ancash	-2.0	9.5
1986	1	Lambayeque	-1.2	1.2
1987	5	Amazonas, Huánuco, Huancavelica, Apurímac y Puno	-1.5	6.1
1988	5	Tumbes, Piura, Amazonas, Huánuco, Pasco	-1.5	7.8
1990	19	Tumbes, Piura, Amazonas, Lambayeque, Cajamarca, La Libertad, Ancash, Junín, Huánuco, Huancavelica, Pasco, Lima, Cusco, Apurímac, Ayacucho, Arequipa, Tacna, Moquegua y Puno	-2.1	29.3
1991	1	Lambayeque	-1.3	1.3
1992	16	Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Ancash, Junín, Huánuco, Huancavelica, Pasco, Lima, Cusco, Apurímac, Ayacucho, Arequipa, Tacna, Moquegua y Puno	-3.4	37.6
1995	2	La Libertad y Pasco	-1.2	2.4
1997	2	La Libertad y Lima	-1.1	3.1
2002	1	San Martín	-1.1	1.1
2004	10	Piura, Amazonas, San Martín, Cajamarca, La Libertad, Ancash, Junín, Huánuco, Pasco y Lima	-2.5	16.5
2005	4	Lima, Junín, Huancavelica y Apurímac	-1.7	6.1
2007	1	Amazonas	-1.0	1.0
2010	1	San Martín	-1.2	1.2
2016	4	Lima, Huánuco, Pasco y Puno	-1.1	4.2
2018	2	Puno y Tumbes	-1.2	2.3

Las Figuras 8 al 27 muestran la distribución espacial del SPI-3 en los años con episodios secos, así como el porcentaje de área afectada por sequía meteorológica en cada departamento.

A continuación se describen los impactos suscitados durante los años con episodios de sequías.

**Sequía 1982**

El Perú fue afectado por una sequía de categorías moderada a severa que afectó principalmente a los departamentos de Tumbes (~100% de su superficie), Piura y Lambayeque.

Asimismo, este evento originó períodos de escasez de agua en la zona norte del Perú durante el primer trimestre, limitando la actividad agropecuaria (BCRP, 1982).

**Sequía 1983**

Este episodio afectó principalmente a los departamentos de Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Moquegua (~100% de su superficie) y Puno con categorías de sequías extremas predominantemente.

Entre los impactos, afectó a una quinta parte del país, se estimó que 460 000 pobladores rurales afectados, se presentaron enormes pérdidas en cosechas y bajas notables en los rendimientos agrícolas y pecuarios (2 600 000 cabezas de ganado sacrificado) y, debido a los desequilibrios hídricos causados por la sequía, se generaron cuantiosas pérdidas en cultivos y disminución de los rendimientos agrícolas y pecuarios. La situación más crítica se dió en el Altiplano, en el Departamento de Puno, entre el límite de Bolivia y el Departamento de Cuzco, aproximadamente entre las localidades de Maranganí y Sicuani; y afectando también al Altiplano del sur (Meseta del Collao) y a los departamentos de Moquegua, Arequipa, Cusco, Tacna y Ayacucho (CMRRD, 2004). Según Marengo, 1987, menciona que el primer trimestre de 1983 en el Altiplano Peruano la situación fue de extrema sequía, la producción de papa descendió notablemente, en parte debido a que se sembraron menos hectáreas; y se tuvieron bajas aunque no tan apreciables en maíz; determinaron no solamente daños en el aspecto agrícola sino graves repercusiones en el aspecto socioeconómico.

**Sequía 1985**

El episodio de sequía se extendió hacia el norte occidente del país, de condiciones moderadas a severas que afectaron a los departamentos de Amazonas, Ancash, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque y Piura.

Este episodio se inició desde agosto a diciembre 1984 registrando caudales debajo de su normal, particularmente los ríos del norte del país, mientras que en la sierra centro y sur se presentaron lluvias irregulares ; heladas y granizo en los meses de noviembre y diciembre 1984 que contribuyeron a que de enero a julio 1985, aun cuando se regularizaron las lluvias en la sierra centro y sur continuó la escasez de agua, por cuanto las precipitaciones pluviales fueron inferiores a las normales (BCRP, 1985).

**Sequía 1987**

En 1987 se observó condiciones de sequía predominantemente moderadas en distintas regiones del Perú, con porcentajes de áreas afectadas entre 25 a 50% de sus territorios, afectando al departamento de Amazonas, Apurímac, Huancavelica, Huánuco y Puno.

Entre los impactos, de este episodio la producción en el caso de la papa, aumentó 3 por ciento respecto al año anterior, debido a la favorable evolución registrada en la costa, lo que compensó la menor producción de la sierra sur afectada por la sequía y helada (BCRP, 1987).

### **Sequia 1988**

En 1988 se presentaron sequías de categorías moderadas y afectaron a los departamentos de Amazonas, Pasco, Piura y Tumbes.

### **Sequia 1990**

Se presentaron condiciones de sequías moderadas a extremas que afectaron a 19 departamentos en más del 50% del total de su superficie.

Entre los impactos, el sector agropecuario en 1990 registró una caída de 9% respecto al año anterior, debido principalmente a los efectos de una sequía que se prolongó durante toda la campaña agrícola, en gran parte del país y a las importaciones subsidiadas efectuadas especialmente durante el primer trimestre del año, ocasionando una disminución de 14 % en el subsector agrícola (BCRP, 1990).

### **Sequia 1992**

Esta sequía afectó entre 50% a ~ 100% de su superficie, a los departamentos de Áncash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Huancavelica, Junín, Lima, Moquegua, Pasco y Puno. Durante el trimestre EFM 1992 se registró la severidad más alta (37.6) en el periodo 1981-2018.

Según los reportes evidencian que los impactos de esta sequía se presentaron disminución de la producción y productividad agropecuaria debido a la pérdida de la superficie cultivada, así como, por falta de semillas para la próxima campaña agrícola con pérdidas en el orden de 15 % - 58 % principalmente en la región de Puno (Moche, 2002). Igualmente, se generó restricciones en el suministro de energía eléctrica y, producto de la contracción de la demanda interna, el PBI durante 1992 decreció en 2.8% respecto de 1991 (BCRP, 1992).

La reducción de la producción agrícola se atribuye a la presencia por tercer año consecutivo de una aguda sequía en la sierra, la cual afectó negativamente, en términos de rendimientos y áreas perdidas, al 57 por ciento de la superficie sembrada en esta región y al 31 por ciento a nivel nacional. Sobre el particular, cabe destacar que dicho fenómeno afectó principalmente los rendimientos de los cultivos de maíz amiláceo y papa. En el primer caso, las mayores reducciones se dieron en Ayacucho, Apurímac y Ancash. En lo referente a la papa, los departamentos que disminuyeron su producción considerablemente fueron Puno, Ancash y Junín. A su vez, la sequía en la región de la sierra no permitió el suficiente almacenamiento de agua en los reservorios para el riego adecuado de los cultivos de la costa. Por esta razón, en la campaña agrícola 1991 -1992 la superficie sembrada de algodón disminuyó en Piura e Ica 31 y 21 por ciento respectivamente, con relación a la campaña anterior, ocasionando una contracción en la producción de 47 y 45 por ciento, en dichos departamentos. Otro cultivo costero cuya producción observó una fuerte disminución fue la caña de azúcar (22 por ciento),

debido a la falta de agua para riego y a los problemas económico-financieros por los que atravesaron las cooperativas azucareras (BCRP, 1992).

#### **Sequía 2004**

Las condiciones de sequía se acentuaron hacia el norte y centro del país, afectando a los departamentos de Amazonas y San Martín en casi ~100% de su superficie. Asimismo, los departamentos de Áncash, Cajamarca, Huánuco, Junín, La Libertad, Lima, Pasco y Piura se vieron afectados en general con ~50% a 75% de su superficie con sequías de categoría de moderada a severa.

Esta sequía afectó la oferta agrícola local, que determinó una menor oferta interna de productos como arroz y azúcar. En esta situación, el precio del azúcar registró un incremento de 23% debido a su efecto en los rendimientos, así como problemas financieros y de gestión de las empresas agroindustriales (BCRP, 2004).

#### **Sequía 2005**

En el 2005 se observó condiciones de sequía predominantemente moderadas en distintas regiones del Perú, con porcentajes de áreas afectadas en ~25 % de sus territorios, en Ancash, Ayacucho, Cusco, Huánuco, Pasco y San Martín, y en 25% a 75% de sus territorios se afectaron los departamentos de Apurímac, Huancavelica y Junín.

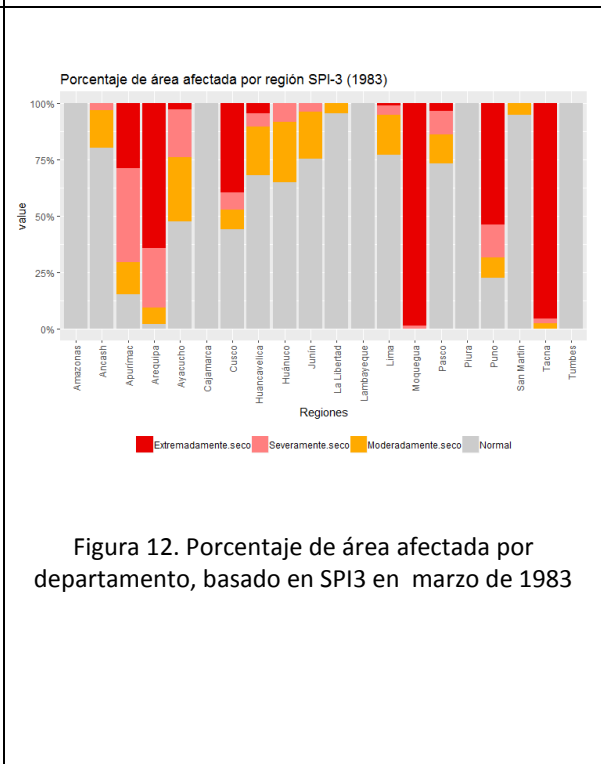
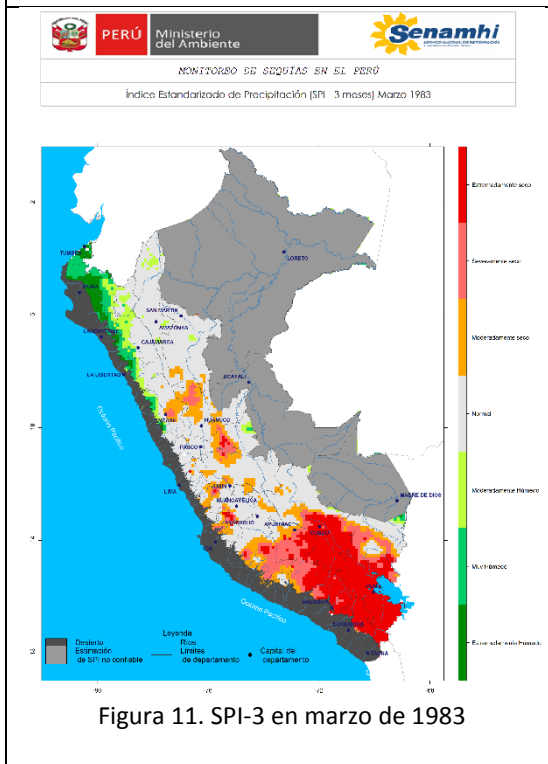
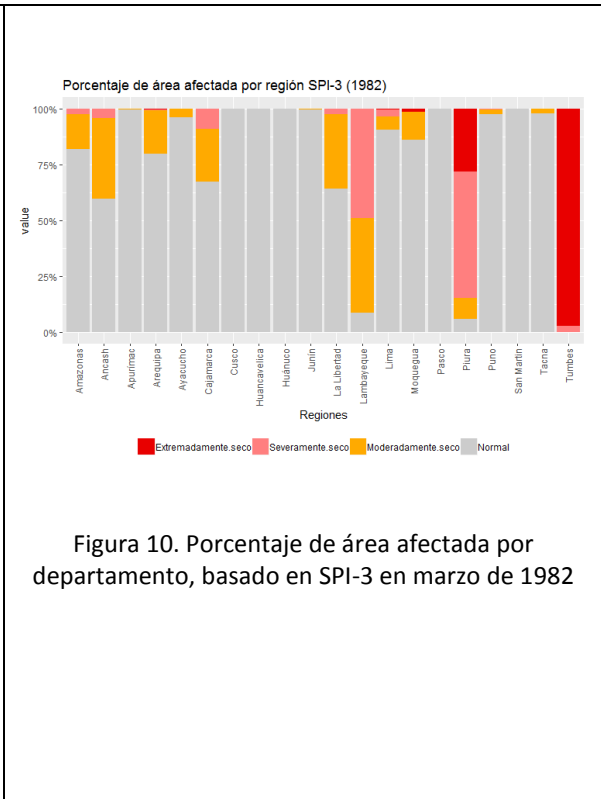
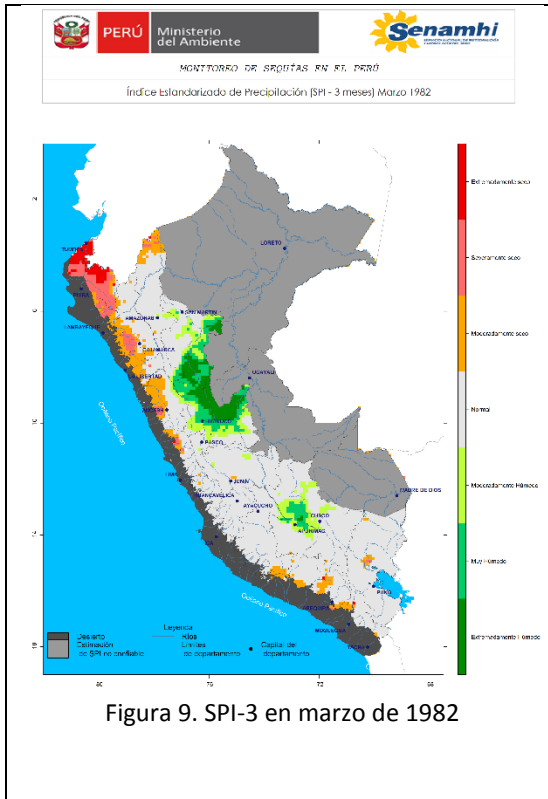
Esta sequía causó registro de caudales y lluvias muy bajos por debajo del percentil 10 (~500 mm o  $12\ 000\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ) en el río Amazonas Peruano, respecto a los últimos cuarenta años, fue especialmente intensa en el suroeste de la Cuenca Amazónica atribuida al calentamiento de la TSM (temperatura superficial del mar) en el Atlántico norte tropical (Zeng et al 2008, Marengo et al 2008, Cox et al 2008).

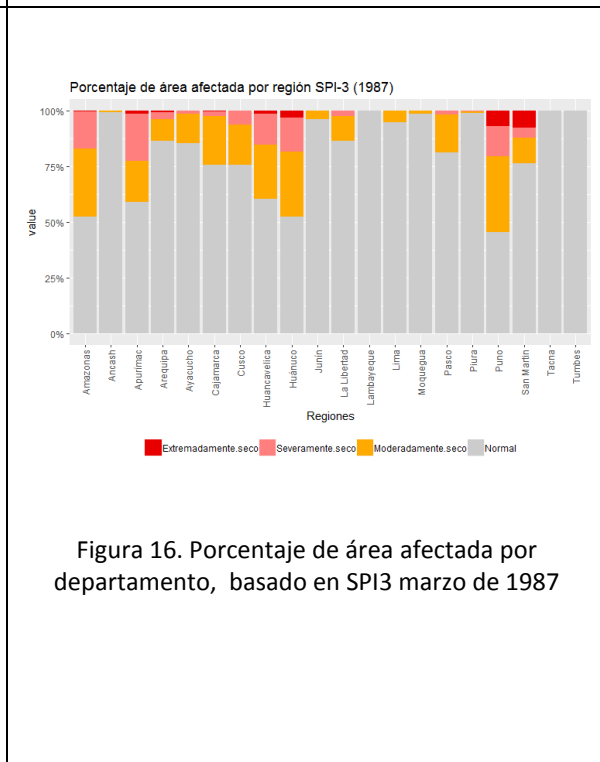
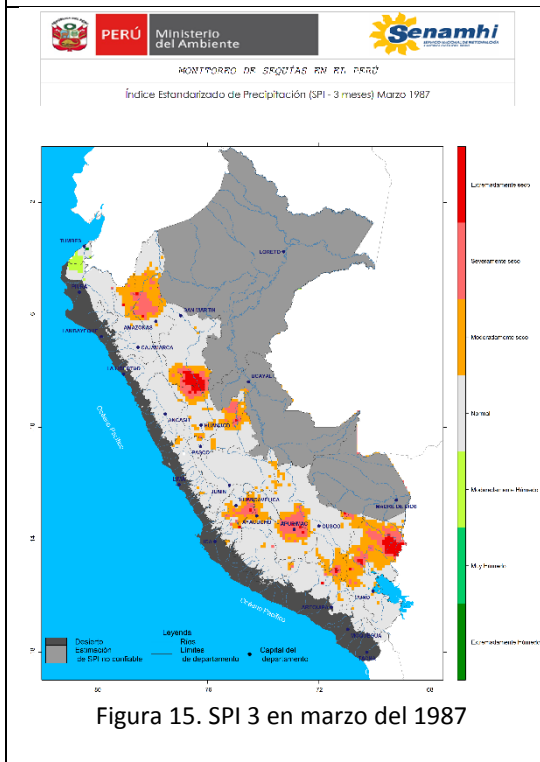
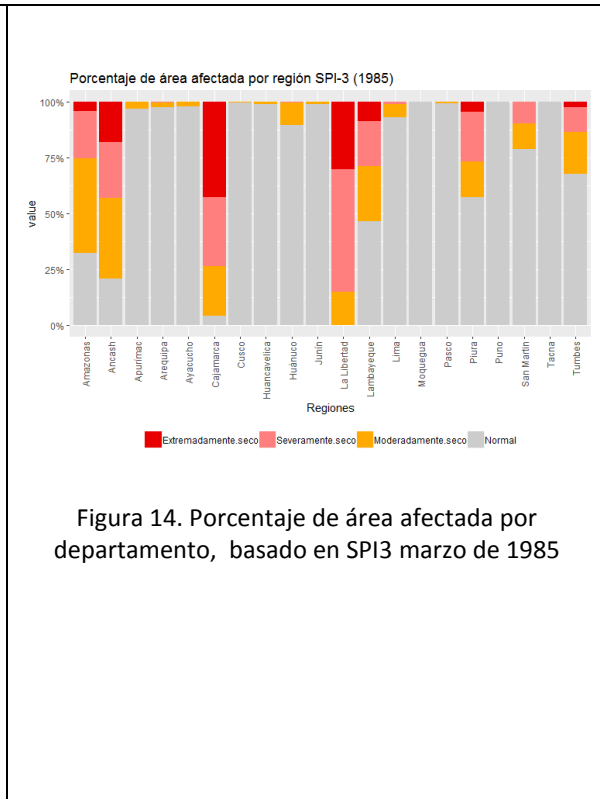
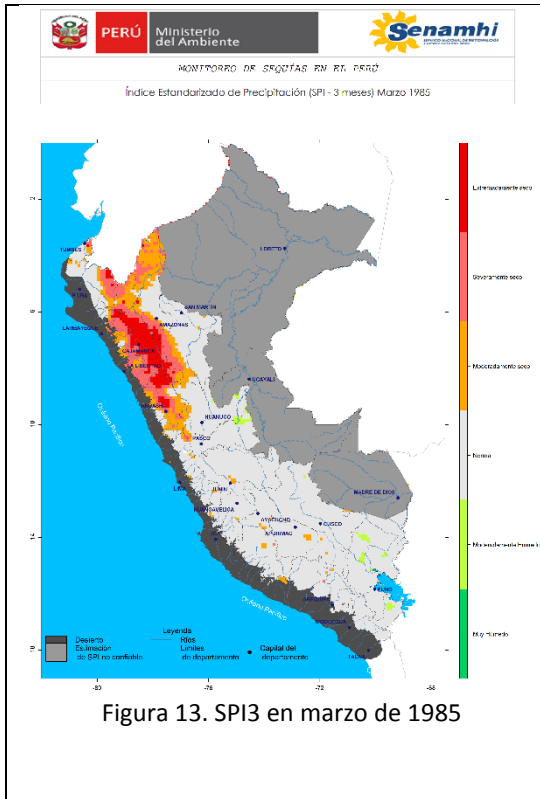
#### **Sequía 2016**

Esta sequía afectó principalmente a los departamentos de Apurímac, Cusco, Huancavelica y Puno en ~ 25% de sus superficies.

Cabe mencionar que de octubre a noviembre 2015 se registraron lluvias por debajo de su normal hacia el sur del Perú y la escasez se acentuó en febrero 2016. Al respecto, CONAGERFEN (Consejo Nacional de Gestión del Riesgo del Fenómeno de El Niño) formuló el Plan Multisectorial de Prevención y Reducción de Riesgos ante Sequías 2016 con un presupuesto y requerimientos para reducción del riesgo, preparación e insumos para la respuesta que asciende en total aproximado de US\$206 millones<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Plan de contingencia del 29 de enero de 2016





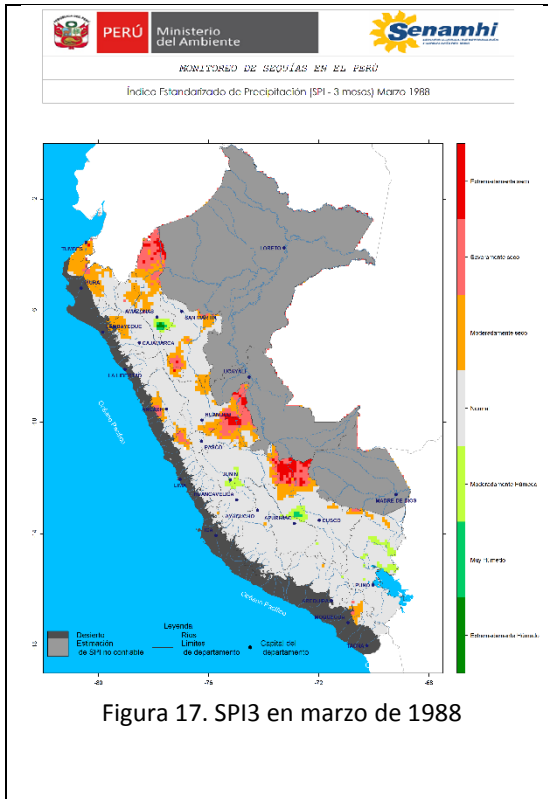


Figura 17. SPI3 en marzo de 1988

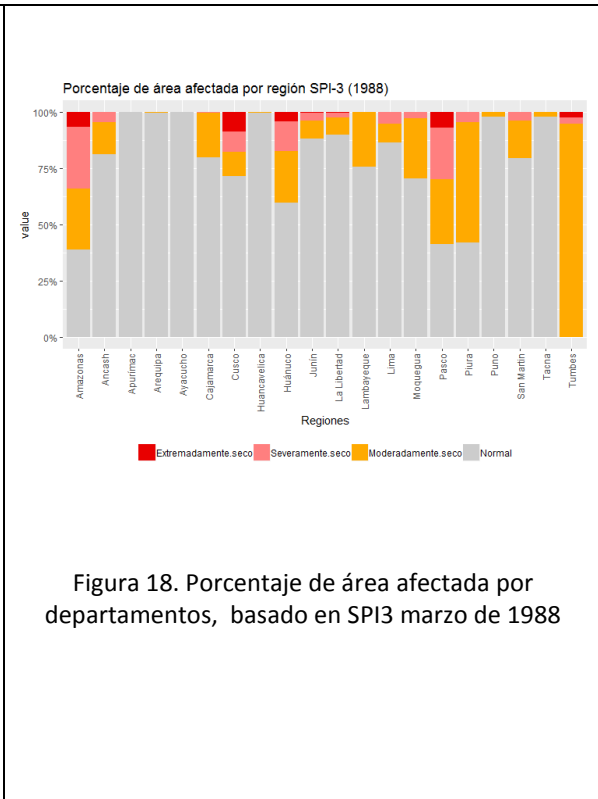


Figura 18. Porcentaje de área afectada por departamentos, basado en SPI3 marzo de 1988

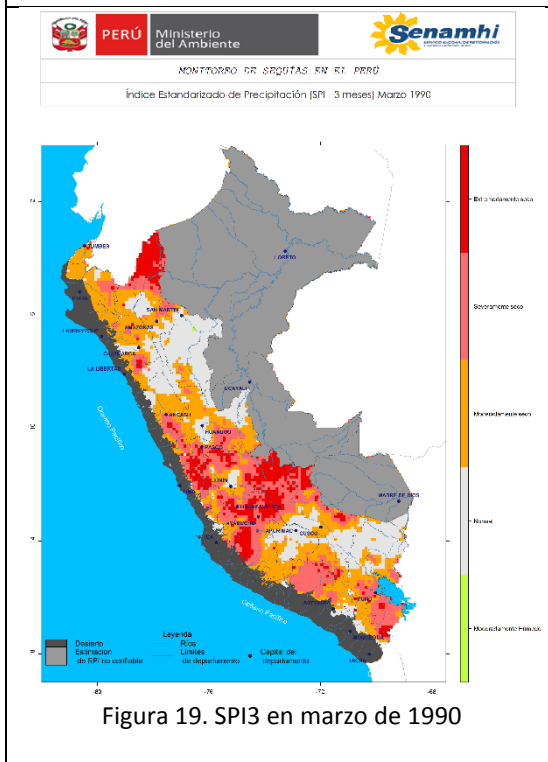


Figura 19. SPI3 en marzo de 1990

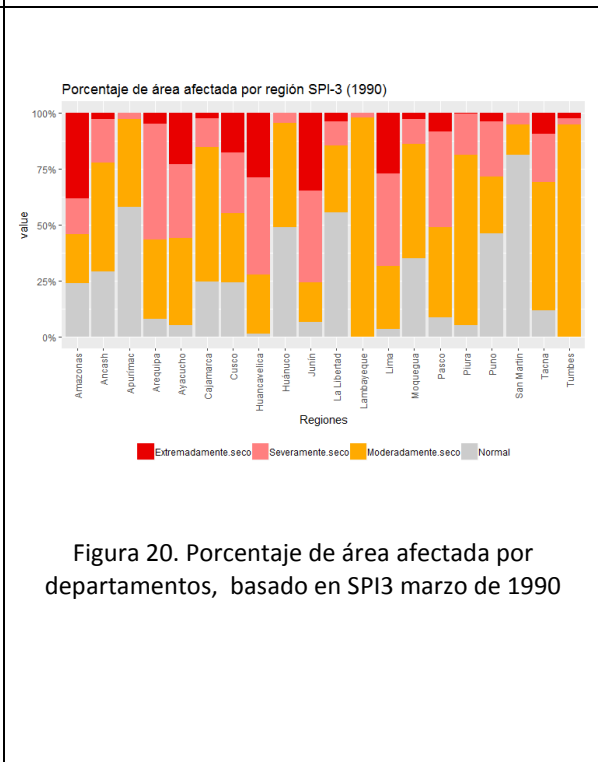
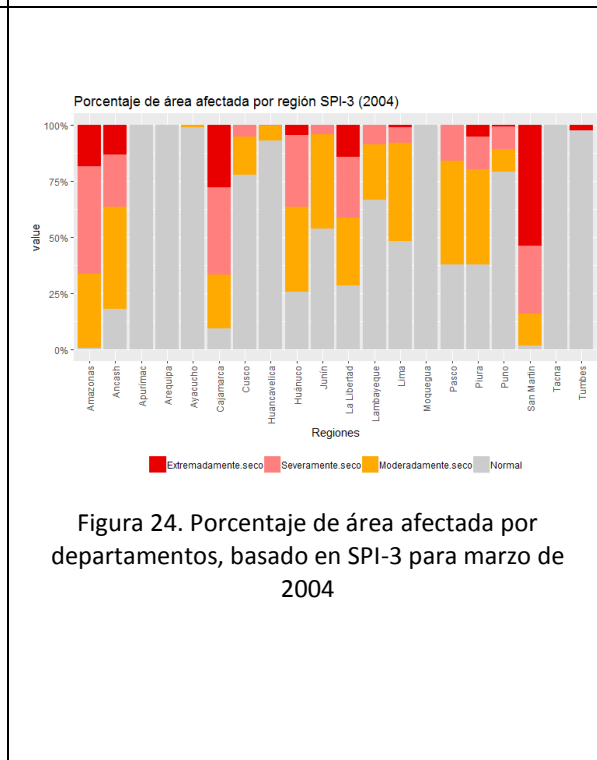
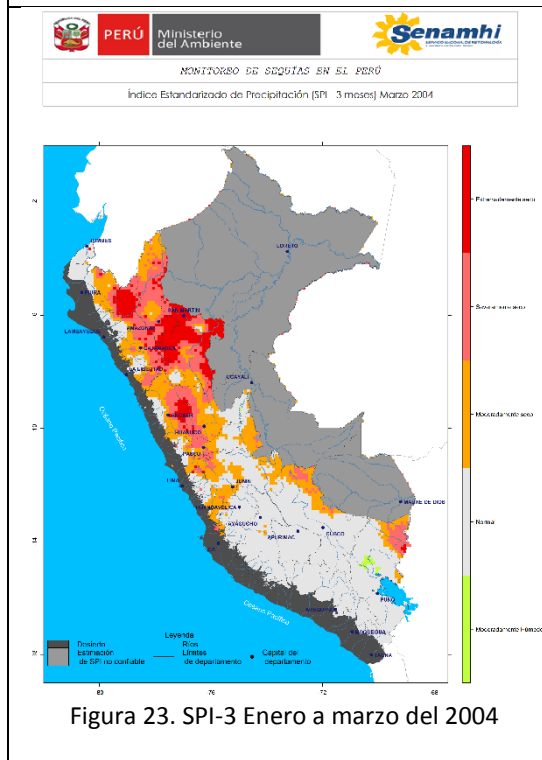
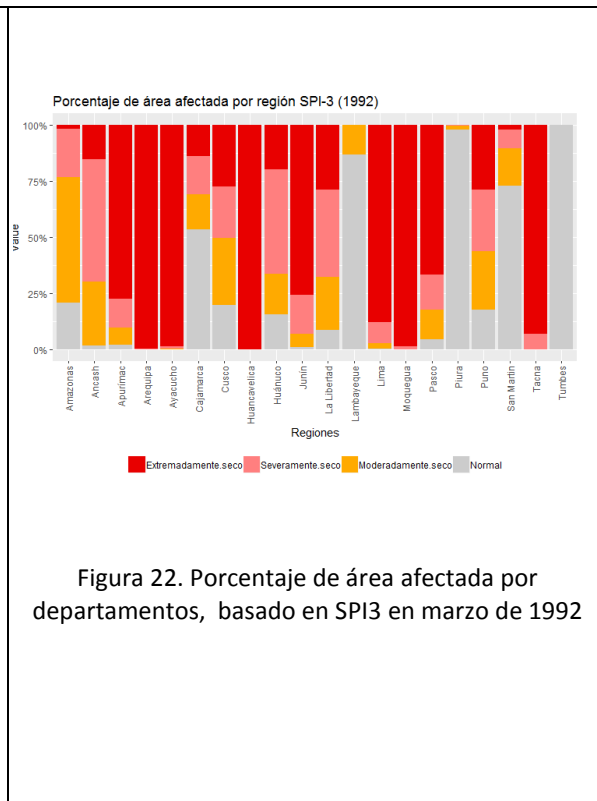
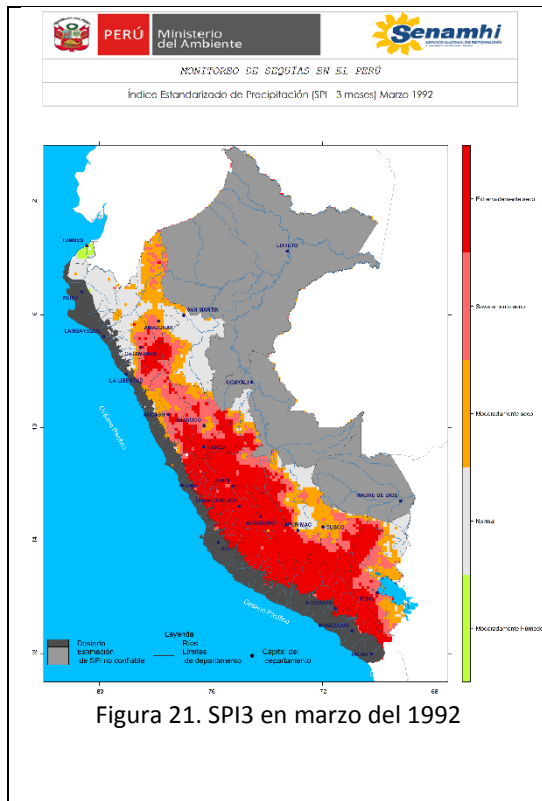
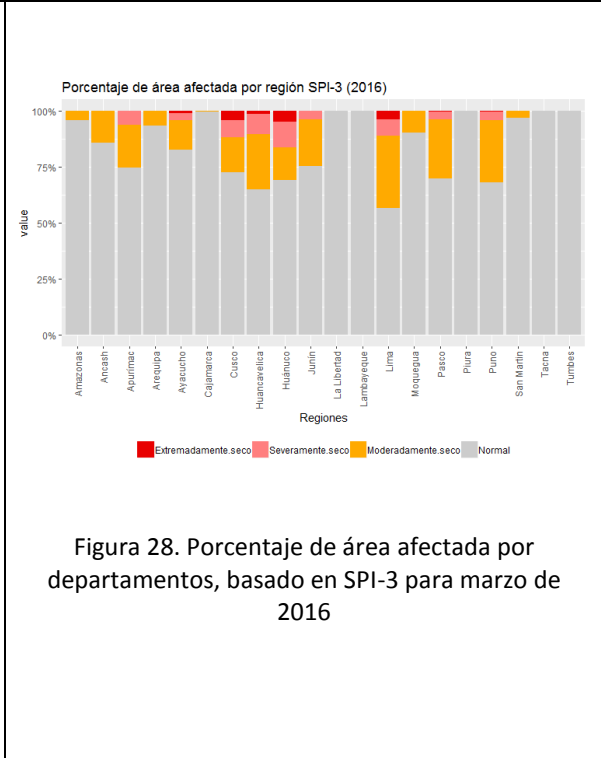
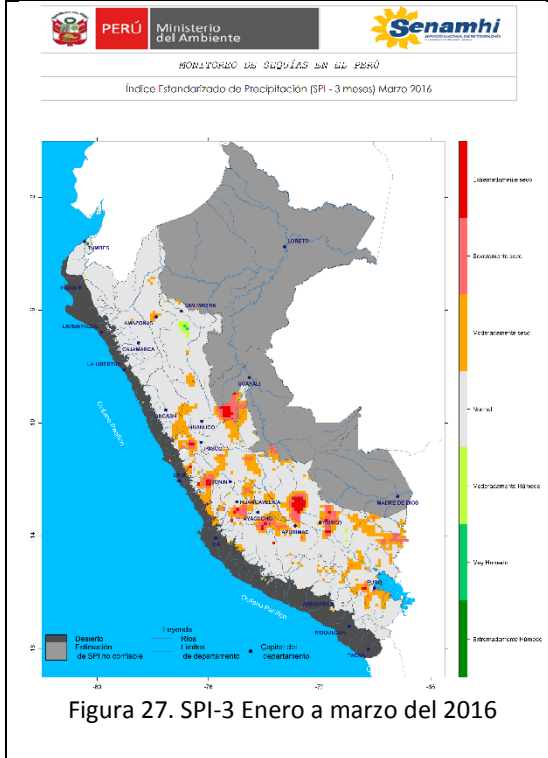
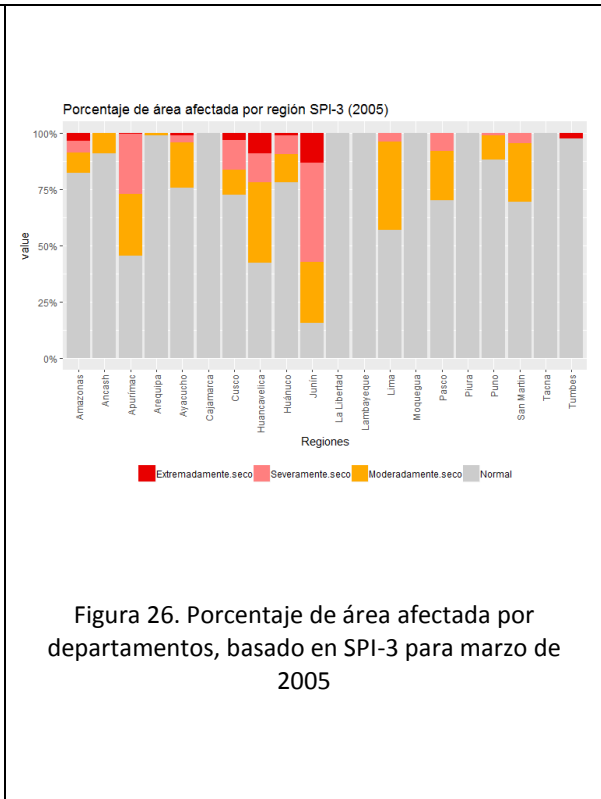
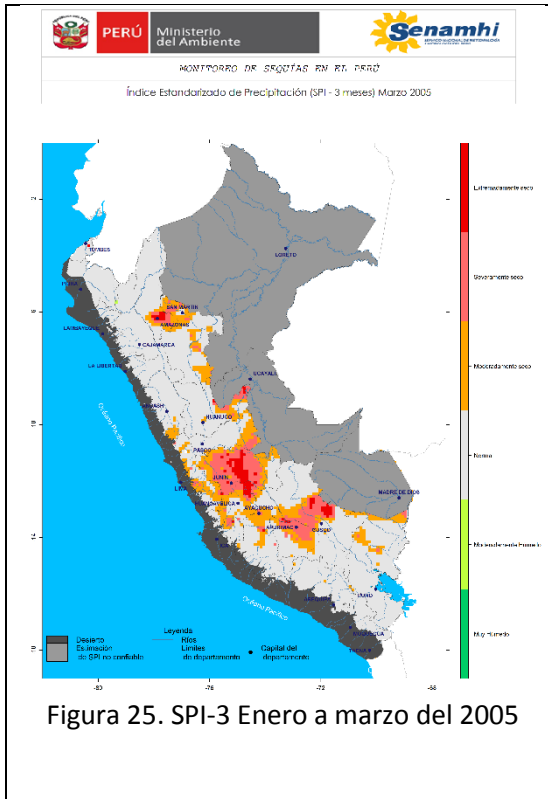


Figura 20. Porcentaje de área afectada por departamentos, basado en SPI3 marzo de 1990







## 4.2 Condiciones océano-atmosféricas durante años con sequías meteorológicas

La Tabla 4 muestra los años con sequías meteorológicas más severas (afectaron a  $\geq 3$  departamentos) según el índice ONI (Ocenic Niño Index), han sido clasificados en años Niño, Niña o Neutro. El ONI hace referencia a las condiciones de la temperatura superficial del mar en la Región Niño 3+4 o Pacífico Central.

Tabla 4. Sequias y Eventos El Niño/La Niña

Años	ONI
1982	Neutro
1983	Niño
1985	Niña
1987	Niño
1988	Niño Finalizando
1990	Neutro
1992	Niño
2004	Neutro
2005	Niño Finalizando
2016	Niño

Luego de analizar los años en los cuales las sequías meteorológicas tuvieron mayor impacto sobre los Andes del Perú, se puede afirmar que las provincias del sur del país, tales como Cusco, Puno, Arequipa, Tacna y Moquegua, fueron las más afectadas por estos eventos climáticos extremos. Entre estos años, las evidencias estadísticas muestran que la variabilidad interanual asociada a El Niño explica en buen porcentaje las deficiencias de lluvias en los Andes, principalmente en la sierra central y sur occidental (Lavado et al., 2013); sin embargo, esta relación no es absoluta; puesto que, se ha evidenciado casos de sequías intensas durante años ENSO de fase neutral, tal como el ocurrido durante el verano del año 1990.

Desde el contexto global, en la Figura 29 y 31 evidencia la predominancia del patrón típico del ENSO positivo (El Niño) para el verano (Enero – Febrero – Marzo) de los años más secos determinados previamente (1982, 1983, 1985, 1987, 1988, 1990, 1992, 2004, 2005 y 2016), en el cual revela una clara asociación con el menor potencial para la convección en los Andes y norte de Sudamérica, no así para la región suroriental. El efecto principal de la reducción de los vientos zonales del este sobre los Andes del Perú, se observa con la intensificación de un patrón de vientos zonales anómalos del oeste asociados a un par anticiclónico (contrario a la agujas del reloj) posicionado en alta atmósfera (aproximadamente 12 km) sobre el Océano Pacífico (entre 180° – 90°W). Esta configuración atmosférica responde al calentamiento oceánico tropical, siendo el principal forzante remoto estudiado que explica la deficiencia de las lluvias en los Andes (Vuille et al., 2000; Garreaud et al., 2003; Espinoza et al., 2009) durante el verano austral (Trenberth, 1997); típicamente relacionados a las sequías de intensidad fuerte en la sierra central y sur del Perú.

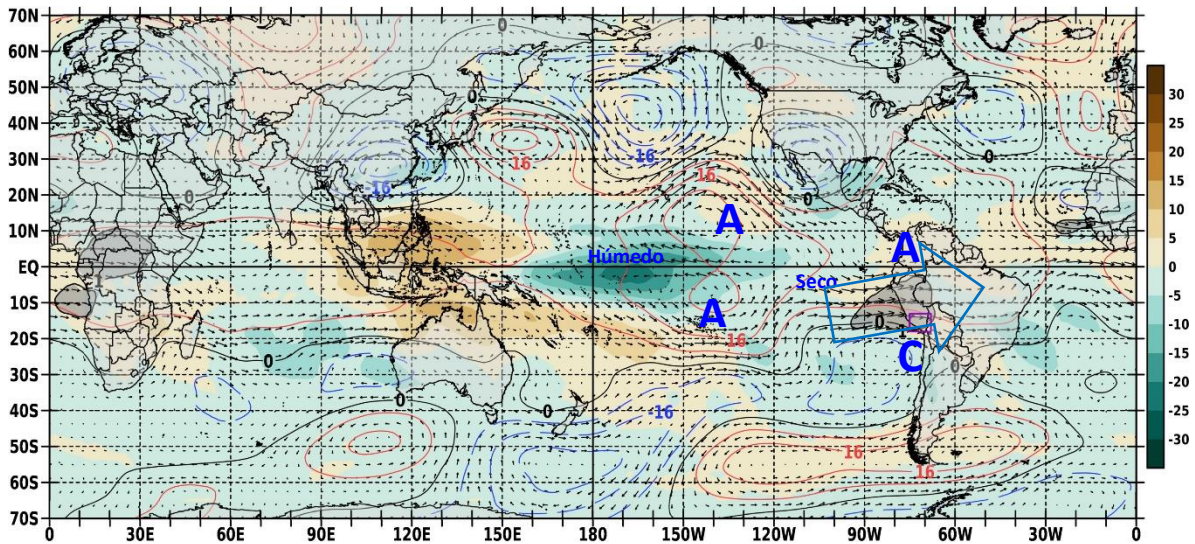


Figura 29. Compuesto de anomalías para Enero – Febrero – Marzo del agua precipitable (en mm) en matices de colores (verde – húmedo, naranja - seco) y viento promedio de alta atmósfera (aproximadamente 12Km). En contornos se muestra la componente zonal anómala del viento significativa (Uzonal >1dev.std).

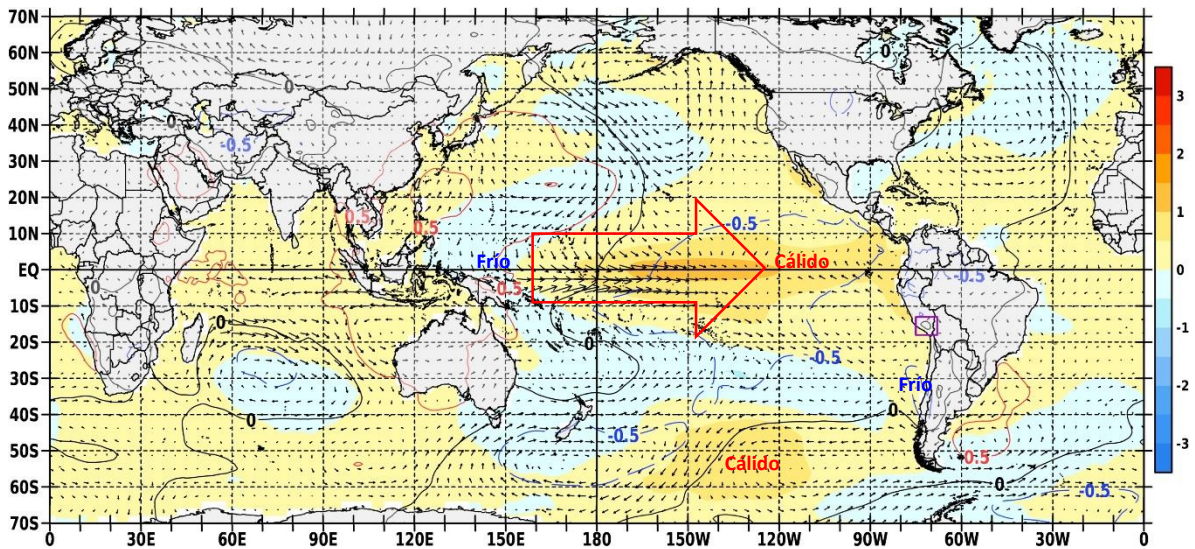


Figura 30. Compuesto de anomalías para Enero – Febrero – Marzo de la temperatura superficial del mar (°C) en matices de colores y viento promedio de baja atmósfera (aproximadamente 1 Km). En contornos se muestra la componente zonal anómala del viento significativa (Uzonal >1dev.std).

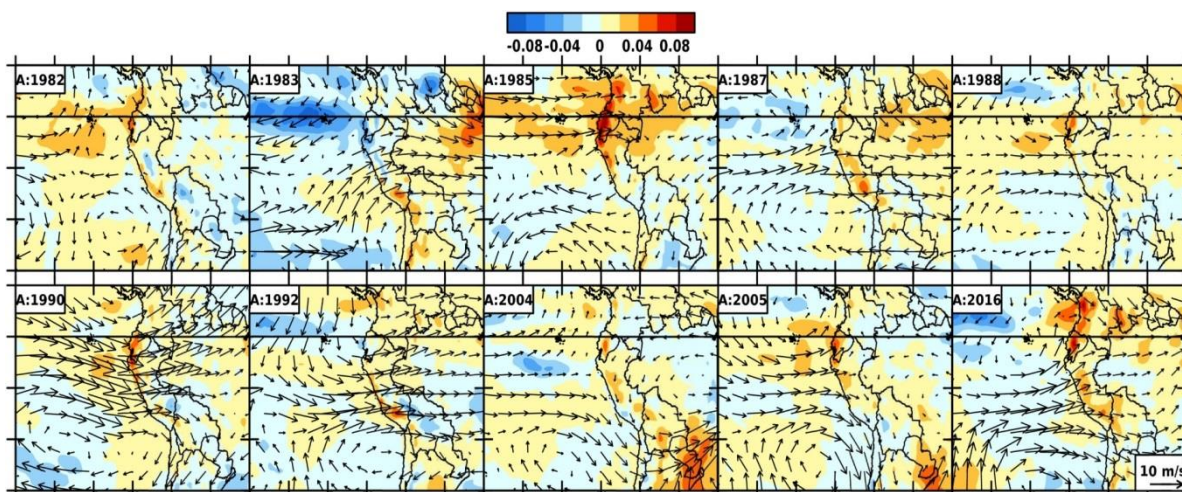


Figura 31. Compuesto por cada año de anomalías para Enero-Febrero-Marzo a partir de omega (Pa/seg) comprendido entre 500 y 300 hPa, en matices de colores y viento promedio de alta atmósfera (aproximadamente 10 km) entre 300 y 200 hPa.

## 5. Conclusiones

- ✓ Se identificaron en total 10 episodios de sequías meteorológicas más severas en los años 1982, 1983, 1985, 1987, 1988, 1990, 1992, 2004, 2005 y 2016; alcanzaron categorías de intensidad moderada a extrema y severidades de 4.2 a 15.2, que en consecuencias afectaron de 3 (episodio 1982) a 19 (episodio 1990) departamentos.
- ✓ La sequía de 1992 coincidentemente se presentó en un año Niño y fue el más severo (37.6 de severidad) y afecto a 16 departamentos (Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Ancash, Junín, Huánuco, Huancaavelica, Pasco, Lima, Cusco, Apurímac, Ayacucho, Arequipa, Tacna, Moquegua y Puno)
- ✓ Se presentaron sequias durante los años 1983, 1987, 1988, 1992, 2005 y 2016 asociados a episodios de Fenómeno El Niño (Oscilación del sur – El Niño) y el año 1985 con episodio de Fenómeno La Niña.
- ✓ Las sequías meteorológicas, no necesariamente ocurrieron simultáneamente durante un Fenómeno El Niño. Sin embargo, el calentamiento anómalo del Pacífico permitió explicar las sequías más intensa por forzamiento remoto asociados principalmente a la dinámica tropical de los flujos zonales anómalos del oeste sobre los Andes del Perú, observándose un patrón de subsidencia que suprimió las lluvias en la sierra sur durante el verano.
- ✓ Es necesario considerar que los resultados presentados están basados para categorizar sequías meteorológicas en términos del déficit de precipitación por lo que sus impactos en cada región dependerán de sus condiciones físicas, sociales y económicas.
- ✓ Existen ciclos en años consecutivos que estuvieron bajo la influencia de una fase caliente o fría.

## Referencias Bibliográficas

- BCRP, 1982. Banco central de reserva del Perú. Memoria <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-1982.pdf>
- BCRP, 1983. Banco central de reserva del Perú. Memoria <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-1983.pdf>
- BCRP, 1985. Banco central de reserva del Perú. Memoria 1985 <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-1985.pdf>
- BCRP 1990. Banco central de reserva del Perú. Memoria 1990. <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-1990.pdf>
- BCRP 1992. Memoria al 31 de diciembre de 1992. Disponibles en: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/1992/Memoria-BCRP-1992-1.pdf>
- BCRP 2004. Memoria 2004- 2 Inflación y tipo de cambio. <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2004/Memoria-BCRP-2004-2.pdf>
- CENEPRED. Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, C. 2014. Manual para la Elaboración de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales V2. Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED -, Vol. 02). Lima, Perú.
- CMRRD, 2004. Comisión multisectorial de reducción de riesgo en el desarrollo. Diagnóstico para la estrategia nacional de reducción de riesgos para el Desarrollo. Volumen 1. Aspectos físico espaciales. Disponible: <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/PCM/Diagnostico%20Estrategia%20Nacional%20de%20Reduccion%20de%20Riesgos%20-%20Vol.1%20Aspectos%20fisicos.pdf>
- Guttman, N. B. 1999. Accepting the Standardized Precipitation Index: a Calculation Algorithm1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 35(2), 311–322. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1999.tb03592.x>
- Lavado, W., Obando, O. F., Endara, S., Fernandez, C., Vega, F., & Sosa, J. 2016. Reporte extraordinario de condiciones de sequía a Enero del 2016. Senamhi. Retrieved from <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/02662SENA-1.pdf>
- OMM, 2012 Índice normalizado de precipitación. Guía del usuario. N° 1090
- Marengo, 1987 Impacto de la sequía de 1982-1983 en la agricultura del Atliplano Peruano, estudios agroclimatológicos. <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1008/doc1008.htm>
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. AMS 8th Conference on Applied Climatology, (January), 179–184.
- Imfeld, 2019. Summertime precipitation deficits in the southern Peruvian highlands since 1964 Guilford ,1992. South America- south of the Amazon River.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú  
Jr. Cahuide 785, Jesús María – Lima. | 614-1414  
[www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

Lima – Perú  
Junio 2019