



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



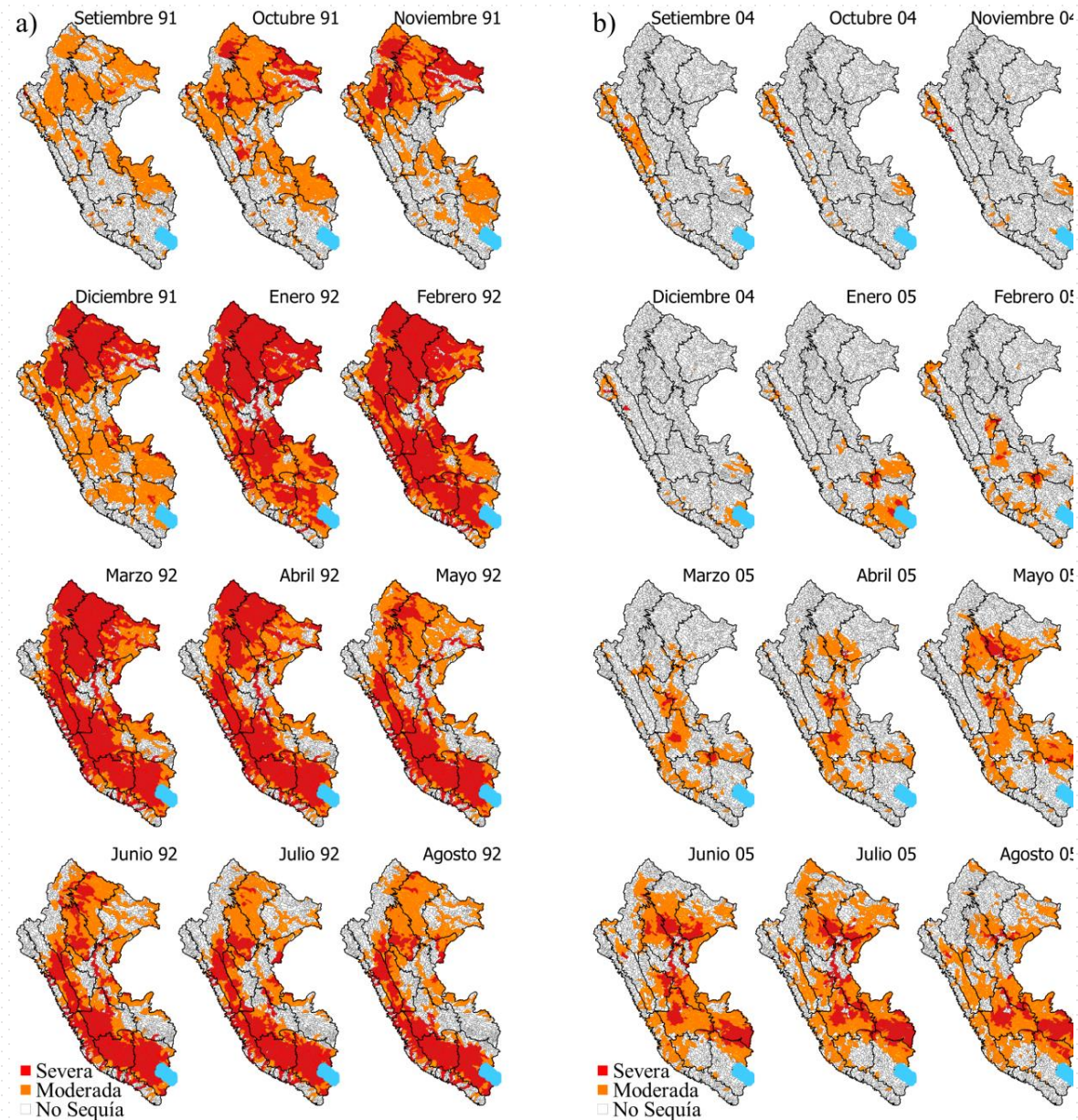
Siempre  
con el pueblo

Analista de SENAMHI, Jonathan Qqenta

# Evaluación espacio-temporal de las sequías hidrológicas en Perú (1981-2019)

● Sumario

1. INTRODUCCIÓN
  2. OBJETIVO
  3. METODOLOGÍA
  4. RESULTADOS
  5. CONCLUSIONES
  6. PERSPECTIVAS
- 



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 DEFINICIÓN

“SEQUÍA: déficit de agua en comparación con las condiciones normales”

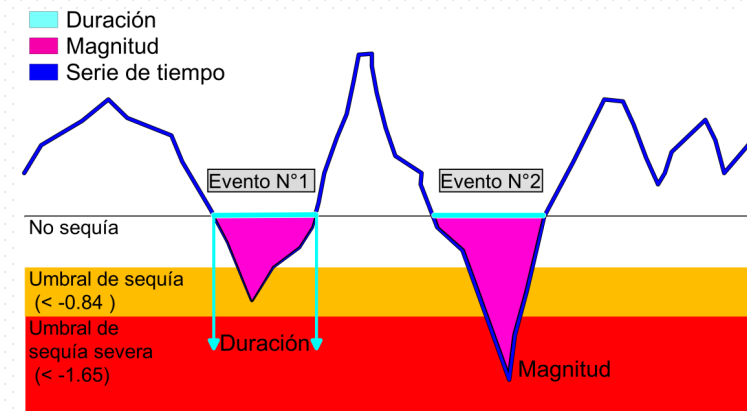
¿Cuáles son las condiciones normales?

¿Esta definición solo se refiere a procesos naturales o también influyen las influencias humanas?

¿Consideramos el agua en todos los componentes del ciclo hidrológico o solo en algunos?

¿Qué tan grande debe ser un déficit de agua, o cuánto tiempo durará, para que se le llame sequía?

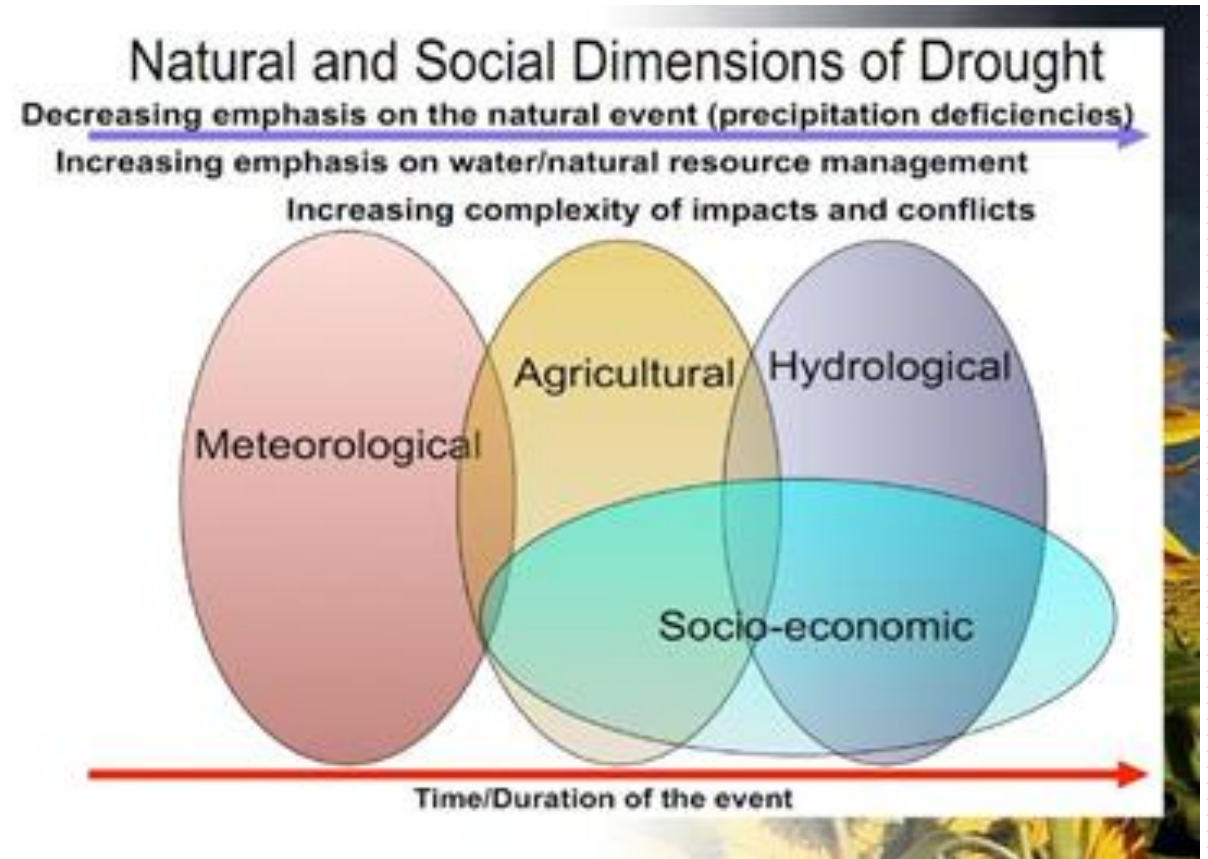
La sequía es un período sostenido de disponibilidad de agua por debajo de lo normal. Es un fenómeno recurrente y mundial, con características espaciales y temporales que varían significativamente de una región a otra. (Tallaksen LM, Van Lanen, 2004)



# 1. INTRODUCCIÓN

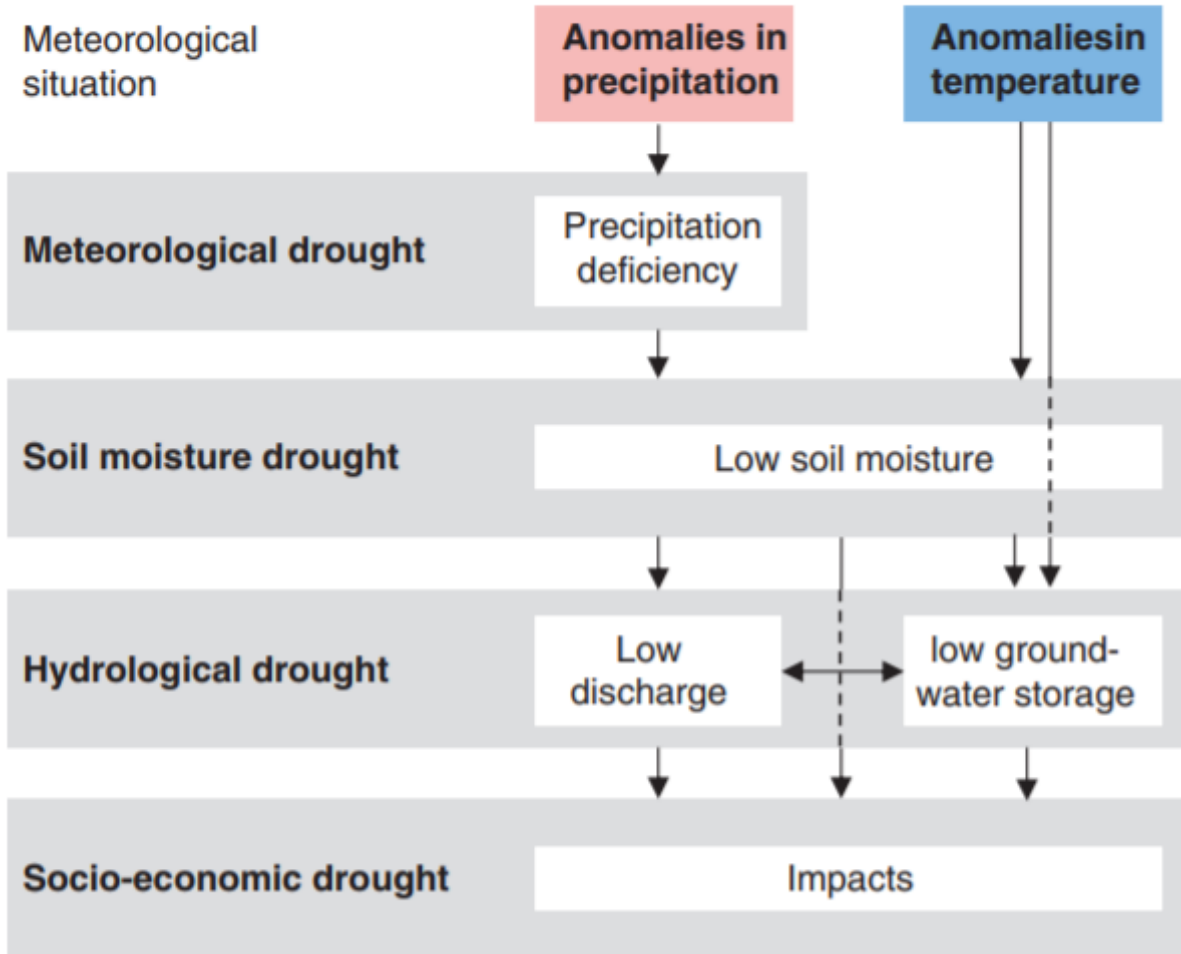
## 1.2 TIPOS DE SEQUÍA

1. **Meteorológico:** ausencia o reducción de la precipitación (P)
2. **Agrícola:** sequedad en las capas superficiales, que se produce durante la temporada de crecimiento y, por lo tanto, reduce los rendimientos de los cultivos
3. **Hidrológico:** ocurre cuando el caudal de los ríos y los almacenamientos de agua en acuíferos, lagos o embalses caen por debajo de los niveles medios a largo plazo.
4. **Socioeconómico:** el resultado de las 3 sequías anteriores ocurre cuando las actividades humanas se ven afectadas por la reducción de las precipitaciones y la disponibilidad de agua relacionada.

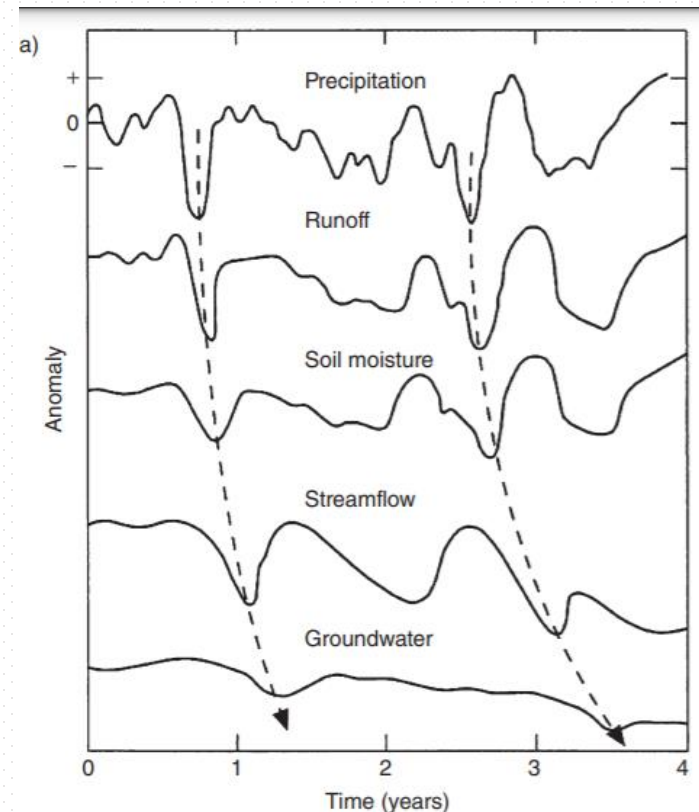


# Sequías hidrológicas

## Tipos de sequías



La sequía hidrológica se refiere a la falta de agua en el sistema hidrológico, manifestándose en caudal bajos en los ríos y niveles bajos en lagos, embalses y aguas subterráneas (Tallaksen LM & Van Lanen HAJ, 2004)



## Propagación de sequías

Van Loon, WIREs Water 2015

## Perú sequías



Zonas de mayor susceptibilidad a las sequías

Tabla 4.6. Población expuesta a sequías

País	Población total	Población expuesta	%
Bolivia	9 427 218	1 819 000	19
Colombia	42 888 592	8 235 000	19
Ecuador	13 215 089	4 547 000	34
Perú	27 254 111	2 616 000	10
<b>Comunidad Andina</b>	<b>92 785 010</b>	<b>17 217 000</b>	<b>19</b>

Tabla 4.7. Superficie agropecuaria expuesta a sequías

País	Kilómetros cuadrados		%
	Área total	Área expuesta	
Bolivia	268 954	88 000	33
Colombia	533 431	59 000	11
Ecuador	115 342	24 000	21
Perú	256 118	120 000	47
<b>Comunidad Andina</b>	<b>1 173 845</b>	<b>291 000</b>	<b>25</b>

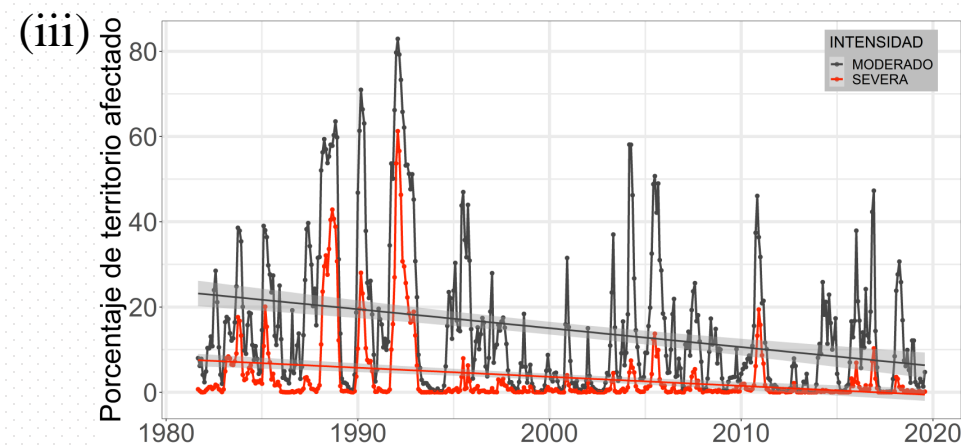
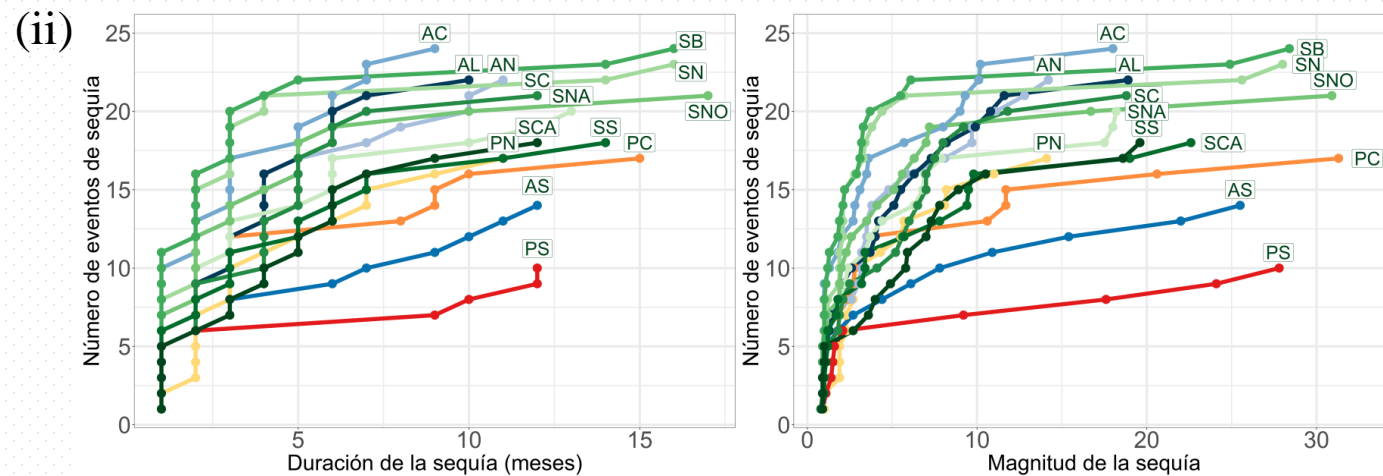
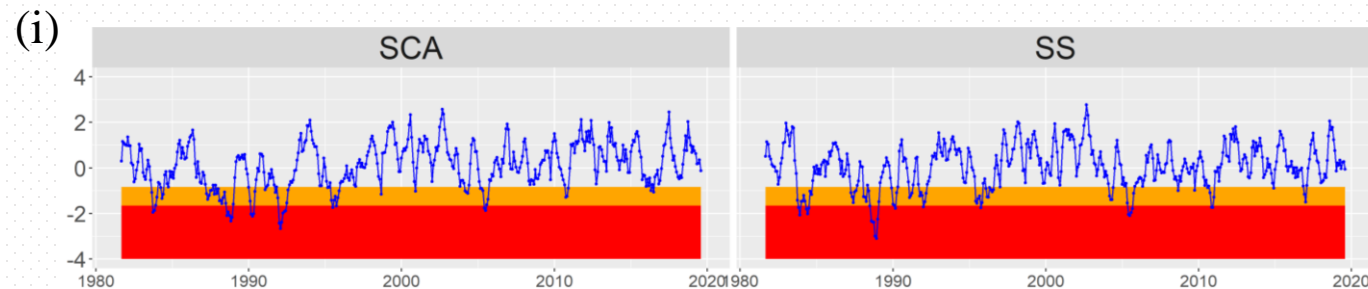
Fuente: Elaborado a partir de los mapas 46 y 8. Ver Memoria Técnica.

## 2. OBJETIVOS

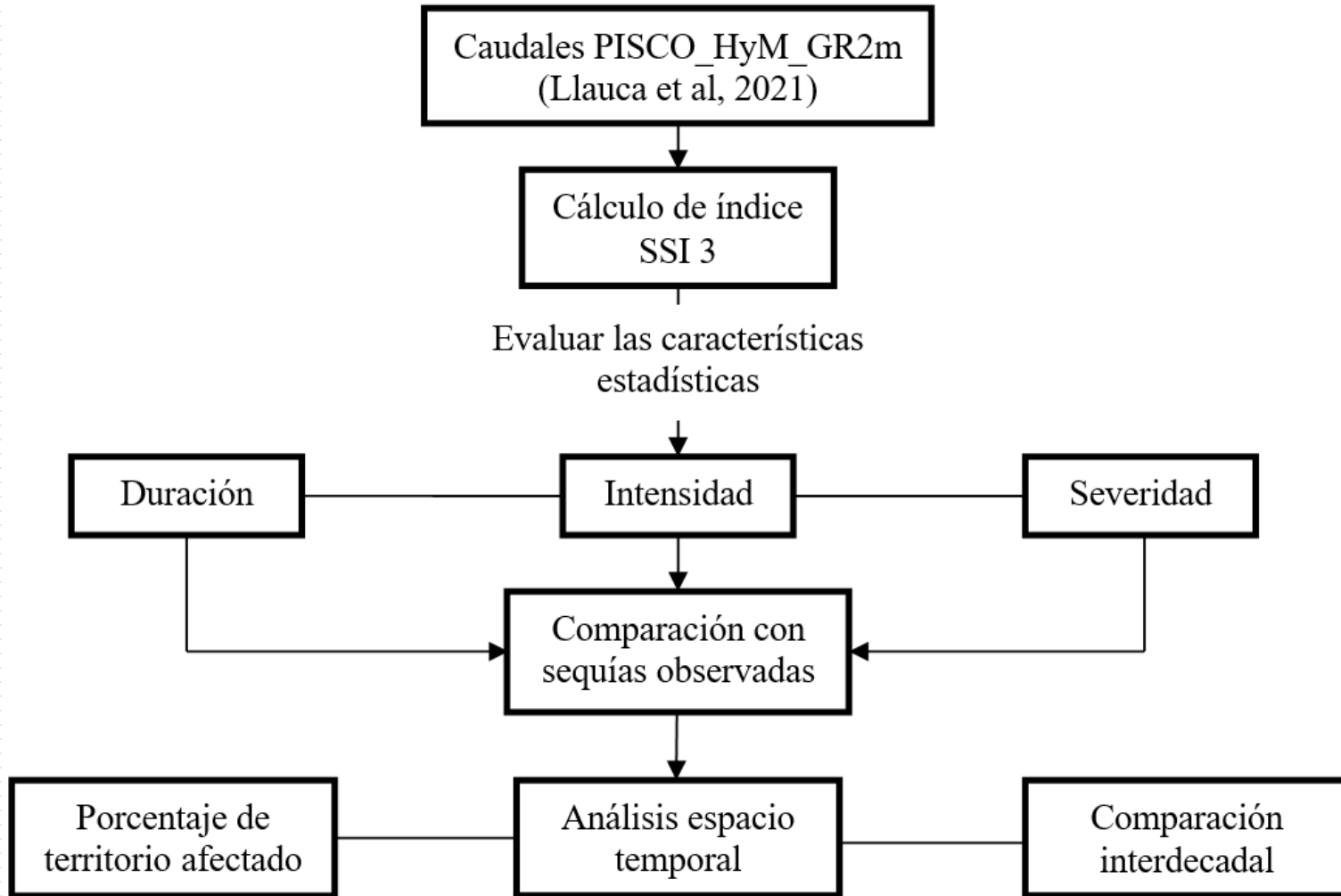
(i) Identificar eventos de sequía hidrológica.

(ii) Cuantificar las características de la sequía hidrológica.

(iii) Evaluar de forma espacio temporal los eventos de sequía.

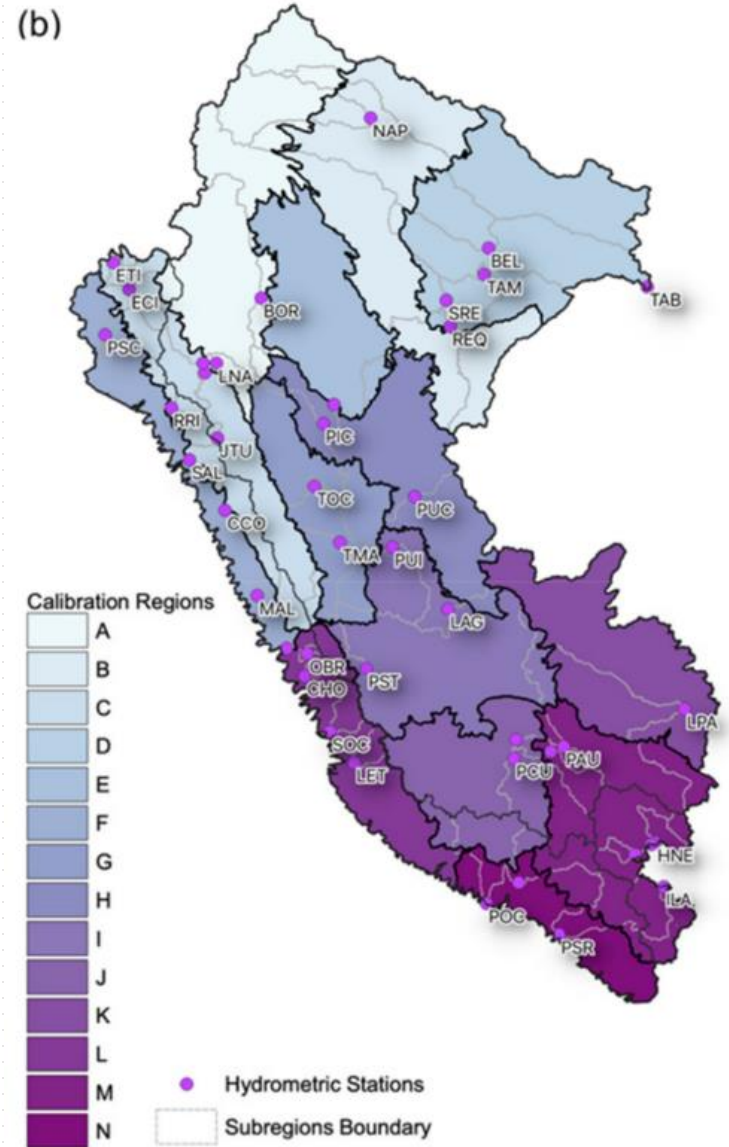


# 3. METODOLOGÍA



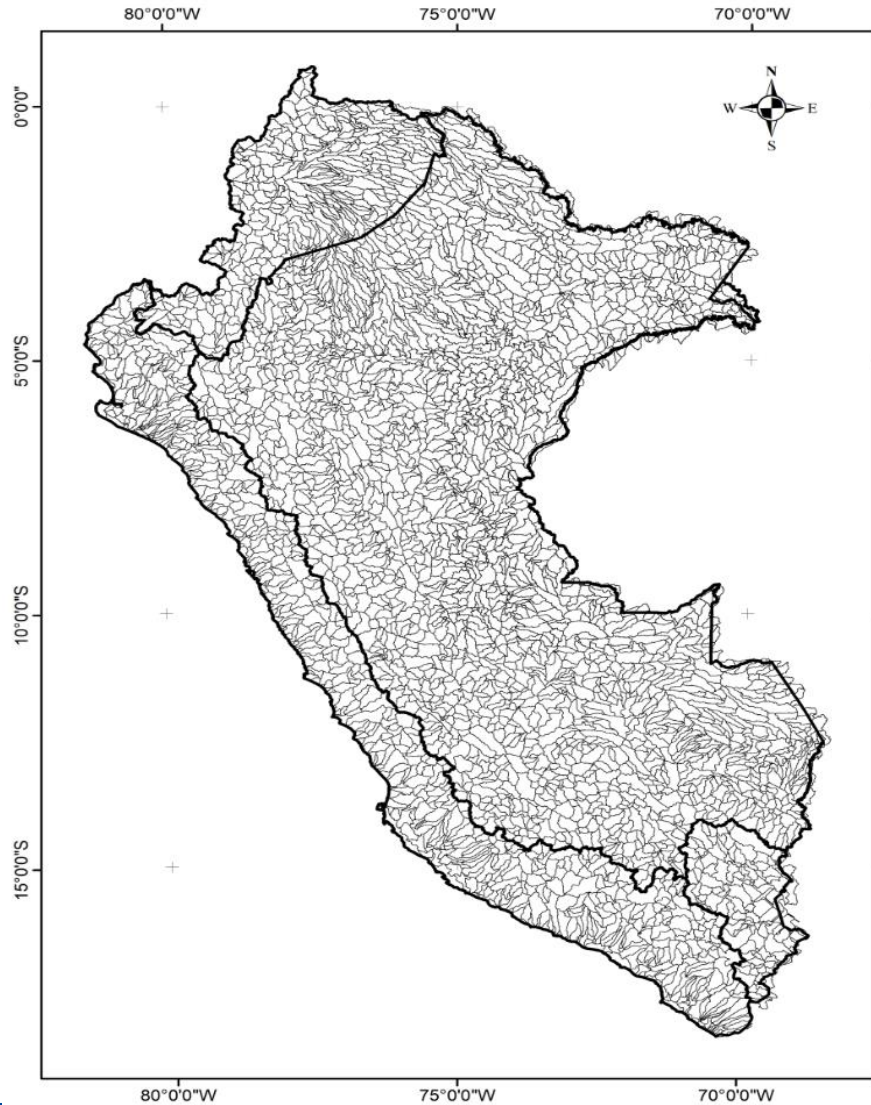
## Área de estudio

(b)

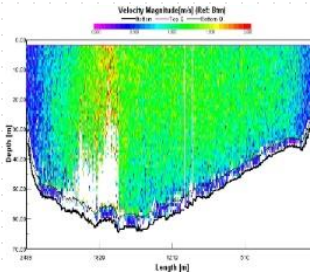




# Modelamiento Hidrológico a nivel nacional

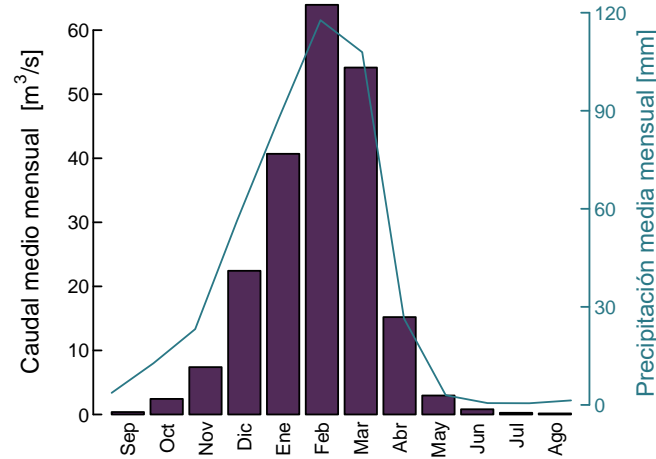
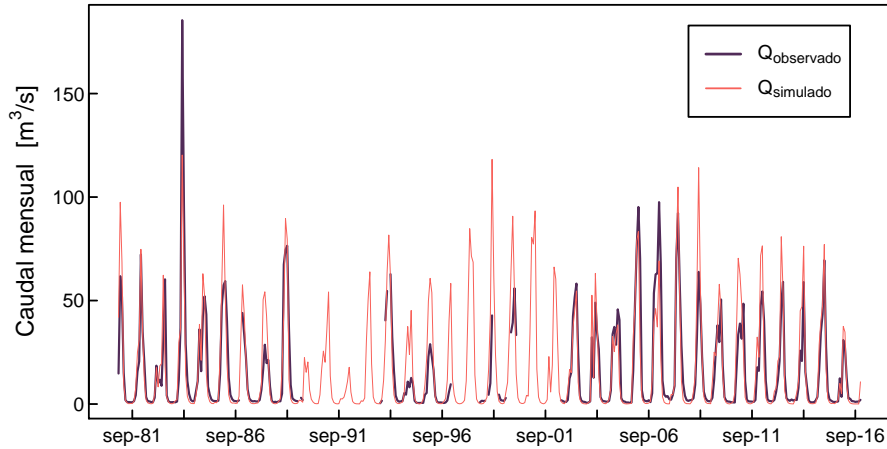


3594 sub-cuencas



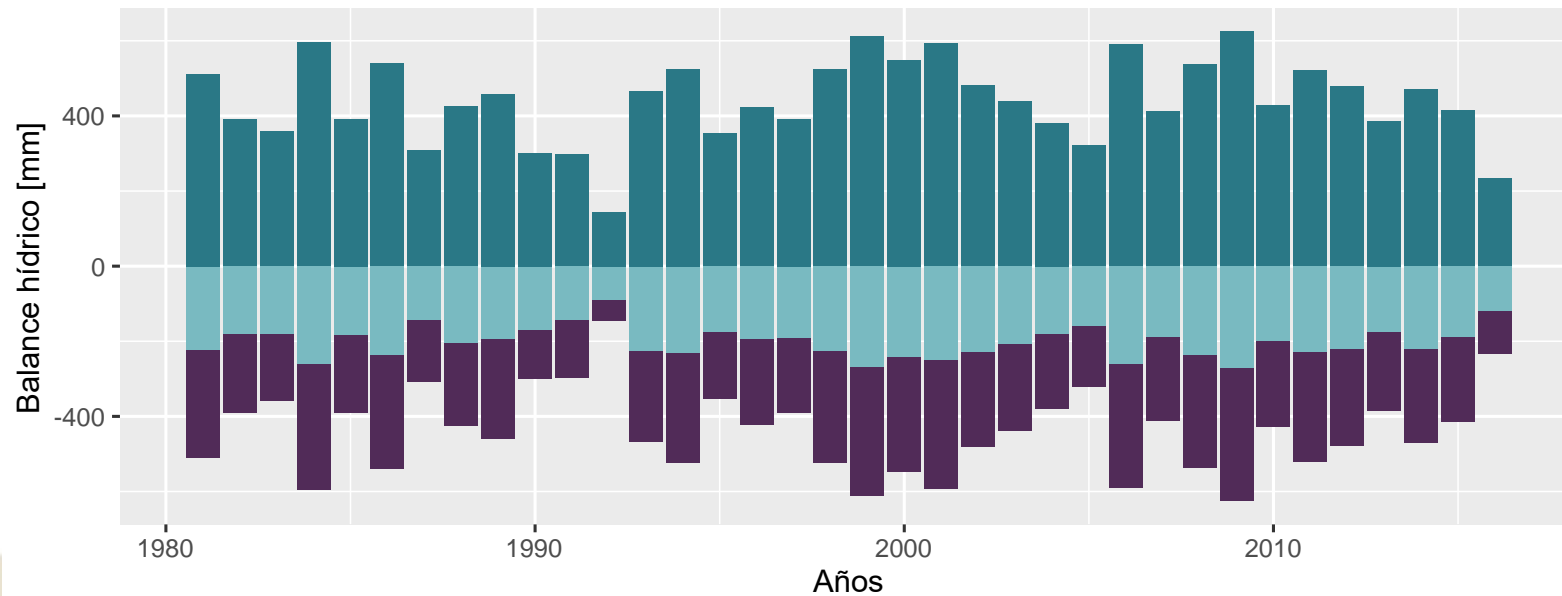
# MODELO HIDROLÓGICO A NIVEL NACIONAL

Estación La Capilla



Acceso a la base de datos  
PISCO\_HyM\_GR2M

[https://figshare.com/articles/dataset/HyM\\_GR2M\\_v1\\_1/13237250/1](https://figshare.com/articles/dataset/HyM_GR2M_v1_1/13237250/1)



Variable

- Escorrentía
- Evap. real
- Precipitación

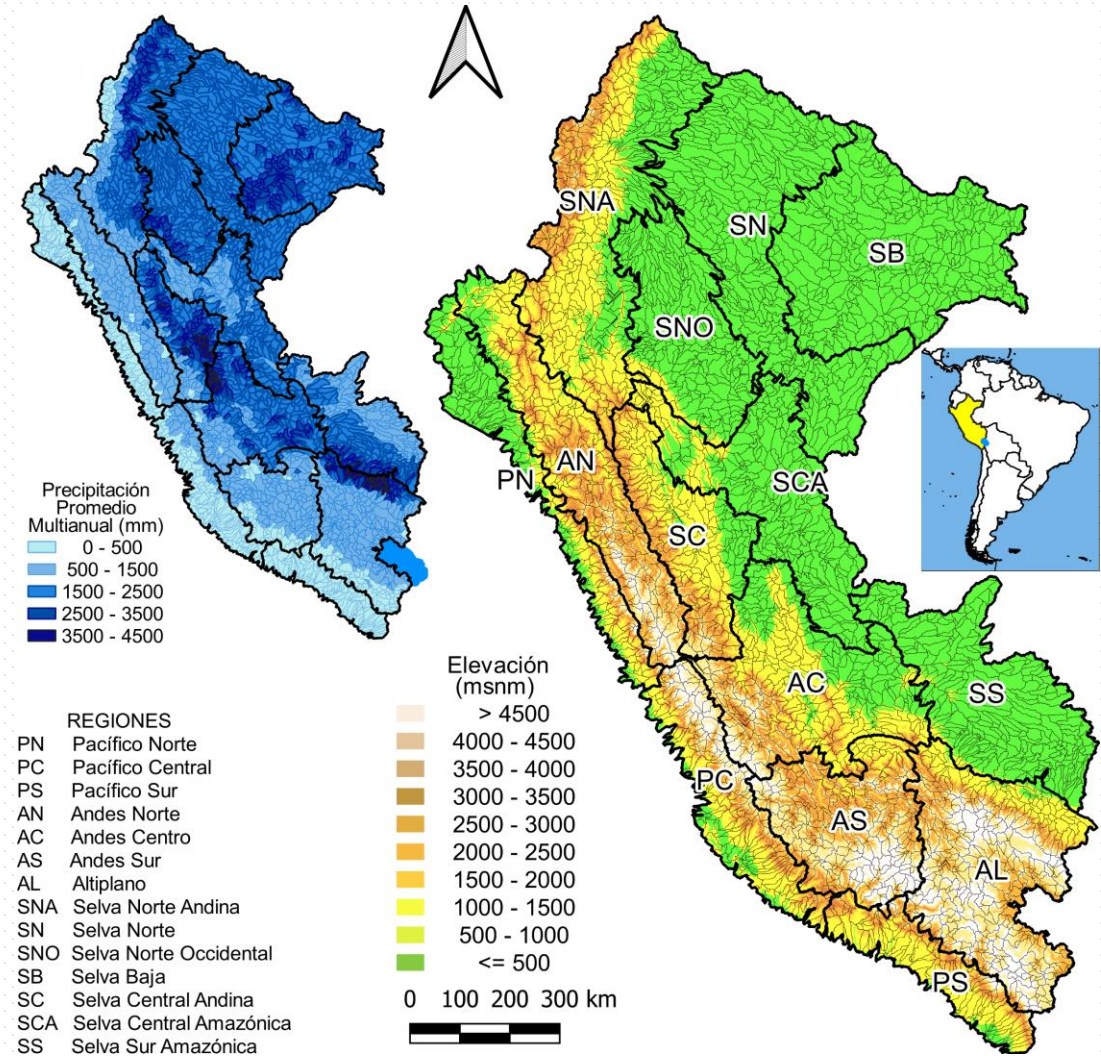
## A. Regiones de análisis

Se realizó un agrupamiento de las 3594 subcuencas en 14 regiones

➔ Pacífico 3 regiones (PN: Pacífico Norte, PC: Pacífico Central y PS: Pacífico Sur)

➔ Andes-Amazonas, 4 regiones, (AN: Andes Norte, AC: Andes Central, AS: Andes Sur, AL: Altiplano)

➔ Amazonas 7 regiones, ( SNA: Selva Norte Andina, SN: Selva Norte, SON: Selva Norte Occidental, SB: Selva Baja, SC: Selva Central Andina, SCA: Selva Central Amazónica, SS: Selva Sur Amazónica)



## B. Series de caudales estandarizados

Estandarizó las 3594 series de caudal simulado.

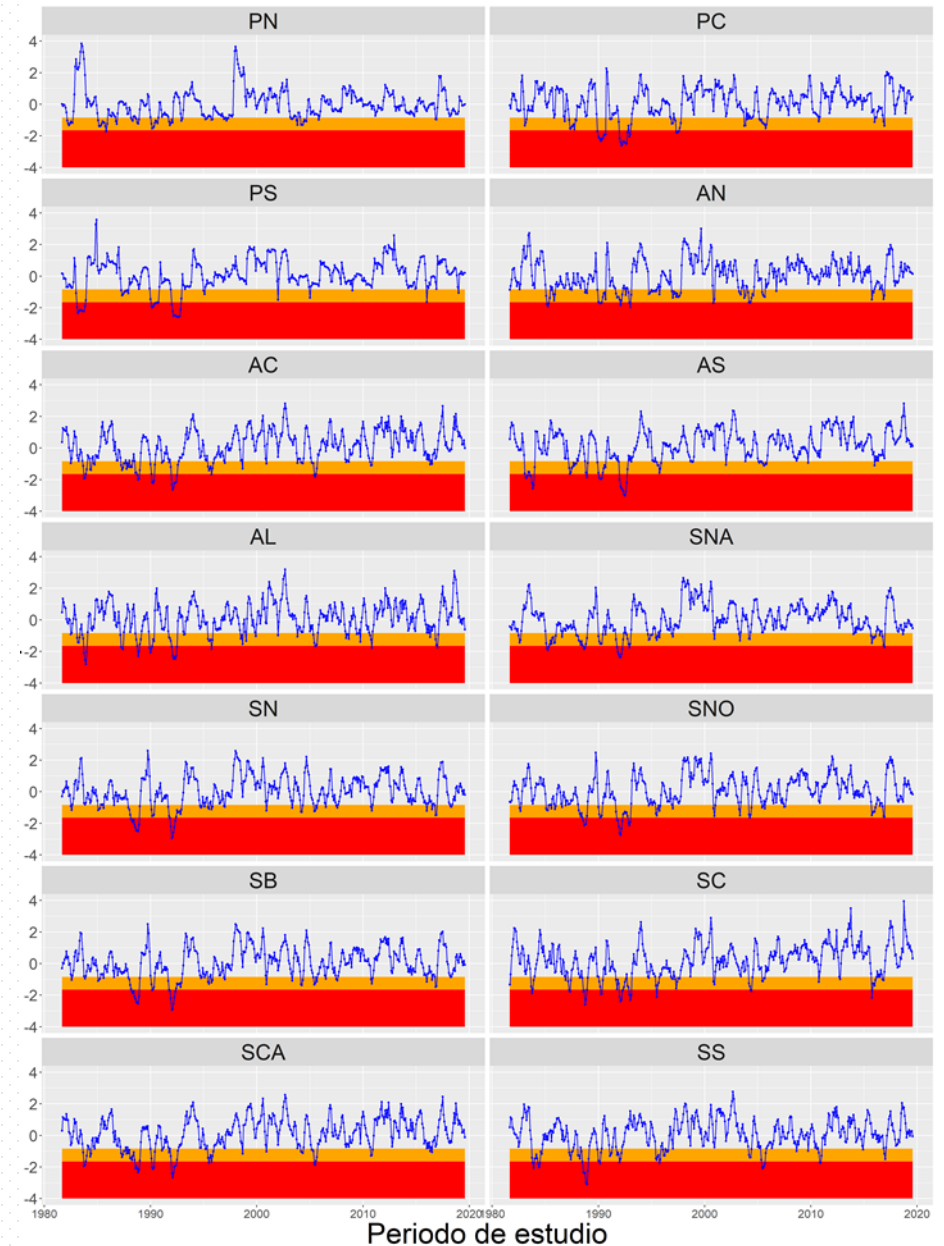
Ajustó las series de caudales a una distribución de probabilidad.

Umbral de  $< -0.84$  para identificar eventos de sequía moderada.

Umbral de  $< -1.65$  para identificar eventos de sequía severa.



Índice de caudal estandarizado SSI (Vicente-Serrano et al., 2012)

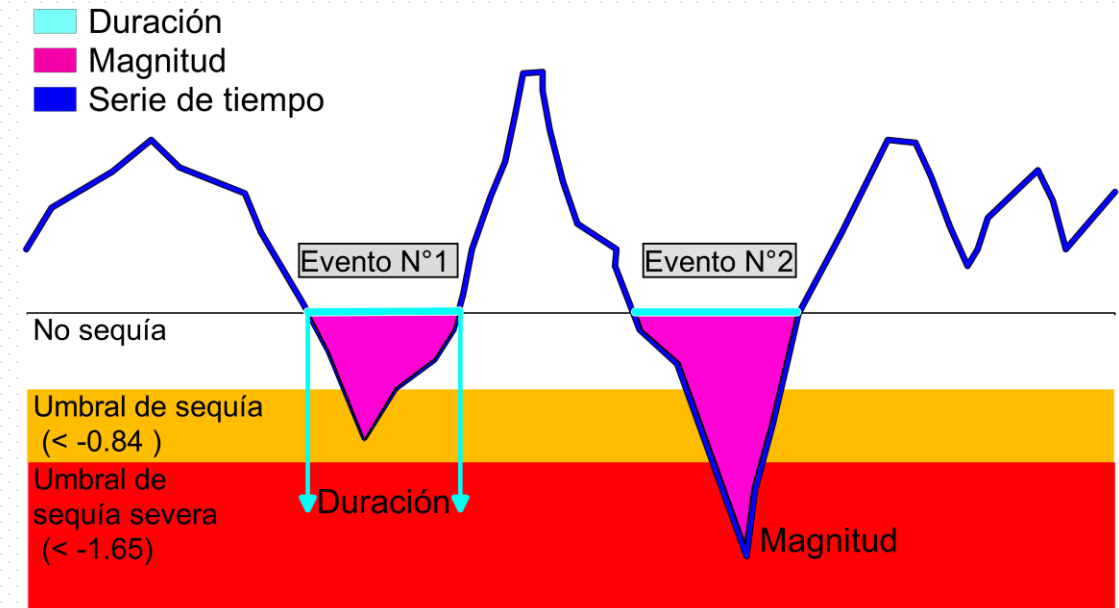


## C. Extracción y Caracterización de los eventos de sequías hidrológicas

(1) **Duración:** Se define a la duración de un evento de sequía, como el paso de tiempo consecutivo ininterrumpido de una serie de caudal estandarizada por debajo de  $-0.84$ .

(2) **Intensidad:** Este valor es la estimación del máximo valor del SSI para cada evento de sequía, es decir, el valor con mayor tendencia negativa y representa la gravedad de un evento de sequía.

(3) **Severidad:** También denominado, magnitud, se define como la acumulación de los volúmenes deficitarios generados durante un número ininterrumpido de meses.

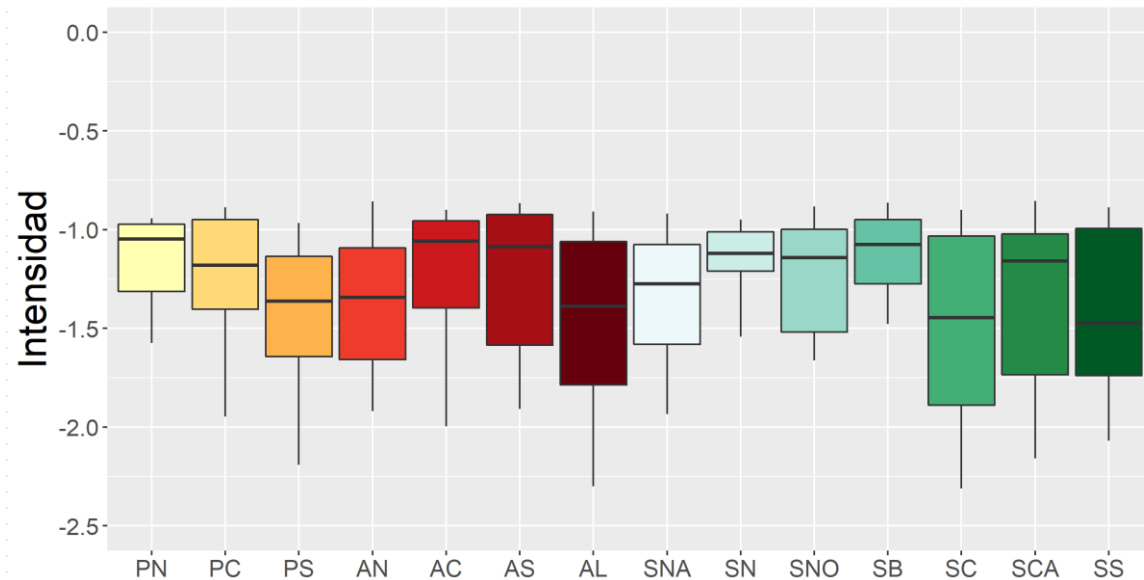
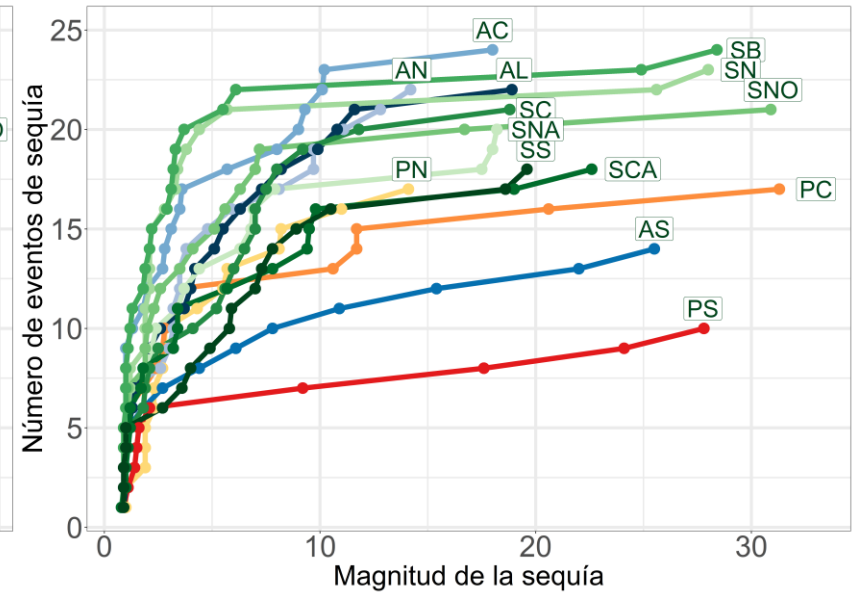
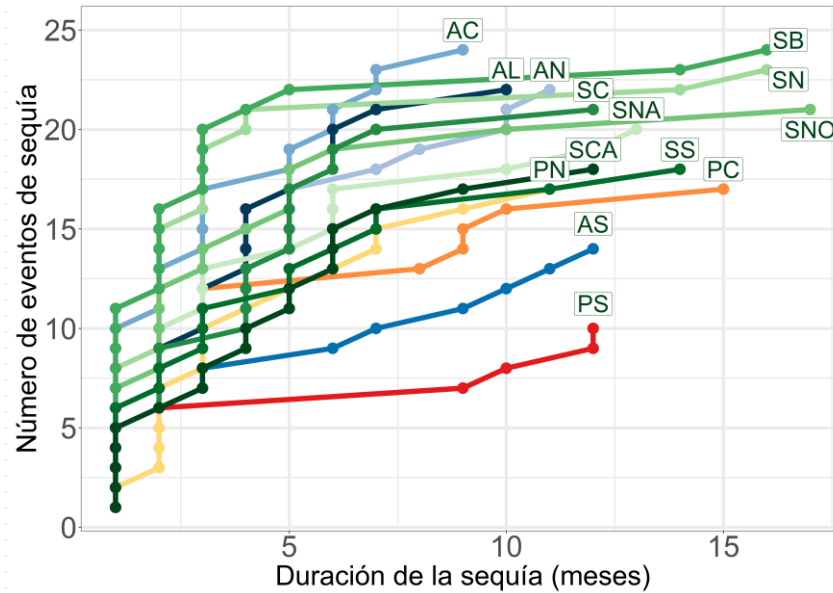


# 4. RESULTADOS: Cuantificación de características de sequías

En el Pacífico:  
 Duración de 11 a 15 meses.  
 Severidad de 14 y 31.

En los Andes:  
 Duración de 9 a 12 meses.  
 Severidad de 15 y 26.

En la Amazonía:  
 Duración de 12 a 17 meses  
 Severidad de 18 y 31.

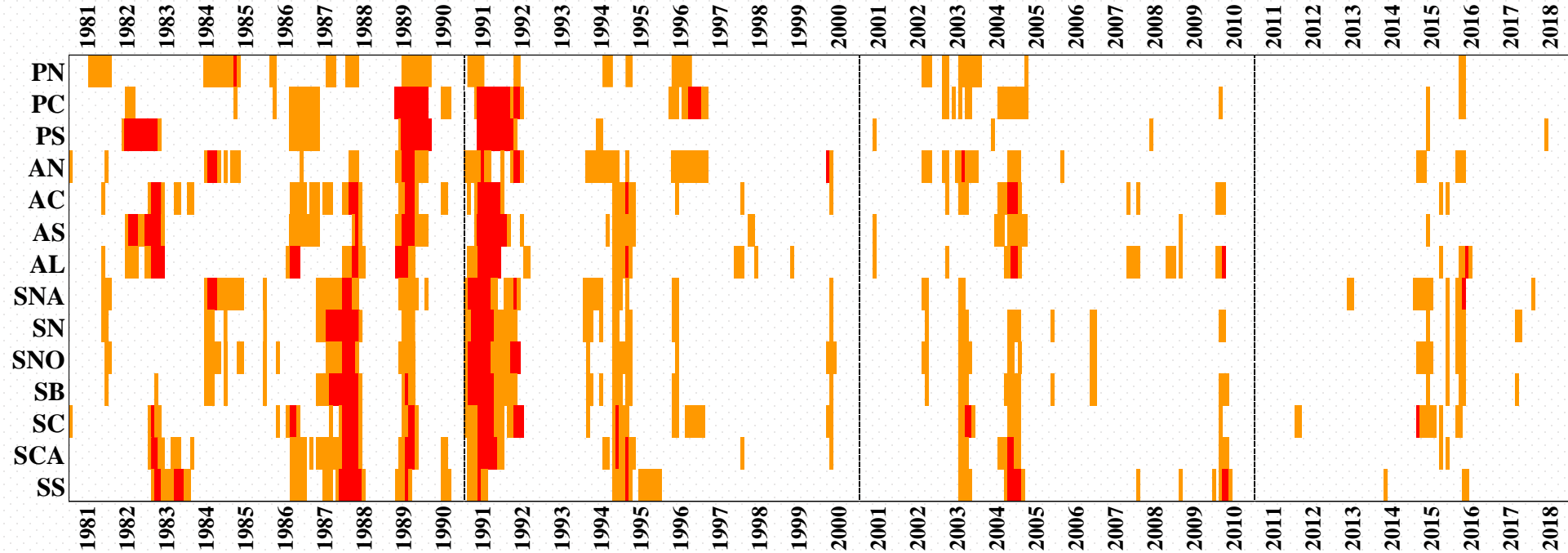


# 4. RESULTADOS: Comparaciones interdecadales

La identificación de los eventos de SH fueron validados con registros históricos.

Durante las décadas de 80's y 90's se registraron los eventos de SH más severos

	1981-1999				2000-2019				Periods comparison 2000-2019 respect to 1981-1999			
	Duration		Magnitud		Duration		Magnitud		Duration		Magnitud	
	Mean	Max	Mean	Max	Mean	Max	Mean	Max	Mean	Max	Mean	Max
PN	4.9	11.0	5.5	14.1	3.0	7.0	3.2	8.1	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
PC	5.9	15.0	9.6	31.3	2.4	9.0	2.7	10.6	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
PS	9.0	12.0	16.1	27.8	1.0	1.0	1.3	1.6	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
AN	4.3	11.0	5.3	14.2	3.1	7.0	3.9	9.7	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
AC	3.6	9.0	5.2	18.0	2.1	7.0	2.3	9.3	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
AS	6.2	12.0	9.9	25.5	2.4	6.0	2.4	6.1	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
AL	4.3	10.0	6.6	18.9	2.5	5.0	3.0	7.3	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
SNA	5.3	13.0	7.2	18.2	2.3	6.0	2.6	6.8	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
SN	4.3	16.0	6.4	28.0	1.9	4.0	2.1	4.4	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
SNO	4.3	17.0	6.3	30.9	2.6	5.0	3.1	6.3	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
SB	3.9	16.0	5.9	28.4	1.9	5.0	2.2	5.5	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
SC	4.4	12.0	6.3	18.8	2.9	6.0	3.4	8.0	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
SCA	4.8	14.0	7.0	22.6	2.7	7.0	3.2	9.4	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease
SS	6.2	12.0	9.2	19.6	2.3	6.0	3.2	10.5	Decrease	Decrease	Decrease	Decrease



**Rojo:** Sequías hidrológicas extremas  
**Naranja:** Sequías hidrológicas moderadas

## 4. RESULTADOS: Comparaciones interdecadales

AÑO	LUGAR AFECTADO	DESCRIPCIÓN	NOTAS	Link
1982	Tumbes, Piura, Lambayeque Puno	Periodo de escasez, primer trimestre. Pérdida de hectáreas de cultivos, ganado vacuno y ovino.	Memoria BCRP 1982 Impacto de la sequía de los años 1982-83 en la agricultura del Altiplano peruano, estudios Agroclimatológicos.	<a href="https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-1982.pdf">https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-1982.pdf</a> <a href="http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1008/doc1008.htm">http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1008/doc1008.htm</a>
1988	Amazonas, Pasco, Piura y Tumbes Puno	Se produjeron pérdidas alrededor de \$216.5 millones y cerca a 430000 damnificados	Sequías en el sur del Perú, por el Dr. Ricardo Zubieta	<a href="https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/74284-sequias-en-el-sur-del-peru-por-el-dr-ricardo-zubieta">https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/74284-sequias-en-el-sur-del-peru-por-el-dr-ricardo-zubieta</a>
1990	Afectados cerca de 19 regiones	Caída de 9 % de la producción en el sector agropecuario con respecto al año anterior. Migración de los campesinos hacia la capital huyendo de la sequía.	Memoria BCRP 1990 El Niño causa estragos - El País	<a href="https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-1990.pdf">https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/Memoria-BCRP-1990.pdf</a> <a href="https://elpais.com/diario/1990/07/09/sociedad/647474410_850215.html">https://elpais.com/diario/1990/07/09/sociedad/647474410_850215.html</a>
1992	Áncash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Huancavelica, Junín, Lima, Moquegua, Pasco y Puno.	Disminución en la producción por la pérdida de superficie cultivable. Se generó restricciones en el suministro de energía eléctrica. El PBI decreció alrededor de 2.8% con respecto al 1991.	Memoria BCRP 1992 Decreto Ley 25509	<a href="https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/1992/Memoria-BCRP-1992-1.pdf">https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/1992/Memoria-BCRP-1992-1.pdf</a> <a href="https://docs.peru.justia.com/federales/decretos-leyes/25509-may-22-1992.pdf">https://docs.peru.justia.com/federales/decretos-leyes/25509-may-22-1992.pdf</a>
2004	Áncash, Cajamarca, Huánuco, Junín, La Libertad, Lima, Pasco y Piura	Lluvias de periodos cortos. Disminución en el cultivo de arroz y azúcar por lo cual se produjo un desabastecimiento. Restricción horaria del agua, las reservas bajaron 21% de su capacidad.	Revista especializada en electricidad. Memoria BCRP 2004	<a href="https://es.slideshare.net/RobertoCarlosTamayoP/crisis-energica-en-el-ao-2004">https://es.slideshare.net/RobertoCarlosTamayoP/crisis-energica-en-el-ao-2004</a> <a href="https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/vulnerabilidad-y-shocks-climaticos-el-costo-de-la-sequia-para-los-productores-agropecuarios-de-piura.pdf">https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/vulnerabilidad-y-shocks-climaticos-el-costo-de-la-sequia-para-los-productores-agropecuarios-de-piura.pdf</a> <a href="https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/memoria-anual/memoria-2004.html">https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/memoria-anual/memoria-2004.html</a>
2016	Piura, Ancash, Apurímac, Cusco, Huancavelica y Puno	Fue el años más seco de Ancash en los últimos 30 años, mientras que en Piura de los últimos 20 años. Incendios forestales. Restricciones en el uso del agua para los cultivos de arroz.	Más de la mitad del Perú en emergencia por fuerte sequía. Noviembre del 2016 fue el más seco de los últimos 30 años. Perú: declaran en emergencia hídrica 37 valles de producción agrícola debido a sequía.	<a href="https://www.eluniverso.com/noticias/2016/12/07/nota/5943064/mas-mitad-peru-emergencia-fuerte-sequia/">https://www.eluniverso.com/noticias/2016/12/07/nota/5943064/mas-mitad-peru-emergencia-fuerte-sequia/</a> <a href="https://elcomercio.pe/peru/noviembre-2016-seco-ultimos-30-anos-152355-noticia/">https://elcomercio.pe/peru/noviembre-2016-seco-ultimos-30-anos-152355-noticia/</a> <a href="https://es.mongabay.com/2016/12/sequia-emergencia-agua-peru/">https://es.mongabay.com/2016/12/sequia-emergencia-agua-peru/</a>



# 4. RESULTADOS: Cobertura espacial de áreas afectadas por sequía

## 1980s

Durante la década de 1980s, los eventos de sequía más significativos se han identificados durante los años 1982-1983; 1987-1988 y 1989-1990.

## 1990s

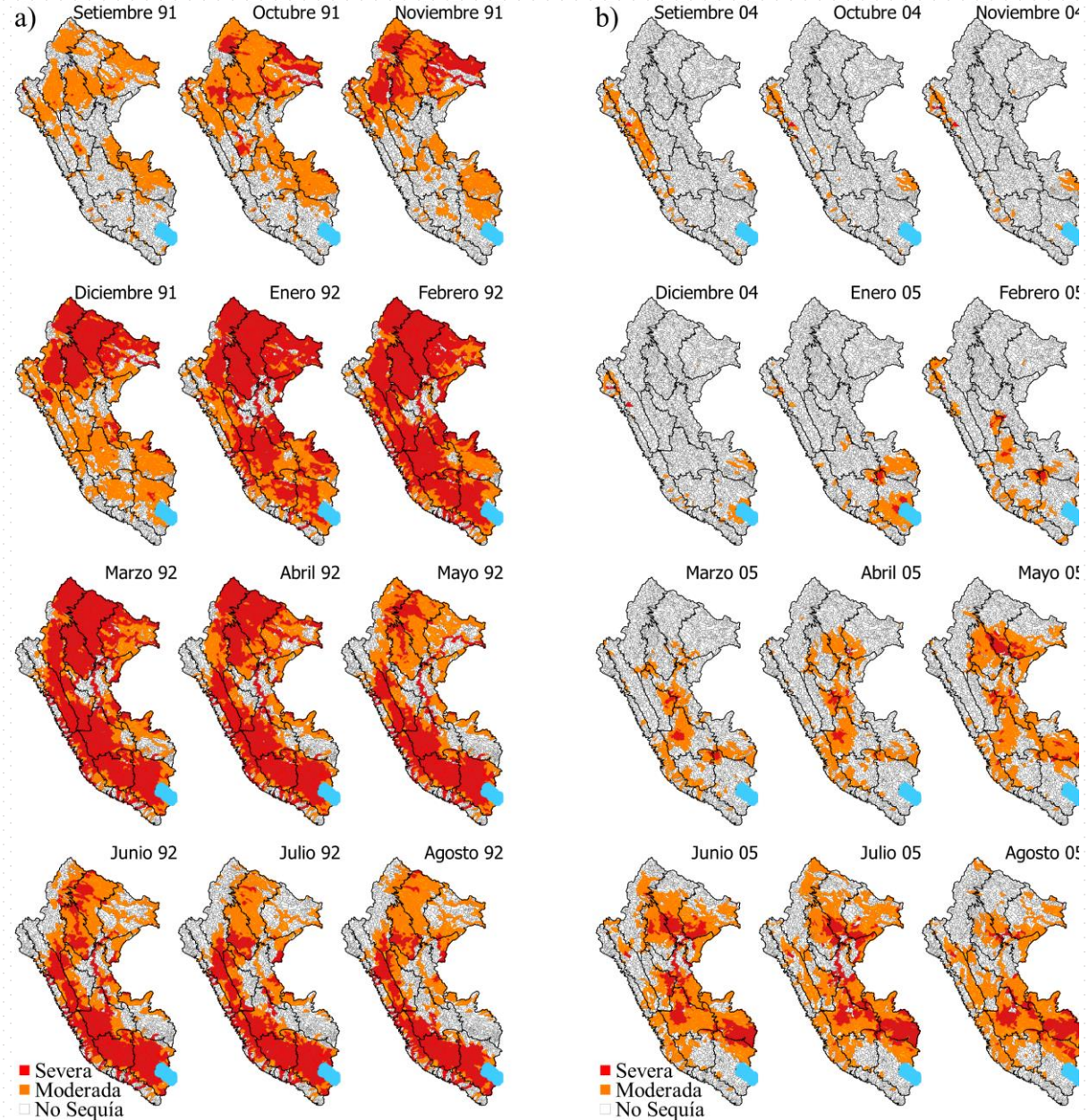
Durante la década de 1990s, los eventos de sequía más significativos se han identificados durante los años 1991-1992; 1994-1995.

## 2000s

Durante la década de 2000s, los eventos de sequía más significativos se han identificado durante los años 2003, 2004, 2005 y 2009-2010.

## 2010s

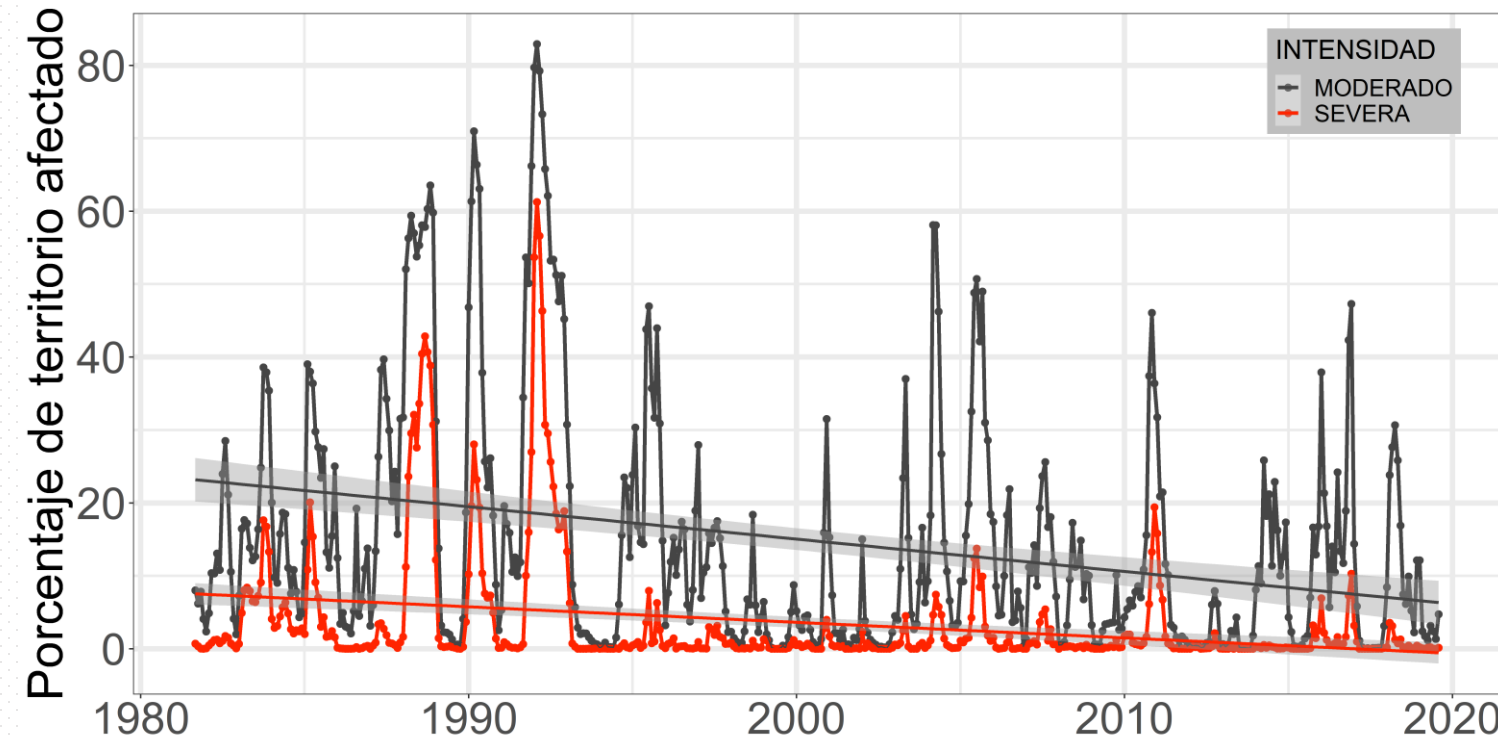
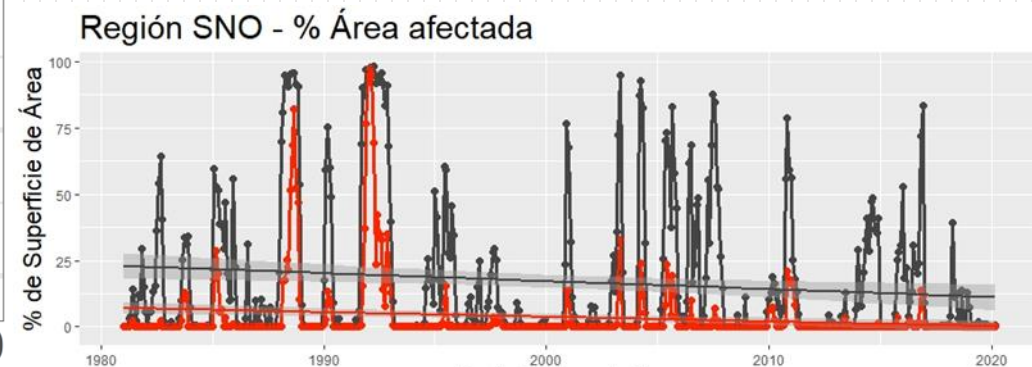
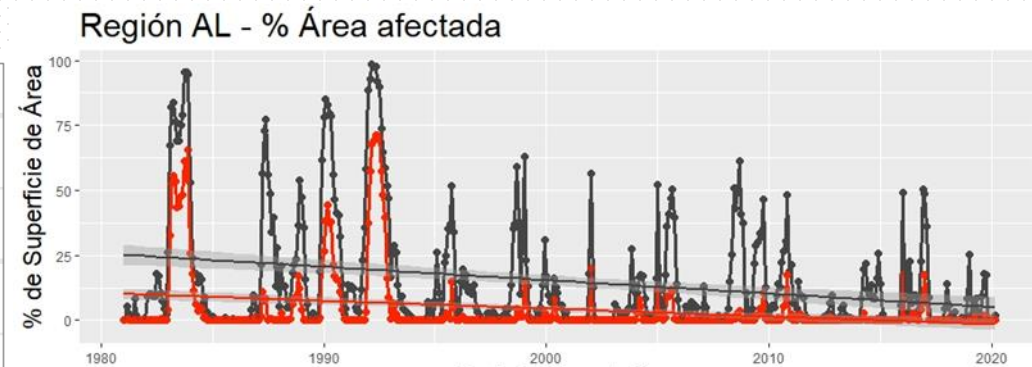
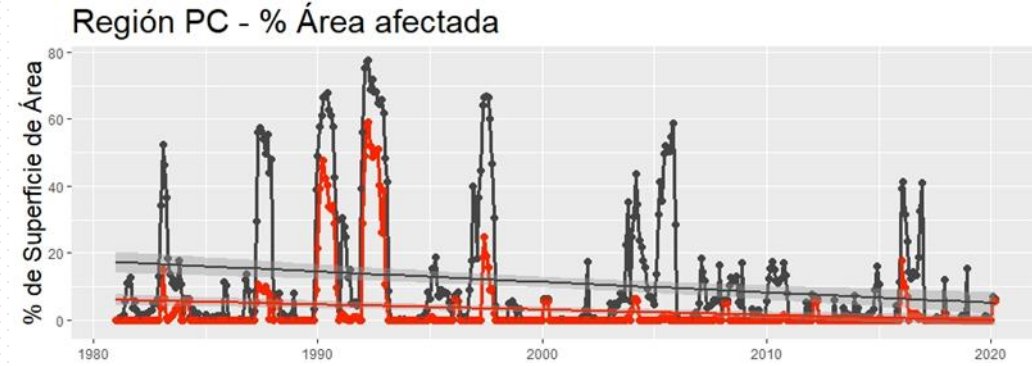
Durante la década de 2010s, los eventos de sequía más significativos se han identificado durante los años 2015-2016.



# 4. RESULTADOS: Porcentaje de territorio afectado por sequías

Cobertura del 85 y 65% con sequía moderada y severa, respectivamente.

En la década de 1990's, se presentó el mayor porcentaje de territorio afectado, alcanzando en el año 1992 un porcentaje de cobertura espacial afectado por sequía moderada del 82% y un 62% de cobertura espacial afectado por sequía severa.



## 5. CONCLUSIONES

- ➔ Se identificó a las sequías hidrológica en las 14 regiones definidas en este estudio, siendo la región del Amazonas la que presentó eventos de mayor duración, y la región Andina, eventos de mayor magnitud.
  - ➔ Se identificó a las décadas de 80's y 90's como las décadas con sequías más severas, registrando eventos de -3.02 y -3.10 respectivamente, además, es la década de los 90's quien presentó eventos de mayor duración (17 meses) y magnitud (31) de sequías hidrológicas.
  - ➔ Se determinó que en las décadas 80's y 90's, se cubrieron las 14 regiones de análisis, con una cobertura espacial máxima de territorio afectado por sequía moderada y severa, de aproximadamente el 80 y 60% de todo el Perú.
  - ➔ Se analizó satisfactoriamente las sequías hidrológicas simuladas en el Perú (1981-2019), mediante el uso de un índice de caudal estandarizado (SSI) a través del producto de caudales generados por PISCO\_HyM\_GR2m.
-

## 5. PERSPECTIVAS

- ➔ Respalda a otros estudios locales relacionados a sequías y/o eventos extremos en Perú, debido a ser un proyecto de alcance nacional.
  - ➔ Identificar sequías hidrológicas que no han sido registradas históricamente, donde consecuentemente, podemos relacionar eventos climáticos con la ocurrencia de sequías hidrológicas en distintas partes del país.
  - ➔ Aplicación de monitoreo, alerta temprana y predicción de sequía.
  - ➔ Evaluar sequías hidrológicas con nuevas versiones de PISCO, a una resolución más fina, diferentes métodos de enrutamiento y análisis de incertidumbre de las descargas, lo que permitirá obtener a futuro, inputs de mayor calidad.
-