

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE FÍSICA Y METEOROLOGÍA



**“TELECONEXIONES ENTRE ÍNDICES
OCÉANO-ATMOSFÉRICOS Y LAS SEQUÍAS EN PERÚ,
USANDO EL ÍNDICE SPI”**

Autores:

A. Cahuana, M. De La Cruz, V. Diaz

TRABAJO FINAL APLICATIVO DE INVESTIGACIÓN

La Molina, Julio de 2023

TELECONEXIONES ENTRE ÍNDICES OCÉANO-ATMOSFÉRICOS Y LAS SEQUÍAS EN PERÚ, USANDO EL ÍNDICE SPI

A. Cahuana, M. De La Cruz, V. Diaz

Contenido

1	Introducción/Resumen	1
2	Métodos	2
2.1	Datos	2
2.2	Metodología	3
3	Resultados/Discusiones	4
3.1	Correlación SPI con datos Rain4PE vs Pisco	4
3.2	Tendencia de Mann Kendall SPI PISCO vs RAIN4PE	9
3.3	Correlación SPI PISCO vs SPI RAIN4PE	11
4	Conclusiones	11
5	Disponibilidad de código	12
6	Referencias	12

1 Introducción/Resumen

El índice de precipitación estandarizada (SPI) es una medida numérica que representa el número de desviaciones estándar de la precipitación caída a lo largo del período de acumulación respecto de la media, una vez que la distribución original de la precipitación ha sido transformada a una distribución normal. Este índice es utilizado para vigilar la sequía en más de 70 países y destaca por su sencillez, facilidad de cálculo y su significado desde el punto de vista estadístico (AEMET, s.f.)

Existen varios índices climáticos que pueden estar relacionados con el SPI, como el Índice Niño Océanico (ONI) que es una medida de la condición de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y sus fases cálida (El Niño) y fría (La Niña) en el Pacífico ecuatorial central (IMARPE, s.f.); el Índice Oscilación Sur (SOI) mide las diferencias de presiones atmosféricas de superficie normalizadas entre Darwin (Australia) y Tahití (Polinesia Francesa) en el Pacífico central (IMN, s.f.); la Oscilación Antártica (AAO) que describe el desplazamiento norte-sur del cinturón de vientos del oeste que circulan alrededor de la Antártida (Wikidat, s.f.); la Oscilación ártica (AO) que es el patrón dominante de las variaciones no estacionales de presión atmosférica al norte de los 20° N (NOAA, s.f.); la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) que es una variación del clima del Pacífico que alterna fases de calentamiento y enfriamiento cada 20 o 30 años (Guevara-Polo, 2010); el Índice Bimestral Multivariado El Niño (MEI) que combina cinco variables diferentes ((presión al nivel del mar (SLP), temperatura de la superficie del mar (SST), componentes zonales y meridionales del viento a nivel superficial y la radiación de onda larga saliente (OLR)) sobre la cuenca del Pacífico tropical (NOAA, s.f.); el Índice de Modo Dipolo (DMI) que mide la intensidad de la DSI está representada por un gradiente anómalo de VSE entre el Océano Índico ecuatorial occidental (50E-70E y 10S-10N) y el Océano Índico ecuatorial sudoriental (90E-110E y 10S-0N) (NOAA, 2022) y La Oscilación del Giro del Pacífico Norte (NPGO) que es un patrón climático que emerge como el segundo modo dominante de variabilidad de la altura de la superficie del mar en el Pacífico Noreste. Se utiliza como un índice para medir los cambios en las corrientes oceánicas y los patrones de circulación y explica variables físico-biológicas clave (Bond, 2015). Estos índices miden diferentes aspectos del clima, como la temperatura de la superficie del mar, la presión atmosférica y los vientos, y pueden tener un impacto en las precipitaciones. El presente informe tiene como objetivo determinar la relación existente entre los índices climáticos anteriormente mencionados y el índice de precipitación estandarizada (SPI), para lo cual se empleó la correlación de Spearman. En la metodología empleada se utilizaron datos grillados de precipitación de la base de datos PISCO y RAIN4PE, se obtuvo el SPI anual y se correlacionó, mediante la correlación de Spearman, con los índices climáticos, por último se realizaron las gráficas.

2 Métodos

2.1 Datos

La zona de estudio a trabajar en este trabajo es todo el Perú. Se usaron datos de precipitación mensual del producto grillado PISCO (Peruvian Interpolate data of the SENAMHI's) con una resolución espacial de 0.1° , en el periodo 1981 - 2016 (Versión estable) y el producto RAIN4PE (Rain for Peru and Ecuador) también con una resolución espacial de 0.1° , en el periodo 1981 - 2015. Además se usaron datos de diversos índices oceano-atmosféricos, la tabla 1 representa los índices usados. El procesamiento y calculo del índice SPI del presente estudio se realizaron mediante el lenguaje de programación R.

ÍNDICE	VARIABLE UTILIZADA	REGIÓN DE ESTUDIO
AAO	Vientos del oeste	Latitudes medias y altas del HS
AO	Presión atmosférica	Alrededor del Ártico en los 55° N de latitud
DMI	Dif. TSM entre el oeste y este del O. Índico	O. Índico
MEI	Presión al nivel del mar, TSM, Us y Vs y (OLR)	Pac. Tropical
NPGO	Altura de la superficie del mar	Pac. Norte
ONI	Anomalías TSM	Niño 3.4
PDO	Temperatura superficial del mar	Pacífico Norte (al norte del paralelo 20)
SOI	Dif. de Presión atm. entre Tahití y Darwin	Pac. Tropical Occidental y Oriental

Tabla 1. En la tabla se muestran los diferentes índices océano-atmosféricos, las variables que se utilizan para calcularlas y su respectiva región de estudio.

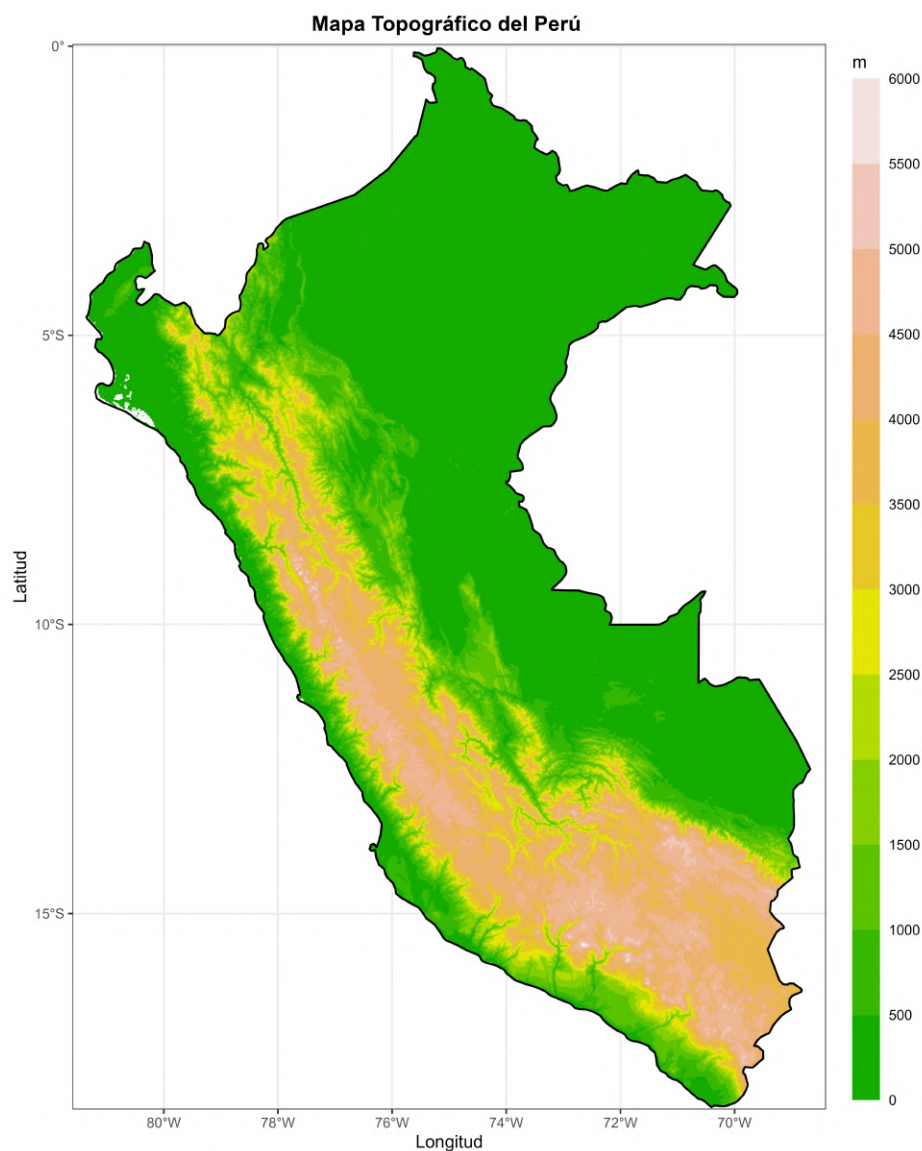


Figura 1. Área de estudio: Mapa topográfico del Perú. El mapa muestra la elevación de todo el Perú.

2.2 Metodología

Para el presente estudio se calcula el índice estandarizado de precipitación (SPI) en la escala de 12 meses (anual) a partir de datos grillados mensuales de los productos PISCO Y RAIN4PE. A partir del SPI-12 calculados de ambos productos se determina la tendencia a través del test no paramétrico de Mann Kendall, posteriormente ambos SPI-12 se correlacionan entre ellos mediante el test no paramétrico de Spearman, este se uso debido a que no se conoce la distribución de cada grilla y el requerimiento computacional para la determinar la distribución es muy alto. Por último se determinan las teleconexiones entre el índice SPI-12 de cada producto y los índices(oscilaciones) océano-atmosféricos a través del test no paramétrico de spearman. La figura 2 esquematiza la metodología seguida.

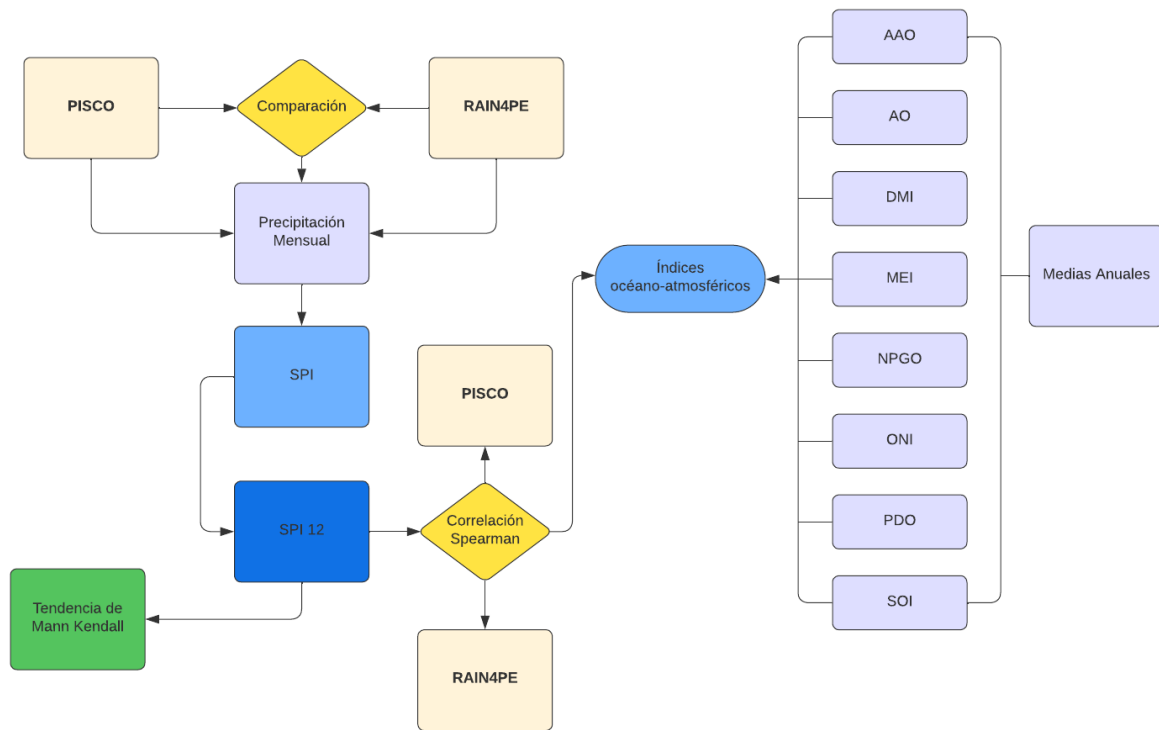


Figura 2. Diagrama de flujo.

3 Resultados/Discusiones

3.1 Correlación SPI con datos Rain4PE vs Pisco

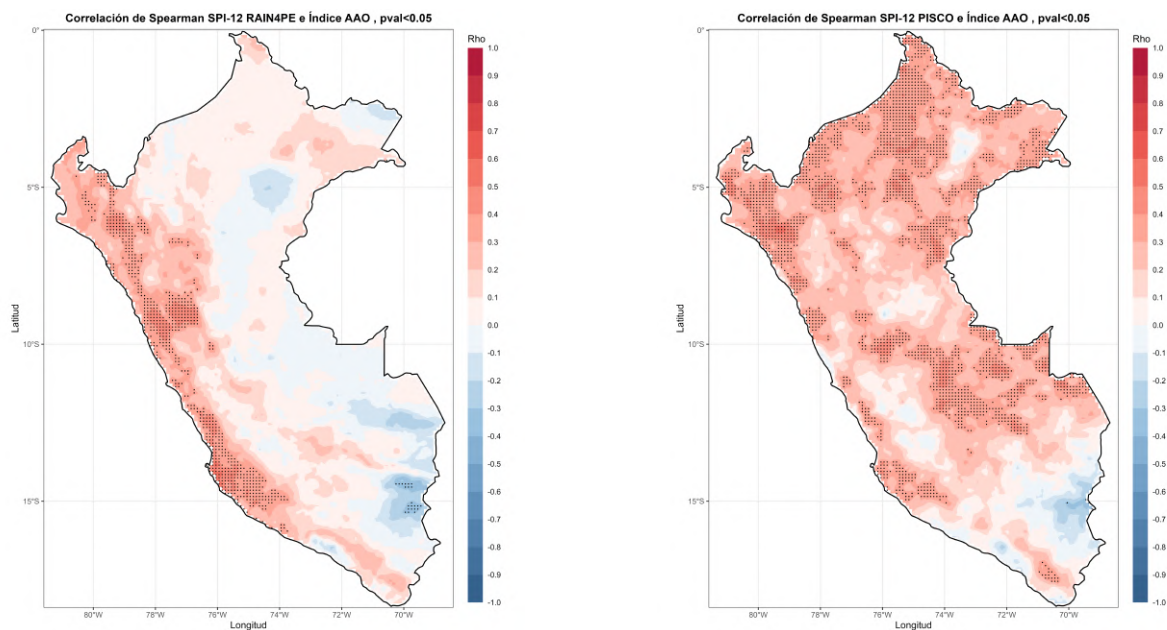


Figura 3. Correlación de Spearman de la Oscilación Antártica: PISCO (derecha) vs RAIN4PE (izquierda)

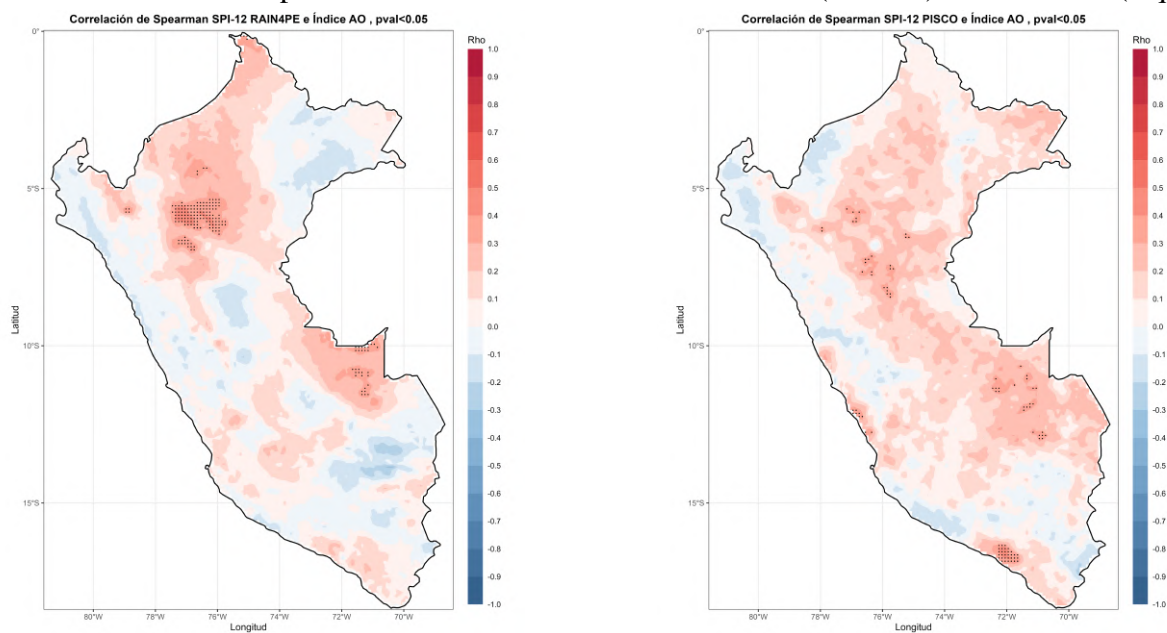


Figura 4. Correlación de Spearman de la Oscilación Ártica: PISCO (derecha) vs RAIN4PE (izquierda)

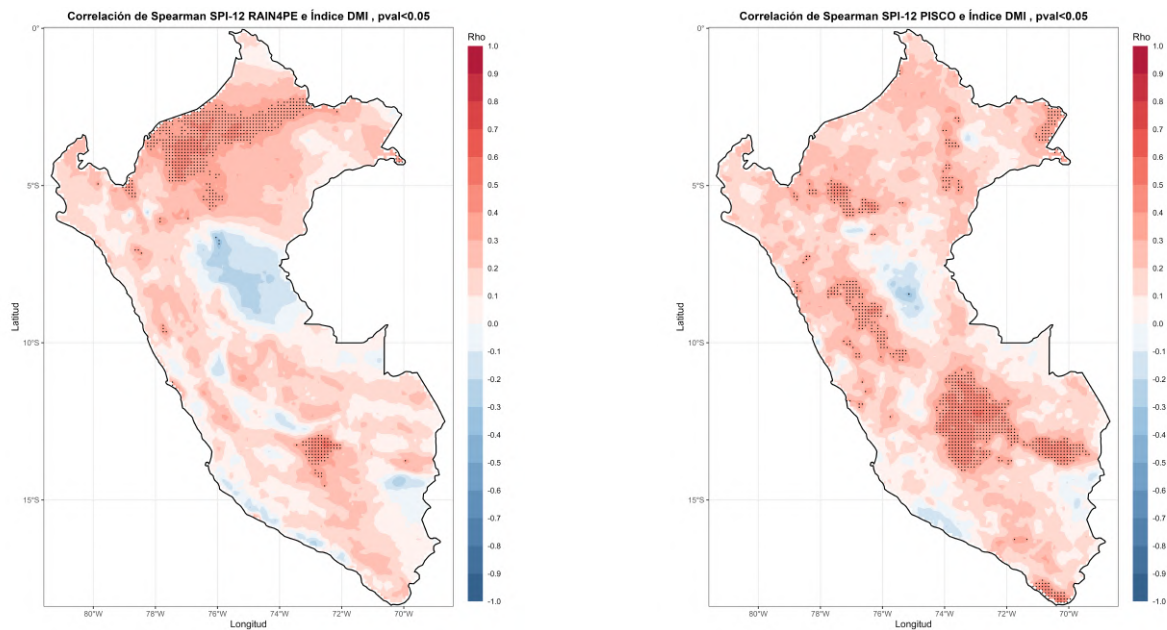


Figura 5. Correlación de Spearman del Índice del Modo Dipolo: PISCO (derecha) vs RAIN4PE (izquierda)

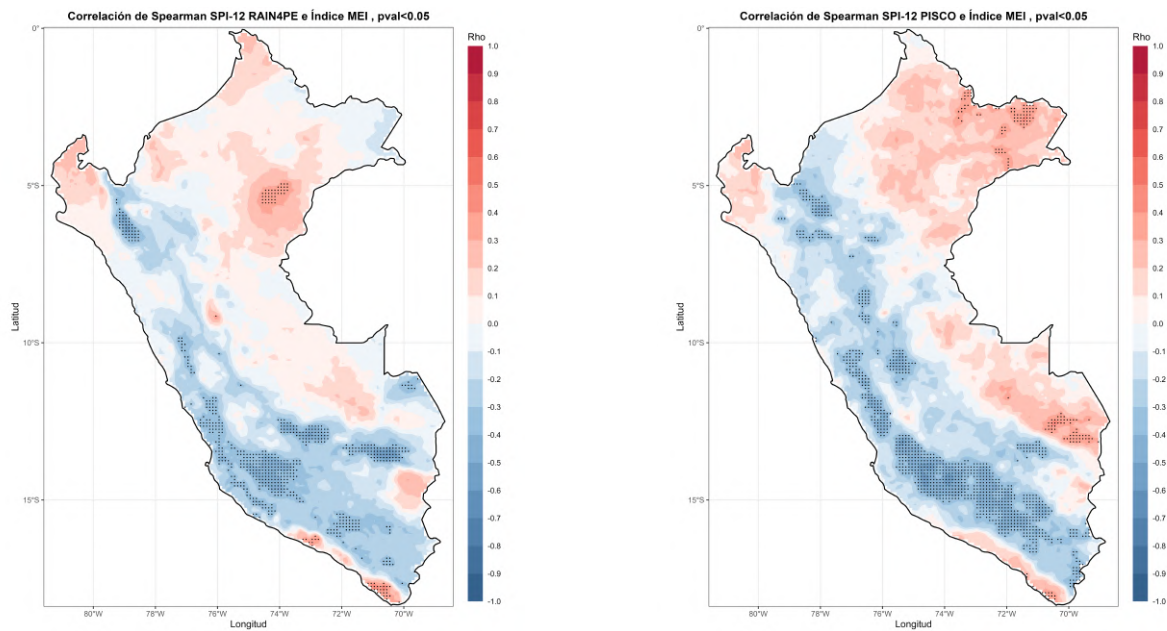


Figura 6. Correlación de Spearman del Índice Bimestral Multivariado El Niño: PISCO (derecha) vs RAIN4PE (izquierda)

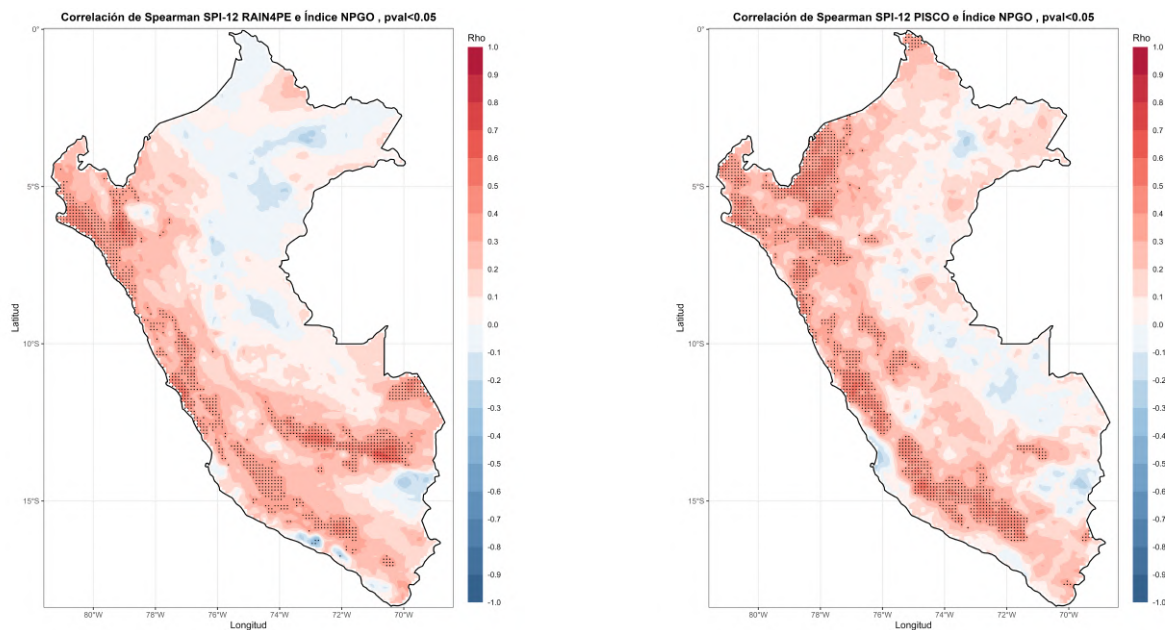


Figura 7. Correlación de Spearman de La Oscilación del Giro del Pacífico Norte: PISCO (derecha) vs RAIN4PE (izquierda)

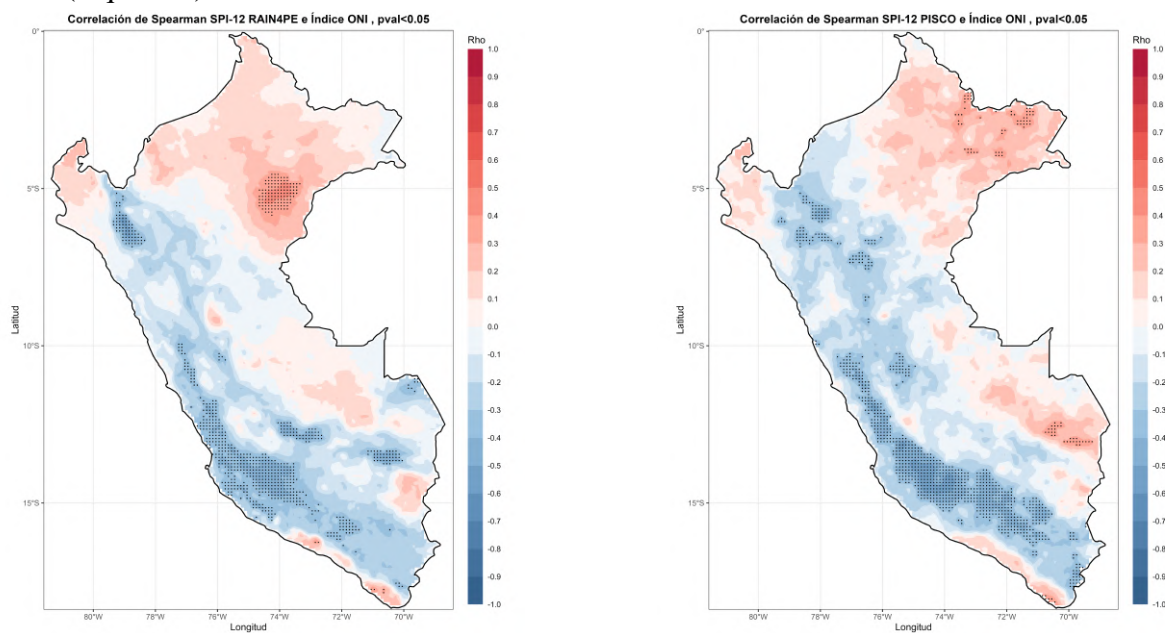


Figura 8. Correlación de Spearman del Índice Oceánico El Niño: PISCO (derecha) vs RAIN4PE (izquierda)

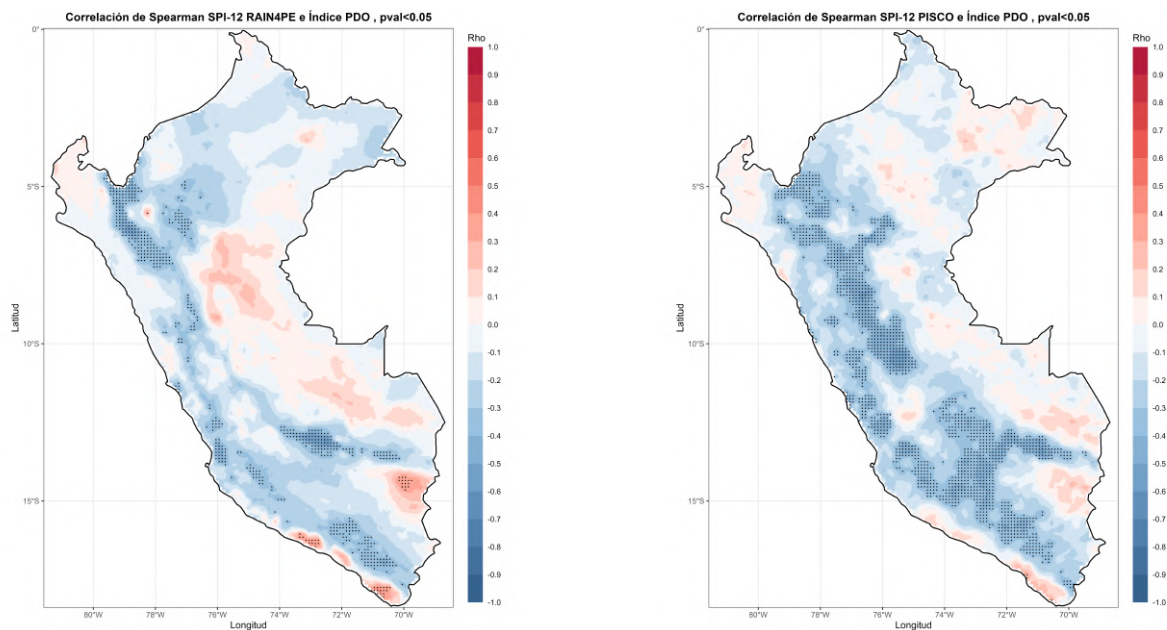


Figura 9. Correlación de Spearman de La Oscilación Decadal del Pacífico: PISCO (derecha) vs RAIN4PE (izquierda)

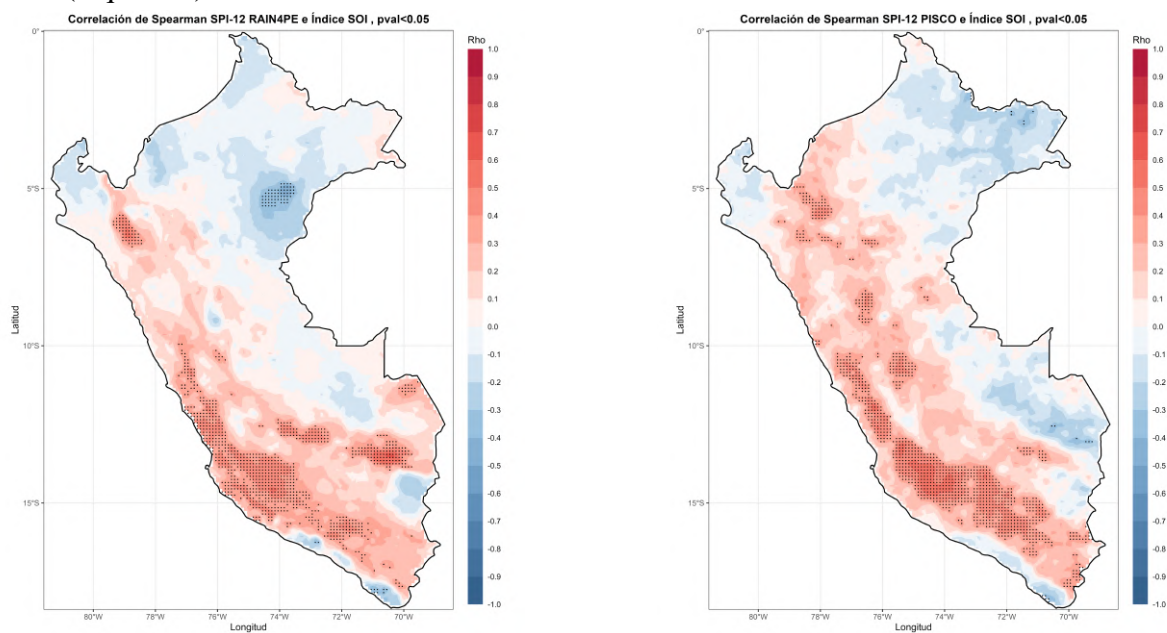


Figura 10. Correlación de Spearman del Índice Oscilación Sur: PISCO (derecha) vs RAIN4PE (izquierda)

En las presentes imágenes, se observaron las correlaciones entre los índices océano-atmosféricos y el SPI con datos de RAIN4PE y Pisco. Primeramente, se analizó la Oscilación Antártica (AAO), en la cual se pudo notar mayores correlación en la región sur para ambos SPI; sin embargo, los datos Pisco presentaron otras regiones con correlaciones significativas, a diferencia de RAIN4PE. Con respecto a la Oscilación Ártica (AO), ambos SPI presentaron correlaciones de valores cercanos a cero, por lo que se pudo deducir que este índice presenta poca relación con el SPI en Perú y no se tiene una teleconexión con Sudamérica, tal como lo dicen Giddings, L. Soto, M. (2006). Las correlaciones con el índice de Modo Dipolo (DMI) fueron diferentes con respecto a la fuente de datos; puesto que mientras que con RAIN4PE se obtuvieron correlaciones mayores en selva norte, en Pisco se vio lo mismo en sierra centro-sur. Por otro lado, las correlaciones tanto positivas como negativas con el índice Bimestral Multivariado El Niño (MEI) fueron más intensas cuando se usó los datos Pisco; mientras que las correlaciones con los datos de RAIN4PE, aunque presentes en las mismas zonas, tuvieron menor intensidad. Las correlaciones con la Oscilación del Giro del Pacífico Norte (NPGO) se ubicaron en las mismas zonas para ambas fuentes de datos; sin embargo, Pisco presentó mayor intensidad. Con respecto al índice Niño Oceánico (ONI), se observó similitud en las correlaciones de SPI tanto de datos Pisco como de RAIN4PE en las zonas de Perú; sin embargo, Pisco presentó mayor intensidad en sus correlaciones, aunque no tan diferente a RAIN4PE. Lo contrario pudo observarse cuando se correlacionó con el índice Oscilación Sur (SOI), teniendo mayores correlaciones positivas al trabajar con Pisco. Por último, la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) presentó correlaciones negativas al usar ambos datos; sin embargo, el SPI con Pisco presentó valores más intensos.

3.2 Tendencia de Mann Kendall SPI PISCO vs RAIN4PE

En las figuras de la tendencia de Mann Kendall del SPI para datos de RAIN4PE y Pisco, se observó que ambos coincidieron en correlaciones positivas para sierra centro-sur y correlaciones negativas sierra norte-centro. Sin embargo, la gran diferencia se tuvo en la región sierra y selva norte, donde con los datos RAIN4PE presentaron correlaciones más intensas que en Pisco, donde para la misma zona se tuvieron correlaciones no significativas. Esto quiere decir que sierra centro-sur presenta una tendencia a eventos húmedos (valores positivos), mientras que sierra norte-centro, eventos secos (valores negativos). Por otro lado, al usar RAIN4PE, muestra que en selva norte se tiene una tendencia al ascenso, es decir, a eventos húmedos.

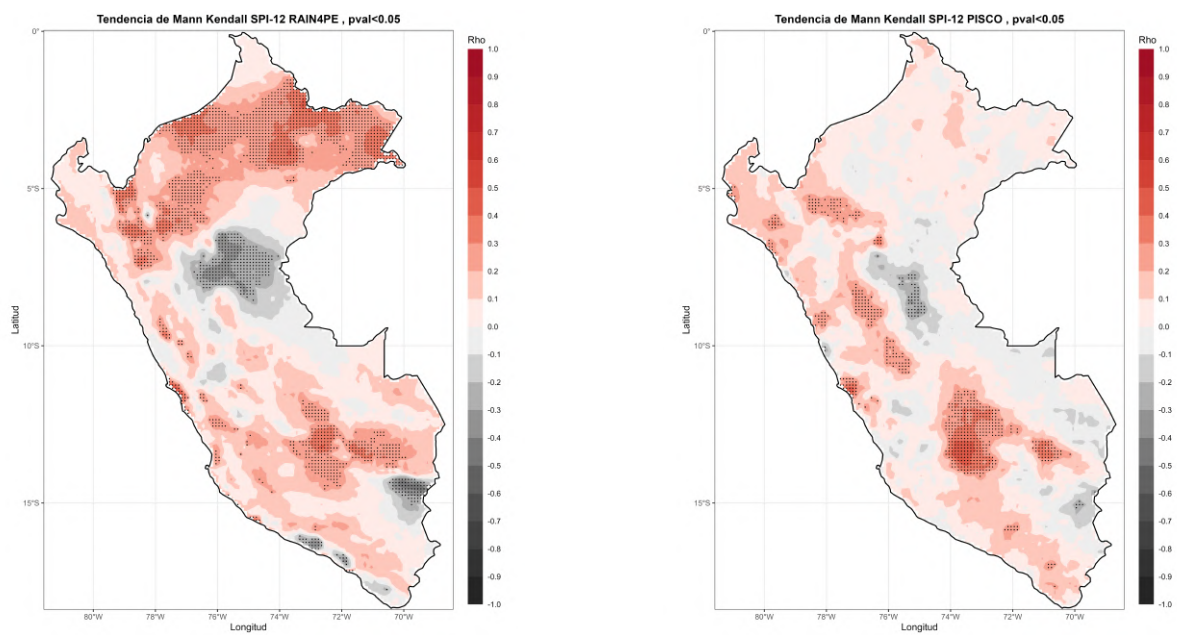
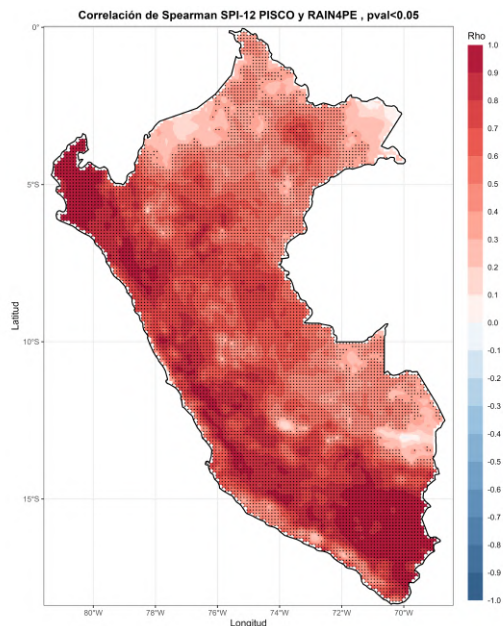


Figura 11. Tendencia de Mann Kendall

3.3 Correlación SPI PISCO vs SPI RAIN4PE



Finalmente, en la última imagen se graficó la correlación entre los SPI de ambas fuentes de datos (RAIN4PE vs Pisco). Se pudo observar que, de manera general, las correlaciones son altas y positivas en gran parte de la región, salvo las regiones selva norte y selva sur. Selva norte, justamente, había presentado diferentes valores en las tendencias de Mann Kendall, por lo que se trataría de una zona en la cual una de las fuentes de datos no representa bien. Esto se debe principalmente a que los datos de RAIN4PE necesitan de una completación de datos, especialmente en la región selva. La falta de este proceso daría la diferencia observada tanto en la tendencia como en las correlaciones diferentes con respecto a los índices.

4 Conclusiones

- En más de la mitad de los índices océano-atmosféricos, el SPI de datos de Pisco presentó mayores correlaciones. Con respecto a la Oscilación del Ártico (AO), fue el único en donde no se presenta correlación con el SPI en Perú.
- Sobre la tendencia de Mann Kendall, los SPI de ambas fuentes de datos mostraron tendencia a eventos húmedos en sierra centro-sur y a eventos secos en sierra norte-centro. Por otro lado, el SPI con RAIN4PE presentó valores altos en selva norte.
- La correlación entre los SPI de ambos datos muestra correlaciones positivas en gran parte del país, salvo selva norte y selva sur.

5 Disponibilidad de código

Todos los cálculos para este estudio se basan en el lenguaje de programación R y están disponibles en GitHub: <https://github.com/viedro/Teleconnections-droughts-SPI>. Cualquier actualización también se publicará en GitHub.

6 Referencias

- Laboratory. (s.f.). Índice del Modo Dipolo (DMI). Recuperado de [https://psl.noaa.gov/gcos_wgsp/Timeseries/DMI/]
- Guevara-Polo, D. E. (2020). La Oscilación Decadal del Pacífico. Blog Cátedra Unesco. Recuperado de <https://blogcatedraunesco.udlap.mx/la-oscilacion-decadal-del-pacifico/>.
- Servicio Meteorológico Nacional. (s.f.). Índice Estandarizado de Precipitación (SPI). Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/spi>.
- Instituto del Mar del Perú. (s.f.). Índice Niño Oceánico (ONI). Recuperado de <http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2/017809050000000000000000>.
- Giddings, L. Soto, M. (2006). Teleconexiones y precipitación en América del Sur. Revista de Climatología, 6. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/26518881_Teleconexiones_y_precipitacion_en_America_del_sur
- Mohammadi, B., Vaheddoost, B., Mehr, A. D. (2020). A spatiotemporal teleconnection study between Peruvian precipitation and oceanic oscillations. Quaternary International, 565, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020>
- Hassan, W., Nayak, M. A. (2020). Global teleconnections in droughts caused by oceanic and atmospheric circulation patterns. Environmental Research Letters, 16(1), 014007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc9e2>
- Wang, Q., Zhang, R., Qi, J., Zeng, J., Wu, J., Shui, W., Wu, X., Li, J. (2022). An improved daily Standardized Precipitation Index dataset for mainland China from 1961 to 2018. Scientific Data, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01201-z>