



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA  
ANÁLISIS DE DATOS GEOFÍSICOS

## TAREA 2

Nataly Antipil  
Profesor: Aldo Montecino

*Julio 2023*

Se tienen Campos globales con información mensual desde enero de 1871 a diciembre de 2012, los cuales son el resultado de un proceso de reanálisis de información observada, usando un modelo climático global (GCM en inglés) (Origen de los datos: Monthly NOAA-CIRES 20th Century Reanalysis V2 [https://www.psl.noaa.gov/data/gridded/data.20thC\\_ReanV2.html](https://www.psl.noaa.gov/data/gridded/data.20thC_ReanV2.html))

Se tiene el campo `uwnd.sig995.mon.mean.nc` y `vwnd.sig995.mon.mean.nc` con la componente zonal (`uwnd`) y meridional (`vwnd`) del viento cerca de la superficie en m/s, el cual se corta entre enero de 1980 a diciembre de 2012; extrayendo la región: 0°-30°S; 180°-280° (80°W). Luego se tiene el campo `lhtfl.mon.mean.nc` reanalizado del flujo de calor latente en superficie, en W/m<sup>2</sup>. Un valor positivo (negativo) indica un flujo hacia arriba (abajo). Se cortan las fechas entre enero de 1980 a diciembre de 2012, extrayendo la región: 0,9524°S a 29,5234°S; 180° a 279,3750° (80,625°W). Note como las variables a utilizar, no tienen la misma resolución espacial.

1. Obtener el promedio climatológico (o promedio de largo plazo) de la magnitud del viento (wind speed) y del flujo de calor latente (latent heat). El promedio climatológico corresponde a la media de los 396 meses. No confundir con el ciclo anual, que corresponde al promedio climatológico de cada mes, donde hay 33 elementos para calcular el promedio de cada mes.

¿Qué tipo de relación entre ambas variables, sugieren los patrones espaciales (visualmente)? (0,5 puntos)

**Respuesta:**

Para calcular el promedio climatológico de la magnitud del viento y del flujo de calor latente, utilizamos todo el periodo de tiempo que, como ya se mencionó, se corto de la grilla de los campos (entre 1980 y 2012), dado que concuerda con el rango de tiempo para el promedio climatológico (33 años). Entonces mediante funciones de Matlab se promedian los campos y se grafican.

A partir de los resultados vistos en la figura 1 se observa que climatológicamente la magnitud del viento presenta magnitudes máximas de alrededor de 8 o 9 m/s entre 6°S y 18°S al este de 120°E, estas altas magnitudes se organizan en un tren de ondas de este a oeste, y ligeramente hacia el sur. Mientras en el lado oeste de la zona presenta magnitudes mas bajas y homogéneas, con valores entre 6 y 3 m/s aproximadamente; que también se observan en una pequeña sección al noreste de la zona.

En cuanto al promedio climatológico de flujo de calor latente, hay máximos valores de flujo en una amplia extinción latitudinal entre 6 y 18°S y desde los 100°E al este. Los valores mínimos se ubican solo al noreste de la zona, siendo estos 1/3 de los valores máximos, aunque presentándose en una zona mucho menor.

A partir de esto, se puede sugerir una simetría entre ambas variables, si analizamos los máximos valores alrededor de los 12°S, lo que indicaría un evento zonal. Además, en ambos campos, el borde oeste de la zona presenta valores anómalos con respecto a la extinción oeste. Dado que al este de los 80°W comienza la zona continental, estos valores este atípicos, podría explicarse con la interacción entre el fenómeno y el continente. Según todo lo anteriormente mencionado y considerando la zona en estudio, a priori diría que ambas variables tienen relación con el fenómeno del niño, por tanto podrían tener relación también entre ellas.

2. A partir de los campos de anomalías (extraer ciclo anual), obtener los modos de covarianza acoplados o combinados de los campos de rapidez del viento y del flujo turbulento de calor latente, que no están mezclados, de acuerdo al criterio de North et al. 1982. (0,5 puntos)

**Respuesta:**

Se obtienen los datos de anomalías estandarizadas extrayendo el ciclo anual, los cuales se acoplan en una matriz que contiene ambas anomalías, las cuales se evalúan en la función EOF entregada en clases, con la cual obtenemos modos climáticos los cuales indican la variabilidad común entre las dos serie, luego para obtener los modos de covarianza acoplados entre las dos series, se calcula la correlación entre la matriz que contiene ambas anomalías que evaluamos inicialmente en la EOF y los modos que no están mezclados. Para encontrar los modos "no mezclados" se observa la figura 2, en los primeros tres modos, cada modo con sus intervalos del error de muestreo no se topan, por lo que los tres primeros modos son estadísticamente significativos.

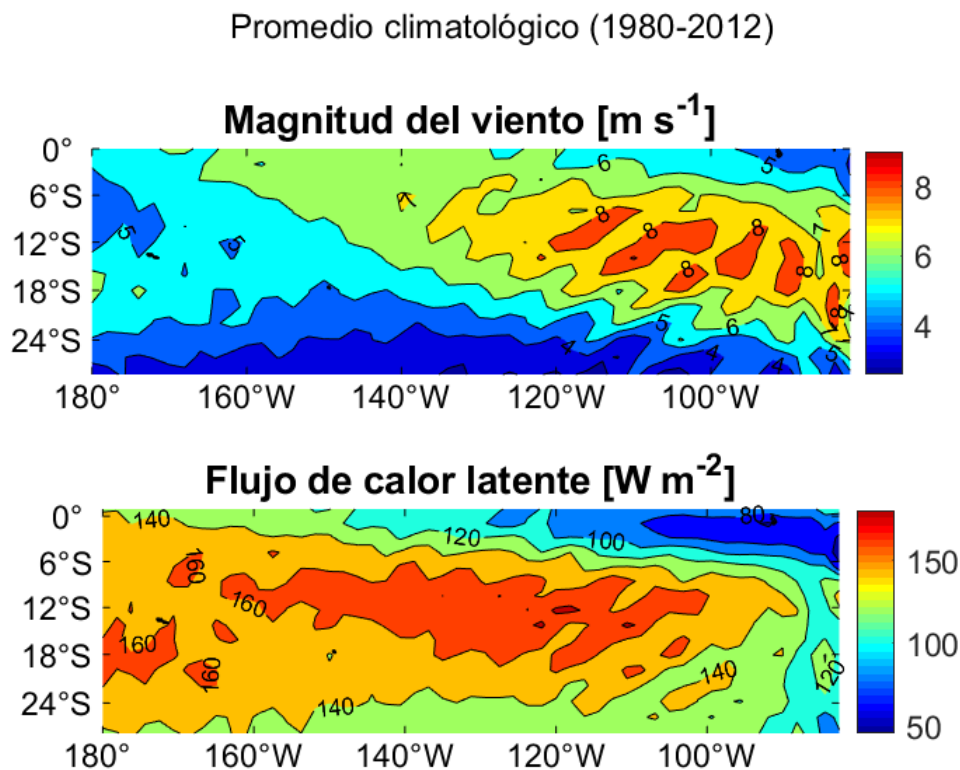


Figura 1: Promedio climatológico de la magnitud del viento y del flujo de calor latente.

Obteniendo entonces los modos de covarianza acoplados o combinados de los campos de rapidez del viento y del flujo turbulento de calor latente, y la serie de componente principal para los tres modos estadísticamente significativos, como se ve en la figura 3.

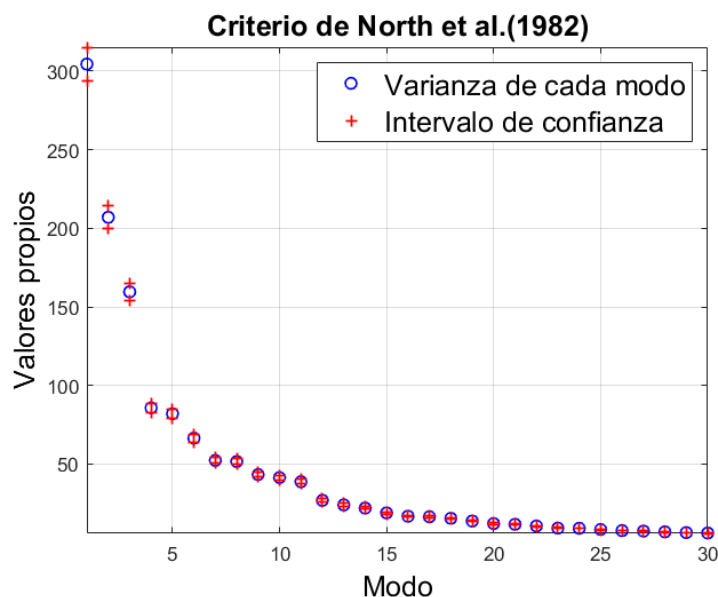


Figura 2: Gráfica con los respectivos modos e intervalos del error de muestreo para identificar aquellos modos que están o no mezclados.

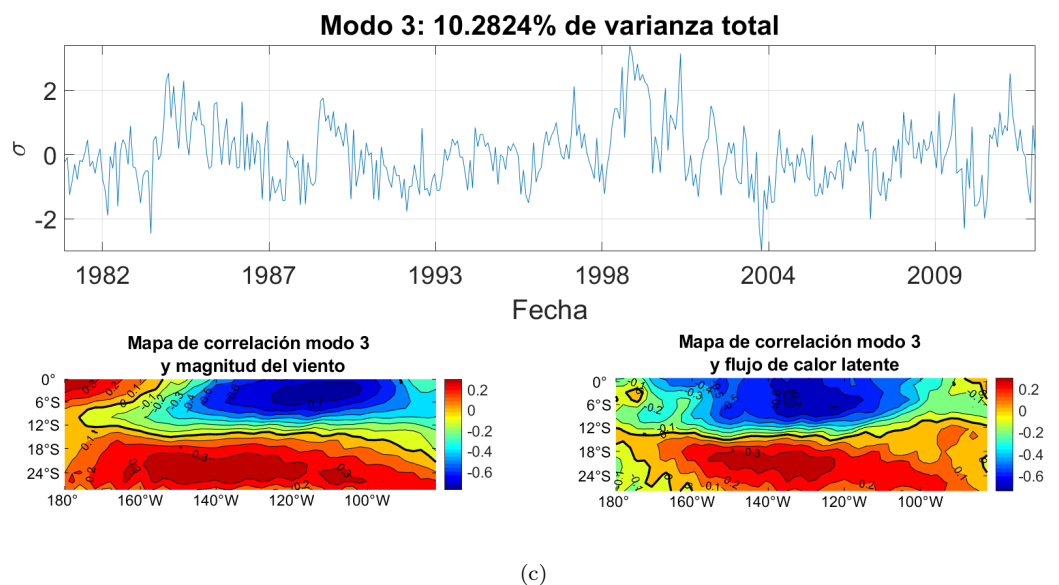
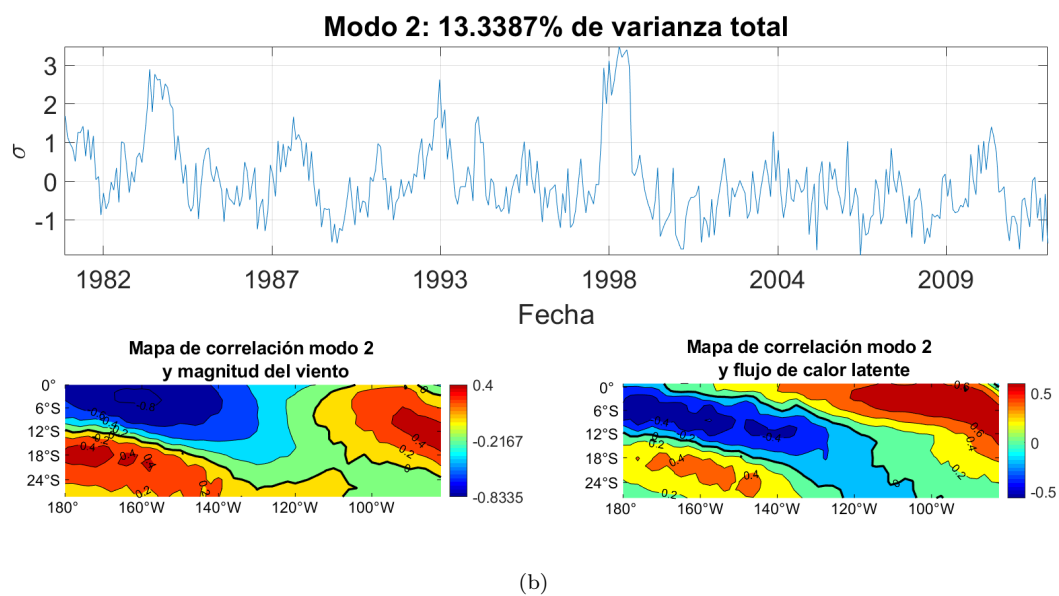
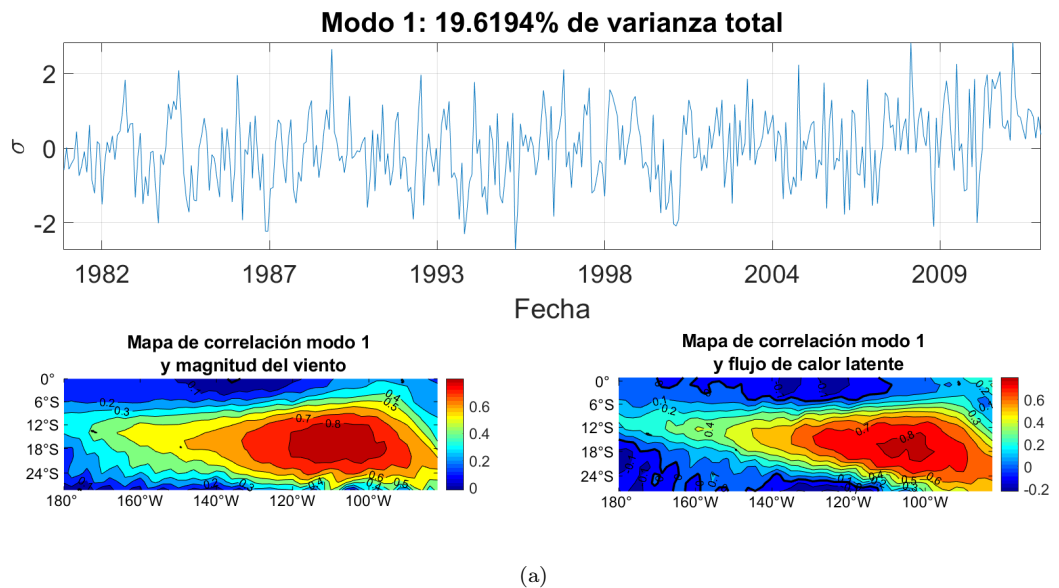


Figura 3: Modos de covarianza acoplados o combinados de los campos de rapidez del viento y del flujo turbulento de calor latente, que no están mezclados.

3. Para cada modo, evaluar

- a) ¿Se observa tendencia lineal de la componente principal del modo? Calcular la significancia estadística. (1,0 puntos)

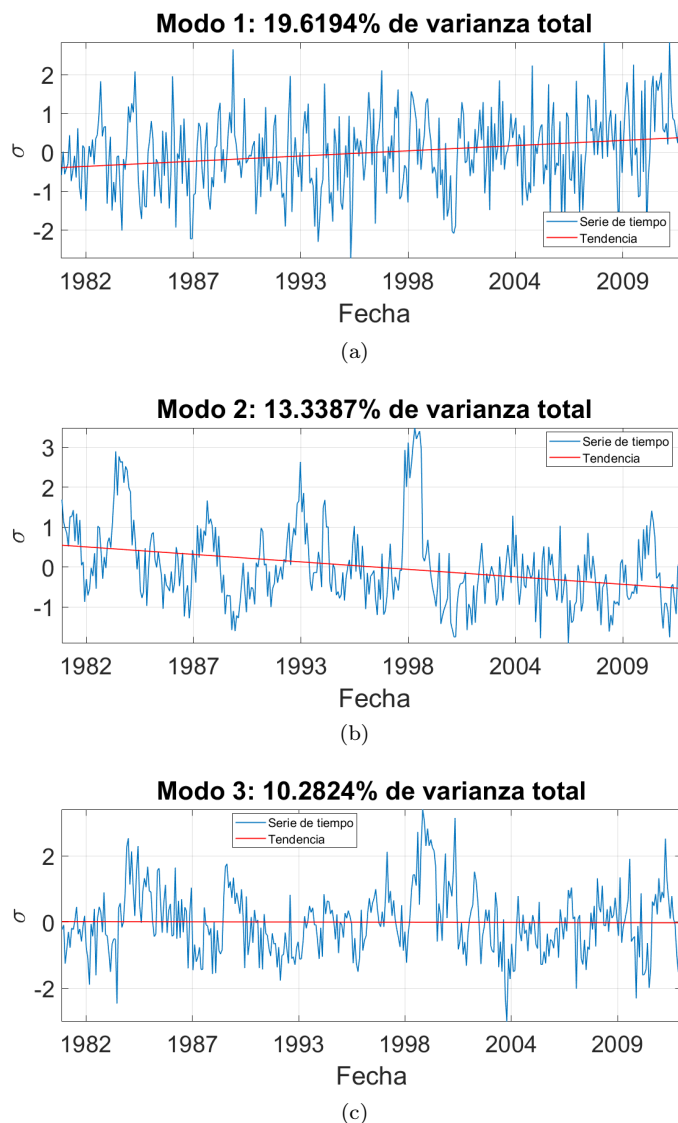


Figura 4: Componente principal de los modos mencionados anteriormente, con su respectiva tendencia lineal (línea roja).

A partir de los modos graficados anteriormente (figura 3) se calcula la tendencia lineal de cada serie de tiempo de los modos, obteniendo la figura 4. sin embargo para evaluar que tan significativa es esta tendencia se calcula la significancia estadística, mediante el test de montecarlos, en el que se aplica remuestreo a la serie de modos y se calcula la tendencia de esta serie remuestreada. Y será significativa si la tendencia original es mayor que el percentil 97.5 o menor que el percentil 2.5 de la tendencia de la serie remuestreada.

Entonces, es posible observar una tendencia positiva del modo 1, es decir, en este periodo de tiempo su varianza ha ido en aumento, esta tendencia es estadísticamente significativa, dado que el estadístico observado, o sea la tendencia, es mayor que el percentil 97.5 del estadístico a partir del remuestreo ( $0,0203 \geq 0,0090$ )

El modo 2, presenta una tendencia negativa, es decir la la variación de la varianza en el tiempo va en descenso, a pesar del abrupto ascenso en 1998 indicativo de un evento especial que afectó a este

modo. Esta tendencia también es estadísticamente significativa, ya que la tendencia el estadístico observado, o sea la tendencia, es menor que el percentil 2.5 del estadístico a partir del remuestreo ( $-0,0285 \leq -0,0087$ )

Por otro lado, el modo 3 no presentó tendencia lineal, sin embargo al calcular la tendencia observada y el percentil 2.5 y 97.5 de la tendencia a partir del remuestreo, resulto que el estadístico observado esta entre estos dos percentiles ( $-0,0088 \leq -0,0010 \leq 0,0095$ ), por tanto esta tendencia no es estadísticamente significativa.

- b) Analizar el modo, poniendo atención en el tipo de relación que se observa: si la rapidez del viento aumenta o disminuye qué ocurre con el flujo de calor latente (o al revés). (3,0 puntos)

Respuesta:

Al analizar la correlación entre el primer modo y la rapidez respecto a la correlación del mismo modo y el flujo de calor latente (note que las anomalías mencionadas están normalizadas permitiendo la comparación entre estas variables); se observa en ambos mapas un patrón con valores máximos al este de la zona de estudio, tal que disminuyen en los bordes de la zona y de forma más paulatina hacia el oeste. Entonces, en la zona centro-este de la región, los fenómenos de rapidez del viento y flujo de calor latente tienen una relación lineal positiva, pues cuando uno aumenta o disminuye el otro también. Esta relación entre ambos fenómenos es razonables dado que con el aumento (disminución) de la rapidez del viento, se genera mas turbulencia en la superficie del mar, favoreciendo la mezcla y transporte de vapor de agua y por tanto, el flujo de calor latente.

En el segundo modo ambos mapas presentan un tripolo en dirección sudoeste-noreste. En el segundo mapa se define mejor este patrón, donde se pasa de un signo a otro, encontrándose valores negativos de correlación en la franja noreste-sudeste, y mínimos al noreste. En el mapa de correlación entre el modo y la rapidez del viento los valores mínimos también se encuentran al noroeste de la zona, sin embargo al sudeste toma valores mas cercanos a cero; de modo que el patrón de tripolo no tiene una dirección definida. Aun así, principalmente en las zonas con máxima magnitud en la correlación, existe gran simetría en los mapas. indicando que, en el borde noreste y sudoeste, cuando una variable aumenta o disminuye el otro también, en cambio, al noroeste, cuando una variable aumenta la otra disminuye, y viceversa.

Por último en el modo tres, ambos mapas presentan un dipolo meridional, con valores mínimos al norte y máximos al sur. Es decir, en la zona sur, cuando la rapidez del viento aumenta el flujo de calor también, mientras que al norte, cuando el primero aumenta el flujo disminuye.

- c) Cómo se relaciona linealmente (o qué tipo de relación lineal tiene) la componente principal del modo con los índices E y C del ENSO. Calcular significancia estadística (1,0 puntos)

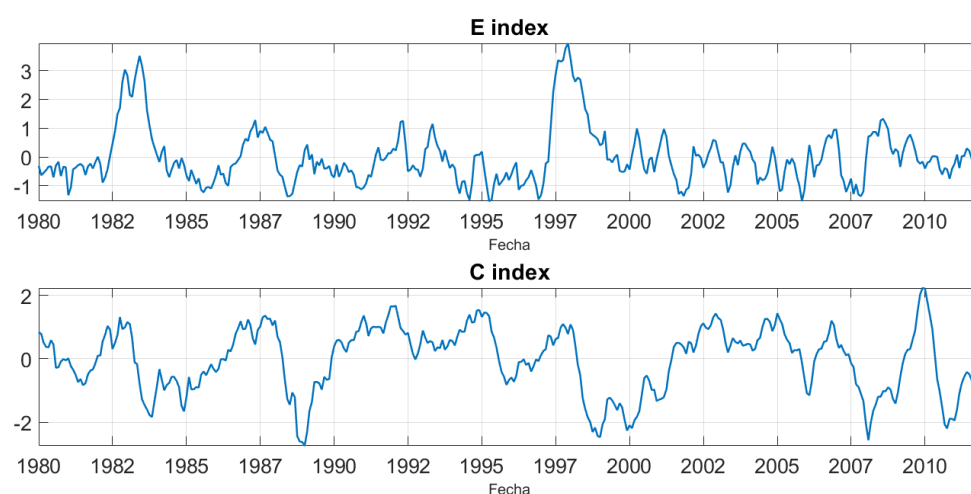


Figura 5: Los índices E y C resumen la variabilidad asociada a El Niño y La Niña, representando el calentamiento superficial anómalo en el Pacífico este y centro, respectivamente.

**Respuesta:**

Los índices E y C del ENSO es posible observarlos en la figura 1, luego para saber como relaciona linealmente (o qué tipo de relación lineal tiene) la componente principal del modo con los índices E y C del ENSO se calcula la correlación entre cada modo y cada índice utilizando la función de Matlab `corr`, con la cual también es posible obtener la significancia estadística (`[rho, pval] = corr(X, Y)` tal que `pval` serían los valores `p` para probar la hipótesis de no correlación frente a la hipótesis alternativa de una correlación no nula, entonces definiendo un nivel de significación de 0.05, si `pval` es inferior a este nivel, la respectiva correlación es significativamente estadística. Ser obtienen entonces los siguientes valores.

De acuerdo a la tabla 1 se puede concluir que entre, la componente principal del modo con los índices E y C del ENSO, hay una relación lineal estadísticamente significativos solo entre: el índice E y el modo 2 (gran correlación en este caso ya que la significancia es cercana a cero) y el modo 3; y el índice C y los modos 1, 2 y 3.

Es posible afirmar esto porque la significancia estadística de la correlación entre las series mencionadas es inferior que el nivel de significación antes asignado como 0.05, por tanto son estas solo esas correlaciones son estadísticamente significativas.

	E		C	
	Correlación	Significancia Estadística	Correlación	Significancia Estadística
Modo 1	0.0178	0.7274	-0.1228	0.0160
Modo 2	0.6152	0.0000	0.4596	0.0000
Modo 3	0.1223	0.0165	-0.5780	0.0000

Tabla 1: Correlación y respectiva significancia estadística entre los índices E o C y los modos 1, 2 y 3.

## Referencias

- [1] *Apuntes y clases del curso Análisis Estadístico en Climatología del Profesor Aldo Montecinos.*
- [2] <https://la.mathworks.com/help/stats/corr.html>