

## Resumen

En este cartel se mostrará los avances de la investigación acerca del impacto de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) en México. Dado su notable efecto en áreas como la agricultura, los ecosistemas marinos y la disponibilidad de recursos hídricos, varios científicos en tiempos recientes han abordado este tema en sus estudios. Para este trabajo, será necesario analizar la posible correlación no lineal entre la PDO y la variabilidad climática en la región mexicana, sin ignorar la conexión de la PDO con el fenómeno ENSO. Para alcanzar dicho objetivo, se utilizarán series de tiempos correspondientes a la temperatura y precipitación en nuestro país, así como las correspondientes a la PDO. Con estos datos se realizará un estudio enfocado en las herramientas de sistemas no lineales, como el exponente de Lyapunov y el método de entropía cruzada. El primero nos da un indicio de caos en el sistema y el segundo nos ayudará a visualizar correlaciones de tipo no lineal entre las series de tiempo regionales y la climática de la PDO.

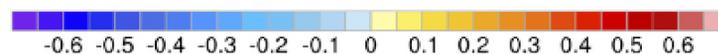
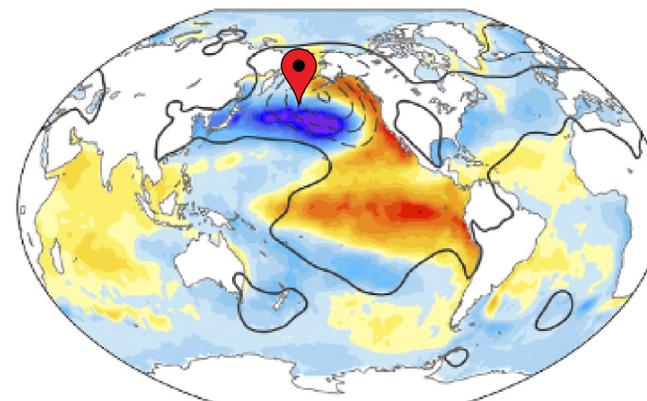


Figura 2: Regresión de las anomalías mensuales globales de SST (sombreado; el intervalo es de 0,05 °C). Recordar que una PDO positiva está asociada con una SSTA negativa en el Pacífico Norte central: [2]

## ENSO

El Niño-Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés) es un fenómeno climático complejo que ocurre en el Océano Pacífico tropical, como su nombre lo expresa es el resultado de un conjunto de fenómenos de cambios oceánicos y atmosféricos los cuales son; El Niño que se caracteriza por fluctuaciones en la temperatura superficial del mar y La Oscilación del Sur, que se caracteriza por fluctuaciones en los patrones de presión atmosférica. El ENSO tiene un impacto significativo en los patrones climáticos globales.

El Niño se refiere a la fase cálida del ENSO, pues las temperaturas superficiales del mar en estas regiones se vuelven más cálidas de lo normal, lo que puede tener efectos globales en el clima, como sequías e inundaciones.

La Niña se refiere a la fase fría del ENSO, en la cual las temperaturas superficiales del mar son más frías de lo normal. Esto también puede tener importantes consecuencias climáticas, como un aumento en la actividad de huracanes en ciertas regiones y un clima más fresco y húmedo en otras.



## Diagramas esquemáticos del comportamiento de la circulación de Walker

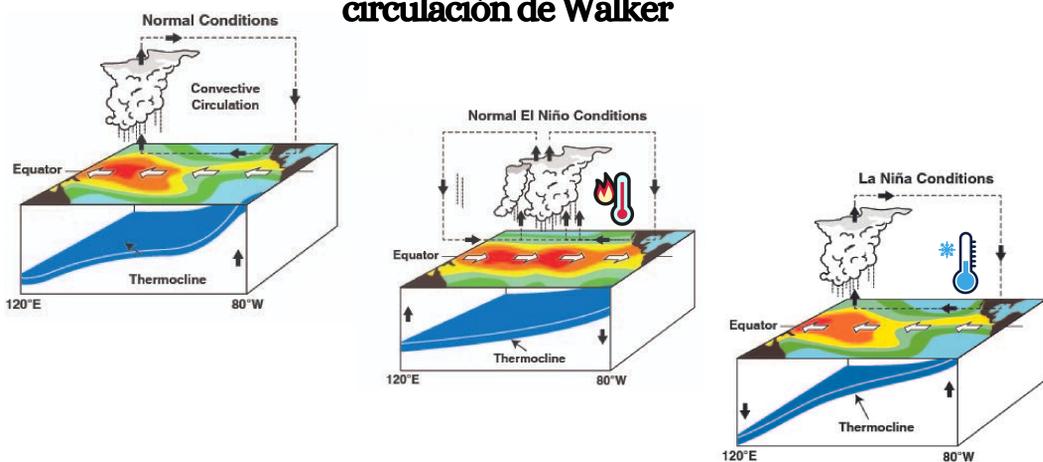


Figura 1: Muestra las condiciones normales y anormales de la circulación de Walker: [1]

## PDO

La PDO fue estudiada por primera vez por N.J. Mantua et al. en 1997 [2], donde se identificó un patrón sólido y recurrente de la variabilidad entre el océano y la atmósfera, centrándose en el Pacífico Norte. Esta oscilación al igual que el ENSO tiene fases negativas y fases positivas. En la fase positiva, los vientos alisios disminuyen, la corriente subterránea ecuatorial se debilita, hay un aumento de temperaturas medias mensuales del aire en la superficie (SAT). Mientras que en la fase negativa ocurre todo lo contrario.

Hay procesos que intervienen en la variabilidad de la PDO como: el forzamiento atmosférico aleatorio, las teleconexiones del Pacífico, las ondas Rossby, cambios en la circulación del giro oceánico en toda la cuenca. Así mismo, tiene influencia en las zonas de mínimo oxígeno y en los cambios en la concentración de bióxido de carbono.

## Herramientas matemáticas

Se utilizará como herramienta principal el cálculo del exponente de Lyapunov, el cual proporciona la velocidad promedio con la que se separarán dos trayectorias inicialmente juntas.

$$\frac{du}{dt} = f(u) \quad \frac{du + \epsilon \mu}{dt} = f(u + \epsilon \mu) \quad \mu(t) \sim e^{\lambda t}$$

## $\lambda$ : Exponente de Lyapunov

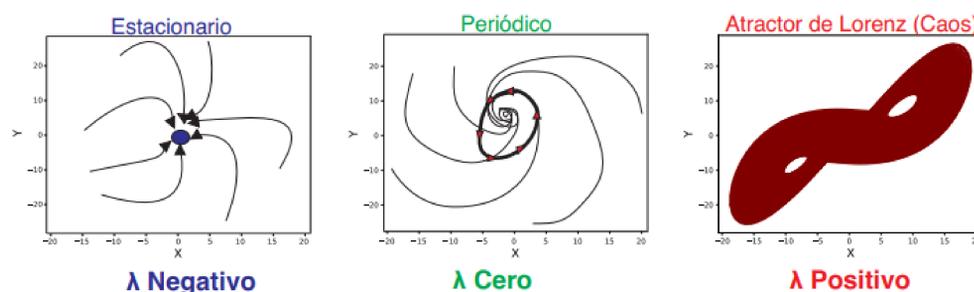


Figura 3: Valores que puede tomar el exponente de Lyapunov

Y además utilizaremos el método de entropías cruzadas para observar las correlaciones no lineales en las series de tiempo que se van a utilizar.

Las bases de datos son esenciales para llevar a cabo nuestro análisis, es por ello que para esta investigación se utilizarán datos de temperatura y precipitación obtenidos de 31 estaciones meteorológicas la Red Nacional de la CONAGUA, los cuales se tienen registro desde 1982 hasta el 2022. Mientras que para la PDO se obtuvieron de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés).

## Bibliografía

[1] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. (2023). Schematic Diagrams | El Niño Theme Page - A comprehensive Resource. Obtenido de <https://www.pmel.noaa.gov/elniño/schematic-diagrams>

[2] Nathan J Mantua, Steven R Hare, Yuan Zhang, John M Wallace, and Robert C Francis. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. Bulletin of the American Meteorological Society, 1997.

[3] Matthew Newman, Michael A Alexander, Toby R Ault, Kim M Cobb, Clara Deser, Emanuele Di Lorenzo, Nathan J Mantua, Arthur J Miller, Shoshiro Minobe, and Hisashi Nakamura. The Pacific decadal oscillation, revisited. Journal of Climate, 2016.