



**Universidad
de Valparaíso**
CHILE

INGENIERÍA CIVIL
OCEÁNICA



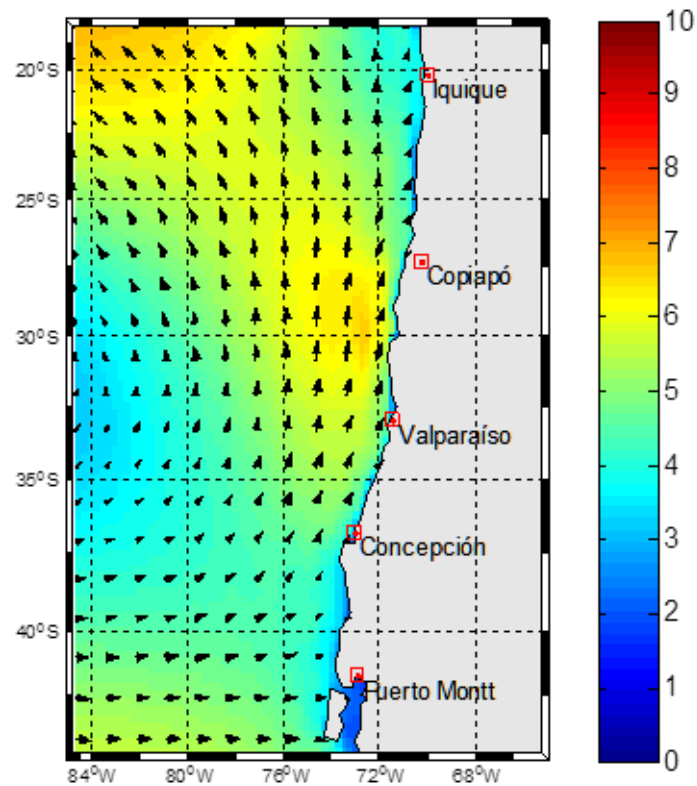
CARACTERIZACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA SURGENCIA COSTERA EN CHILE, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE VIENTO Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

Diego Silva Díaz

Profesora guía: CATALINA AGUIRRE GALAZ

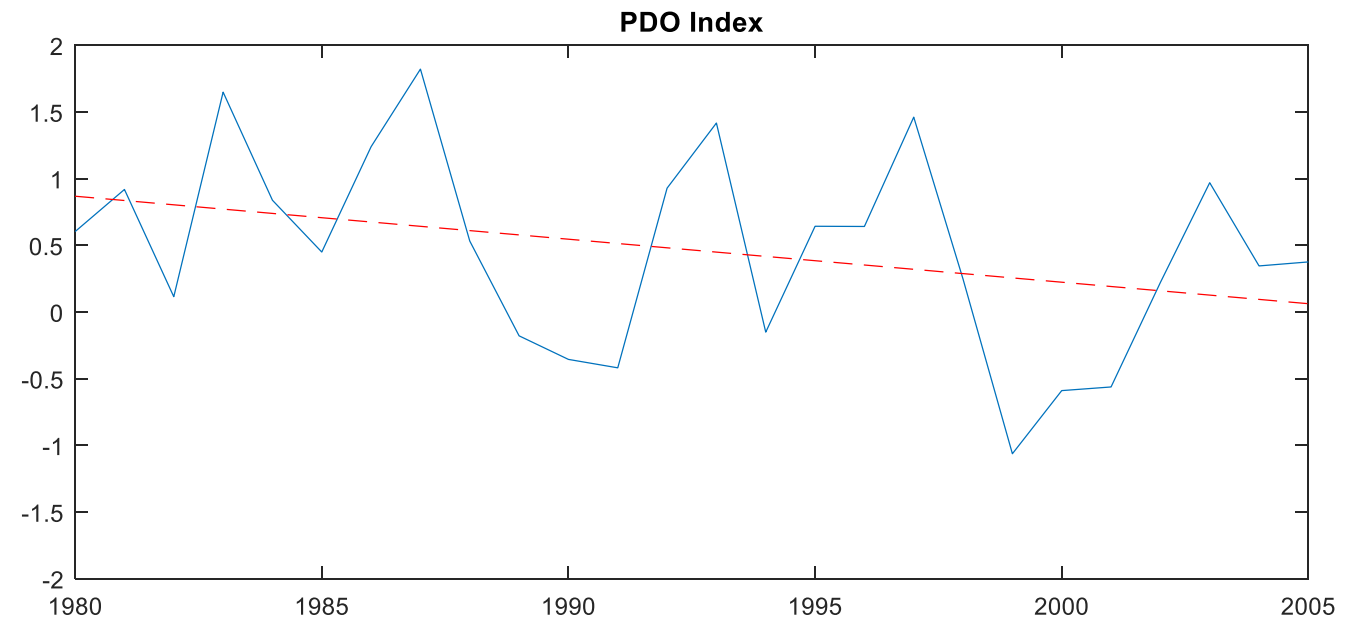
Valparaíso, Marzo 2019

ANTICICLÓN



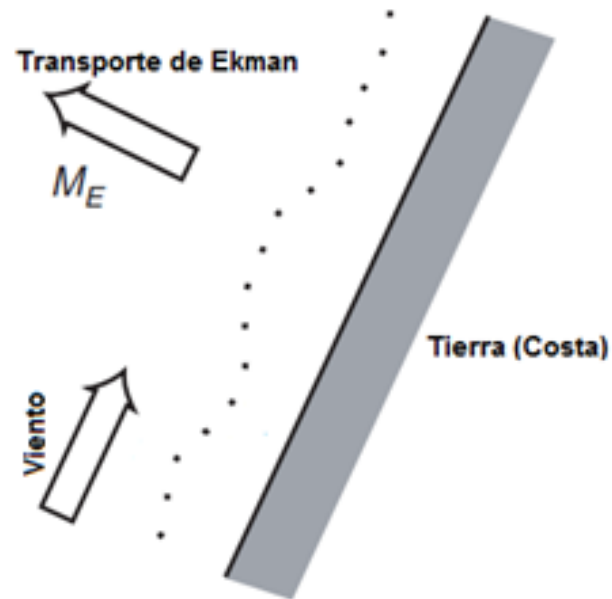
Mapa de Magnitud Anual. CCMP (viento [m/s/década. Periodo 1980-2005.
Fuente: Elaboración propia

OSCILACIÓN DECADAL DEL PACÍFICO



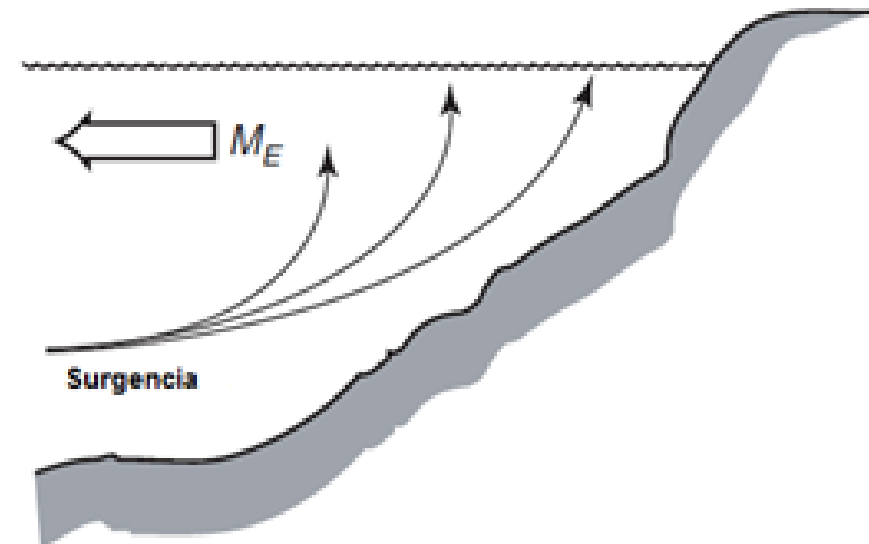
Serie de tiempo del índice de la PDO (Pacific Decadal Oscillation) en el periodo 1980-2005.
Fuente: Elaboración propia.

TRANSPORTE DE EKMAN



Fuente: Stewart, R. H. (2008). Introduction To Physical Oceanography

SURGENCIA COSTERA



Fuente: Stewart, R. H. (2008). Introduction To Physical Oceanography

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la evolución de la surgencia costera en Chile, mediante el análisis de distintas bases de datos de viento y de temperatura superficial del mar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de tendencias a distintas bases de datos de viento.
- Efectuar un análisis de tendencias a distintas bases de datos de temperatura superficial del mar.
- Comparar las tendencias de viento de forma general a lo largo de Chile y en puntos específicos a lo largo de la costa.
- Comparar las tendencias de temperatura superficial del mar *in-situ* con otras bases de datos utilizadas.

BASES DE DATOS UTILIZADAS

Base de datos	Datos disponibles	Tipo de datos
AMIP	Promedios diarios	Conjunto de modelos (12)
CMIP5 – Diario	Promedios diarios	Conjunto de modelos (20)
CMIP5 – Mensual	Promedios mensuales	Conjunto de modelos (25)
CFSR	Promedios diarios	Reanálisis
ERA-Interim (viento y TSM)	Promedios mensuales	Reanálisis
CCMP	Datos cada 6 horas	Observación satelital
SHOA	Medición diaria	Medición <i>in-situ</i>

Fuente: Elaboración propia.

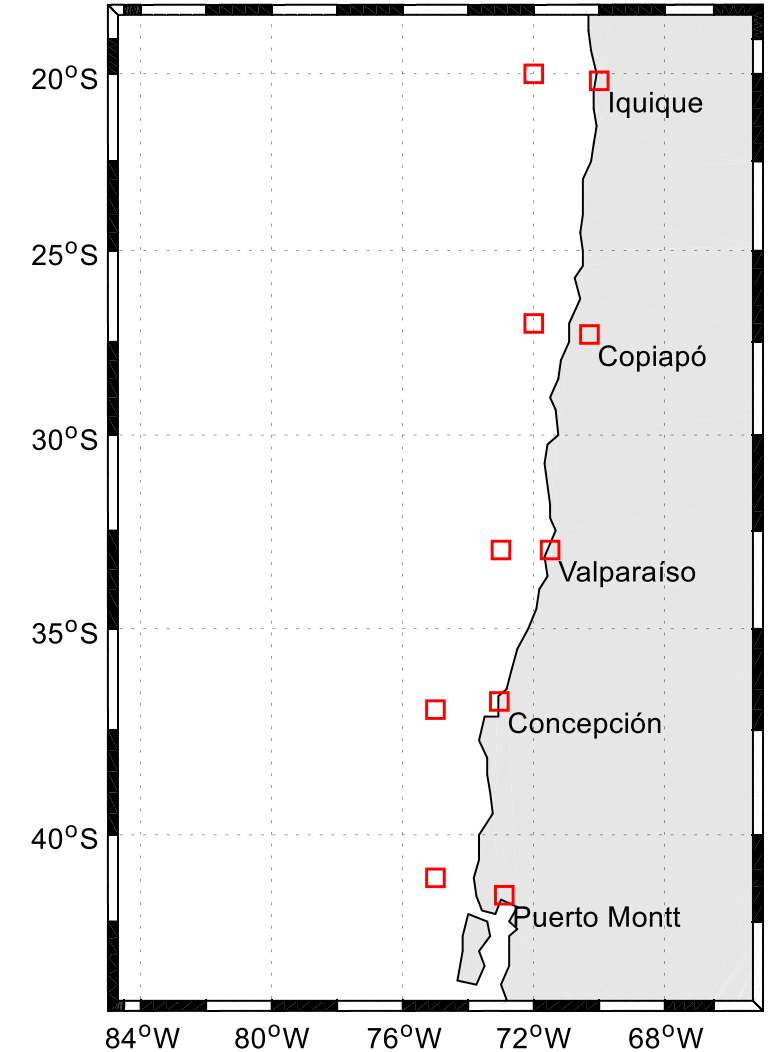
ÁREA DE ESTUDIO

Puntos de control	Latitud	Longitud
Iquique	20°S	72°W
Copiapó	27°S	72°W
Valparaíso	33°S	73°W
Concepción	37°S	75°W
Puerto Montt	41°S	75°W

. Fuente: Elaboración propia.

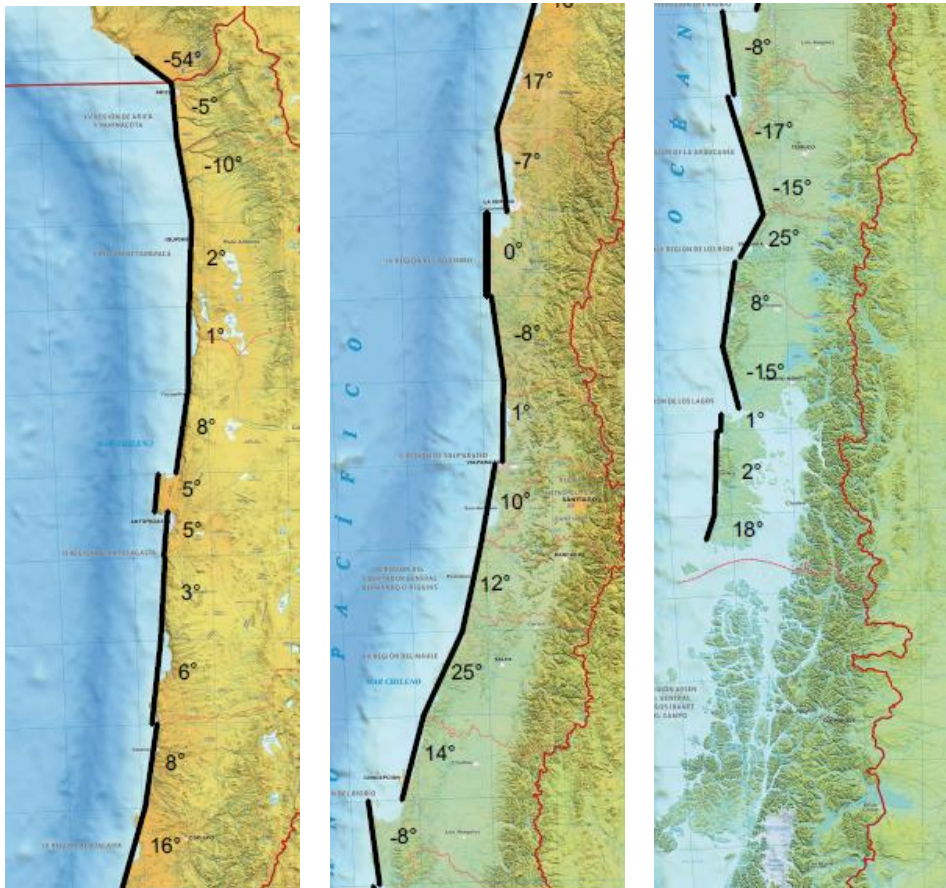


. Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM)



. Fuente: Elaboración propia.

VIENTO A LO LARGO DE LA COSTA



$$\text{Dirección del viento } (\phi) = \tan^{-1} \left(\frac{U}{V} \right) \quad (1)$$

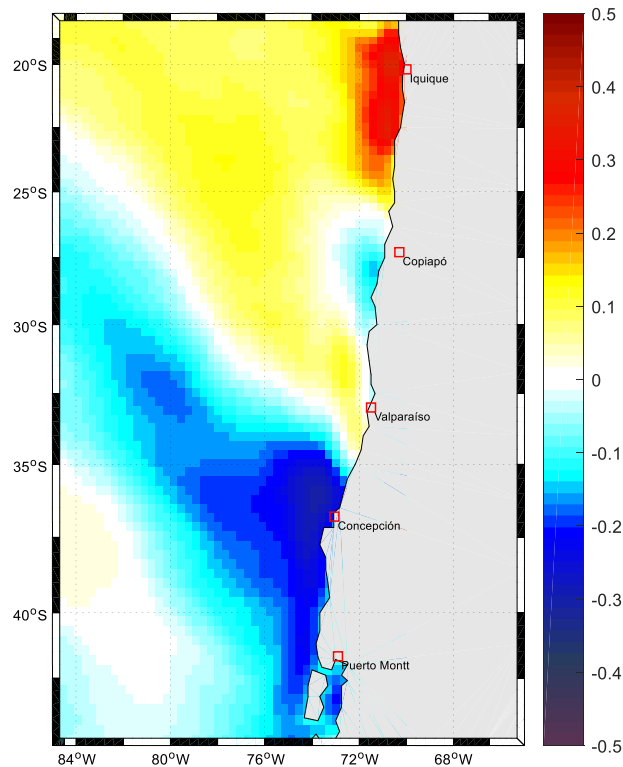
$$\alpha = \beta + \phi \quad (2)$$

$$\text{Magnitud del viento} = \sqrt{U^2 + V^2} \quad (3)$$

$$\text{Viento a lo largo de la costa} = \text{Magnitud del viento} * \cos \alpha \quad (2)$$

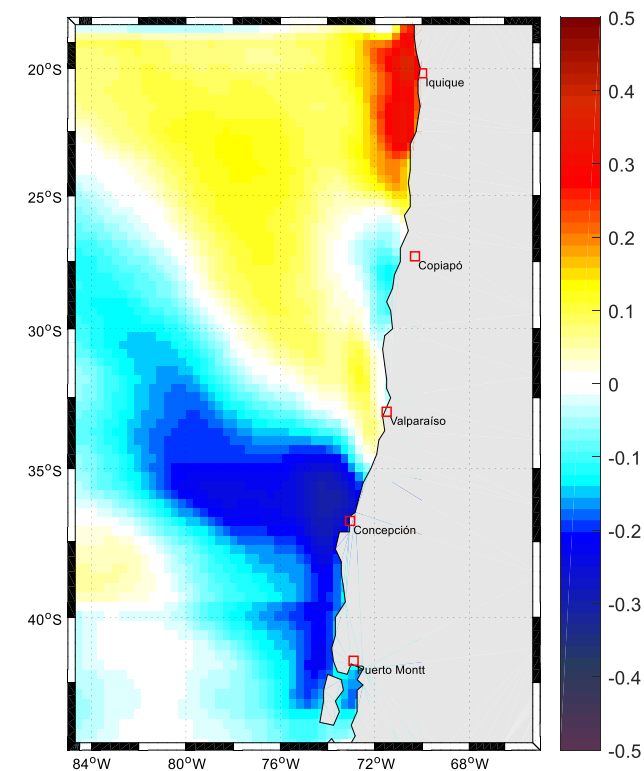
COMPARACIÓN DE VIENTO MERIDIONAL Y VIENTO A LO LARGO DE LA COSTA

Viento meridional



Tendencia del viento sólo con viento meridional, CFSR [m/s/década]. Periodo 1980-2005. Fuente: Elaboración propia.

Viento a lo largo de la costa



Tendencia del viento aplicando la corrección CFSR [m/s/década]. Periodo 1980-2005. Fuente: Elaboración propia.

Formulación de método de Regresión lineal mediante mínimos cuadrados

$$y = mx + b$$

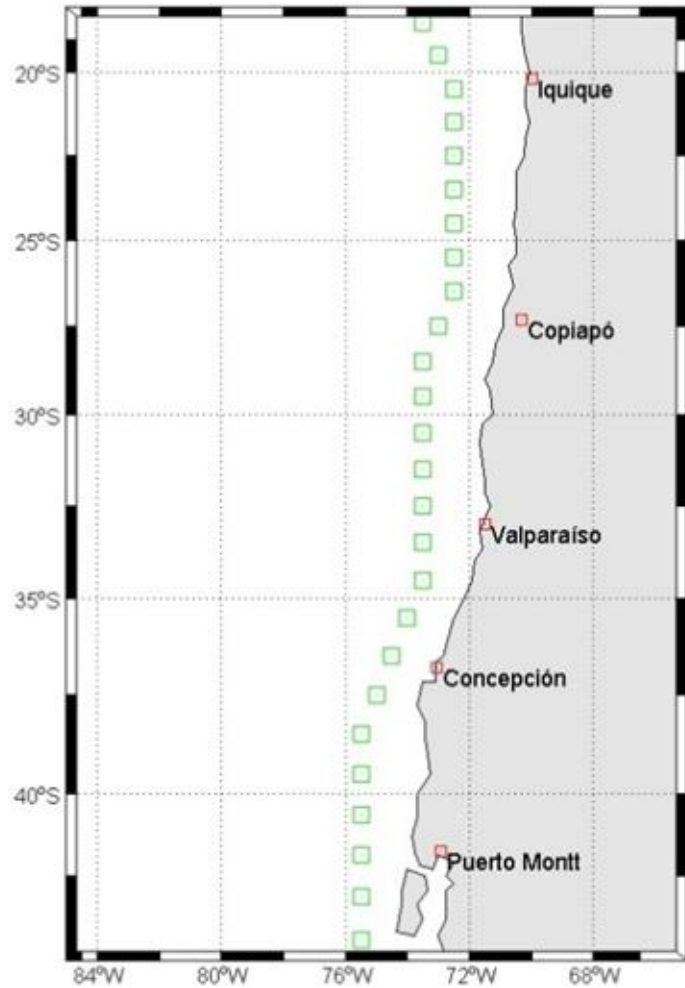
$$m = \frac{\sum xy - \frac{\sum x * \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

$$b = \frac{\sum y}{n} - m \frac{\sum x}{n}$$

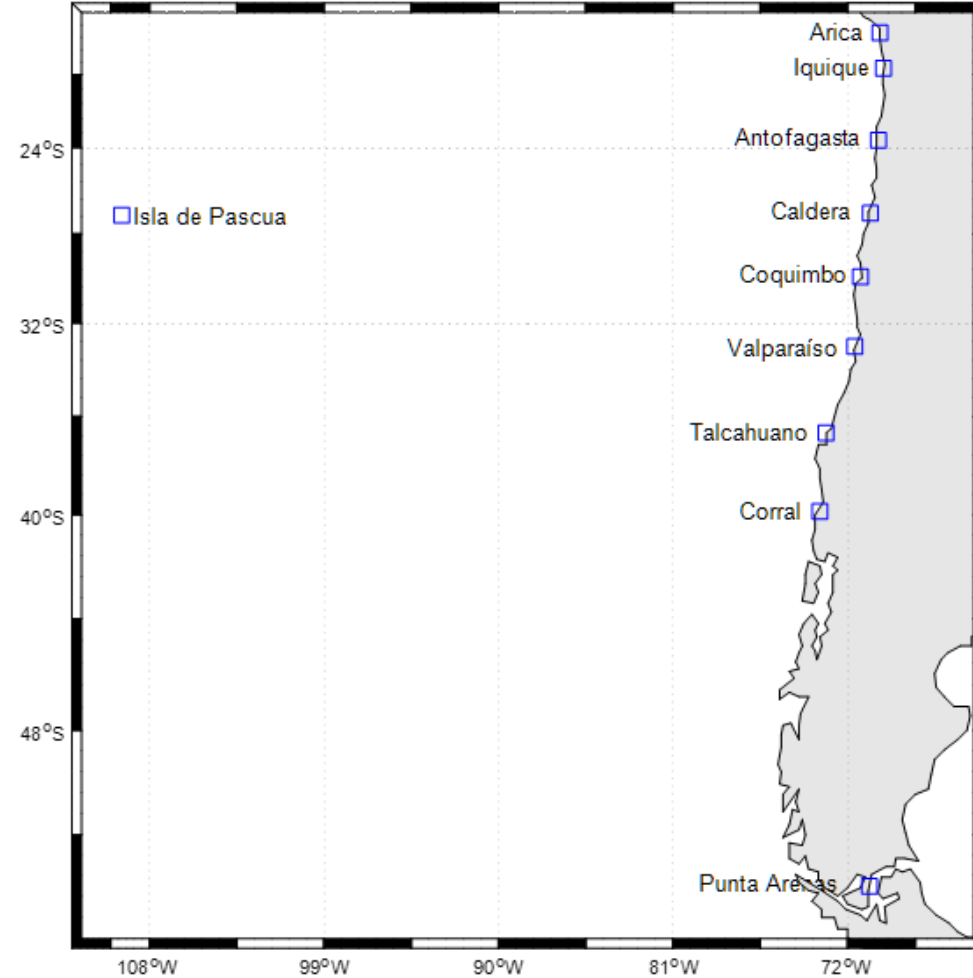
Formulación del método de Mann Kendall

$$S(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{si } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{si } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{si } (x_j - x_i) < 0 \end{cases}$$

ATRIBUCIÓN A LA PDO



Puntos de comparación para ERA y la PDO. 1980-2005. Fuente: Elaboración propia.

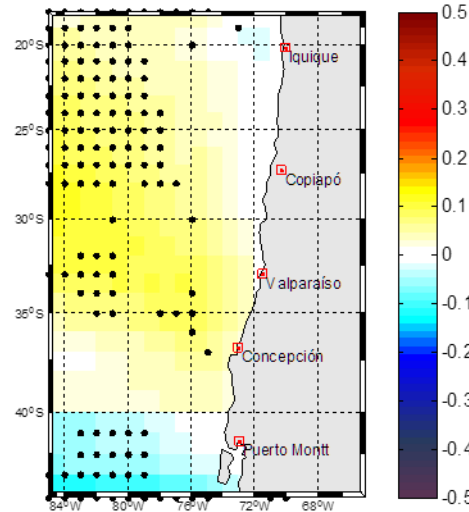


Estaciones de monitoreo SHOA. Fuente: Elaboración propia.

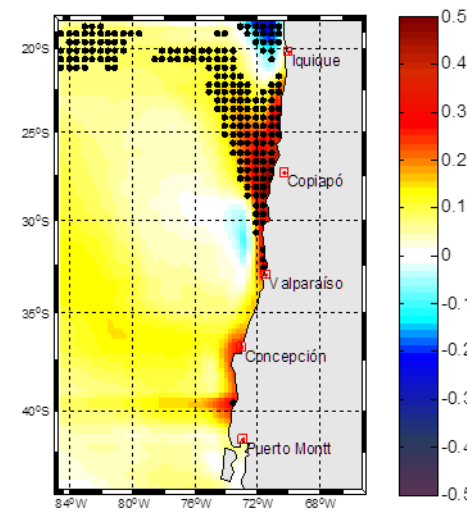
MAPAS DE PENDIENTE ANUAL

Viento [m/s/década] tsm [°C/década].
Periodo 1980-2005.

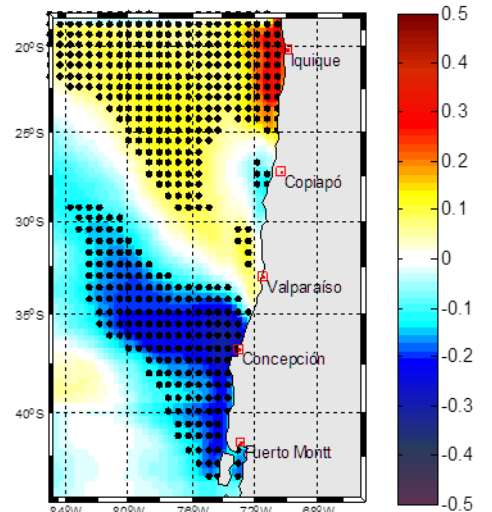
AMIP



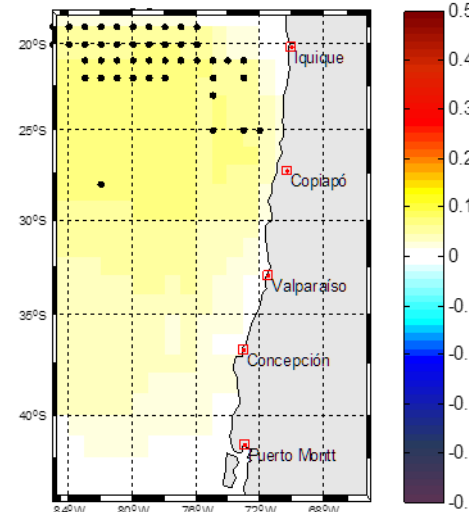
CCMP



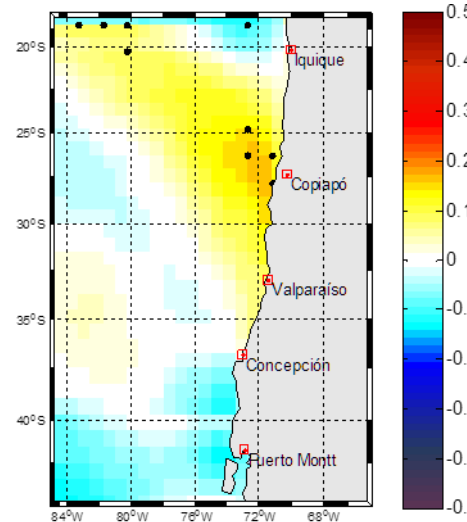
CFSR



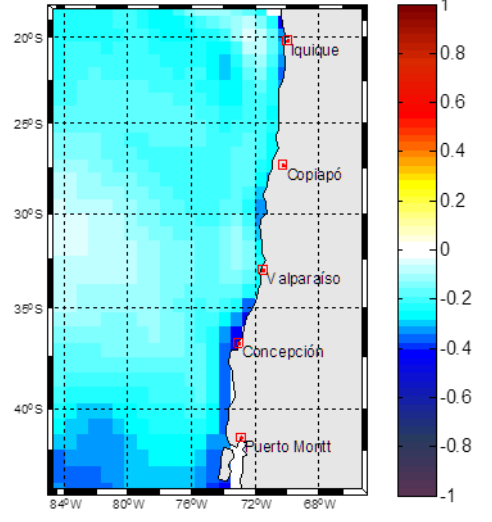
CMIP5



ERA (viento)



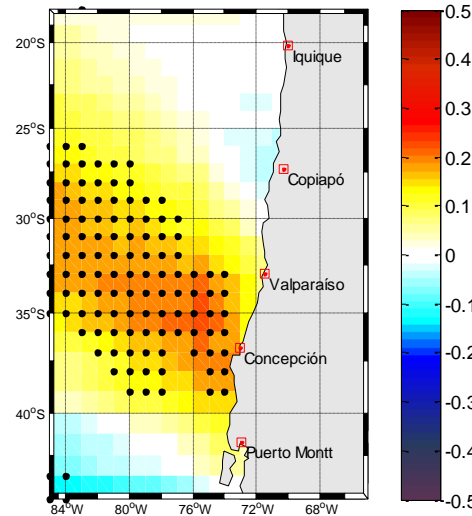
ERA (tsm)



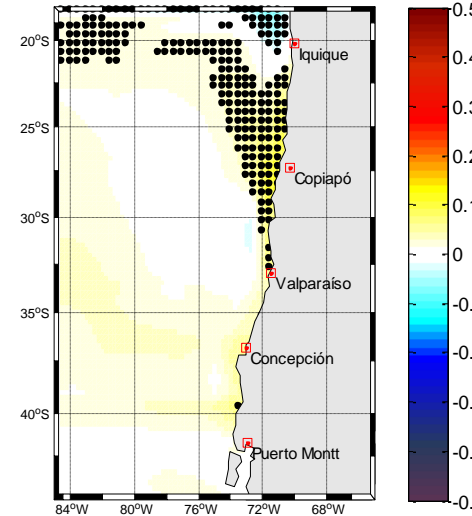
MAPAS DE PENDIENTE PRIMAVERA

Viento [m/s/década] tsm [°C/década].
Periodo 1980-2005.

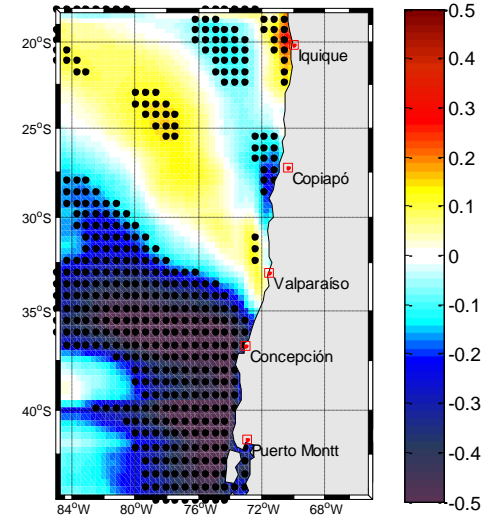
AMIP



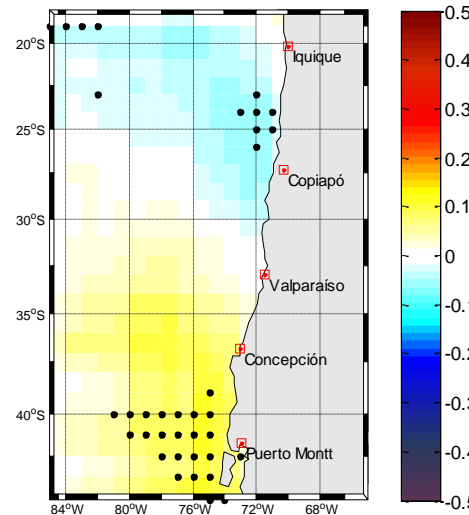
CCMP



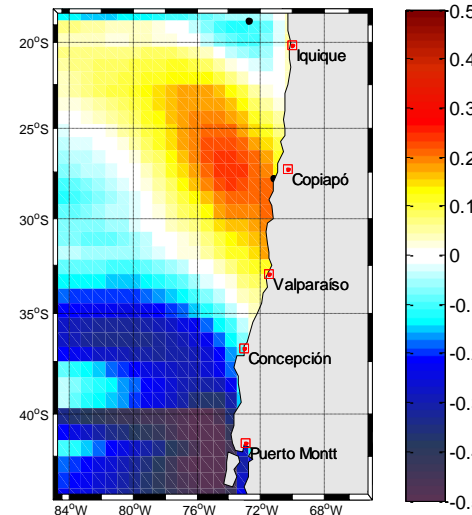
CFSR



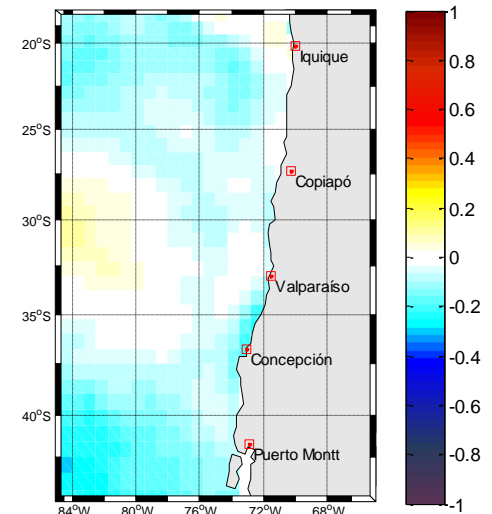
CMIP5



ERA (viento)



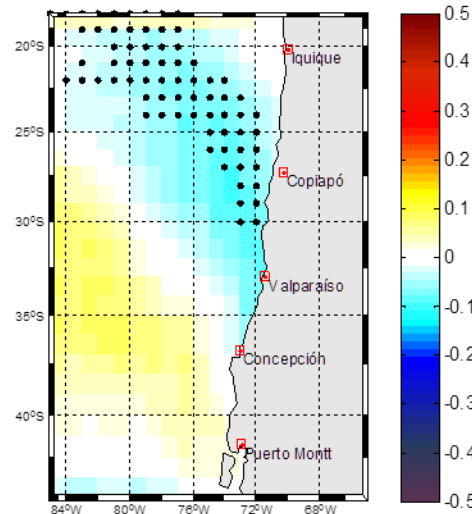
ERA (tsm)



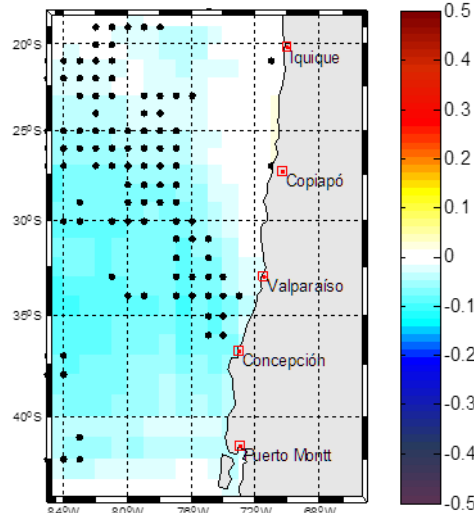
MAPAS DE PENDIENTE VERANO

Viento [m/s/década] tsm [°C/década].
Periodo 1980-2005.

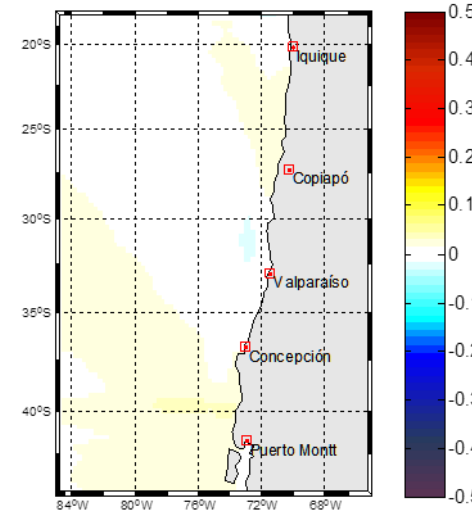
AMIP



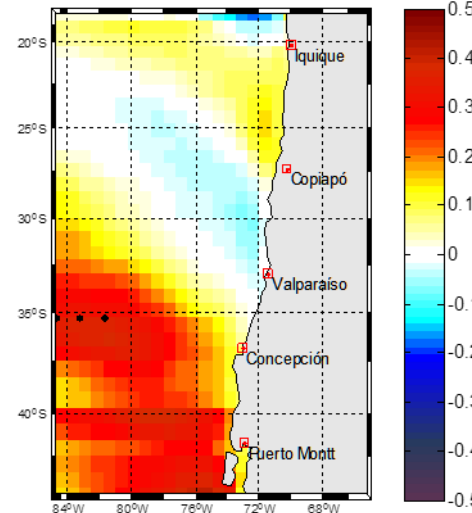
CMIP5



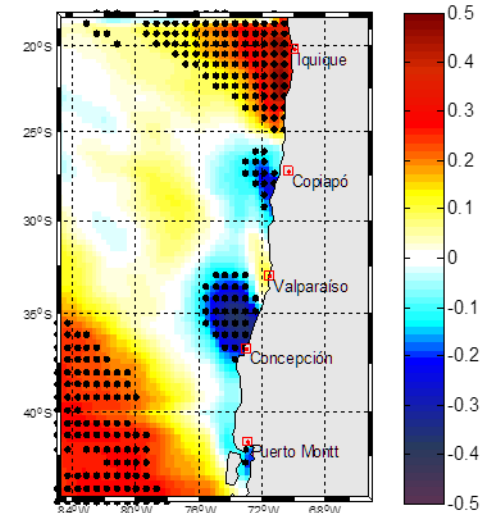
CCMP



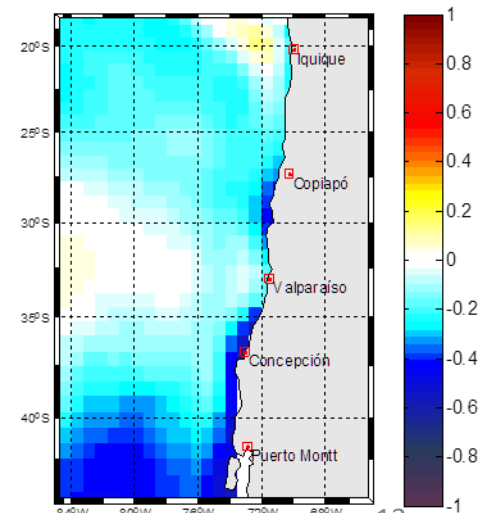
ERA (viento)



CFSR



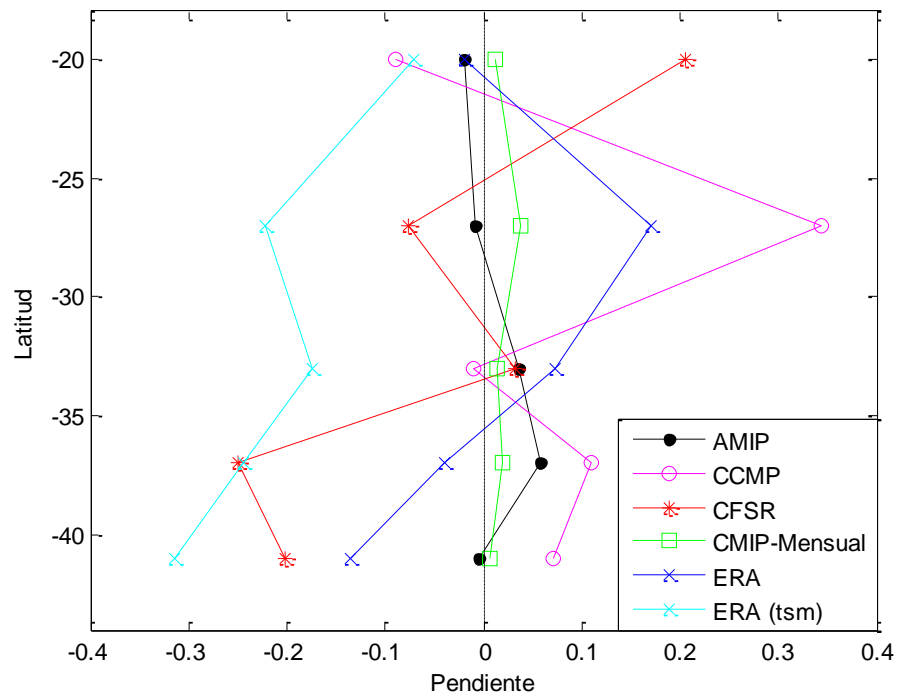
ERA (tsm)



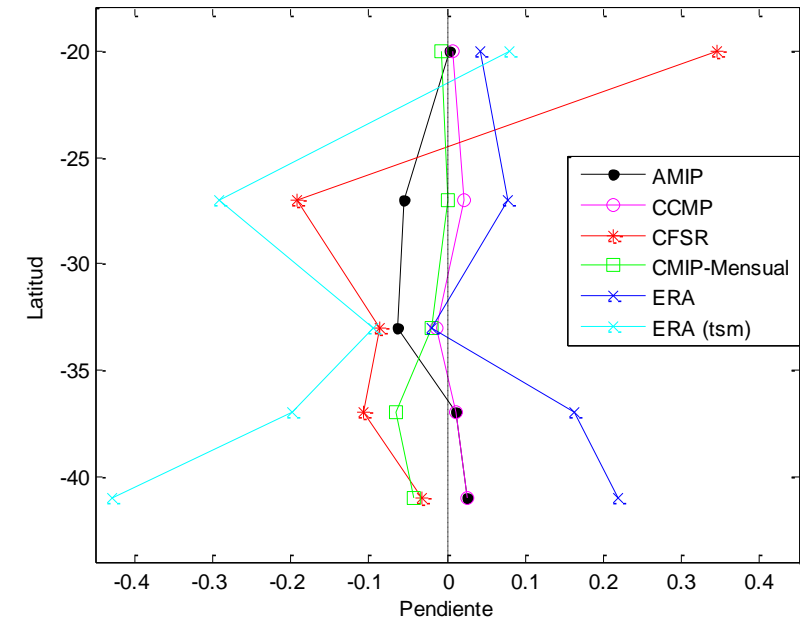
TENDENCIAS EN PUNTOS DE INTERÉS

Viento [m/s/década] tsm [°C/década]. Periodo 1980-2005.

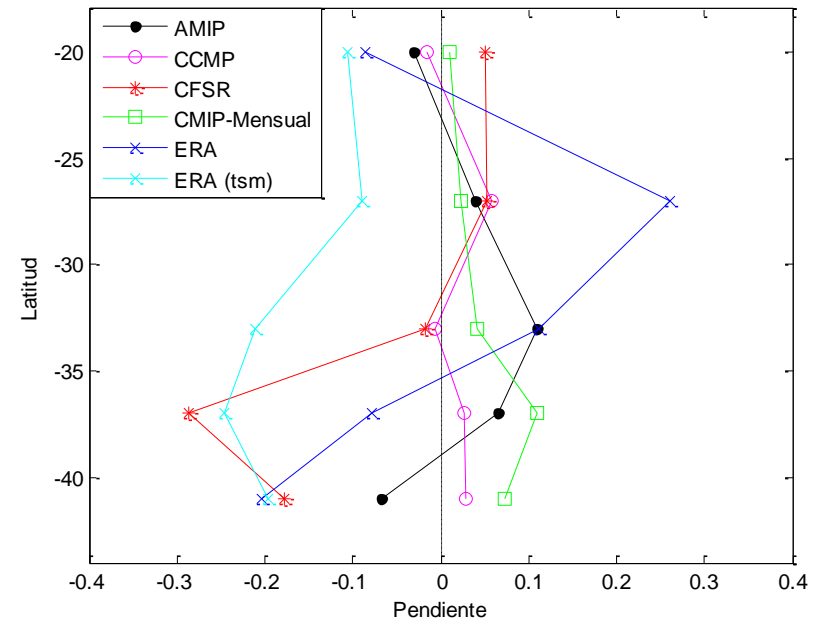
Anual



Verano



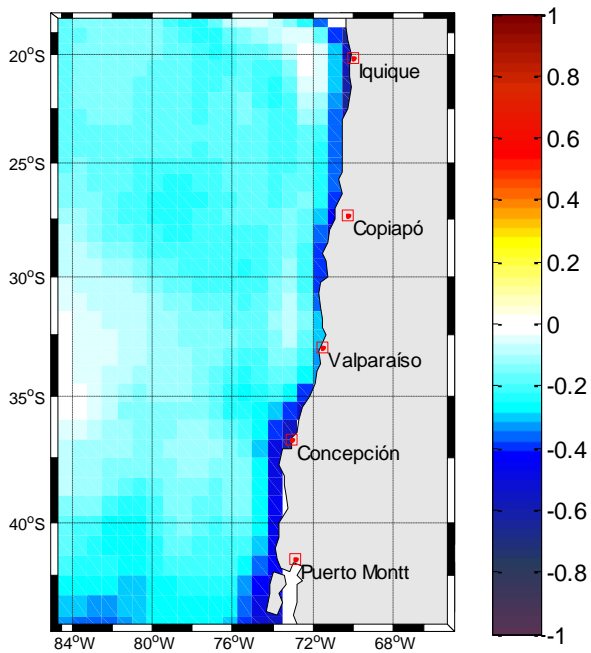
Invierno



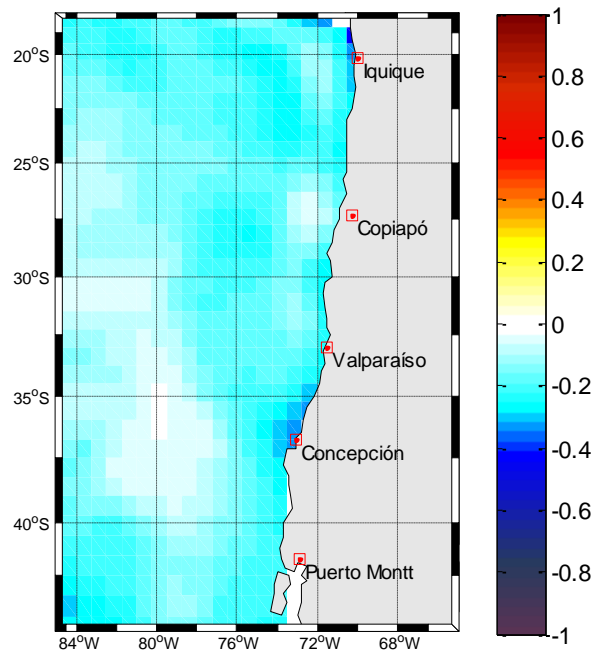
MAPAS DE PENDIENTE

ERA (tsm [$^{\circ}\text{C}/\text{década}$]). Periodo 1980-2005.

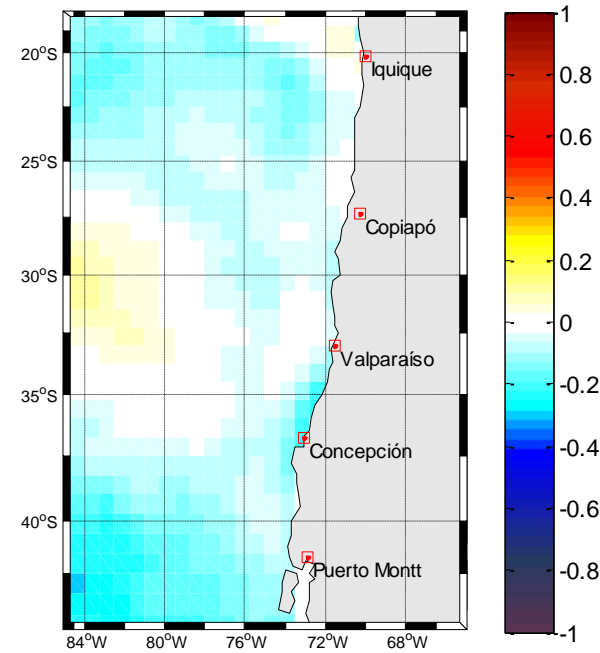
Otoño



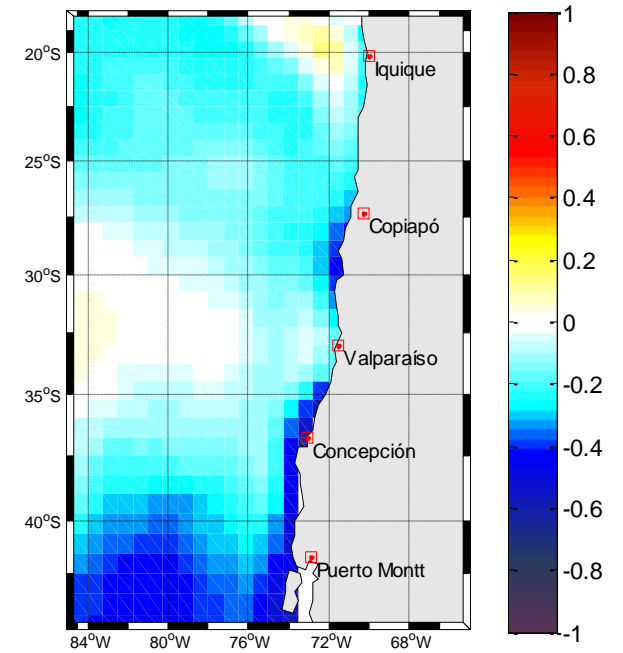
Invierno



Primavera



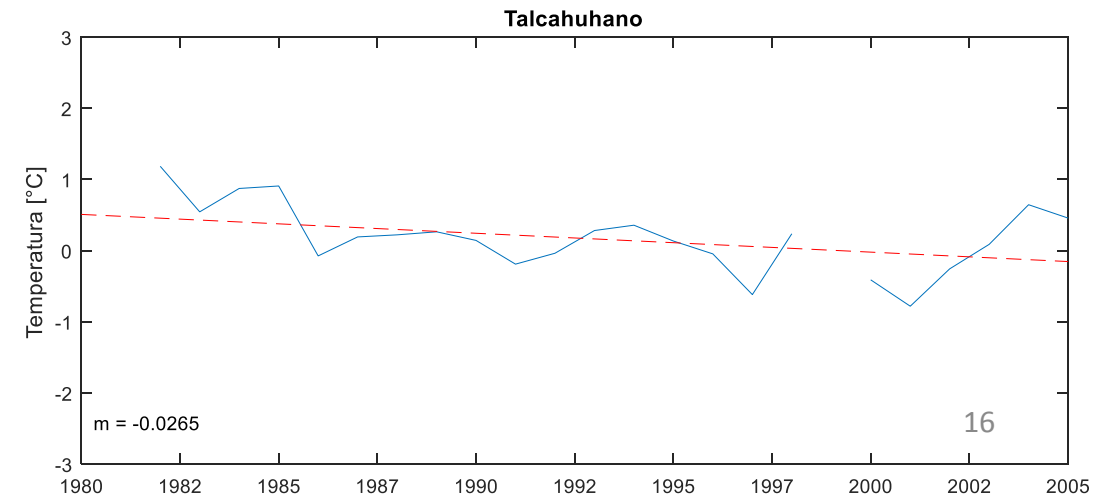
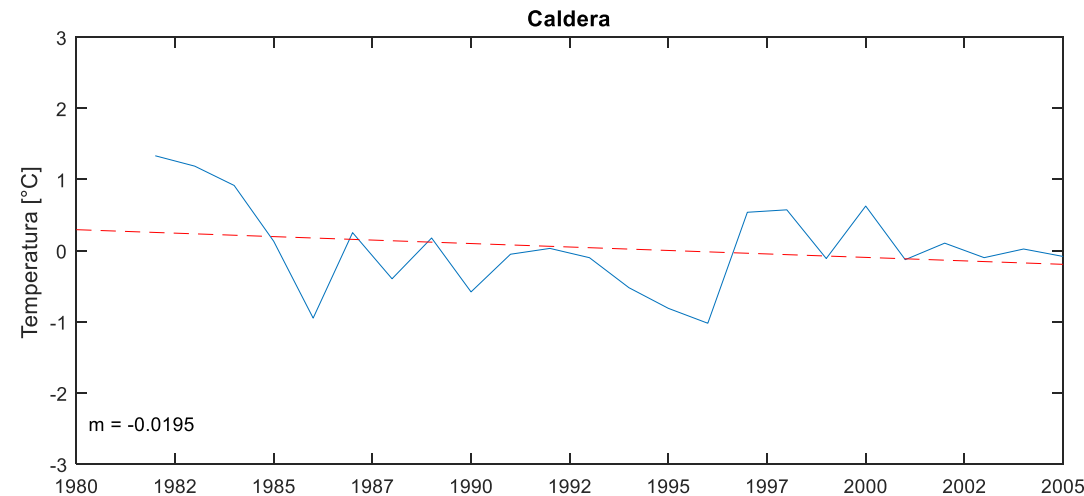
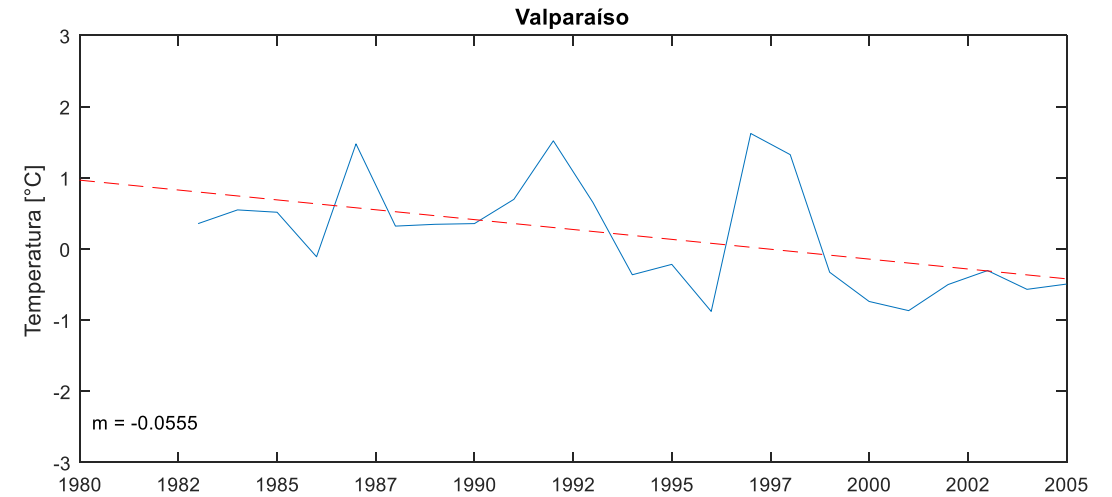
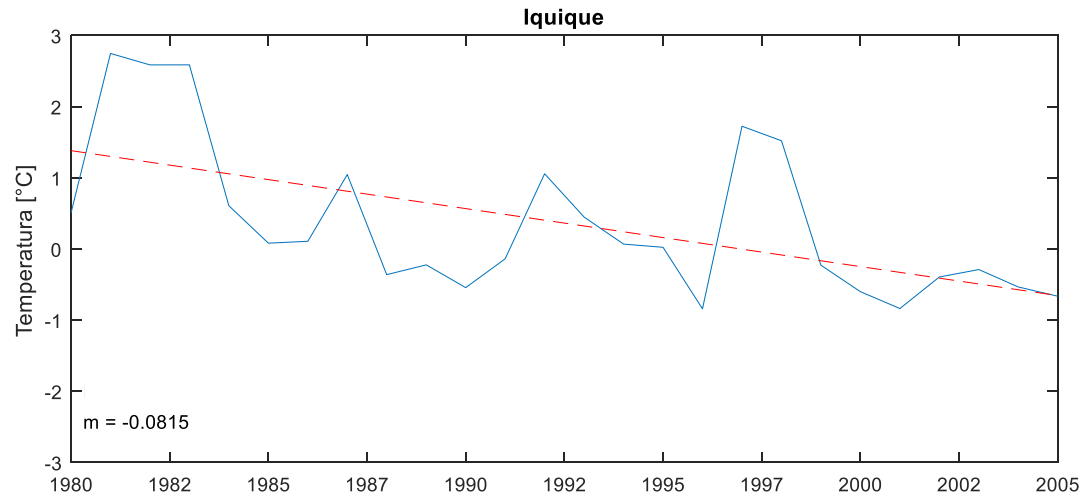
Verano



Fuente: Elaboración propia.

REGRESIÓN LINEAL A PROMEDIOS ANUALES DE TEMPERATURA

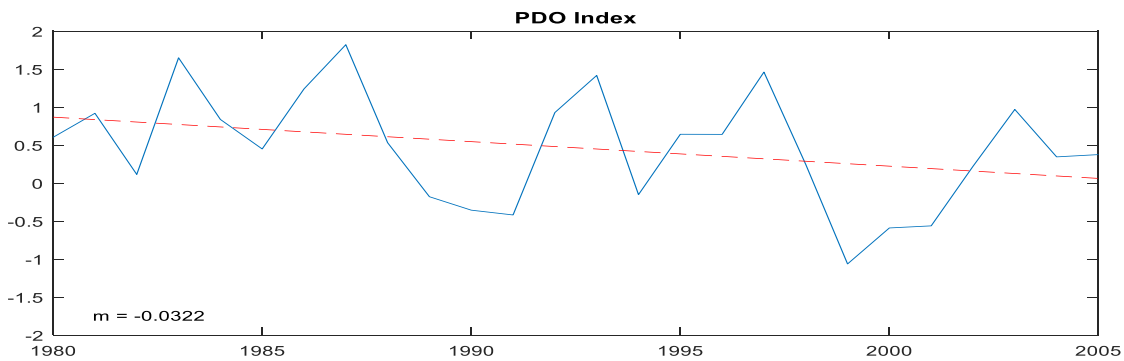
Base de datos SHOA (tsm [°C]). Periodo 1980-2005.



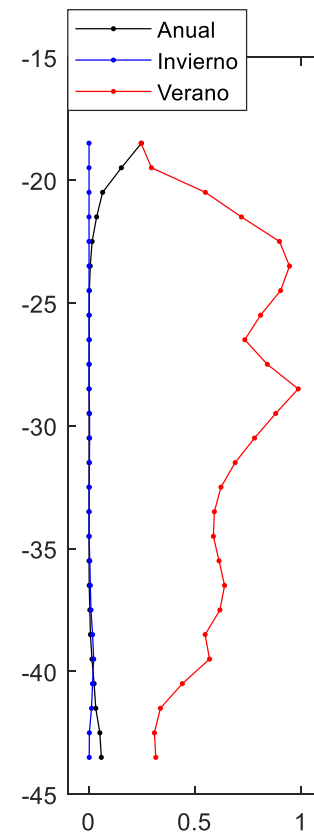
ATRIBUCIÓN A LA PDO

Correlación con la PDO. Periodo 1980-2005.

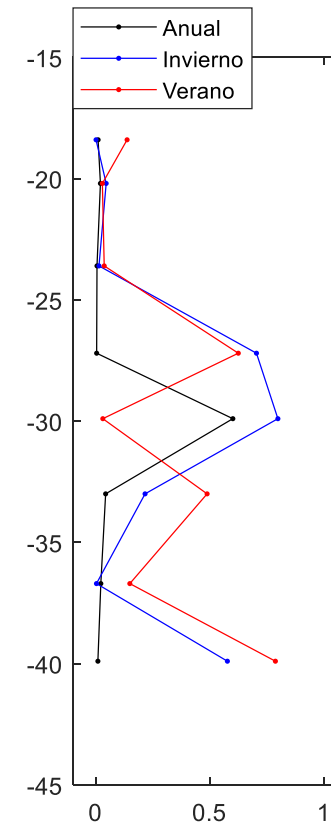
Serie de tiempo del índice de la PDO. Periodo 1980-2005.



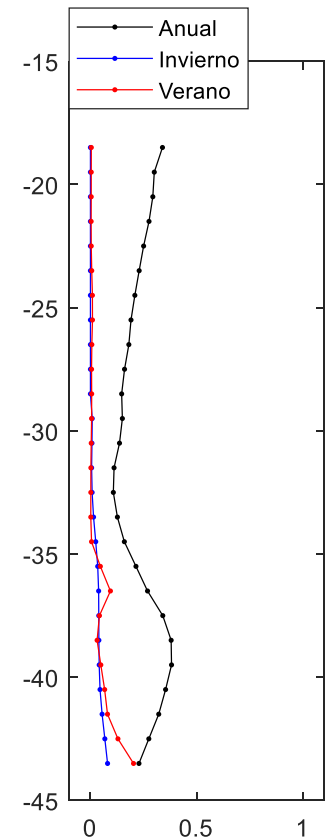
Viento ERA- Interim



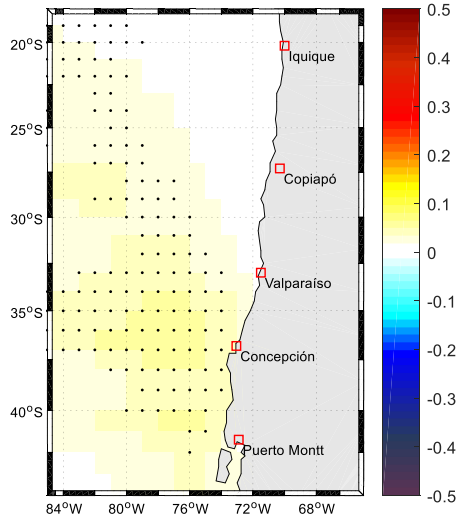
SHOA



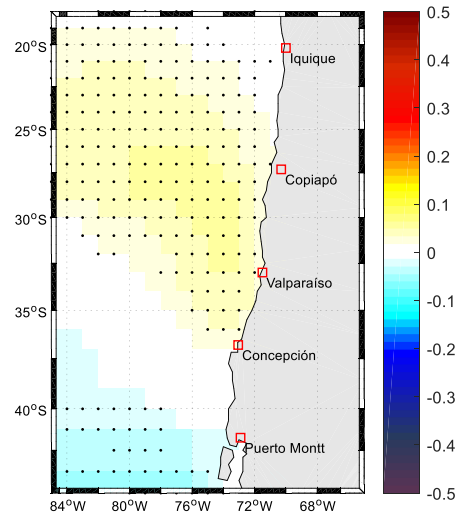
TSM ERA- Interim



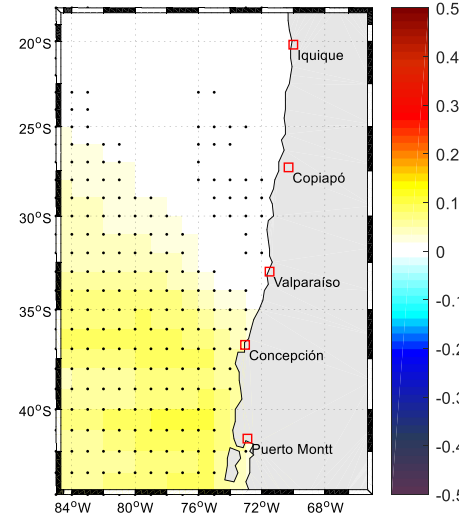
Anual



Invierno



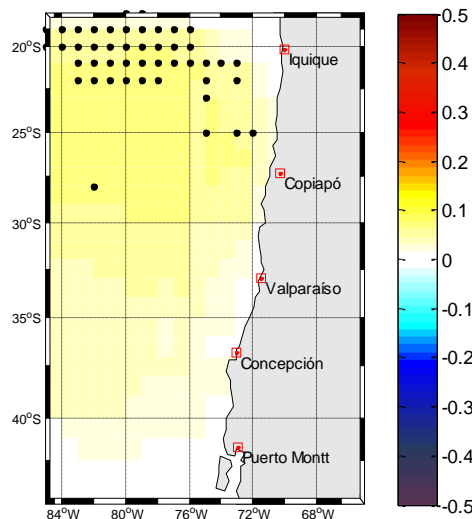
Verano



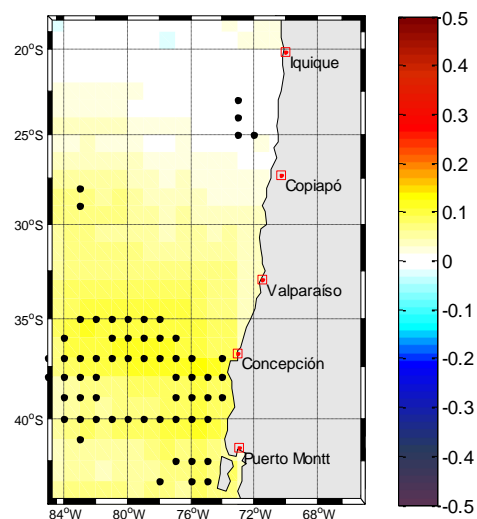
**Mapas de Pendiente [m/s/década],
CMIP5 - Mensual 1950-2005.**

Fuente: Elaboración propia.

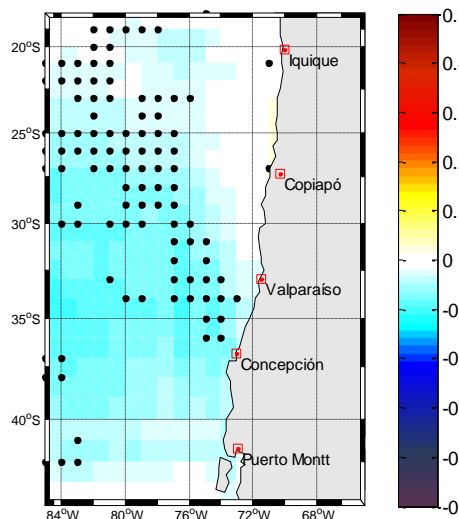
Anual



Invierno



Verano



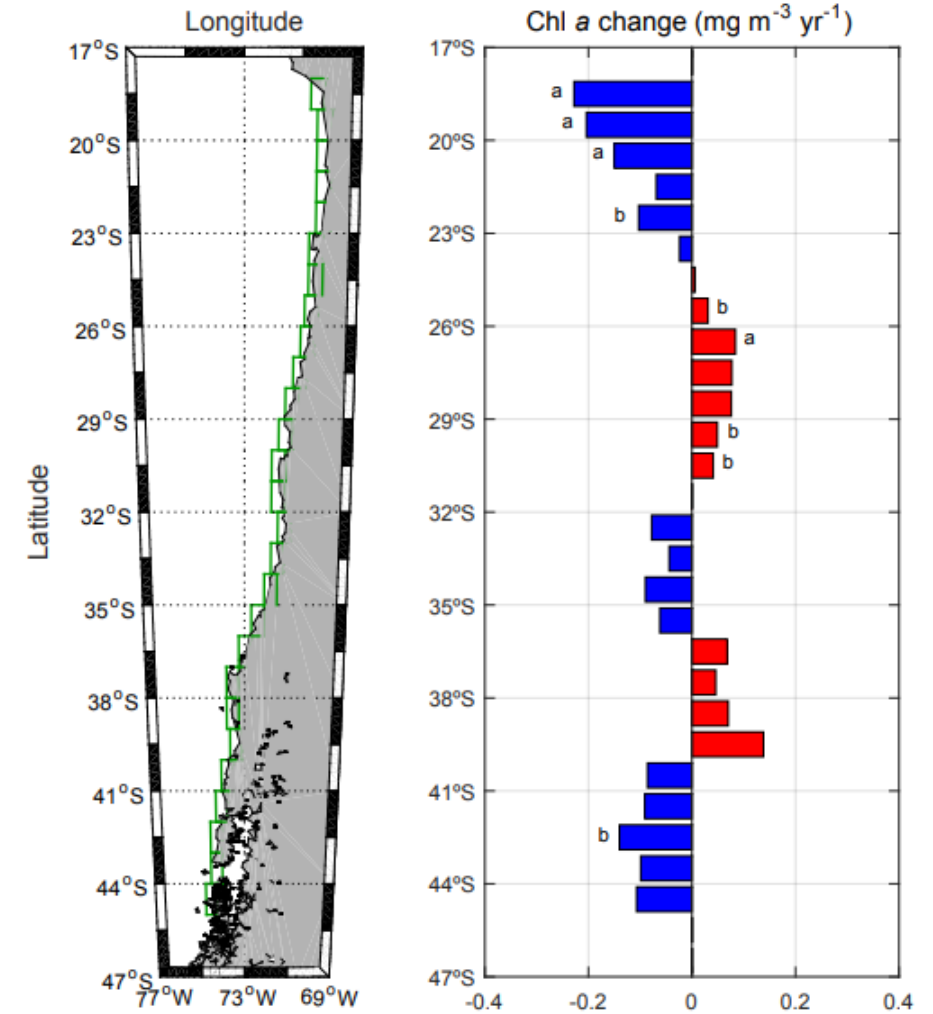
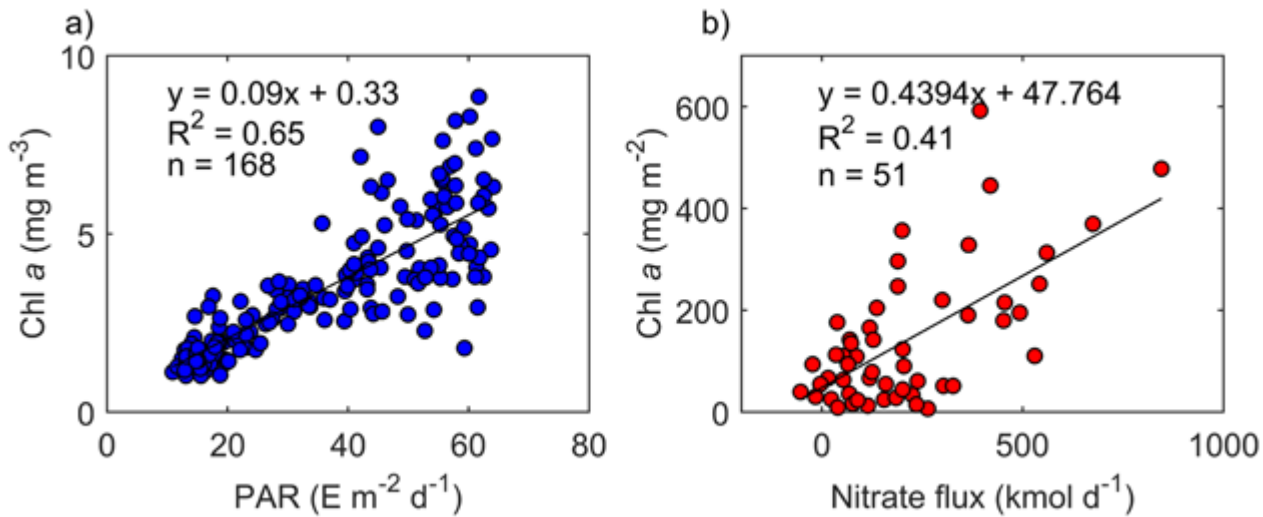
**Mapas de Pendiente [m/s/década],
CMIP5 - Mensual 1980-2005.**

Fuente: Elaboración propia.

OTRAS VARIABLES EN LA COLUMNA DE AGUA

Tendencias de la clorofila a lo largo de la costa. Periodo 2003-2016.

Relaciones entre la producción primaria y los flujos de radiación y nutrientes.



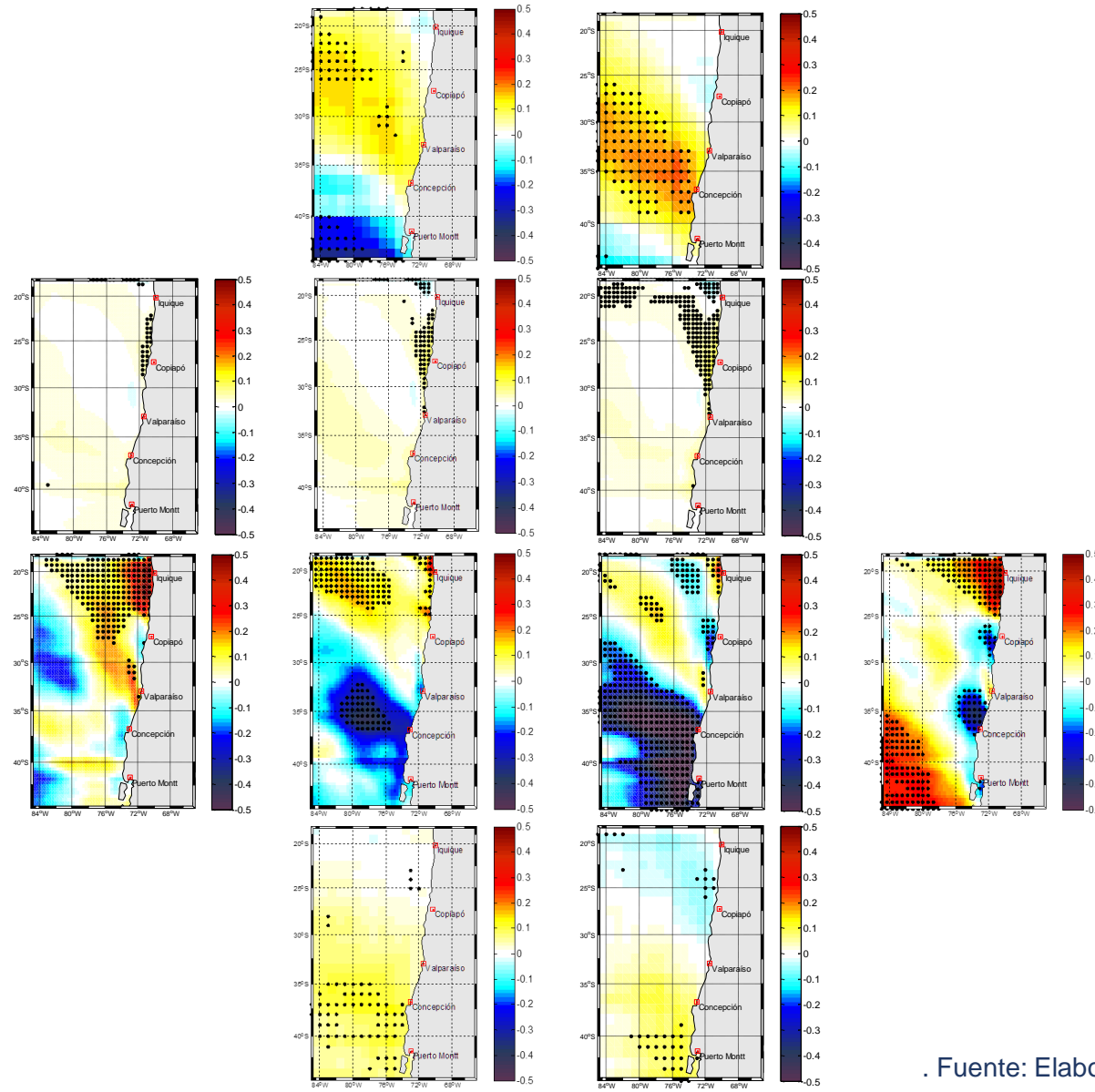
- Las bases de datos de TSM no muestran tendencias significativas, pero en ambas (ERA-Interim y SHOA) se observa una disminución de la temperatura en los meses de verano para la costa de Valparaíso y el sector entre la Región de Atacama y la Región de los Lagos.
- La distribución espacial de las tendencias de viento tiene una variabilidad estacional. Durante el invierno hay un predominio de las tendencias positivas en la zona norte y/o centro. En cambio, en verano para esas zonas predominan las tendencias negativas.
- Que no sean significativas, no significa que no existan tendencias

Otoño

Invierno

Primavera

Verano



AMIP [m/s/década]. Periodo 1980-2005.

CCMP [m/s/década], Periodo 1980-2005.

CFSR [m/s/década]. Periodo 1980-2005.

CMIP5 [m/s/década]. Periodo 1980-2005.



**Universidad
de Valparaíso**
CHILE

INGENIERÍA CIVIL
OCEÁNICA



CARACTERIZACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA SURGENCIA COSTERA EN CHILE, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE VIENTO Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

Diego Silva Díaz

Profesora guía: CATALINA AGUIRRE GALAZ

Valparaíso, Marzo 2019