



# Variabilidad oceanográfica de la zona costera occidental del Golfo de California

Carlos Manuel Robles Tamayo<sup>1</sup>; José Raúl Romo León<sup>1</sup>; Ricardo García Morales<sup>2</sup>; Gudelia Figueroa Preciado<sup>3</sup>; Hugo Herrera Cervantes<sup>4</sup>; Juana López Martínez<sup>5</sup> y Luis Fernando Enríquez Ocaña<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Unidad Nayarit (UNCIBNOR+).

<sup>3</sup>Departamento de Matemáticas de la Universidad de Sonora.

<sup>4</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Unidad La Paz.

<sup>5</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Unidad Guaymas.

Hermosillo, Sonora  
Abril 2025

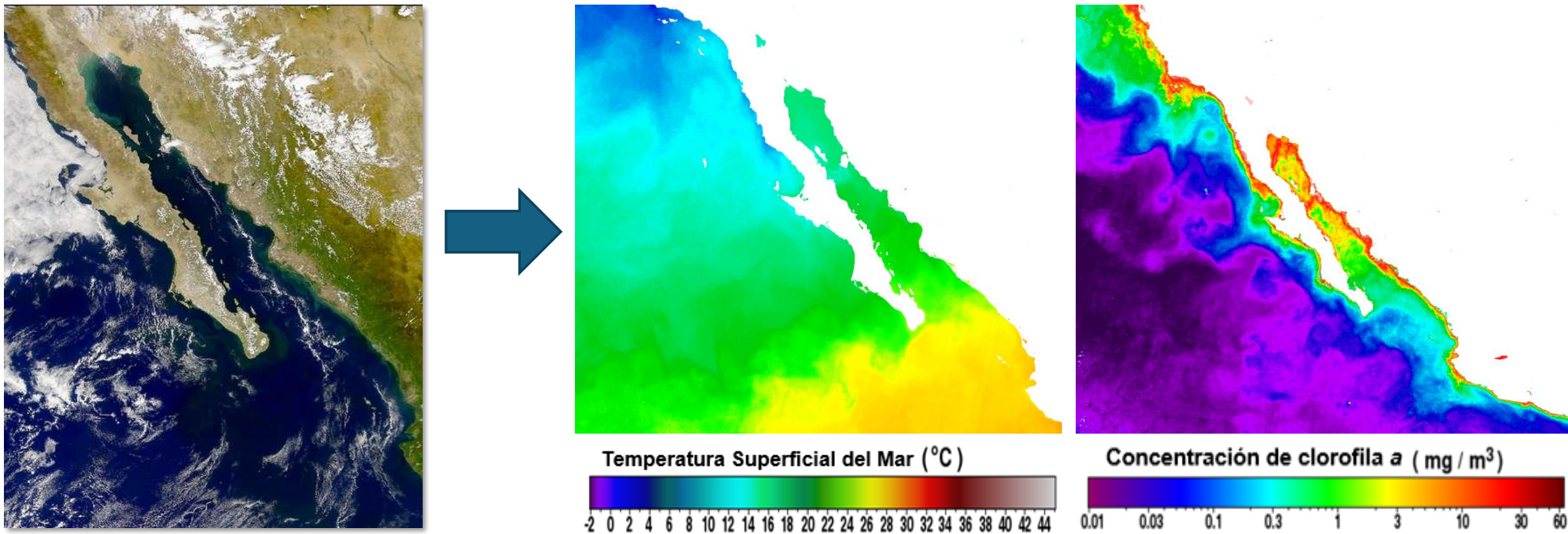




- Las zonas costeras son ecorregiones amplias con interacción entre la tierra, mar y la atmósfera en conjunto con la actividad humana y los procesos naturales.
1. Criterios ambientales → Zonas de migración y refugio; procesos oceánicos relevantes, etc.
  2. Criterios económicos → Especies de interés comercial, zonas pesqueras importantes, etc.
  3. Criterios de amenaza → Modificación de entorno, especies introducidas, etc.

Arriaga-Cabrera et al., 2009; Yáñez-Arancibia y J.W. Day., 2010





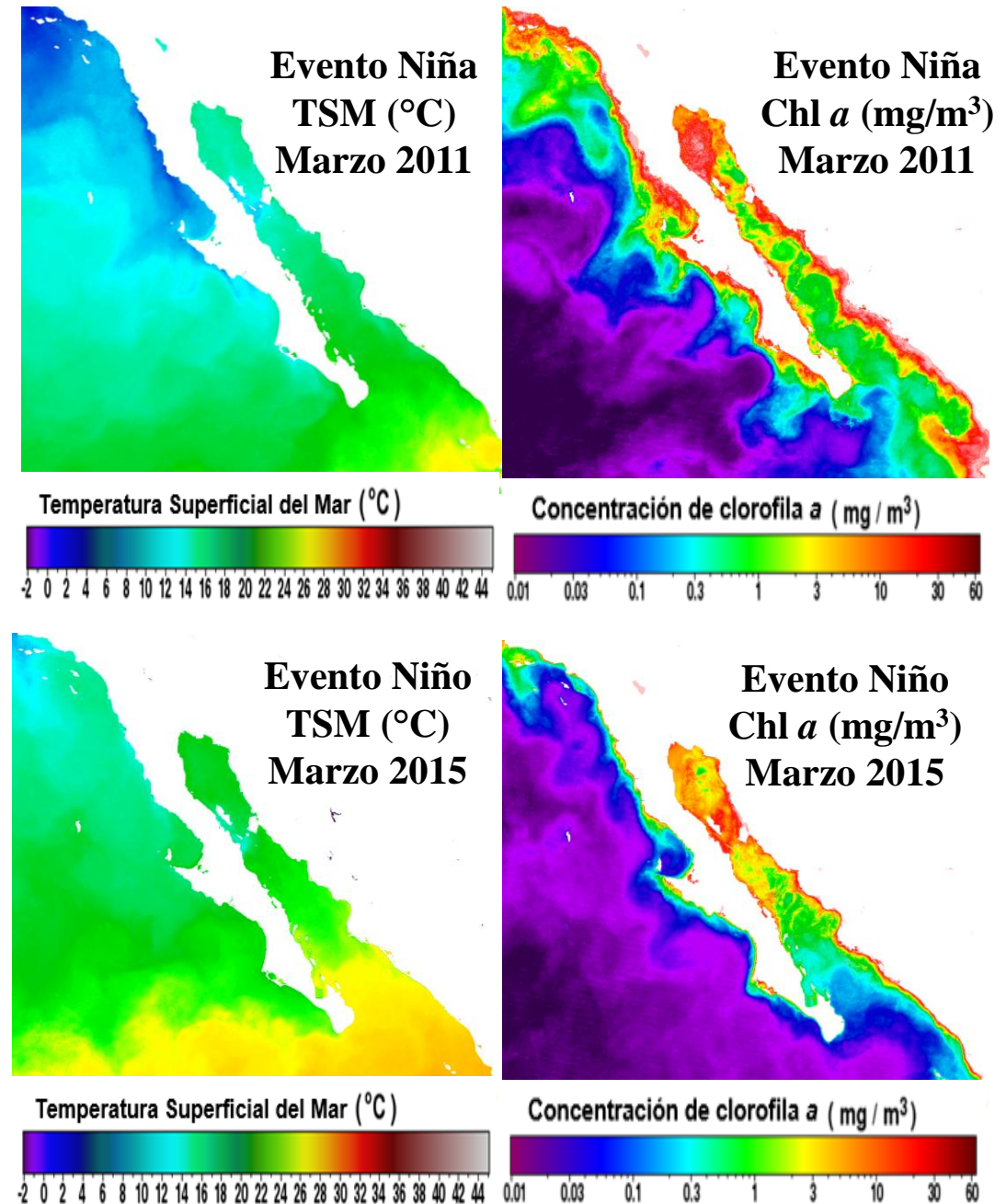
- Variables de interés para describir la oceanografía de ecosistemas marinos y costeros:
  - a) Temperatura Superficial del Mar (TSM) → Variable esencial climática al influir en propiedades físicas, químicas y biológicas de los océanos.
  - b) Clorofila *a* (Chl *a*) → Variable clave para cuantificar el nivel de biomasa fitoplanctónica en la columna de agua.

Gaxiola-Castro et al., 2010; Filipponi et al., 2017; Fingas, 2019; Muciño-Márquez et al., 2018

- El análisis de TSM y Chl *a* es indispensable para el estudio de la variabilidad climática asociada a eventos interanuales como El Niño Oscilación del Sur (ENSO).

- a) El Niño → Estado climático donde la TSM está 0.5 °C más por encima de la media en la región del Pacífico Ecuatorial.
- b) La Niña → Estado climático donde la TSM está 0.5 °C más por abajo de la media en la región del Pacífico Ecuatorial.

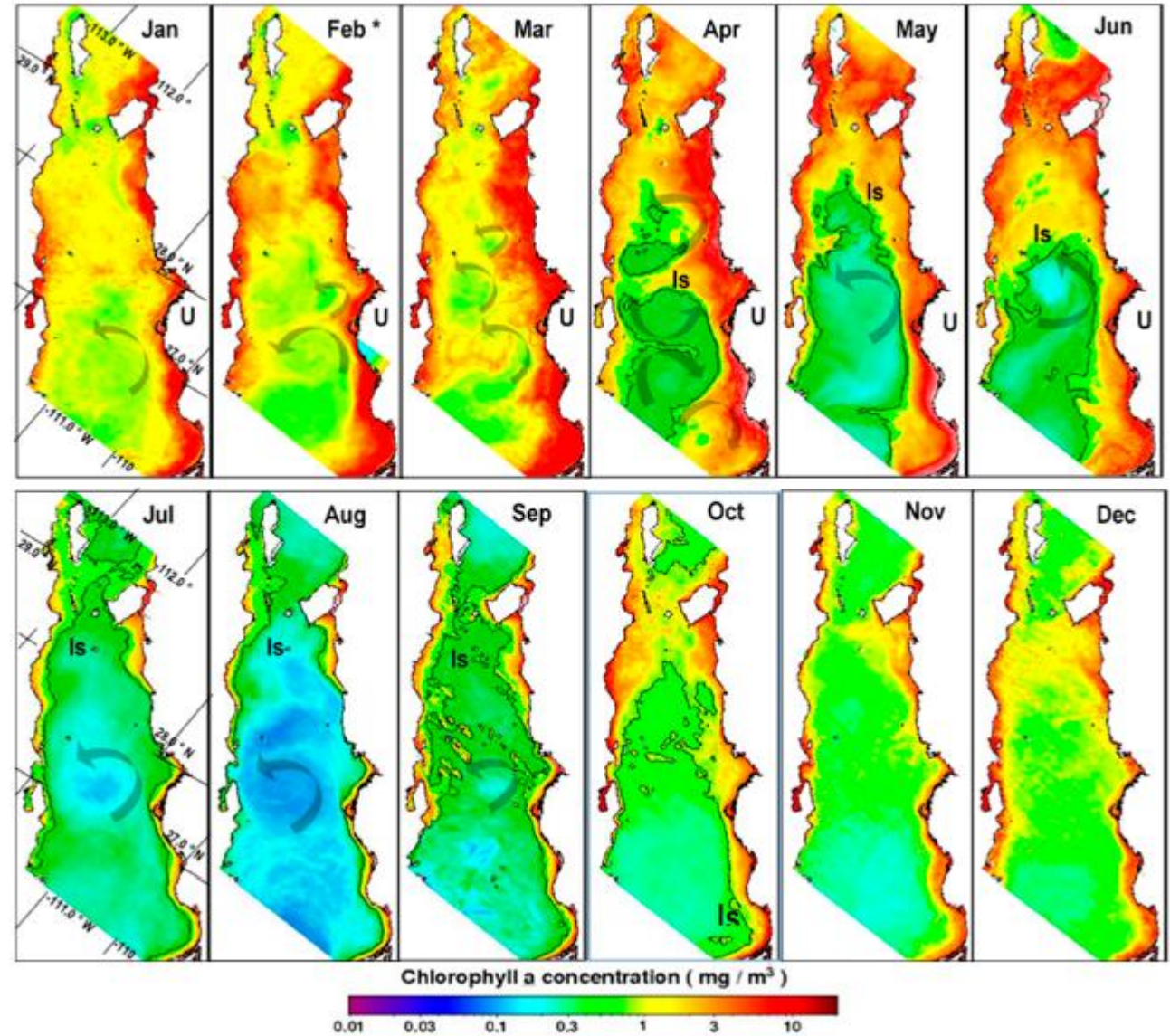
Rohli y Vega, 2015



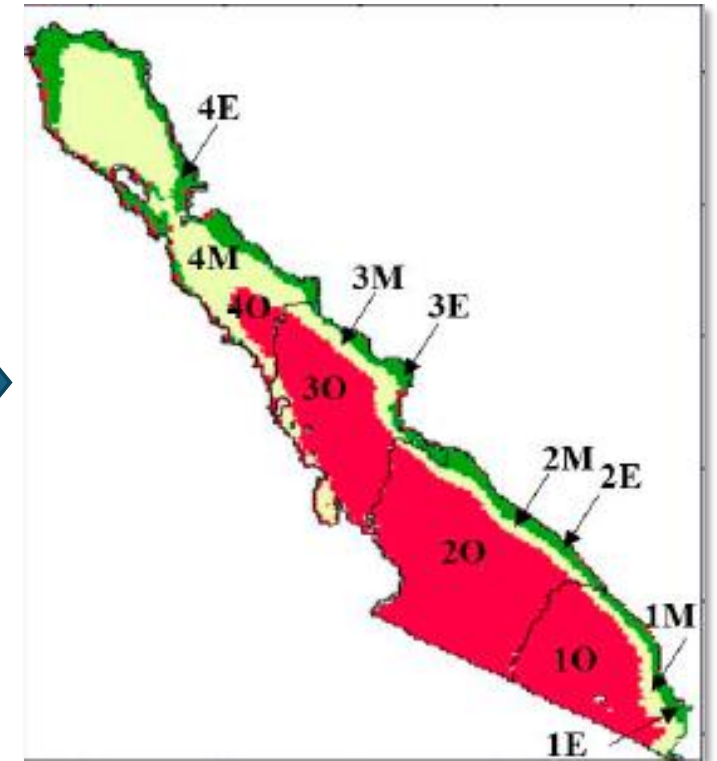


- Desde esta perspectiva, el análisis de variabilidad oceanográfica mediante imágenes satelitales obtenidas a través de percepción remota permite la observación, cuantificación y caracterización a diferentes escalas espacio-temporales.

- a) Uso de percepción remota en el análisis de TSM y Chl *a*.
- b) Análisis de fenómenos de mesoescala.

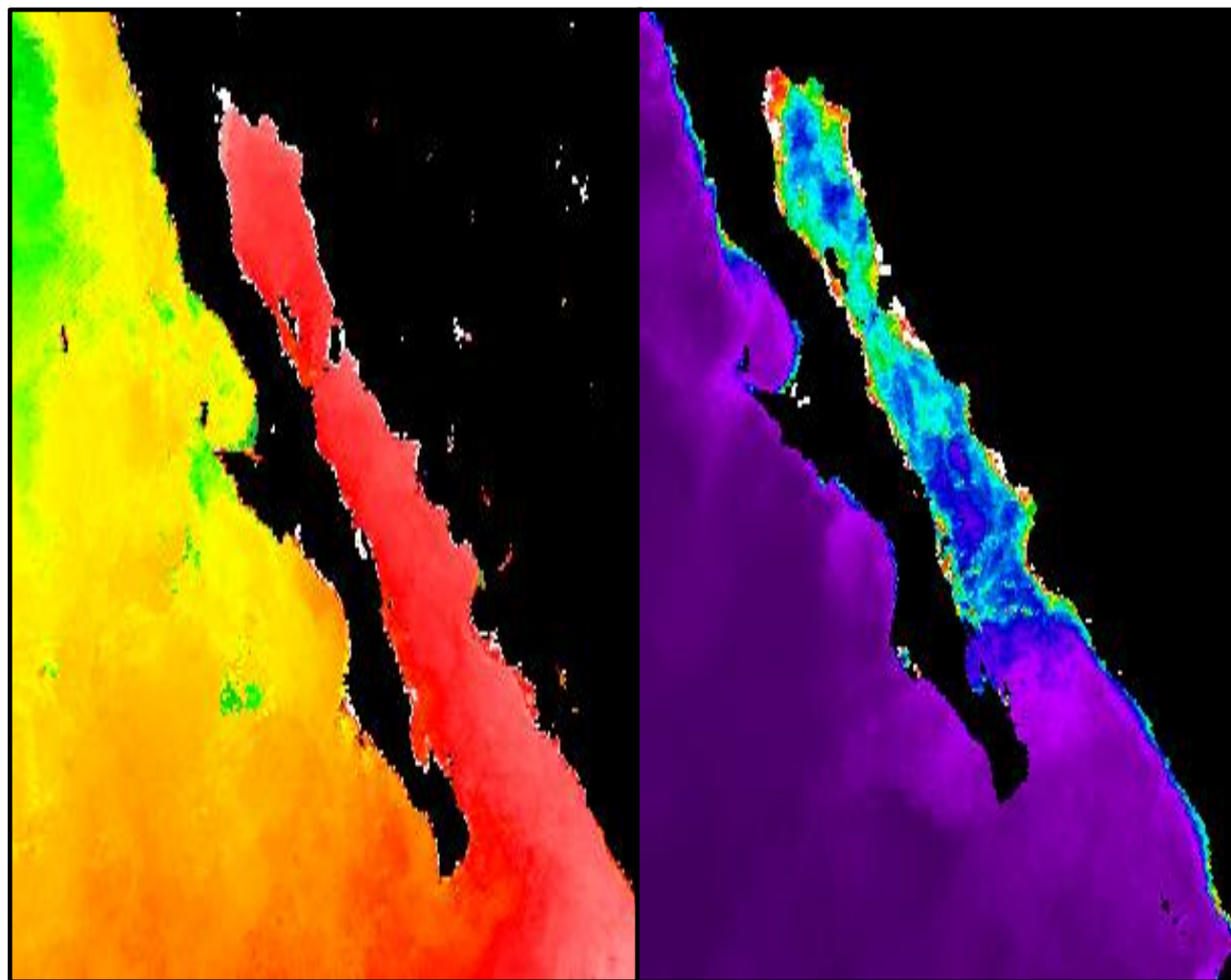


Longhurst, 2007 ; Gayathri et al., 2015; García-Morales et al., 2017; Farach et al., 2021; Farach et al., 2022



- El análisis de TSM y Chl *a* ha permitido realizar estudios enfocados a procesos de regionalización de ecosistemas marinos y costeros al describir fenómenos climatológicos y aspectos oceanográficos.

# Antecedentes



Autores	Títulos	Resultados
Heras-Sánchez et al., (2019).	Regions of the Gulf of California determined by the distribution of sea surface temperature and chlorophyll <i>a</i> .	Determinación de 9 regiones en el Pacífico Norte mediante un análisis de cluster de TSM y Chl <i>a</i> .
Herrera-Cervantes et al., (2020).	Interannual variability of surface satellite-derived chlorophyll concentration in the Bay of La Paz, Mexico, during 2003-2018 period: The ENSO signature.	Valores máximos de Chl <i>a</i> en primavera-verano por efectos de surgencias y valores mínimos en otoño-invierno por la influencia de agua cálida subtropical en Punta Eugenia.
Cervantes-Duarte et al., (2021).	Variability of Net Primary Productivity and Associated Biophysical Drivers in Bahía de La Paz (Mexico).	Variaciones estacionales e interanuales en niveles de TSM y Chl <i>a</i> , siendo dominantes en variación estacionales y el efecto de “El Blop” 2013-2016 en diferentes áreas de Pacífico Sudcaliforniano.
Farach-Espinoza et al., (2021).	Temporal Variability of Oceanic Mesoscale Events in the Gulf of California.	Descripción de eventos oceánicos de mesoescala que mostraron variabilidad estacional asociada a patrones de vientos y el efecto del Océano Pacífico y variabilidad interanual asociada a los eventos El Niño y La Niña.



# **Justificación**

Las observaciones en los océanos a largo plazo son fundamentales en el análisis y predicción de cambios en los ecosistemas marinos, y se requieren para desarrollar un manejo adecuado de los mismos. El análisis de variables ambientales y oceanográficas de la zona costera occidental del Golfo de California, nos permitirá entender las tendencias de cambio asociadas a factores ambientales y oceanográficos, mismas que influyen en los ecosistemas y los recursos marinos de la zona.



# **Hipótesis científica**

La variabilidad de las condiciones ambientales y oceanográficas en la zona costera occidental del Golfo de California, está influenciada por la dinámica del Océano Pacífico (corrientes y climatología) y su ubicación geográfica que generan procesos de diferentes escalas espacio-temporales de alta frecuencia (cambios estacionales y anuales) y de baja frecuencia (como El Niño y La Niña).

# Objetivo general

Analizar la variabilidad ambiental y dinámica oceanográfica espacio-temporal de la zona costera occidental del Golfo de California través del análisis de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y de Clorofila *a* (Chl *a*) medidas vía percepción remota.



# Objetivos específicos

- Determinar variabilidad de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) entre 1981 y 2018 y de Clorofila *a* (Chl *a*) de 1997 a 2018 y sus principales frecuencias de variación en la zona costera occidental del Golfo de California.
- Establecimiento de una regionalización del noroeste de México mediante el análisis de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y Clorofila *a* (Chl *a*).
- Analizar el efecto interanual, intranual y estacional del ENSO en los niveles de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración de Clorofila *a* (Chl *a*).

# Metodología

## Área de estudio: Golfo de California

- Mar marginal semicerrado de 240000 km<sup>2</sup> con una longitud y anchura promedio de 1400 y 150-200 km respectivamente.
- Mar dinámico debido a procesos de marea, efectos de vientos, surgencias y elevado calentamiento solar.
  - a) Condiciones de verano.
  - b) Condiciones de invierno.
- Área altamente productiva con una de las grandes biodiversidades marinas del mundo.

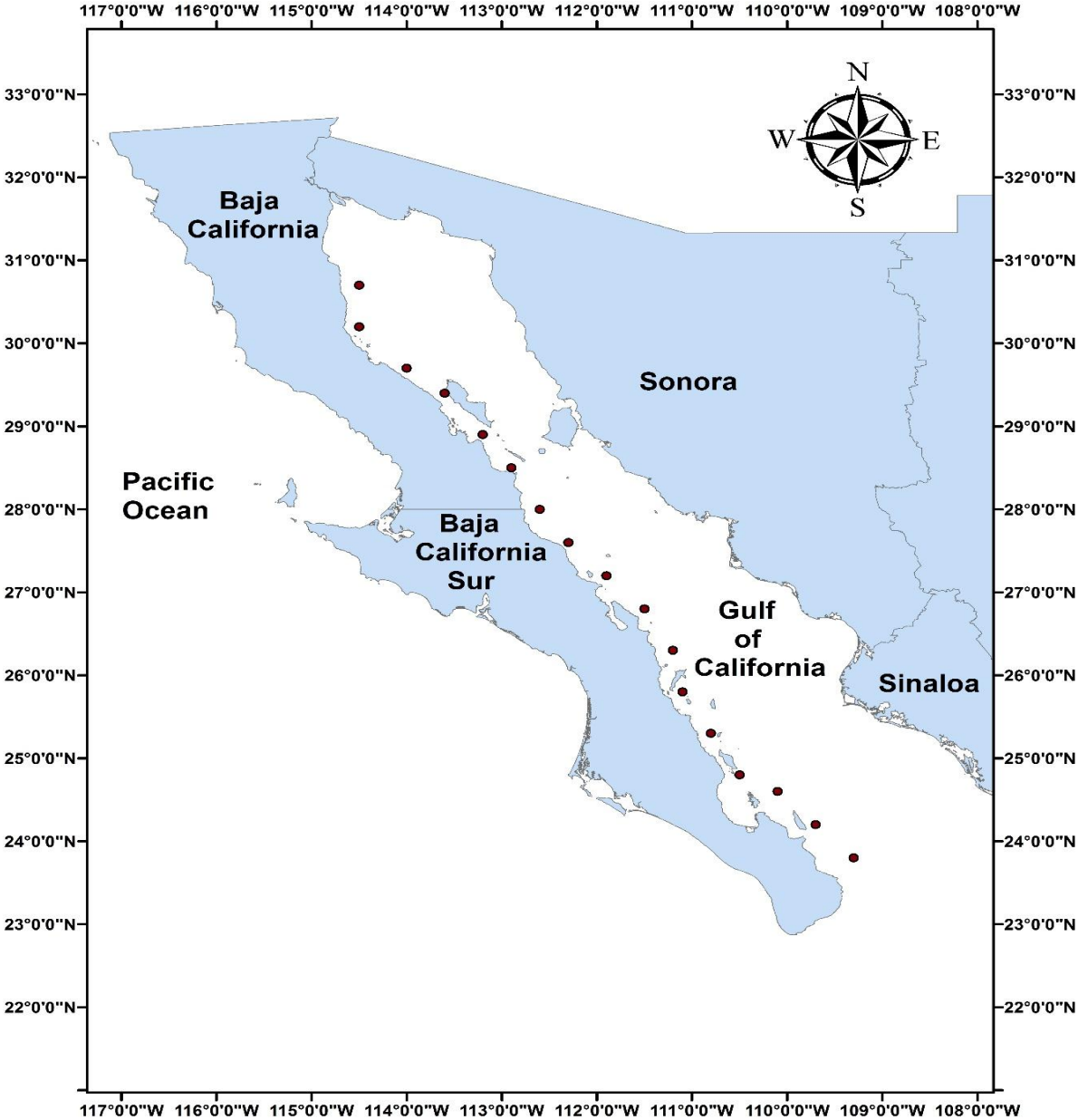




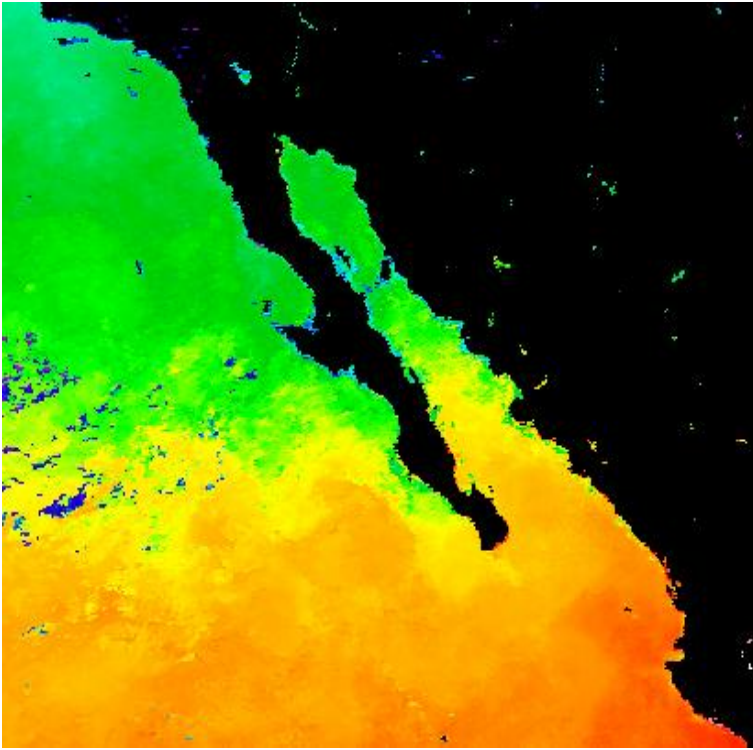
# Metodología

Áreas de estudio: zona costera occidental del Golfo de California

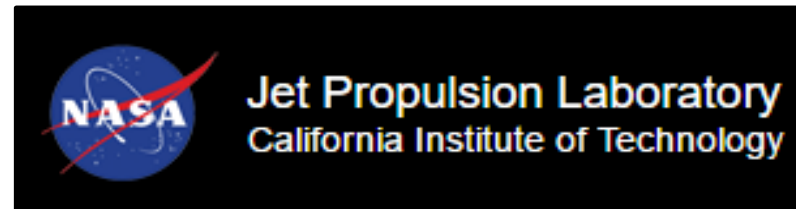
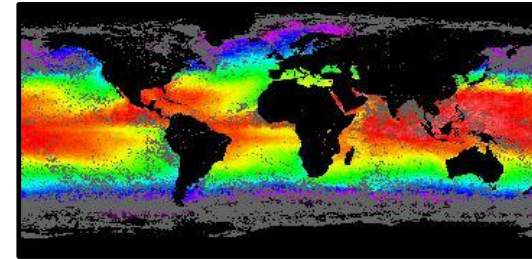
Punto de muestreo	Coordenadas geográficas	Punto de muestreo	Coordenadas geográficas	Punto de muestreo	Coordenadas geográficas
1	23°50'N, 109°23'W	8	26°48'N, 111°33'W	15	29°47'N, 114°5'W
2	24°17'N, 109°44'W	9	27°12'N, 111°58'W	16	30°12'N, 114°32'W
3	24°40'N, 110°6'W	10	27°39'N, 112°18'W	17	30°44'N, 114°34'W
4	24°49'N, 110°30'W	11	28°3'N, 112°41'W		
5	25°20'N, 110°50'W	12	28°32'N, 112°57'W		
6	25°48'N, 111°8'W	13	28°58'N, 113°17'W		
7	26°19'N, 111°16'W	14	29°25'N, 113°40'W		



# Caracterización oceanográfica y ambiental y obtención de datos mensuales de Temperatura Superficial del Mar (TSM)

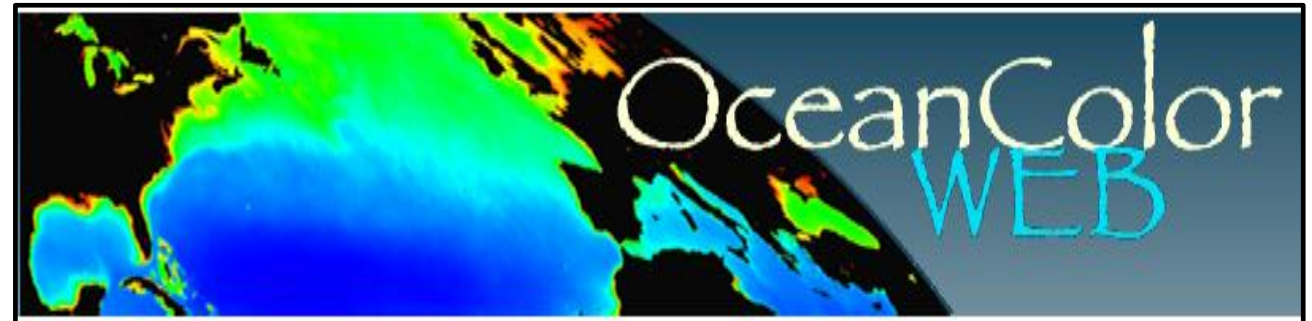
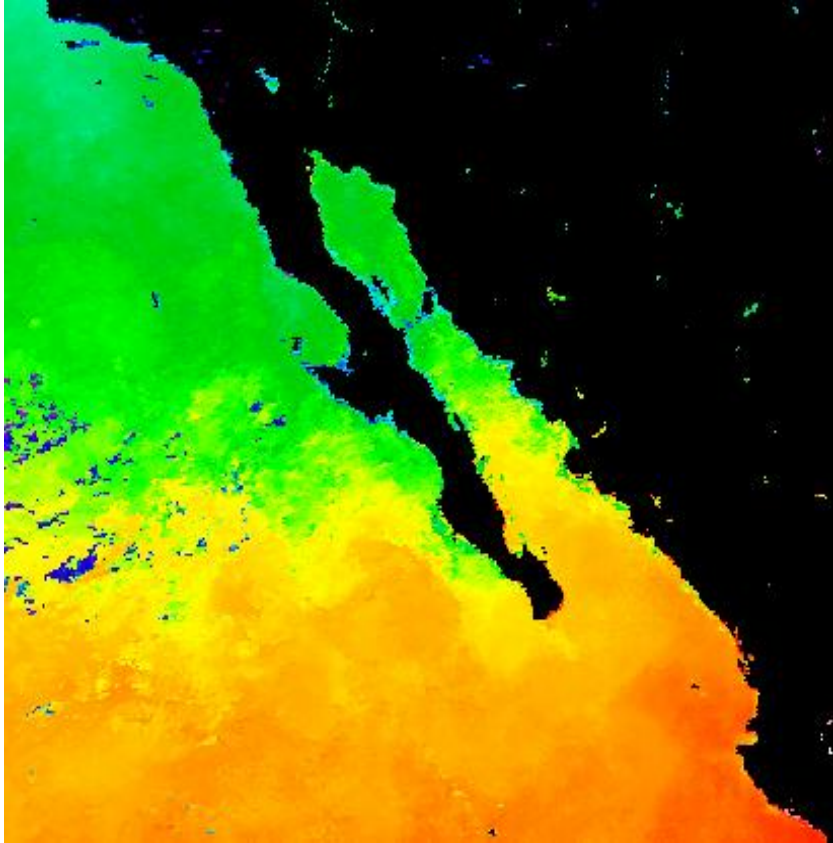


4 km AVHRR Pathfinder Project



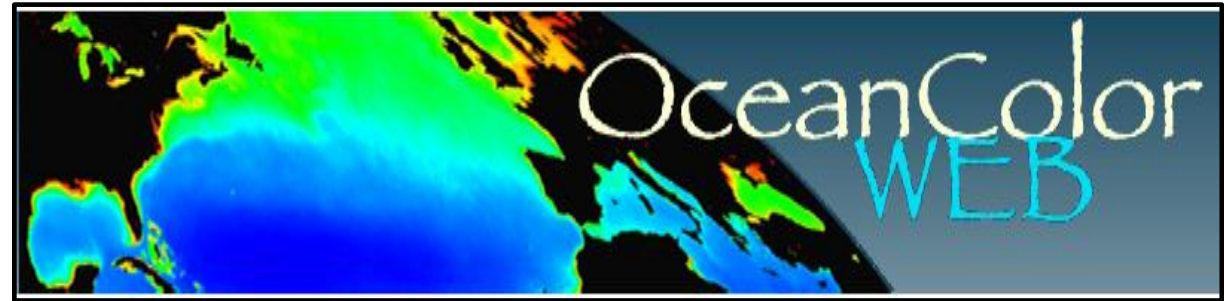
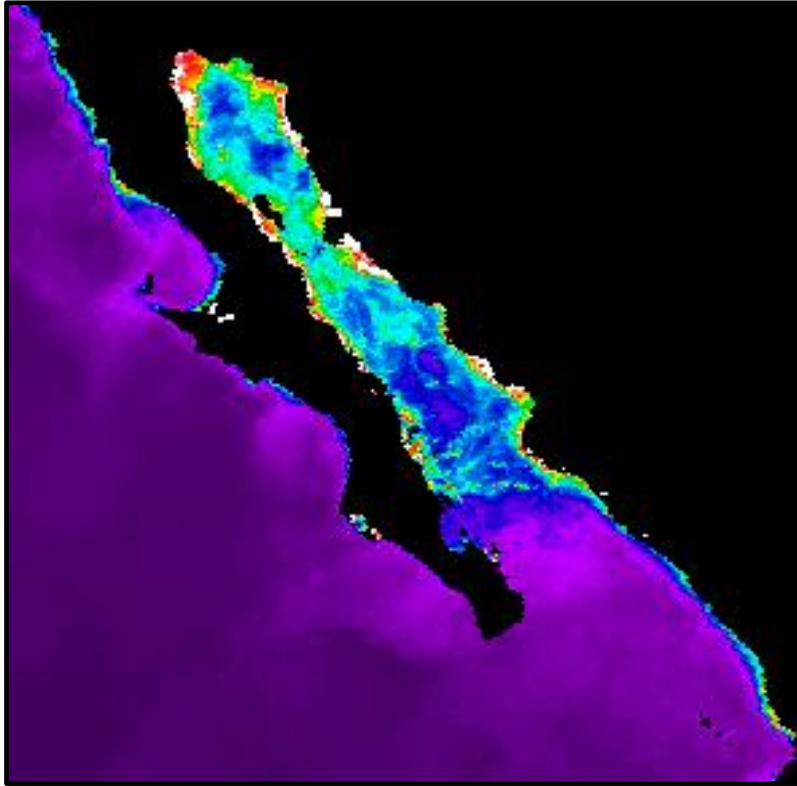
- Descarga de imágenes mensuales de TSM con resolución espacial de 4 km en periodo diurno en °C (<https://podaac.jpl.nasa.gov/>):
  - a) Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR-Pathfinder) Versión 5.1 (Septiembre 1981 – Enero 1985).
  - b) Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR-Pathfinder) Versión 5.0 (Febrero 1985 – Enero 2000).





- Descarga de imágenes mensuales de TSM con resolución espacial de 4 km en periodo diurno en °C (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>):
  - 1) Aqua MODIS Sea Surface Temperature (11 $\mu$  daytime) para el período de julio 2002 hasta octubre 2018.

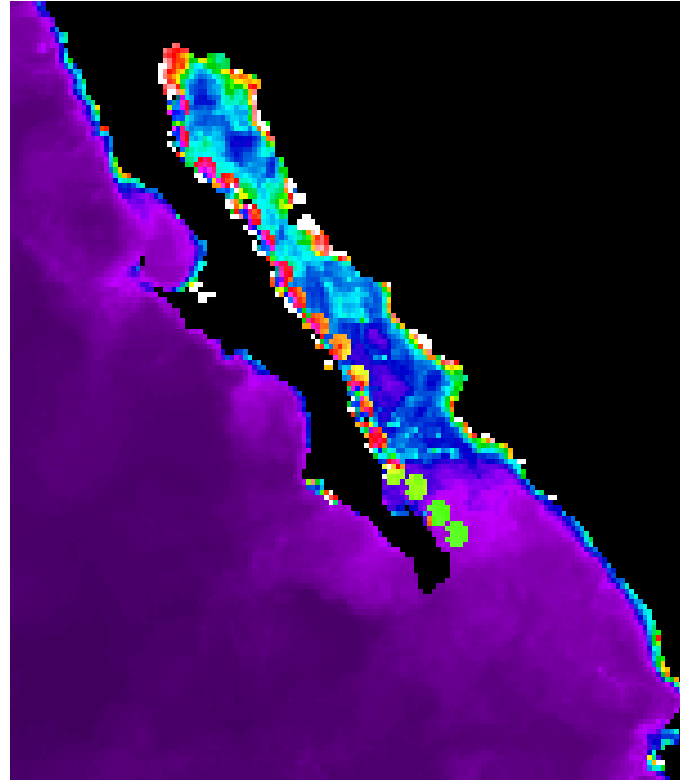
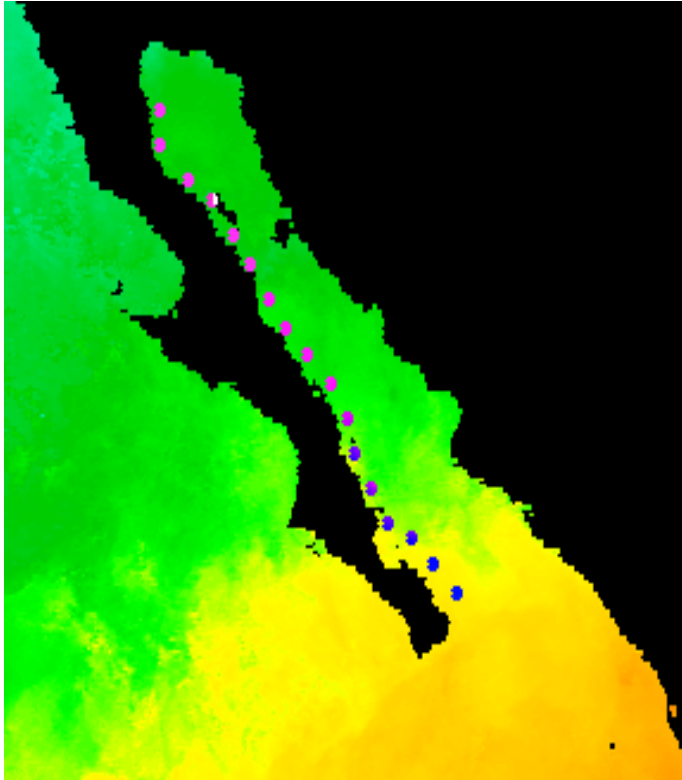
# Caracterización oceanográfica y ambiental y obtención de datos mensuales de Clorofila *a* (Chl *a*)



- Descarga de imágenes mensuales de Chl *a* con resolución espacial de 9 km en escala de miligramos por metro cúbico ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>):
  - 1) SeawiFS Chlorophyll Concentration OCI Algorithm (septiembre de 1997 hasta mayo de 2002).
  - 2) Aqua MODIS Chlorophyll Concentration OCI Algorithm (julio 2002 hasta octubre 2018).



# Análisis y procesamiento de datos mensuales de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y Clorofila *a* (Chl *a*):




Windows Image Manager

- Selección de 17 puntos georreferenciados de la costa occidental del Golfo de California en dirección sur a norte.

# Enlace del registro histórico de los Eventos Niño (Cálido), Eventos Niña (Frío) y Condiciones neutras:

[https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)



National Weather Service

Climatic Prediction Center

Home

Site Map

News

Organization

Search

Go

Search the CPC

Go

About Us

Our Mission


Who We Are

Contact Us

CPC Information

CPC Web Team

Please use this comment form to make initial inquiries with respect to this or any of our web pages. This allows us to properly assign inquiries to the responsible individuals.



HOME > Climate & Weather Linkage > El Niño / Southern Oscillation (ENSO) > Historical El Niño / La Niña episodes (1950-present)

Cold & Warm Episodes by Season

Notice:

This page is updated automatically on the first Thursday of each month. Because of the high frequency filter applied to the ERSSTv5 data (Huang et al. 2017, J.Climate), ONI values may change up to two months after the initial "real time" value is posted. Therefore, the most recent ONI values should be considered an estimate.

Description:

Warm (red) and cold (blue) periods based on a threshold of +/- 0.5°C for the Oceanic Niño Index (ONI) [3 month running mean of ERSST.v5 SST anomalies in the Niño 3.4 region (5°N-5°S, 120°-170°W)], based on centered 30-year base periods updated every 5 years.

For historical purposes, periods of below and above normal SSTs are colored in blue and red when the threshold is met for a minimum of 5 consecutive overlapping seasons. The ONI is one measure of the El Niño-Southern Oscillation, and other indices can confirm whether features consistent with a coupled ocean-atmosphere phenomenon accompanied these periods.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.5	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8
1951	-0.8	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.0	0.8
1952	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1
1953	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
1954	0.8	0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7
1955	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-1.1	-1.4	-1.7	-1.5
1956	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1957	-0.2	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
1958	1.8	1.7	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1959	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0