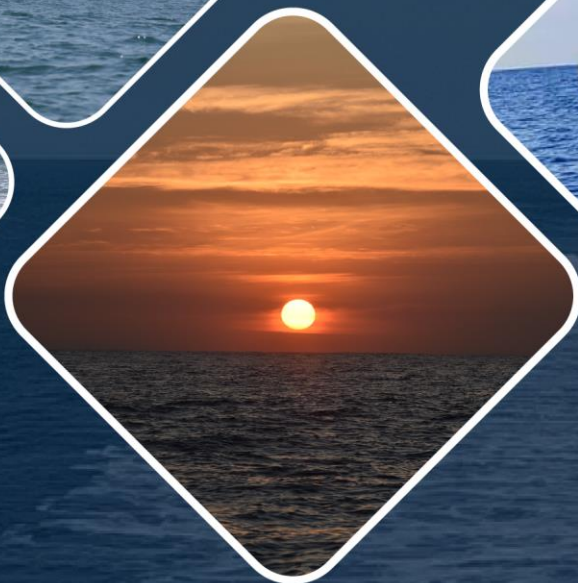




INFORME OCEANOGRÁFICO ANUAL

No. II - 2023

INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA,
METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Guatemala, agosto de 2024

Departamento de Investigación y Servicios Hídricos

Sección de Oceanografía

seccion.oceanografia@insivumeh.gob.gt

www.insivumeh.gob.gt

Coordinador de la Sección de Oceanografía

MSc. María Renee Contreras Merida

Personal de la Sección

Tec. Luis Fernando Icu Son

Ing. Victor José Gómez Ovalle

Autoridades

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

Director General

Ing. Agr. Edwin Aroldo Rojas Domingo

Subdirector General

Ing. Agr. Mario Rene Mejía Clara

Jefe Del Departamento De Investigación Y Servicios Hídricos

MSc. Francisco Andrés Roque Sosa

Índice general

1. Introducción	9
2. Objetivos	10
2.1. General	10
2.2. Específicos	10
3. Siglas y abreviaturas	11
4. Símbolos	13
5. Glosario	14
6. Sitios de Monitoreo	20
7. Fuentes de Información	24
7.1. Grupo de Procesamiento de Biología Oceánica – OBPG	24
7.1.1. Terra	24
7.1.2. Aqua	25
7.1.3. Suomi NPP	26
7.1.4. NOAA 20	27
7.2. Coral Reef Watch	27
7.2.1. Temperatura Superficial del Mar	27

7.2.2. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar	28
7.3. NOAA Coastwatch program	29
7.3.1. SMAP	29
7.3.2. SMOS	29
7.4. Estaciones Mareográficas	30
7.5. Efemérides.....	30
7.6. Carta Batimétrica General de los Océanos – GEBCO	31
7.7. Centro de predicción de Clima – CPC	32
 8. Batimetría.....	 33
8.1. Aspectos generales	33
 9. Concentración de Clorofila- a en el mar	 35
9.1. Aspectos generales	35
9.2. Registros.....	35
 10. Temperatura Superficial del Mar.....	 58
10.1. Aspectos generales	58
10.2. Registros.....	58
10.3. Comparación de los valores registrados de TSM para la región del Pacífico y Atlántico guatemalteco con la Climatología histórica 1990 – 2021	87
 11. Salinidad Superficial del Mar	 91
11.1. Aspectos Generales.....	91
11.2. Registros.....	91
 12. Marea Astronómica.....	 102
12.1. Aspectos generales	102
12.2. Registros.....	104

13. Efemérides Lunares	106
13.1. Aspectos generales	106
13.2. Registros.....	106
 14. Efemérides Solares	 108
14.1. Aspectos generales	108
14.2. Registros.....	109
 15. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar	 113
15.1. Aspectos generales	113
15.2. Registros.....	114
 16. Anomalía del Nivel del Mar	 115
16.1. Aspectos generales	115
16.2. Registros.....	115
16.3. Aumento del nivel del mar	122
 _Toc169693339	

1. Introducción

Como parte de las funciones que tiene el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), se encuentra el monitoreo sistematizado de la actividad hidrometeorológica del país, el cual incluye a los fenómenos oceanográficos. Con estos monitoreos se busca enriquecer las bases de datos y sistemas de información geográfica, contribuir con la modernización y especialización del sector educativo, y optimizar actividades del sector productivo.

Es por ello que, a través de la sección de Oceanografía del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos del INSIVUMEH, se pone a disposición de la población general, la información estadística de las variables monitoreadas y recopiladas durante el año 2023 para los diferentes sitios de monitoreo. Las variables que se presentan son batimetría del pacífico guatemalteco, obtenida de la “Carta Batimétrica General de los Océanos (GEBCO, por sus siglas en inglés), siendo esta una base de datos batimétricos disponible para todo público; temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM), Anomalía del Nivel del Mar (ANM), salinidad superficial del mar (SSM) y concentración de clorofila- α en el mar, utilizando información proveniente de las misiones satelitales NASA/NOAA. Además, se incluye el calendario de efemérides solares y lunares, obtenido a través de un paquete del lenguaje de programación “R”, este se basa en ecuaciones simplificadas del movimiento de los cuerpos celestes que componen el sistema solar.

Para cada conjunto de datos, se presenta información general de las fuentes de información, descripción detallada de las variables y la importancia de su monitoreo, así como cuadros y graficas que resumen la información presentada.

2. Objetivos

2.1. General

Generar la información estadística registrada durante el año 2023 de las variables oceanográficas que la Sección de Oceanografía del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos de INSIVUMEH monitorea.

2.2. Específicos

1. Presentar al público en general un documento de fácil acceso que presente de forma resumida y estructurada, el comportamiento de la concentración de clorofila- α , efemérides lunares, nivel de marea, salinidad superficial del mar, temperatura superficial del mar y anomalía de la temperatura superficial del mar en sitios de interés durante el año 2023.
2. Presentar a la comunidad científica y población en general la labor que realiza la Sección de Oceanografía, sirviendo como plataforma para la cooperación interinstitucional, buscando que todas aquellas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que cuenten con datos oceanográficos, puedan sumarse a futuros volúmenes de este reporte.
3. Implementar un informe anual que refleje el monitoreo diario, así como reportar las condiciones oceanográficas en ambos litorales del país.

3. Siglas y abreviaturas

ATSM	Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar
ANM	Anomalía del Nivel del Mar
CPC	Climate Prediction Center
CRW	Coral Reef Watch
E	Este
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
EOS	Earth Observation System
EOS-AM	Earth Observation System - At Morning
EOS-PM	Earth Observing System (afternoon pass)
EOSDIS	Earth Observing System Data and Information System
FAN	FloreCIMIENTO Algal Nocivo
GEBCO	General Bathymetric Chart of the Oceans
GIBS	Global Imagery Browse Service
IHO	International Hydrographic Organization
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO
JPSS	Joint Polar Satellite System
L3	Level 3 product
LMSL	Local Mean Sea Level
MIRAS	Microwave Imaging Radiometer using Aperture Synthesis
MM	Media Mensual
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

N	Norte
NetCDF	Network Common Data Form
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
O	Oeste
OBPG	Grupo de Procesamiento de Biología Oceánica
RAE	Real Academia Española
S	Sur
SLA	Sea Level Anomaly
SNPP	Suomi National Polar-Orbiting Partnership
SMAP	Soil Moisture Active Passive
SMOS	Soil Moisture and Ocean Salinity
SSM	Salinidad Superficial del Mar
SST	Sea Surface Temperature
TIR	Thermal infrared
TSM	Temperatura Superficial del Mar
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VIIRS	Visible Infrared Imaging Radiometer Suit
VNIR	Visible and near-infrared
WGS84	World Geodetic System 1984

4. Símbolos

NOMBRE	SÍMBOLOS
Centímetro	<i>cm</i>
Centímetro cúbico	<i>cm³</i>
Coeficiente de determinación	<i>R²</i>
Error cuadrático medio	<i>RMSE</i>
Grados	°
Grados Celsius	°C
Kilómetros	<i>Km</i>
Nanómetros	<i>nm</i>
Metros	<i>m</i>
Metros cúbicos	<i>m³</i>
Metros sobre el nivel medio del mar	<i>msnm</i>
Miligramos	<i>mg</i>
Temperatura	<i>T</i>
Unidades Prácticas de Salinidad	<i>PSU</i>

5. Glosario

- **Análisis Armónico:** “Método basado en la suposición que el movimiento de ascenso y descenso de la marea en un lugar cualquiera, puede ser expresado matemáticamente como la sumatoria de una serie de términos armónicos que cumplen ciertas condiciones astronómicas” (SOHA, 1992).
- **Atmósfera:** “Envoltura gaseosa que rodea la Tierra” (WMO, 1992).
- **Arrecife de Coral:** “Estructura calcárea constituida por organismos marinos. Generalmente se localiza entre los 30° de latitud norte y de latitud sur, a menos de 50 metros de profundidad. Puede formar isla” (INEGI, 1986).
- **Bajamar:** “Momento del ciclo de la marea en que el agua del mar desciende a la mínima altura” (Perillo & Piccolo, 2017).
- **Balance hídrico:** “Balance de agua basado en el principio de que, durante un cierto intervalo de tiempo, el aporte total a una cuenca o masa de agua debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento de la cuenca o masa de agua” (WMO, 1992).
- **Biomasa:** “Cantidad de materia orgánica de una especie, nivel trófico o comunidad viva por unidad de superficie o de volumen de agua” (INEGI, 1986).
- **Ciclo biogeoquímico:** “El reusó de materia orgánica entre organismos vivos y su ambiente. Toma este nombre por la importancia del rol de la química y la geología en este ciclo” (Bear et al., s.f.).
- **Cambio Climático:** “Hace referencia a una variación en el estado del clima identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus

propiedades, que persiste durante períodos prolongados, generalmente décadas o períodos más extensos” (IPCC, s.f.).

- **Característica eurihalina:** “Organismos que toleran un rango grande de concentraciones de salinidad” (Bear et al., s.f.).
- **Ciclo del agua:** “Sucesión de etapas que atraviesa el agua desde la atmósfera; evaporación a partir del suelo, mar o las aguas continentales, condensación en forma de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación” (WMO, 1992).
- **Clima:** “Síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, caracterizada por estadísticas a largo plazo (Valores medios, varianzas, probabilidades de valores extremos, etc) de los elementos meteorológicos en dicho lugar” (WMO, 1991).
- **Climatología:** “Estudio del estado físico del medio de la atmósfera y de sus variaciones estadísticas en el espacio y en el tiempo, tal como se reflejan en el comportamiento meteorológico en un periodo de muchos años” (WMO, 1991).
- **Clorofila:** “Grupo de pigmentos verdes que se encargan de captar energía lumínica para la actividad fotosintética” (Garrison, 2019).
- **Clorofila α :** “Un tipo de pigmento fotosintético encontrado en los cloroplastos de las plantas y algas” (Bear et al., s.f.).
- **Convección termohalina:** “Movimientos verticales del agua marina, producidos por cambios de temperatura y salinidad en las capas superiores. Cuando la capa superior se hace más pesada que las subyacentes provoca un desequilibrio vertical” (INEGI, 1986).
- **Datum:** “Conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre con los cuales las medidas de la posición son tomadas y un modelo asociado de la forma de la tierra (elipsoide de referencia) para definir el sistema de coordenadas geográfico” (IIEG, 2019).
- **Efemérides:** “Conjunto de datos que describen la posición de un objeto celeste en función del tiempo” (IIEG, 2019).
- **El Niño:** “Calentamiento anómalo del agua oceánica frente a las costas occidentales sudamericanas, acompañado habitualmente de fuertes lluvias en las regiones costeras de Perú y Chile” (WMO, 1992).

- **Equinoccios:** “Los dos puntos en la esfera celeste donde el ecuador celeste corta a la eclíptica; también las horas en que el Sol cruza el ecuador en estos puntos. El equinoccio vernal es el punto donde el Sol cruza el ecuador de sur a norte y ocurre alrededor del 21 de marzo. La longitud celeste se calcula hacia el este desde equinoccio vernal. El equinoccio otoñal es el punto donde el Sol cruza el ecuador de norte a sur y ocurre alrededor del 23 de septiembre” (SOHA, 1992).
- **Error cuadrático medio:** “Definido matemáticamente como la raíz cuadrada del cociente entre la suma de los cuadrados de los errores aleatorios y el número de errores menos uno, se minimiza con una solución por el método de mínimos cuadrados. Da una medida estadística de la dispersión de las posiciones calculadas en torno a la "posición mejor ajustada". A menor Error Cuadrático Medio mayor precisión" (IIEG, 2019).
- **Estación mareográfica:** “Lugar en el cual se llevan a cabo observaciones y registros periódicos de las mareas” (INEGI, 1986).
- **Fitoplancton:** “Grupo de plancton que está constituido por algas microscópicas” (Sverdrup & Kudela, 2019).
- **Infrarrojo cercano visible:** Región del espectro de luz con longitud de onda entre los 400 y 1300 nm (Savitri et al., 2021).
- **In situ:** “En el sitio, sobre el terreno” («REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española», 2023).
- **Isóbata:** “Curva para la representación cartográfica de los puntos de igual profundidad en océanos y mares, así como en lagos grandes” («REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española», 2023).
- **Litoral:** “Zona costera que se extiende mar adentro, desde el lugar donde se manifiesta la influencia del oleaje en el fondo marino hasta donde aparece un rasgo fisiográfico como un acantilado o una duna, o hasta donde hay vegetación terrestre establecida” (INEGI, 1986).
- **Mar:** “Masa de agua, generalmente poco profunda y con comunicaciones estrechas con las aguas y mares adyacentes, cuyas orillas bañan las costas del mismo continente” (INEGI, 1986).

- **Marea Astronómica:** “El ascenso y descenso del nivel de los mares y demás cuerpos que resulta principalmente de la atracción gravitacional de la luna y el sol sobre la tierra” (INEGI, 1986).
- **Marea de sizigia:** “Es la que se produce cuando la Luna, la Tierra y el Sol se encuentran alineados, con la Tierra en el medio en Luna llena y la Luna en el medio en Luna nueva. Es también llamada marea viva y está entre las mareas más altas” (Perillo & Piccolo, 2017).
- **Microondas:** “Onda electromagnética cuya longitud está comprendida en el intervalo del milímetro al metro y cuya propagación puede realizarse por el espacio y por el interior de tubos metálicos” («REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española», 2023).
- **Océano:** “Vasto cuerpo de agua salada intercomunicante que ocupa las grandes depresiones de la tierra y que circunda las tierras emergidas” (INEGI, 1986).
- **Oceanografía:** “Es la ciencia que estudia el océano, su naturaleza física, química, geológica y biológica. En sentido estricto del término, es la descripción del medio ambiente marino” (INEGI, 1986).
- **Radar:** “Método electrónico para determinar desde una estación la dirección y distancia de un objeto. La distancia se mide cronometrando el tiempo empleado por los impulsos del transmisor en recorrer la distancia de ida y vuelta al objeto lejano. El término radar deriva del inglés Radio Detection And Ranging” (WMO, 1992).
- **Pleamar:** “Momento del ciclo de la marea en que el agua del mar asciende a la máxima altura” (Perillo & Piccolo, 2017).
- **Pigmento fotosintético:** “Una molécula que absorbe luz para procesos fotosintéticos, a través del cual empieza el proceso de la fotosíntesis” (BEAR et al., s.f.).
- **Píxel:** “El elemento individual más pequeño de una imagen codificada electrónicamente (incluidos los componentes espacial y espectral) registrada por un sensor de satélite” (WMO, 1992).
- **Radiómetro:** “Instrumento que mide la intensidad de las radiaciones” («REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española», 2023).

- **Representación raster:** “Es la manera de representar a los Objetos Espaciales mediante arreglos bidimensionales regulares de valor (matriz de datos) de algún tema” (IIEG, 2019).
- **Salinidad:** Se refiere a la concentración de sal disuelta en agua, históricamente expresada en g/kg o partes por ciento, aunque también se utiliza la Unidad Práctica de Salinidad (PSU, por sus siglas en inglés).
- **Salinidad superficial del mar:** Se refiere a la concentración de sal disuelta en agua en la capa superficial del mar (NASA, s.f.).
- **Saturación del agua en el suelo:** “Se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua. En los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua drena de los poros grandes por influencia de la gravedad para ser reemplazada por aire” (Shaxson & Barber, 2005).
- **Sesgo:** “Error sistemático en el que se puede incurrir cuando al hacer muestreos o ensayos se seleccionan o favorecen unas respuestas frente a otras” («REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española», 2023).
- **Teledetección:** “Recogida y registro de datos a distancia, por oposición a las medidas realizadas en el lugar (in situ); por ejemplo, las observaciones de la atmósfera por radar y satélite” (WMO, 1992).
- **Temperatura de la superficie del agua:** “Temperatura de la capa superficial de una masa de agua (un lago, un río, un mar)” (WMO, 1992).
- **Unidad práctica de salinidad:** “La salinidad práctica de una muestra de agua de mar, se define como la razón entre la conductividad eléctrica de una muestra de K15 a una temperatura de 15 °C y a una presión normal de una atmósfera, y la conductividad eléctrica de una solución de cloruro de potasio (KCl), en la que la fracción en masa de KCl es de $32,4356 \times 10^{-5}$, a la misma temperatura y presión. El valor K15 exactamente igual a 1 corresponde, por definición, a una salinidad práctica exactamente igual a 35” (SOHA, 1992).
- **Variabilidad climática:** “Desviaciones de las estadísticas climáticas a lo largo de un período de tiempo dado (por ejemplo, un mes, estación o año determinados) respecto a estadísticas climáticas a largo plazo relacionadas con el mismo período del calendario. (En este sentido, la variabilidad climática se mide por esas desviaciones, denominadas habitualmente anomalías.)” (WMO, 1992).

- **Vientos alisios:** “Vientos persistentes sobre extensas regiones, generalmente en la atmósfera inferior, que soplan desde un anticiclón subtropical hacia las regiones ecuatoriales. Las direcciones predominantes son: del NE para los alisios del hemisferio Norte y del SE para los del hemisferio Sur.” (WMO, 1992).
- **WGS84:** “*World Geodetic System of 1984* (Sistema Geodésico Mundial de 1984). Elipsoide matemático utilizado por el sistema de posicionamiento global (GPS)” (IIEG, 2019).

6. Sitios de Monitoreo

Con el fin de monitorear diariamente las distintas variables oceanográficas de interés en la mayor parte del territorio nacional, considerando que no es posible cubrir en su totalidad cada punto costero en ambos litorales y que en la mayoría de casos la resolución espacial de la información obtenida no es lo suficientemente alta como para poder distinguir entre algunas zonas cercanas, se definieron un conjunto de coordenadas generales. Dichas coordenadas sirven como referencia para hablar de un sitio de monitoreo, también referido como sitio de interés, y a la vez, en el caso de utilizar información rasterizada permite seleccionar el píxel más cercano que cubra dicho punto de referencia (Figura 6.1).

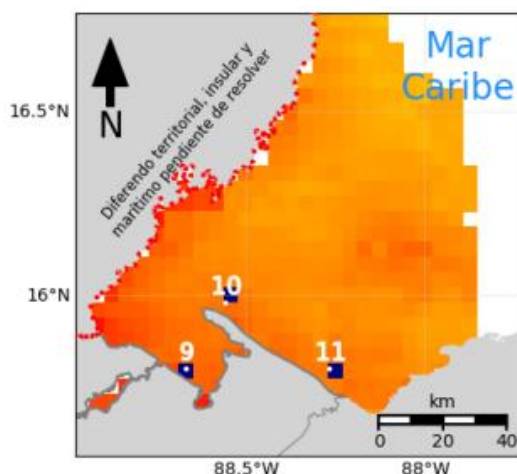


Figura 6.1: Píxeles asociados a cada sitio, según la resolución del raster utilizado

En total se han definido 11 sitios de interés, 8 para el litoral Pacífico (Figura 6.2) y 3 para el Litoral Atlántico (Figura 6.3), con una distribución equidistante. Los criterios para agregar puntos de monitoreo son: la distancia entre los puntos y su cercanía con algunas de las principales playas del país. La distancia toma importancia ya que usualmente los datos en formato rasterizado tienen una resolución finita. Es por eso que la intención de dichos puntos es que dentro de las diferentes fuentes de datos puedan diferenciarse entre sí. A continuación, se ilustra la información de los sitios de monitoreo (Cuadro 6.1).

Cuadro 6.1: Coordenadas definidas para cada sitio de interés, en donde se muestra el Departamento en donde se encuentra, el nombre del sitio de interés, la abreviatura (abr.) que se le asocia y sus coordenadas

No.	Departamento	Sitio	abr.	Latitud	Longitud
1	San Marcos	Ocós	ocs	14.5	-92.2
2	Retalhuleu	Champerico	chp	14.26	-91.89
3	Suchitepéquez	Tahuexco	thx	14.07	-91.65
4	Escuintla	Tecojate	tcj	13.97	-91.36
5	Escuintla	Sipacate	spc	13.92	-91.15
6	Escuintla	Puerto San José	psj	13.9	-90.8
7	Santa Rosa	Monterrico	mtr	13.88	-90.5
8	Santa Rosa	Las Lisas	lls	13.79	-90.27
9	Izabal	Bahía de Amatique	bha	15.8	-88.67
10	Izabal	Punta de Manabique	pum	15.98	-88.56
11	Izabal	El Quetzalito	qtz	15.8	-88.27

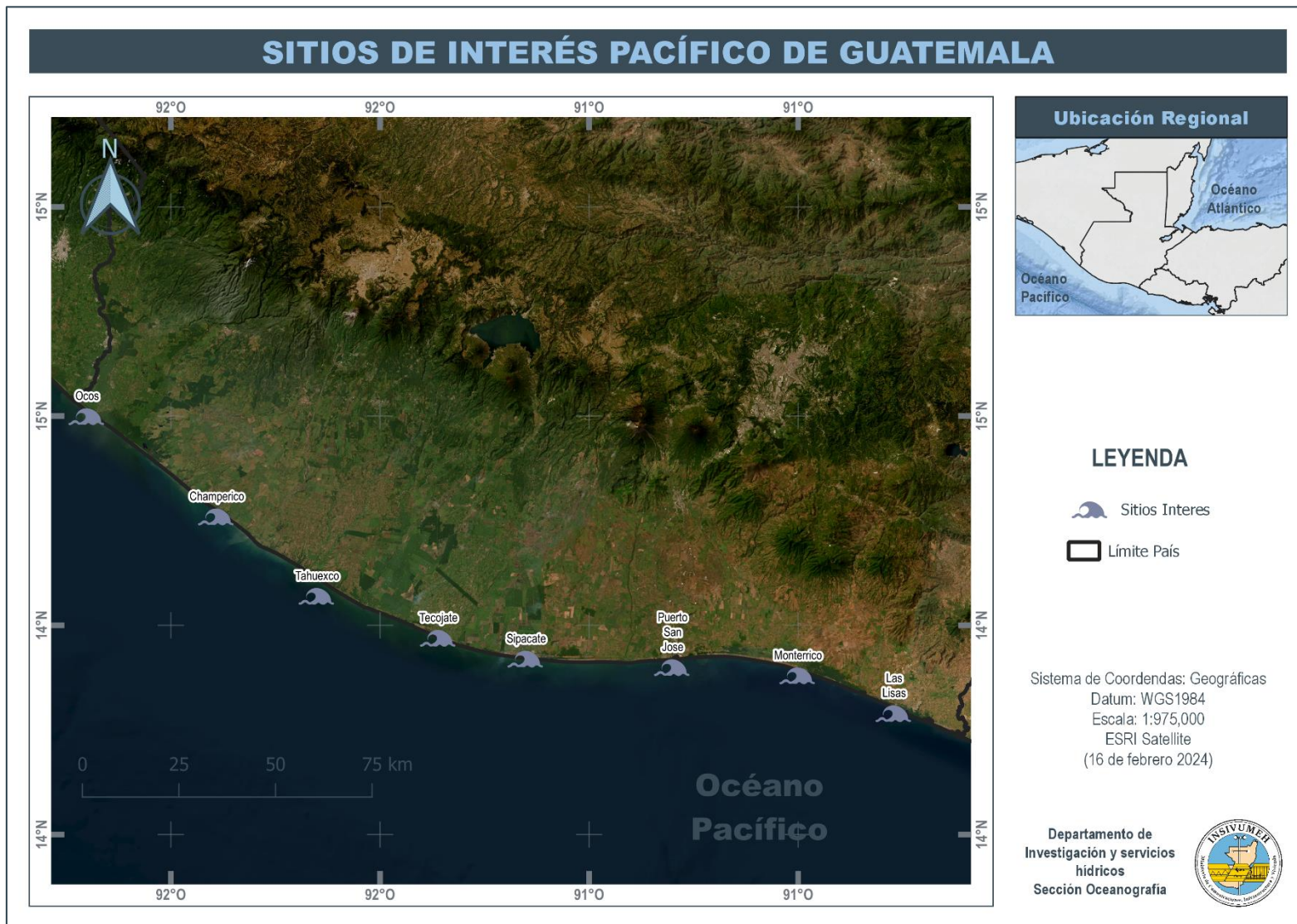


Figura 6.2: Sitios de interes en el Pacífico de Guatemala

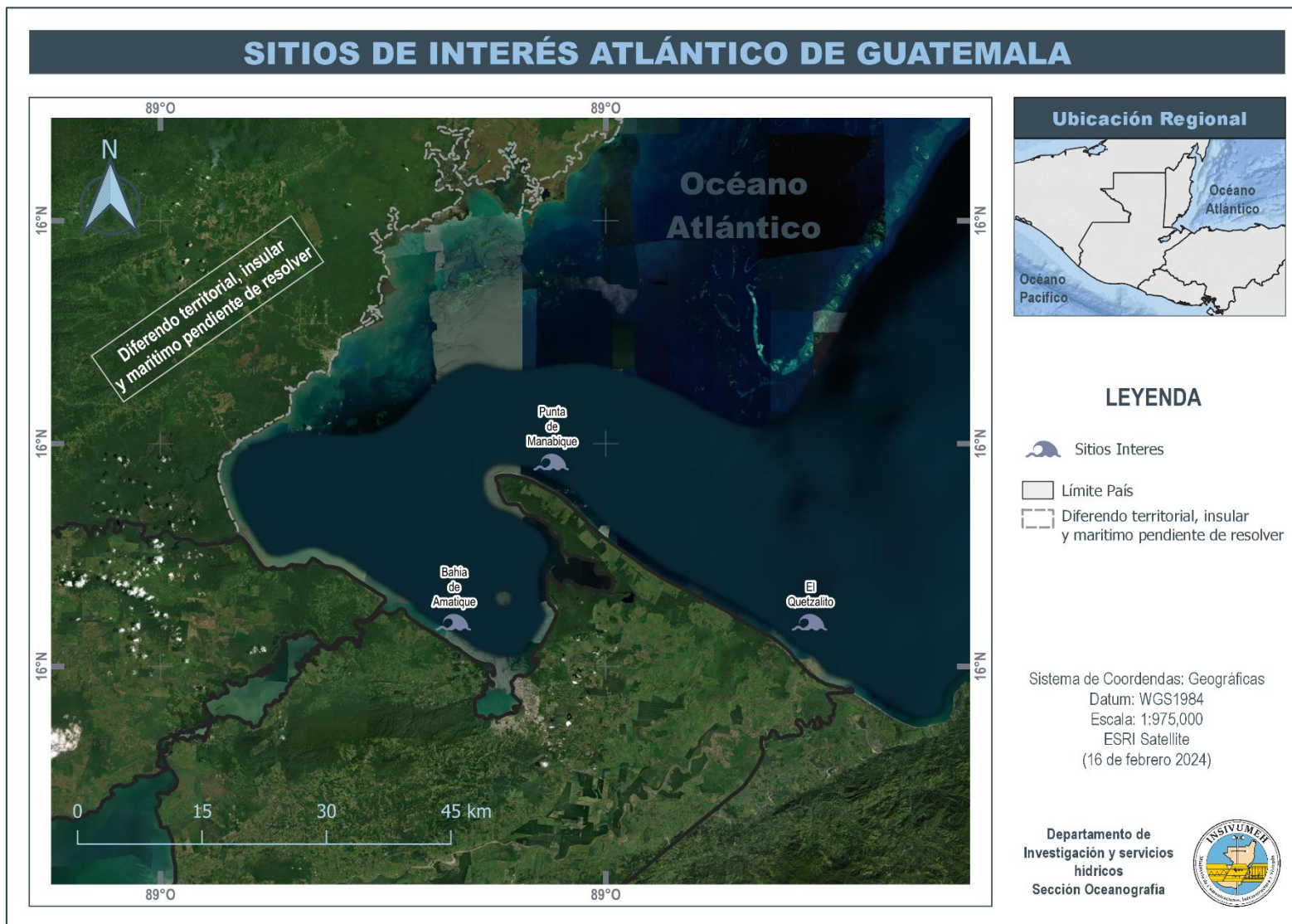


Figura 6.3: Sitios de interes en el Atlántico de Guatemala

7. Fuentes de Información

7.1. Grupo de Procesamiento de Biología Oceánica – OBPG

El Grupo de Procesamiento de Biología Oceánica (OBPG, por sus siglas en inglés) actúa como el centro de archivos para los datos de biología oceánica producidos o recopilados en el marco del Sistema de Datos e Información del Sistema de Observación de la Tierra (EOSDIS, por sus siglas en inglés). Dicho grupo se encarga de recopilar, procesar, calibrar y validar los datos obtenidos de misiones operativas de teledetección por medio de satélites desde 1996 (Bailey, s.f.-b).

Dentro de las herramientas que provee el OBPG para acceder a los datos, se encuentra el “Navegador de datos de nivel-3” (Bailey, s.f.-a), desde el cual se puede descargar datos de diversos satélites y variables oceanográficas de interés.

A continuación, se brinda una breve descripción de los cuatro satélites de los cuales se descargan datos de temperatura superficial del mar y concentración de clorofila-a utilizando el Navegador de datos de nivel 3 desde la plataforma Ocean Color de la OBPG.

7.1.1. Terra

Terra es un satélite conocido originalmente como EOS-AM 1 que fue lanzado en diciembre de 1999 y cuenta con 5 sensores para observar la Tierra. Dentro de estos sensores se encuentra un Espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS, por sus siglas en inglés). MODIS fue diseñado para obtener imágenes atmosféricas, terrestres y oceánicas con un mismo instrumento («Modis Components», s.f.).

De los productos de nivel 3 (L3) disponibles a partir de los datos registrados por Terra, se utiliza la temperatura superficial del mar y concentración de clorofila a, obteniendo de esta última los siguientes valores estadísticos de la validación de los datos registrados del satélite, contra los medidos *in situ*, realizado por el OBPG (Cuadro 7.1).

Cuadro 7.1: Validación de mediciones satelitales contra datos *in situ* para Clorofila- α del satélite Terra, mostrando el nombre del dato analizado (Producto), el número de muestras (#), el valor de R^2 entre los valores calculados con los datos satelitales y los datos *in situ* (R^2), el valor de la Raíz Cuadrática Media del Error (RMSE), el rango de datos calculados (Rango Terra) y el rango de datos medidos (Rango *in situ*) (Bailey, 2014).

Producto	#	R^2	RMSE	Rango Terra	Rango <i>in situ</i>
chlor_a	1167	0.75432	0.33462	0.03276 - 135.68965	0.000100 - 50.84000

Se considera importante mencionar que en el año 2018 se hizo una recalibración (Bailey, 2014) y hay datos de validación más actualizados, para dicha validación no se encuentran los valores de clorofila- α .

7.1.2. Aqua

Aqua, también conocido como EOS-PM 1, es un satélite que fue lanzado en mayo de 2002 y cuenta con 6 sensores para recopilar información sobre el ciclo del agua en la Tierra. Este a su vez también es capaz de medir otras variables como la cubierta vegetal terrestre, el fitoplancton y la materia orgánica disuelta en los océanos («Aqua earth-observing satellite mission», s.f.). Dentro de los instrumentos equipados en Aqua se encuentra un sensor MODIS, similar al instalado en Terra. Ambos cuentan con 36 bandas espectrales, de las cuales desde la 8 hasta la 16 son específicamente para color del océano, fitoplancton y biogeoquímica (Frazier, s.f.).

Aqua ha estado orbitando por más de 20 años y ya superó su vida útil. En enero de 2022 comenzó a estar a la deriva, pero se espera que el satélite continúe en operaciones al menos hasta el año 2027 cuando comiencen las labores de desmantelamiento («AquaStatus aqua.nasa.gov», s.f.). Su estado actual es completamente operativo y sin problemas actuales en los sistemas. A continuación, se presentan los valores estadísticos de la validación de los datos registrados del satélite Aqua, contra los medidos *in situ*, realizados por el OBPG (Cuadro 7.2).

Cuadro 7.2: Validación de mediciones satelitales contra datos *in situ* para Clorofila- α del satélite Aqua, mostrando el nombre del dato analizado (Producto), el número de muestras (#), el valor de R^2 entre los valores calculados con los datos satelitales y los datos *in situ* (R^2), el valor de la Raíz Cuadrática Media del Error (RMSE), el rango de datos calculados (Rango Terra) y el rango de datos medidos (Rango *in situ*) (Bailey, 2014).

Producto	#	Sesgo medio	Error Absoluto medio	Rango Aqua	Rango <i>in situ</i>
chlor_a	1347	1.16723	1.68849	0.02107 – 58.28675	0.01900 – 58.09900

7.1.3. Suomi NPP

El Suomi National Polar-orbiting Partnership (SNPP) es un satélite meteorológico que fue lanzado en octubre de 2011. Fue diseñado para dar continuidad a las misiones anteriores del Sistema de Observación de la Tierra (EOS, por sus siglas en inglés) y como prototipo para el Sistema Conjunto de Satélites Polares (JPSS, por sus siglas en inglés) («Suomi NPP (National Polar-orbiting Partnership)», s.f.). El satélite cuenta con 5 sensores para vigilar información del medio ambiente y del clima del planeta, dentro de los cuales está el conjunto de radiómetros de imágenes infrarojas/visibles (VIIRS, por sus siglas en inglés). Su estado actual es completamente operacional y sin problemas actuales en los sistemas. Su vida útil ha sido extendida hasta 2026.

De los productos de nivel 3 (L3) disponibles a partir de los datos registrados por SNPP, se utiliza la temperatura superficial del mar y concentración de clorofila-a. De esta última, se tienen los siguientes valores estadísticos de la validación de los datos registrados del satélite, contra los medidos *in situ*, realizado por el OBPG (Cuadro 7.3).

Cuadro 7.3: Validación de mediciones satelitales contra datos *in situ* para Clorofila-a del Satélite SNPP, mostrando el nombre del dato analizado (Producto), el número de muestras (#), el valor del Sesgo medio entre los valores calculados con los datos satelitales y los datos *in situ* (Sesgo medio), el valor del Error Absoluto medio (Error Absoluto medio), el rango de datos calculados (Rango SNPP) y el rango de datos medidos (Rango *in situ*) («VIIRS-SNPP Ocean Color Reprocessing 2022.0», 2022).

Producto	#	Sesgo medio	Error Absoluto medio	Rango SNPP	Rango <i>in situ</i>
chlor_a	322	1.24363	1.58734	0.02731 – 87.18279	0.01900 – 58.09900

7.1.4. NOAA 20

NOAA 20 es un satélite conocido originalmente como JPSS-1 y que cambió su nombre después de ser lanzado en noviembre de 2017. Forma parte del JPSS y cuenta con la misma órbita que SNPP, pero con una separación temporal de 50 minutos. En conjunto, VIIRS observa la superficie terrestre dos veces por día, cruzando el ecuador aproximadamente 14 veces por día por cada satélite. («VIIRS Overview», s.f.). Cuenta con 22 bandas espectrales que varían entre el infrarrojo cercano visible (VNIR, por sus siglas en inglés) y el infrarrojo térmico (TIR, por sus siglas en inglés). Su estado actual es completamente operacional y sin problemas actuales en los sistemas. De los productos de nivel 3 (L3) disponibles a partir de los datos registrados por SNPP, se utiliza el producto de Concentración de Clorofila- α .

7.2. Coral Reef Watch

El sistema de Vigilancia de Arrecifes de Coral (CRW, por sus siglas en inglés) es un conjunto de productos diseñados para monitorear y evaluar el riesgo de blanqueamiento de corales. Dicho sistema brinda información sobre Temperatura Superficial del Mar (TSM), Anomalía de la TSM, puntos calientes de blanqueo de coral, grados de calentamiento semanales y áreas de alerta de blanqueamiento. Actualmente se encuentra en su versión v3.1 (publicada en agosto de 2018) la cual al contar con una climatología mejorada permite tener una resolución de 5 km por píxel y con registros desde 1985 hasta la actualidad (Watch, s.f.).

De CRW se extraen datos de TSM y de la anomalía de la TSM. A continuación, se describe brevemente la metodología de reanálisis de ambas variables.

7.2.1. Temperatura Superficial del Mar

Los datos de TSM, denominados CoralTemp por el CRW, se obtienen a partir de la combinación de tres conjuntos de datos satelitales de nivel 4 (Earth Science Data Systems, 2016): 1) “SST and Sea Ice Reanalysis” de la oficina meteorológica del Reino Unido, con datos de enero de 1985 a noviembre de 2002; 2) “Geo-Polar Blended SST reanalysis” de la NOAA con datos de noviembre 2002 a octubre 2016; y 3) “Geo-Polar Blended SST” (Harris et al., 2017) de la NOAA con datos de octubre de 2016 a la actualidad.

Los valores de CoralTemp proporcionan una medida de la temperatura nocturna del océano en la superficie del mar a 0.2 metros de profundidad (Watch, s.f.). Esto se debe a que durante la noche, las temperaturas del agua y cerca de la superficie son verticalmente uniformes y con ello se evitan los efectos del calentamiento diurno y la contaminación en los datos por el resplandor solar (Watch, s.f.).

7.2.2. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar

Para determinar la normal climática, con la cual comparar y determinar una anomalía, CRW utiliza los datos diarios globales de los años 1985 a 2012 de CoralTemp v3.1. Para cada año, se calculan las doce medias mensuales por píxel, y con las 336 medias obtenidas en total se calcula una climatología mensual por píxel, capturando así la variabilidad interanual de la TSM (Heron et al., 2014).

Partiendo de esta climatología de CRW, se puede calcular el valor diario de la Anomalía de la temperatura superficial del mar mediante la siguiente ecuación:

$$ATSM = TSM - DC \quad (1)$$

Donde ATSM es el valor para la Anomalía, TSM es el valor para el día del cálculo y DC es la climatología diaria correspondiente para el día del cálculo derivada de la media mensual (MM). Dicho valor se asigna al día 15 del mes correspondiente y los días comprendidos entre esas fechas se obtienen mediante una interpolación lineal. Cabe aclarar que las anomalías son menos fiables en latitudes altas, donde las nubes son más persistentes y por lo tanto se cuenta con menor cantidad de datos disponibles.

Los valores de anomalía muy pequeños (± 0.2 °C) se consideran como climatológicamente normales, ya que, por la precisión y exactitud de los instrumentos satelitales pueden presentarse ciertas variaciones (Watch, s.f.).

7.3. NOAA Coastwatch program

El programa de vigilancia costera de la NOAA (NOAA Coastwatch Program), es una plataforma diseñada para brindar fácil acceso a datos satelitales para aplicarlos en temas oceánicos, costeros y de aguas interiores en beneficio de la sociedad («NOAA Coastwatch Program», s.f.). Busca ser una interfaz de datos satelitales e *in situ* globales y regionales, para el uso de personas interesadas, investigadores, meteorólogos y tomadores de decisiones de la NOAA y externos.

Dentro de las herramientas que provee para la búsqueda de datos se encuentra el Portal de datos CoastWatch (CoastWatch, 2018). Este es un portal que permite visualizar distintas capas de diversas variables oceanográficas que pueden desactivarse en el panel de “Capas de datos Coastwatch” y también puede fijarse la fecha de visualización. Los datos disponibles en el portal pueden descargarse como conjuntos de datos o también en formato NetCDF.

7.3.1. SMAP

La misión Humedad del Suelo Activo Pasivo (SMAP, por sus siglas en inglés) fue diseñada para comprender de mejor forma el agua terrestre, midiendo la saturación del agua en el suelo por su importancia en el ciclo del agua sobre la Tierra. Fue lanzada en enero de 2015 y sus instrumentos comenzaron con observaciones en abril del mismo año. El satélite está compuesto por dos instrumentos, un radar de banda L (activo) y un radiómetro de banda L (pasivo). Ambos instrumentos comparten una misma bocina de alimentación y un reflector de malla.

Aunque su diseño original era para medir humedad, su radiómetro también permite medir la Salinidad Superficial del Mar (SSM) con un ancho de barrido de 25 km (Fore et al., 2019). De los productos de nivel 3 (L3) disponibles a partir de los datos registrados por el programa SMAP, se utiliza el producto de Salinidad Superficial del Mar.

7.3.2. SMOS

La misión Humedad del Suelo y Salinidad del Océano (SMOS, por sus siglas en inglés) es una misión diseñada para realizar observaciones globales de la variabilidad de la humedad del suelo y de la salinidad superficial del mar con el fin de monitorear el ciclo del agua en la Tierra. El satélite fue lanzado en noviembre de 2009 y estaba diseñado como una misión de cinco años. Dicho satélite cuenta con un Radiómetro de Imágenes de Microondas mediante Síntesis de Apertura (MIRAS, por sus siglas en inglés).

De los productos de nivel 3 (L3) disponibles a partir de los datos registrados por el programa SMAP, se utiliza el producto de Salinidad Superficial del Mar –SSM-. Los datos de SSM tienen una precisión de 0.5 – 1.5 PSU (Unidades Prácticas de Salinidad) para una sola observación y de 0.1 PSU para una media de 10-30 días para un área de océano abierto de 200 x 200 km («SMOS Overview - Mission Background», s.f.).

7.4. Estaciones Mareográficas

Actualmente INSIVUMEH cuenta con tres estaciones mareográficas ubicadas en Izabal, Escuintla y Retalhuleu (Cuadro 7.4).

La estación cuenta con un sensor OTT RLS, un sensor de radar de no contacto, con tecnología de pulso, el cual mide el promedio del nivel del mar a cada minuto. Se encuentra conectado a un registrador de datos OTT netDL que registra los datos, y los transmite a través de un transmisor de satélite OTT HDR 1200. Después de transmitidos, los datos son almacenados en la página del Sea Level Station Monitoring Facility («Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) (2023): Sea level station monitoring facility», 2023), y posteriormente descargados para su procesamiento.

Cuadro 7.4: Información de las estaciones mareográficas propiedad de INSIVUMEH.

No.	Departamento	Sitio	Latitud	Longitud	En operación
1	Izabal	Comando Naval del Caribe	15.6946	-88.6220	Diciembre – 2014
2	Escuintla	Comando Naval del Pacifico	13.9222	-90.8010	Junio – 2023
3	Retalhuleu	Empresa Portuaria Nacional de Champerico	14.2966	-91.9157	Marzo – 2024

7.5. Efemérides

La información de las efemérides lunares se realiza con base en el paquete “suncalc” para acceder a dicho paquete se utiliza el lenguaje de programación “R” (Thieurmél & Elmarhraoui, 2023). Dicho paquete proporciona información sobre la posición y fase del sol, así como posición y fases lunares, partiendo de las ecuaciones descritas en la página “[Astronomy Answers](#)”.

Para obtener información de fase lunar y fracción de iluminación se utiliza la función “getMoonIllumination”, la cual clasifica según el valor de fase del día actual asignando entre 0.0 a 1.0 (Cuadro 7.4).

Cuadro 7.4: Clasificación de fases lunares, mostrando el nombre de la Fase Lunar y el valor asignado por la función “getMoonIllumination” (Benoit Thieurmél, 2022).

Fase Lunar		Valor
Luna Nueva		0.00
Cuarto Creciente		0.25
Luna Llena		0.5
Cuarto Menguante		0.75

Según el valor que se calcula con la librería “suncalc” se retorna el nombre de la fase para cada fecha. Con la función “GetMoonTimes”, luego de fijar la Latitud y Longitud deseada, se extrae la información de la hora de puesta y salida con los parámetros “set” y “rise”. Por defecto, estos buscarán la información respecto a la hora local del usuario y es dada en UTC+0. Para la obtención de datos se utilizó la versión de <suncalc> “0.5.1” (Thieurmél & Elmarhraoui, 2023).

7.6. Carta Batimétrica General de los Océanos – GEBCO

La Carta Batimétrica General de los Océanos es una organización sin fines de lucro que funciona bajo los auspicios de la Organización Hidrográfica Internacional (IHO, por sus siglas en inglés) y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (IOC, por sus siglas en inglés). El objetivo del GEBCO es proporcionar la información más fiable de batimetría y que esté disponible para todo público (GEBCO, 2020).

Lanzado en abril 2023, el grid “GEBCO_2023” es un modelo global del terreno para el océano y para la superficie terrestre en una cuadrícula de 15 segundos de arco, consta de 43200 filas x 86400 columnas, dando 3.732.480.000 puntos de datos. Los valores de los datos se encuentran registrados en el centro de los píxeles, eso quiere decir que se refieren a elevaciones (en metros) en el centro de las celdas de la cuadrícula (GEBCO, 2023).

Los valores de GEBCO son relativos al sistema WGS84 y se obtienen mediante la aplicación de algoritmos e interpolaciones de conjuntos de datos procedentes de varios repositorios internacionales y nacionales e iniciativas cartográficas regionales. Por lo anterior, debe considerarse que los datos del GEBCO_2023 pueden llegar a diferir de mediciones locales más precisas.

7.7. Centro de predicción de Clima – CPC

El Centro de Predicción del Clima (CPC, por sus siglas en inglés), es un servicio climático de los Estados Unidos cuya misión es brindar productos e información en tiempo real para predecir y describir las variaciones climáticas que permitan aumentar la resiliencia de la sociedad al clima. Fue fundado en 1986 por la NOAA y es conocida por sus pronósticos para Estados Unidos en las condiciones de “El Niño” y “La Niña” en el Pacífico tropical, los cuales pone a disposición de los usuarios del sector público, industria privada y la comunidad internacional (NOAA, 2001b).

Dentro de los productos que ofrece, está el monitoreo de episodios fríos y calientes por temporada (NOAA, 2001a), donde se muestra el registro histórico del Índice Oceánico del Niño (ONI, por sus siglas en inglés). Esta información se actualiza automáticamente el primer jueves de cada mes, por lo que los valores del ONI pueden cambiar hasta dos meses después de que se publique el valor inicial (NOAA, 2001a),

8. Batimetría

8.1. Aspectos generales

La batimetría se refiere al “Estudio de las profundidades oceánicas mediante el trazado de mapas de isóbatas, así como de la distribución de animales y vegetales marinos en sus zonas isobáticas.” («REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española», 2023). El término isóbatas dentro de esta definición se refiere a la “Curva para la representación cartográfica de los puntos de igual profundidad en océanos y mares, así como en lagos grandes.” («REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española», 2023) (Figura 8.1).

La importancia de realizar estudios batimétricos, conocer la profundidad y la forma del fondo marino radica en que de esta dependen diversos procesos físicos y nos pueden ayudar a comprender de mejor manera la circulación oceánica, las mareas, la previsión de tsunamis, los recursos pesqueros, el transporte de sedimentos, etc. (GEBCO, 2020).

Dentro de los términos de uso del GEBCO_2023 (GEBCO 2023), se indica:

- La información de **GEBCO NO** debe usarse para la navegación ni para ningún otro propósito que impliquen la seguridad en el mar
- La cuadrícula de GEBCO se basa en datos batimétricos de muchas fuentes diferentes de calidad y cobertura variables.
- No se puede asumir ninguna responsabilidad aceptada por GEBCO, IHO, COI, o por quienes participen en su creación o publicación cualquier pérdida, lesión o daño consecuente que surja de su uso o para determinar la idoneidad de la rejilla GEBCO para cualquier uso particular.
- Como la información de GEBCO es un producto de información creado por interpolación de medidas de datos, la resolución de la cuadrícula del GEBCO puede ser significativamente diferente a la de la resolución de los datos medidos subyacentes.

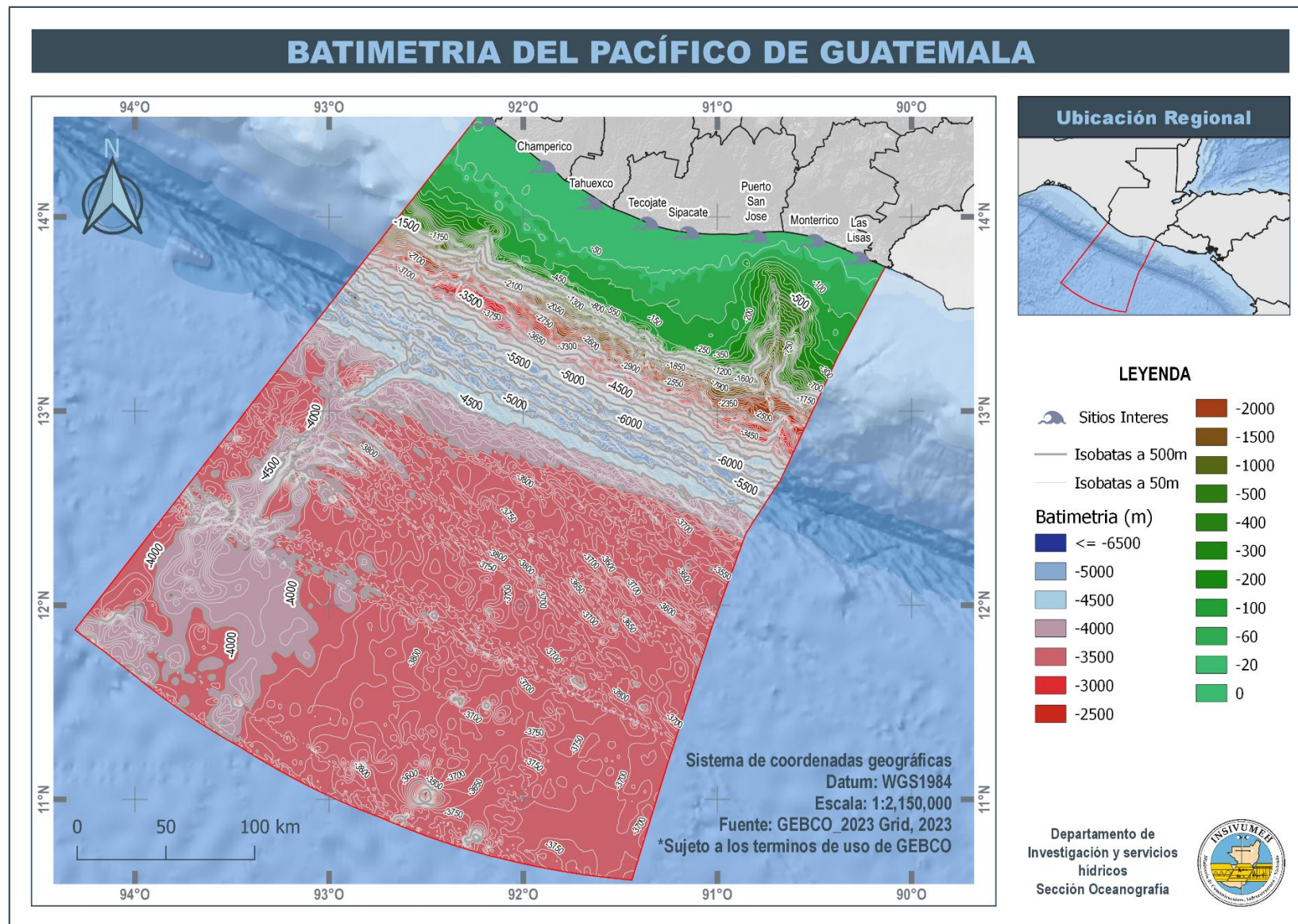


Figura 8.1: Mapa batimétrico del Pacífico guatemalteco

9. Concentración de Clorofila- a en el mar

9.1. Aspectos generales

La clorofila-a es un pigmento fotosintético que se encuentra dentro de las algas microscópicas, y su función consiste en captar la energía lumínica que posteriormente será transformada en energía química (Walsham et al., 2022). El monitoreo de las concentraciones de clorofila-a en el mar a través de sensores remotos, se utiliza para tener un indicador de la biomasa de fitoplancton. A los incrementos abruptos en las poblaciones de microalgas en un período de tiempo corto se les conoce como florecimientos algales, los cuales ocurren de forma natural en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, existen algunos grupos de microalgas que además de generar oxígeno, producen metabolitos secundarios (Caruana & Amzil, 2018) que de ser consumidos por los humanos pueden causar intoxicaciones. Estos grupos de microalgas provocan florecimientos algales nocivos (FAN), que representan un riesgo para la salud del ser humano, así como de los ecosistemas (REMARCO, s.f.). En los últimos años, alrededor de las aguas costeras se ha notado un aumento en la frecuencia de estos eventos (Grattan et al., 2016), por lo que es de gran relevancia el monitoreo de esta variable oceanográfica.

9.2. Registros

A continuación, se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO) junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO) de clorofila α captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI-NPP y NOAA20 para los 11 puntos de interés.

Cuadro 9.1. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para Ocós.

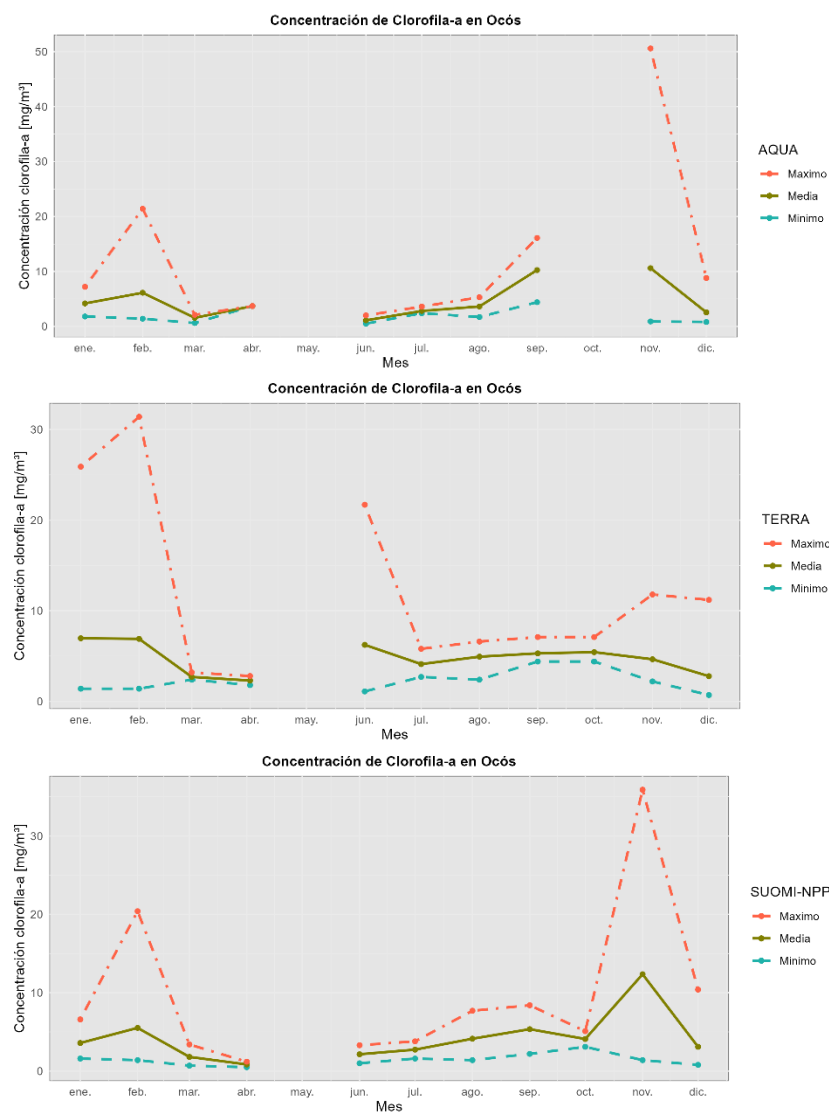
Latitud: 14.520831N.

Longitud: -87.770836 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.18	1.80	22	7.20	31
Febrero	6.12	1.40	5	21.40	2
Marzo	1.55	0.60	5	2.10	8
Abril	3.70	3.70	13	3.70	13
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	--	--	--	--	--
Julio	2.80	2.40	16	3.60	26
Agosto	3.63	1.70	17	5.30	20
Septiembre	10.25	4.40	25	16.10	10
Octubre	--	--	--	--	--
Noviembre	10.60	0.90	31	50.60	22
Diciembre	2.55	0.80	3	8.80	18

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	6.97	1.40	22	25.90	21
Febrero	6.90	1.40	16	31.40	21
Marzo	2.70	2.40	7	3.20	17
Abril	2.30	1.80	10	2.80	25
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	6.24	1.10	16	21.70	25
Julio	4.11	2.70	18	5.80	25
Agosto	4.93	2.40	13	6.60	17
Septiembre	5.30	4.40	11	7.10	5
Octubre	5.43	4.40	25	7.10	31
Noviembre	4.65	2.20	4	11.80	11
Diciembre	2.78	0.70	4	11.20	26

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.59	1.60	30	6.60	22
Febrero	5.52	1.40	4	20.40	2
Marzo	1.81	0.70	5	3.40	17
Abril	0.85	0.50	24	1.20	27
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	2.15	1.00	31	3.30	8
Julio	2.74	1.60	21	3.80	15
Agosto	4.13	1.40	21	7.70	19
Septiembre	5.35	2.20	7	8.40	30
Octubre	4.10	3.10	10	5.10	26
Noviembre	12.36	1.40	30	35.90	25
Diciembre	3.10	0.80	3	10.40	18



NOAA 20, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.88	1.70	17	10.70	21
Febrero	4.85	2.10	5	12.50	2
Marzo	1.98	0.90	3	4.00	17
Abril	3.25	0.60	24	5.90	13
Mayo	2.00	2.00	4	2.00	4
Junio	2.37	1.00	16	3.40	26
Julio	3.72	2.50	21	6.50	31
Agosto	3.40	2.60	21	4.10	21
Septiembre	6.00	3.50	22	9.60	3
Octubre	4.86	2.50	16	7.40	22
Noviembre	6.91	1.50	3	41.20	22
Diciembre	2.59	0.80	3	5.20	26

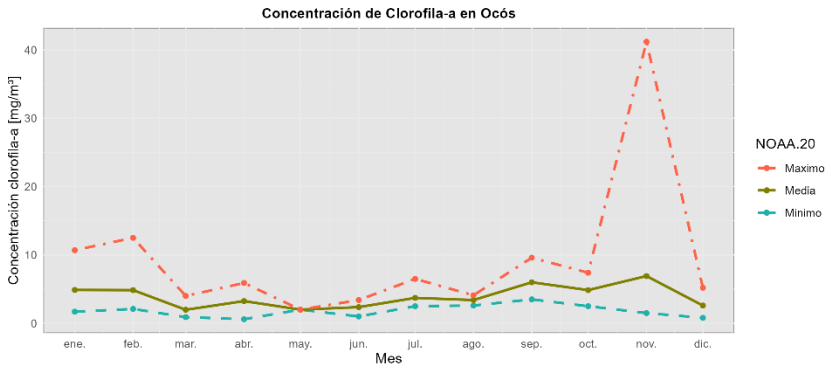


Figura 9.1: Tendencia de la clorofila α en Ocos, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades *mg/m³*

Cuadro 9.2. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para Champerico.

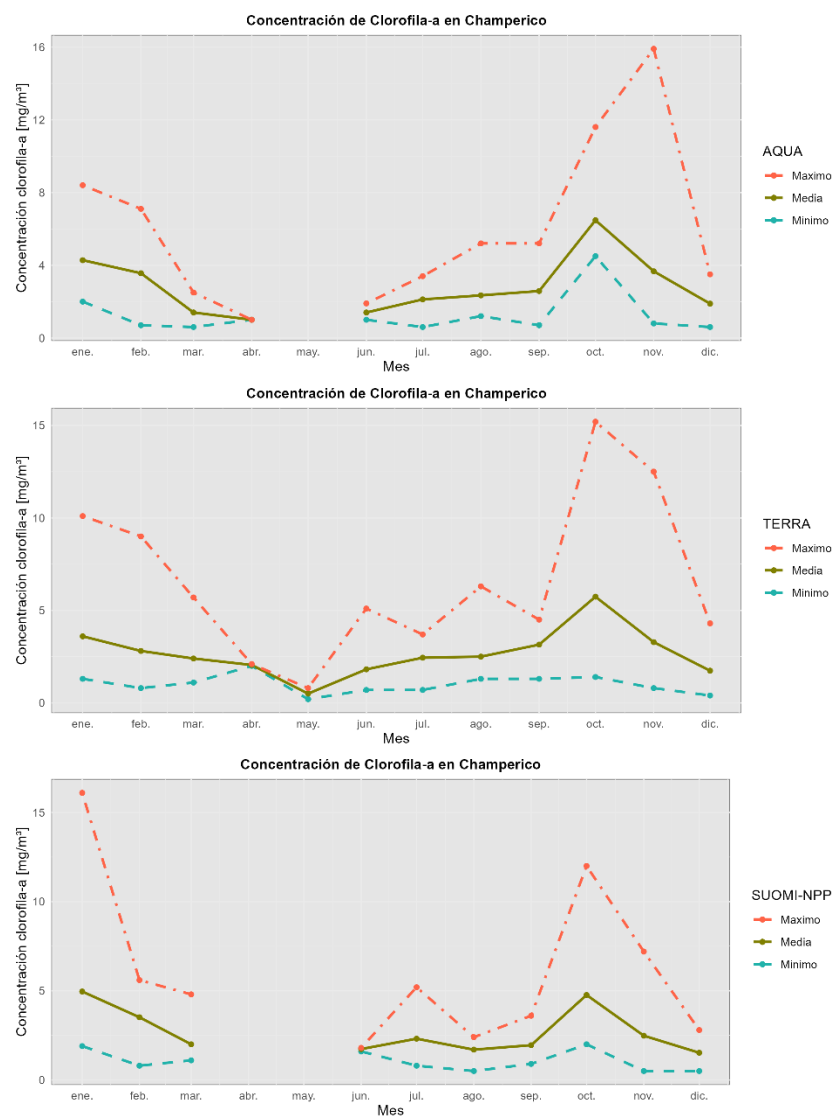
Latitud: 14.270831 N.

Longitud: -88.062503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.28	2.00	17	8.40	31
Febrero	3.56	0.70	18	7.10	31
Marzo	1.40	0.60	13	2.50	31
Abril	1.00	1.00	13	1.00	13
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	1.40	1.00	15	1.90	31
Julio	2.12	0.60	18	3.40	26
Agosto	2.34	1.20	8	5.20	20
Septiembre	2.58	0.70	15	5.20	10
Octubre	6.48	4.50	22	11.60	11
Noviembre	3.67	0.80	27	15.90	4
Diciembre	1.89	0.60	2	3.50	25

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.60	1.30	17	10.10	21
Febrero	2.81	0.80	18	9.00	21
Marzo	2.40	1.10	8	5.70	19
Abril	2.05	2.00	25	2.10	10
Mayo	0.50	0.20	4	0.80	3
Junio	1.81	0.70	22	5.10	25
Julio	2.44	0.70	19	3.70	25
Agosto	2.50	1.30	20	6.30	22
Septiembre	3.15	1.30	15	4.50	5
Octubre	5.74	1.40	10	15.20	31
Noviembre	3.29	0.80	27	12.50	21
Diciembre	1.74	0.40	5	4.30	11

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.96	1.90	16	16.10	21
Febrero	3.52	0.80	17	5.60	30
Marzo	2.00	1.10	5	4.80	20
Abril	--	--	--	--	--
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	1.73	1.60	24	1.80	31
Julio	2.31	0.80	21	5.20	13
Agosto	1.70	0.50	19	2.40	21
Septiembre	1.95	0.90	16	3.60	22
Octubre	4.77	2.00	26	12.00	22
Noviembre	2.48	0.50	30	7.20	8
Diciembre	1.53	0.50	21	2.80	12



NOAA 20, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.62	1.30	17	8.20	24
Febrero	2.96	0.80	4	9.30	21
Marzo	1.80	0.90	12	3.70	17
Abril	1.55	1.00	24	2.10	13
Mayo	0.50	0.40	3	0.60	4
Junio	1.40	0.60	24	2.30	27
Julio	1.80	0.70	19	3.30	26
Agosto	1.54	0.50	19	2.80	21
Septiembre	2.31	1.00	15	3.80	19
Octubre	4.54	1.70	17	14.10	20
Noviembre	2.08	0.50	30	4.00	11
Diciembre	1.54	0.60	2	2.80	11

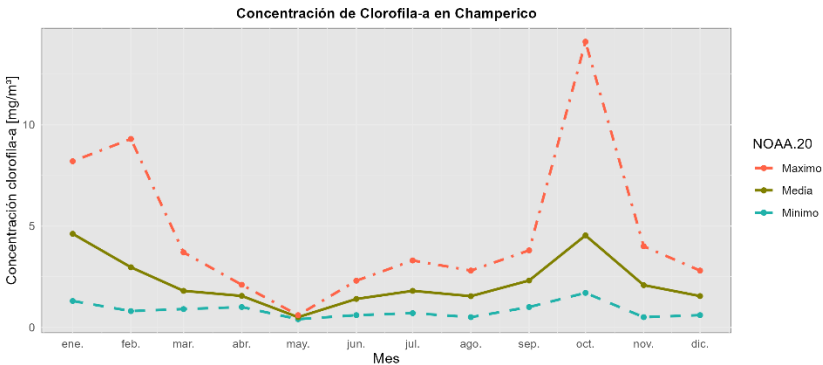


Figura 9.2: Tendencia de la clorofila α en Champerico, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades mg/m^3

Cuadro 9.3. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para Tahuexco.

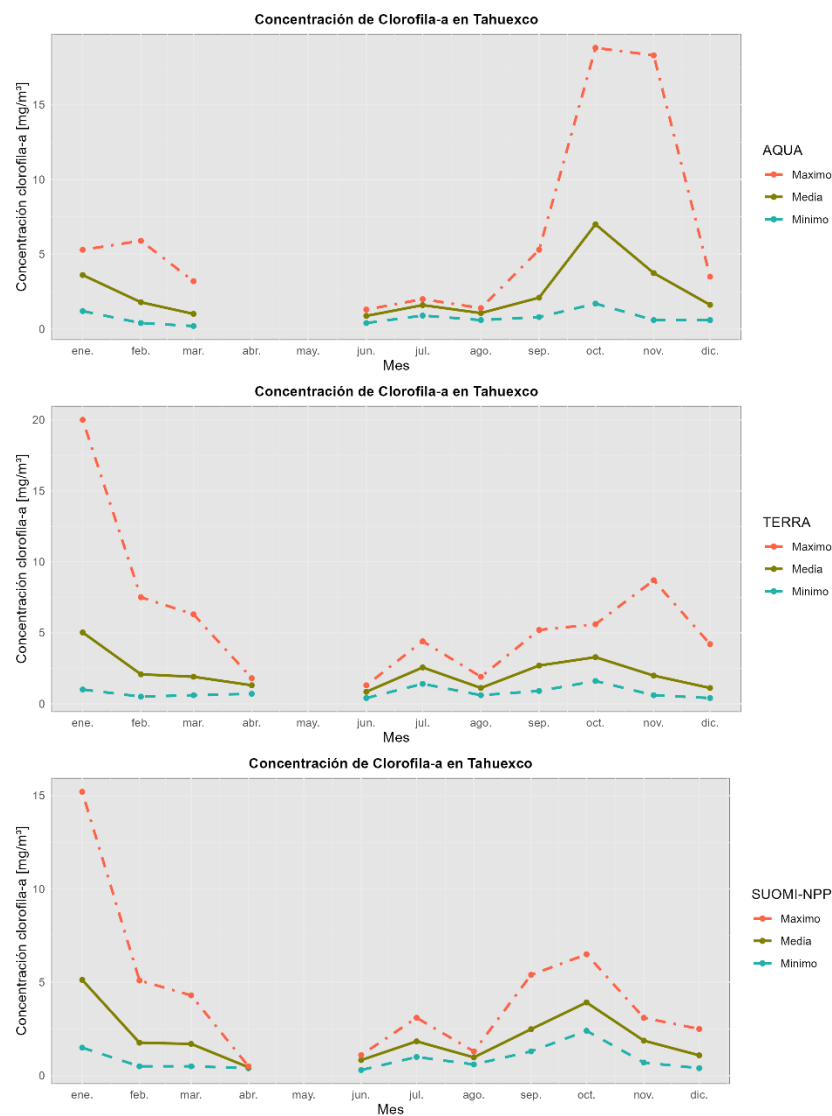
Latitud: 14.062498 N.

Longitud: -88.312503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.61	1.20	17	5.30	30
Febrero	1.79	0.40	25	5.90	21
Marzo	1.01	0.20	11	3.20	17
Abril	--	--	--	--	--
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.88	0.40	15	1.30	27
Julio	1.60	0.90	21	2.00	3
Agosto	1.07	0.60	17	1.40	20
Septiembre	2.10	0.80	17	5.30	10
Octubre	7.00	1.70	2	18.80	11
Noviembre	3.74	0.60	27	18.30	4
Diciembre	1.62	0.60	18	3.50	25

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	5.02	1.00	17	20.00	16
Febrero	2.07	0.50	25	7.50	17
Marzo	1.90	0.60	12	6.30	19
Abril	1.30	0.70	26	1.80	10
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.84	0.40	16	1.30	25
Julio	2.56	1.40	19	4.40	25
Agosto	1.11	0.60	24	1.90	15
Septiembre	2.69	0.90	16	5.20	30
Octubre	3.28	1.60	15	5.60	21
Noviembre	1.98	0.60	27	8.70	21
Diciembre	1.11	0.40	19	4.20	11

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	5.13	1.50	17	15.20	21
Febrero	1.77	0.50	4	5.10	21
Marzo	1.70	0.50	12	4.30	19
Abril	0.45	0.40	16	0.50	5
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.83	0.30	15	1.10	27
Julio	1.84	1.00	20	3.10	31
Agosto	0.98	0.60	30	1.30	19
Septiembre	2.49	1.30	26	5.40	3
Octubre	3.92	2.40	26	6.50	3
Noviembre	1.88	0.70	27	3.10	8
Diciembre	1.09	0.40	21	2.50	22



NOAA 20, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.14	0.90	17	11.10	24
Febrero	2.35	0.60	25	10.30	21
Marzo	1.96	0.50	12	4.90	17
Abril	1.27	0.90	25	1.70	13
Mayo	0.40	0.40	4	0.40	4
Junio	0.74	0.30	15	1.00	27
Julio	1.71	0.40	22	2.80	15
Agosto	1.19	0.90	25	1.80	21
Septiembre	2.42	1.40	15	4.30	19
Octubre	4.23	1.70	7	5.30	11
Noviembre	1.84	0.50	27	6.00	31
Diciembre	1.12	0.30	2	2.70	11

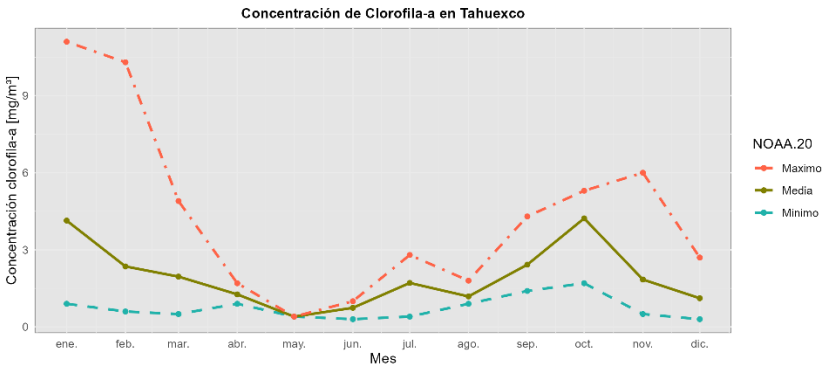


Figura 9.3: Tendencia de la clorofila α en Tahuexco, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades mg/m^3

Cuadro 9.4. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para Tecojate.

Latitud: 13.979164 N.

Longitud: -88.604169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	10.80	4.20	24	28.40	30
Febrero	6.13	1.50	5	9.40	15
Marzo	1.67	0.70	8	2.70	31
Abril	--	--	--	--	--
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	1.80	0.40	15	3.20	24
Julio	2.75	1.80	13	3.70	18
Agosto	3.60	2.90	10	4.50	19
Septiembre	6.07	2.90	19	10.30	10
Octubre	5.27	3.60	15	6.40	20
Noviembre	3.64	1.80	11	5.50	3
Diciembre	4.08	1.50	15	7.90	3
TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	5.90	2.40	24	9.50	31
Febrero	5.59	2.60	31	16.20	15
Marzo	2.67	1.90	7	3.50	17
Abril	1.70	1.70	25	1.70	25
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	1.78	0.60	26	3.10	25
Julio	3.55	1.60	13	5.70	19
Agosto	4.38	1.30	13	14.40	17
Septiembre	5.96	2.90	11	12.70	5
Octubre	5.30	3.40	12	7.20	21
Noviembre	3.20	1.10	12	6.30	11
Diciembre	2.92	1.00	18	6.60	19
SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.45	3.70	25	17.80	22
Febrero	5.82	1.30	30	13.40	15
Marzo	1.53	0.80	11	3.20	20
Abril	--	--	--	--	--
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	2.03	0.70	31	3.20	27
Julio	4.63	2.20	19	8.70	31
Agosto	2.30	1.10	30	4.20	19
Septiembre	3.93	2.00	10	7.00	30
Octubre	4.60	4.00	20	4.90	19
Noviembre	4.75	1.70	11	8.20	25
Diciembre	2.89	0.70	18	5.30	12



NOAA 20, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.44	2.90	25	13.60	31
Febrero	7.98	1.60	5	18.80	15
Marzo	2.80	1.00	12	6.80	17
Abril	1.20	1.20	25	1.20	25
Mayo	1.80	1.80	4	1.80	4
Junio	2.25	1.90	27	2.60	16
Julio	4.05	1.60	8	6.90	31
Agosto	2.25	1.40	30	3.00	21
Septiembre	3.65	2.50	15	5.00	9
Octubre	6.97	4.70	17	9.40	7
Noviembre	3.61	1.90	8	7.60	30
Diciembre	3.30	0.60	19	7.80	7

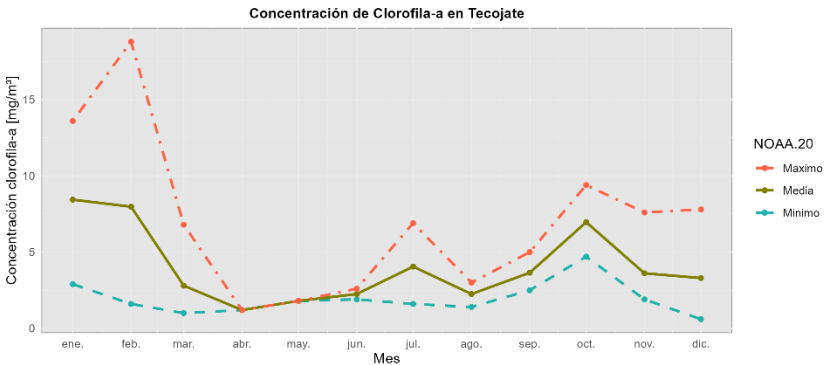


Figura 9.4: Tendencia de la clorofila α en Tecojate, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades mg/m^3

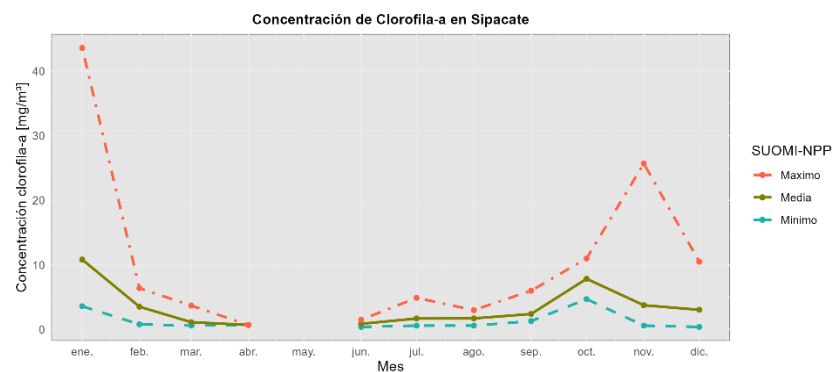
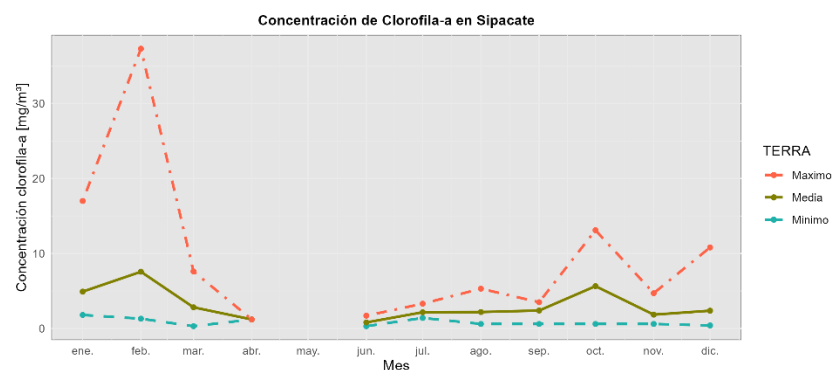
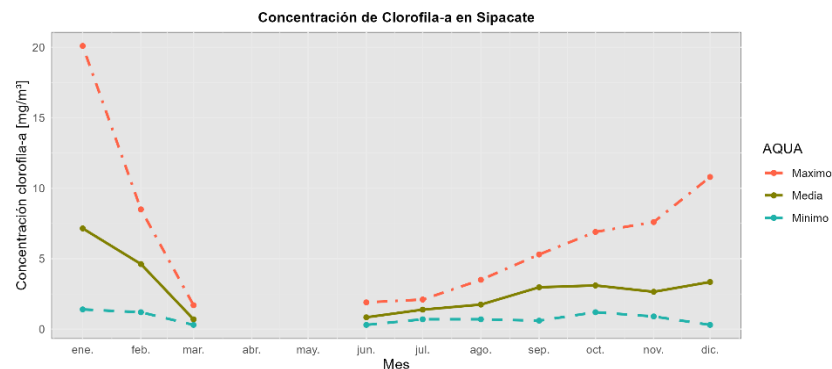
Cuadro 9.5. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para Sipacate.

Latitud: 13.895831 N. **Longitud:** -88.812503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.15	1.40	16	20.10	20
Febrero	4.62	1.20	2	8.50	25
Marzo	0.70	0.30	5	1.70	31
Abril	--	--	--	--	--
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.84	0.30	27	1.90	11
Julio	1.38	0.70	22	2.10	3
Agosto	1.74	0.70	15	3.50	22
Septiembre	2.97	0.60	15	5.30	3
Octubre	3.10	1.20	15	6.90	20
Noviembre	2.65	0.90	13	7.60	27
Diciembre	3.35	0.30	18	10.80	19

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.91	1.80	17	17.00	21
Febrero	7.56	1.30	16	37.30	17
Marzo	2.82	0.30	8	7.60	19
Abril	1.20	1.20	25	1.20	25
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.80	0.30	27	1.70	16
Julio	2.16	1.40	8	3.30	25
Agosto	2.19	0.60	20	5.30	17
Septiembre	2.39	0.60	16	3.50	20
Octubre	5.64	0.60	15	13.10	21
Noviembre	1.84	0.60	10	4.70	5
Diciembre	2.37	0.40	18	10.80	3

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	10.83	3.60	17	43.60	21
Febrero	3.53	0.80	8	6.40	25
Marzo	1.14	0.60	5	3.70	17
Abril	0.70	0.70	16	0.70	16
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.88	0.40	27	1.50	12
Julio	1.70	0.60	11	4.90	31
Agosto	1.72	0.60	15	3.00	27
Septiembre	2.40	1.30	30	6.00	3
Octubre	7.85	4.70	20	11.00	19
Noviembre	3.76	0.60	9	25.70	25
Diciembre	3.05	0.40	16	10.50	5



NOAA 20, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	6.08	1.70	15	10.20	19
Febrero	4.61	0.60	8	12.10	15
Marzo	1.63	0.40	9	5.90	17
Abril	0.95	0.80	25	1.10	24
Mayo	2.80	2.80	4	2.80	4
Junio	1.13	0.50	26	2.50	16
Julio	1.65	0.60	22	4.60	31
Agosto	1.54	0.50	21	2.70	30
Septiembre	2.78	0.70	26	9.90	3
Octubre	2.70	0.90	16	4.60	22
Noviembre	2.31	0.50	9	7.20	27
Diciembre	3.07	0.50	16	11.70	7

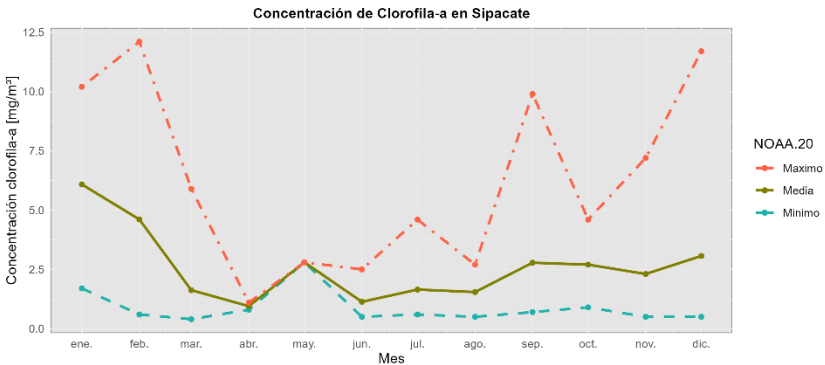


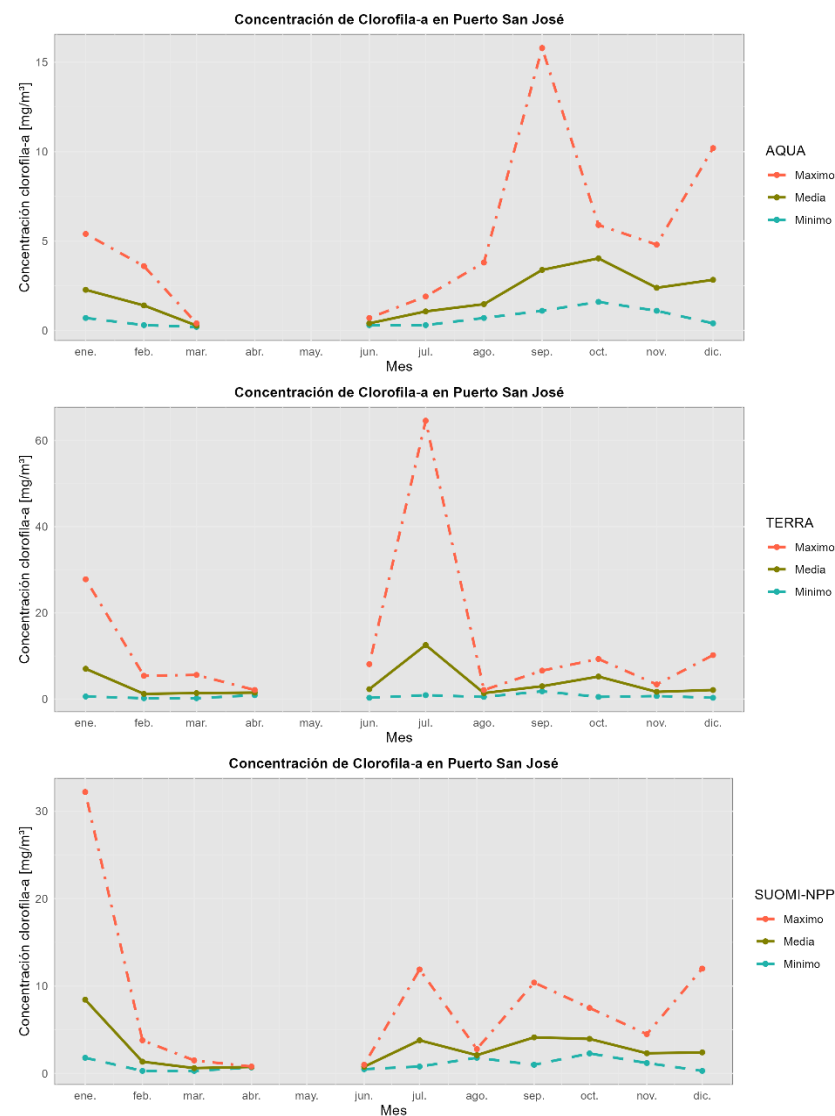
Figura 9.5: Tendencia de la clorofila α en Sipacate, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades mg/m^3

Cuadro 9.6. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para Puerto San José.

Latitud: 13.895831 N.

Longitud: -89.187503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.28	0.70	31	5.40	26
Febrero	1.40	0.30	31	3.60	21
Marzo	0.28	0.20	5	0.40	17
Abril	--	--	--	--	--
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.40	0.30	15	0.70	11
Julio	1.07	0.30	12	1.90	13
Agosto	1.47	0.70	20	3.80	19
Septiembre	3.39	1.10	22	15.80	10
Octubre	4.03	1.60	15	5.90	2
Noviembre	2.39	1.10	22	4.80	27
Diciembre	2.83	0.40	24	10.20	19
TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.03	0.60	17	27.80	16
Febrero	1.21	0.20	20	5.40	21
Marzo	1.38	0.20	8	5.60	19
Abril	1.50	0.90	25	2.10	10
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	2.30	0.30	22	8.10	12
Julio	12.55	0.90	8	64.60	12
Agosto	1.39	0.50	8	2.10	24
Septiembre	2.98	1.80	16	6.60	20
Octubre	5.22	0.50	15	9.30	7
Noviembre	1.68	0.70	4	3.40	11
Diciembre	2.10	0.30	27	10.20	11
SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	8.45	1.80	17	32.20	21
Febrero	1.35	0.30	8	3.80	21
Marzo	0.62	0.30	5	1.50	11
Abril	0.75	0.70	16	0.80	25
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.78	0.50	27	1.00	25
Julio	3.80	0.80	15	11.90	18
Agosto	2.10	1.80	3	2.80	19
Septiembre	4.14	1.00	3	10.40	20
Octubre	3.96	2.30	11	7.50	26
Noviembre	2.32	1.20	17	4.50	25
Diciembre	2.42	0.30	26	12.00	12



NOAA 20, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINIMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.76	0.80	31	8.40	27
Febrero	2.45	0.40	30	19.50	21
Marzo	0.60	0.40	4	1.00	17
Abril	0.80	0.80	25	0.80	25
Mayo	1.40	1.40	4	1.40	4
Junio	0.78	0.40	24	1.40	11
Julio	1.59	0.80	15	3.20	2
Agosto	1.25	0.70	25	1.90	21
Septiembre	2.96	1.00	3	6.70	9
Octubre	3.85	3.10	11	4.60	17
Noviembre	2.67	0.80	22	9.70	11
Diciembre	2.14	0.40	25	9.50	17

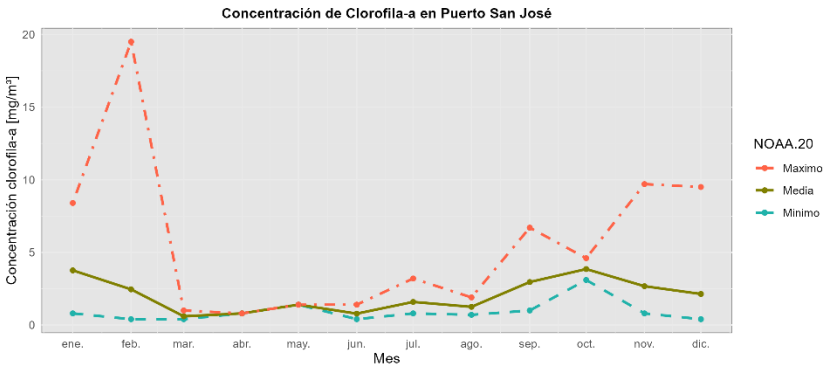


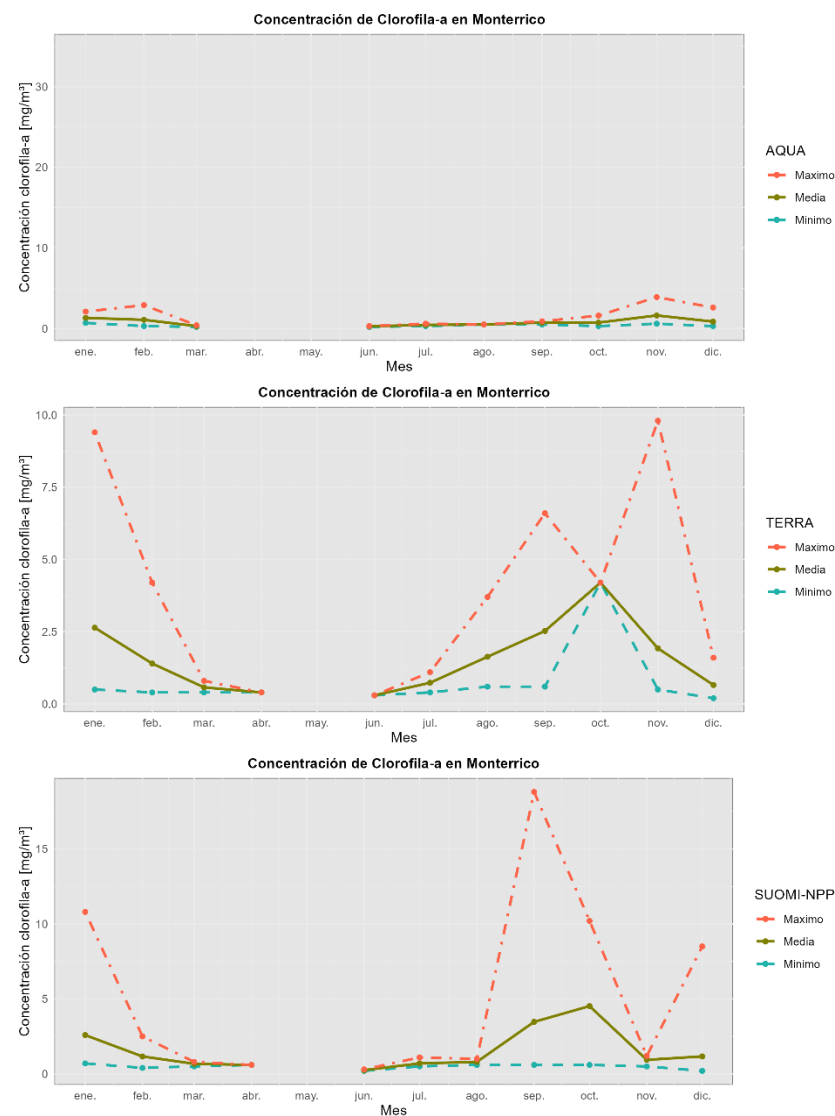
Figura 9.6: Tendencia de la clorofila α en Puerto San José, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades mg/m^3

Cuadro 9.7. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para Monterrico.

Latitud: 13.895831 N.

Longitud: -89.479169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.32	0.70	21	2.10	31
Febrero	1.08	0.30	31	2.90	17
Marzo	0.30	0.20	8	0.40	17
Abril	--	--	--	--	--
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.27	0.20	24	0.30	15
Julio	0.45	0.30	26	0.60	8
Agosto	0.50	0.50	19	0.50	19
Septiembre	0.73	0.50	27	0.90	19
Octubre	0.73	0.30	15	1.60	10
Noviembre	1.62	0.60	21	3.90	31
Diciembre	0.86	0.30	30	2.60	15
TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.64	0.50	22	9.40	21
Febrero	1.40	0.40	31	4.20	17
Marzo	0.58	0.40	9	0.80	7
Abril	0.40	0.40	25	0.40	25
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.30	0.30	16	0.30	16
Julio	0.73	0.40	25	1.10	22
Agosto	1.63	0.60	15	3.70	17
Septiembre	2.53	0.60	30	6.60	9
Octubre	4.20	4.20	21	4.20	21
Noviembre	1.93	0.50	7	9.80	21
Diciembre	0.66	0.20	4	1.60	16
SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.59	0.70	22	10.80	27
Febrero	1.16	0.40	7	2.50	19
Marzo	0.68	0.50	7	0.80	15
Abril	0.60	0.60	16	0.60	16
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.25	0.20	24	0.30	25
Julio	0.70	0.50	31	1.10	21
Agosto	0.80	0.60	21	1.00	13
Septiembre	3.47	0.60	7	18.80	10
Octubre	4.52	0.60	9	10.20	26
Noviembre	0.94	0.50	25	1.20	21
Diciembre	1.17	0.20	7	8.50	16



NOAA 20, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.37	0.70	21	2.50	27
Febrero	1.06	0.50	30	2.40	19
Marzo	0.72	0.60	7	1.00	17
Abril	0.40	0.40	25	0.40	25
Mayo	0.30	0.30	10	0.30	10
Junio	0.30	0.30	27	0.30	27
Julio	0.63	0.40	15	1.00	21
Agosto	1.00	0.60	17	1.70	18
Septiembre	2.86	0.60	27	13.30	9
Octubre	1.05	0.70	20	1.40	11
Noviembre	0.99	0.60	20	2.10	31
Diciembre	0.79	0.20	25	3.10	16

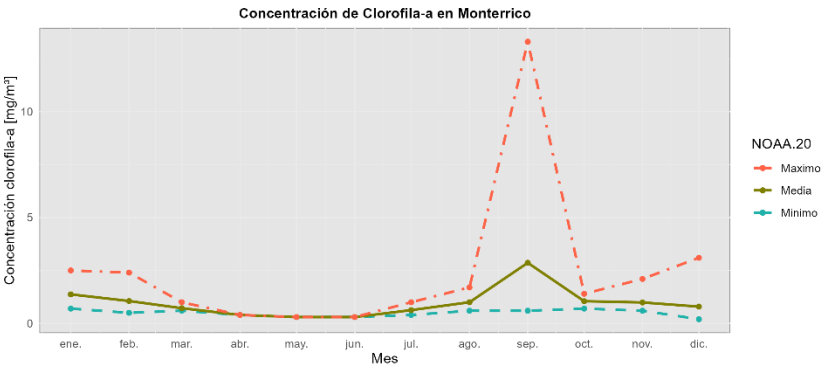


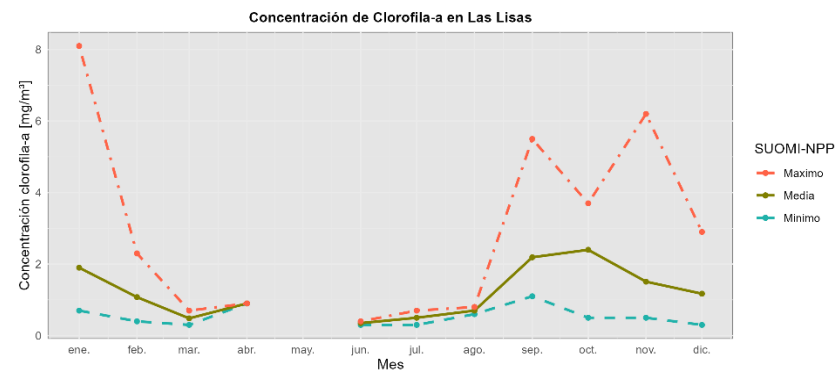
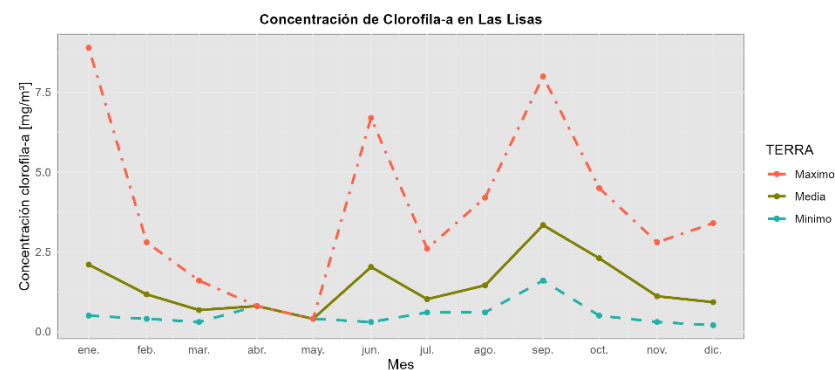
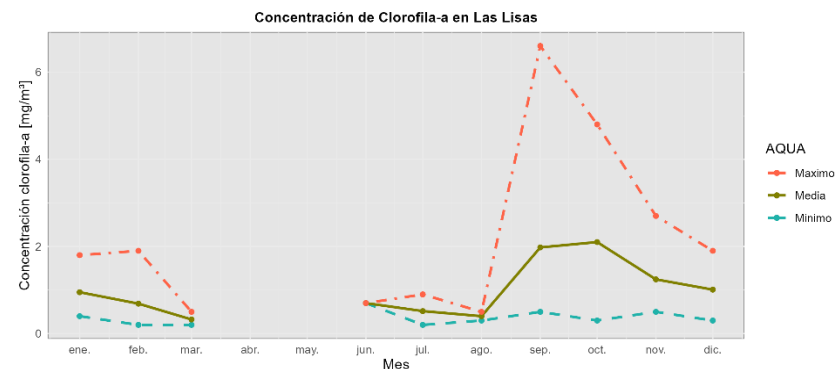
Figura 9.7: Tendencia de la clorofila α en Monterrico, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades mg/m^3

Cuadro 9.8. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para Las Lisas.

Latitud: 13.770831 N.

Longitud: -89.729169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.95	0.40	22	1.80	19
Febrero	0.69	0.20	25	1.90	19
Marzo	0.33	0.20	13	0.50	17
Abril	--	--	--	--	--
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.70	0.70	15	0.70	15
Julio	0.52	0.20	19	0.90	26
Agosto	0.40	0.30	22	0.50	20
Septiembre	1.98	0.50	17	6.60	10
Octubre	2.10	0.30	8	4.80	26
Noviembre	1.24	0.50	31	2.70	11
Diciembre	1.01	0.30	21	1.90	30
TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.10	0.50	31	8.90	16
Febrero	1.17	0.40	16	2.80	24
Marzo	0.68	0.30	2	1.60	18
Abril	0.80	0.80	25	0.80	25
Mayo	0.40	0.40	18	0.40	18
Junio	2.03	0.30	25	6.70	12
Julio	1.02	0.60	22	2.60	25
Agosto	1.45	0.60	15	4.20	17
Septiembre	3.34	1.60	16	8.00	8
Octubre	2.30	0.50	8	4.50	31
Noviembre	1.11	0.30	4	2.80	21
Diciembre	0.92	0.20	4	3.40	30
SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.90	0.70	20	8.10	16
Febrero	1.08	0.40	5	2.30	26
Marzo	0.48	0.30	12	0.70	17
Abril	0.90	0.90	25	0.90	25
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.35	0.30	8	0.40	27
Julio	0.50	0.30	22	0.70	8
Agosto	0.70	0.60	7	0.80	17
Septiembre	2.19	1.10	17	5.50	10
Octubre	2.40	0.50	10	3.70	19
Noviembre	1.51	0.50	3	6.20	25
Diciembre	1.17	0.30	3	2.90	26



NOAA 20, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.31	0.80	22	2.50	19
Febrero	1.30	0.40	5	3.10	26
Marzo	0.53	0.30	12	1.00	17
Abril	0.90	0.90	25	0.90	25
Mayo	0.25	0.20	4	0.30	10
Junio	0.64	0.40	26	1.20	16
Julio	0.50	0.40	15	0.60	8
Agosto	0.77	0.40	22	1.20	13
Septiembre	1.94	0.80	19	3.60	10
Octubre	0.90	0.30	11	1.50	26
Noviembre	1.08	0.30	18	3.00	11
Diciembre	0.84	0.20	17	2.90	7

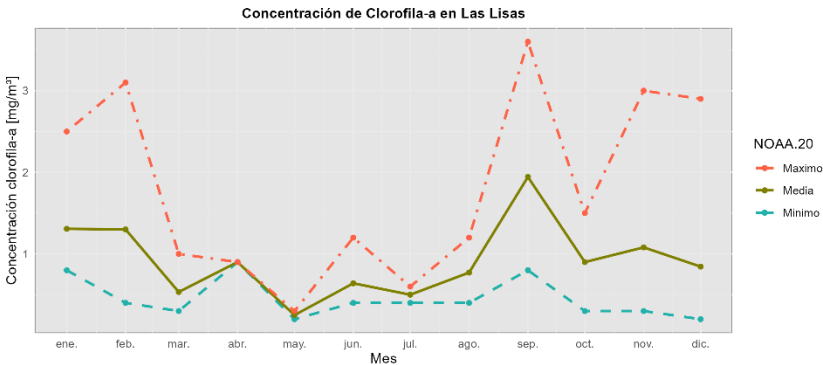


Figura 9.8: Tendencia de la clorofila α en Las Lisas, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades mg/m^3

Cuadro 9.9. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para Bahía de Amatique.

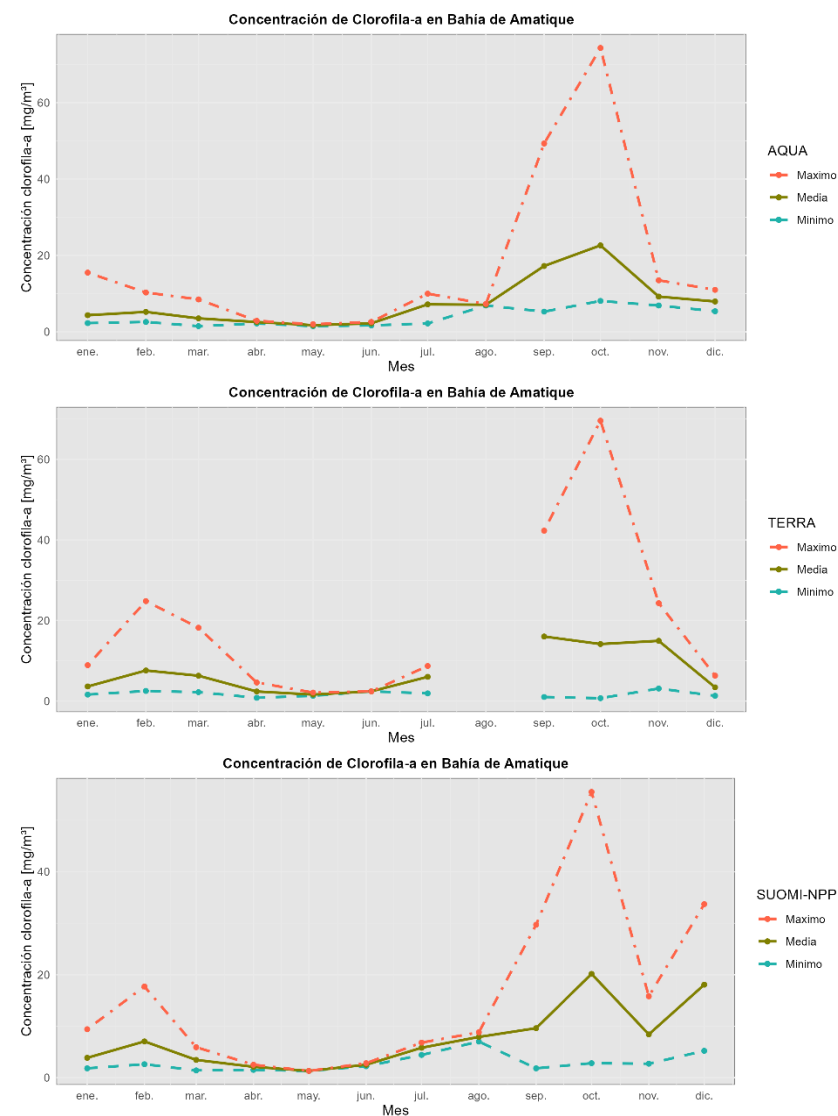
Latitud: 15.812498 N.

Longitud: -91.312503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.36	2.30	30	15.50	22
Febrero	5.23	2.60	20	10.30	2
Marzo	3.54	1.50	24	8.50	30
Abril	2.58	2.20	15	2.90	22
Mayo	1.75	1.50	5	2.00	4
Junio	2.23	1.70	15	2.60	25
Julio	7.20	2.20	20	10.00	7
Agosto	7.10	6.90	23	7.30	24
Septiembre	17.24	5.30	10	49.30	3
Octubre	22.63	8.10	24	74.30	27
Noviembre	9.23	6.90	23	13.50	4
Diciembre	7.95	5.40	24	11.00	15

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.61	1.60	22	8.90	16
Febrero	7.58	2.50	15	24.80	4
Marzo	6.28	2.20	9	18.20	30
Abril	2.37	0.80	25	4.60	26
Mayo	1.60	1.30	2	2.10	10
Junio	2.40	2.40	24	2.40	24
Julio	6.00	1.90	17	8.70	24
Agosto	--	--	--	--	--
Septiembre	16.02	1.00	13	42.30	22
Octubre	14.15	0.70	24	69.60	23
Noviembre	14.94	3.10	13	24.30	10
Diciembre	3.40	1.30	21	6.30	16

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.84	1.80	31	9.40	22
Febrero	7.03	2.60	22	17.70	4
Marzo	3.44	1.40	2	5.90	11
Abril	2.10	1.50	26	2.50	16
Mayo	1.30	1.30	31	1.30	31
Junio	2.50	2.20	24	2.80	10
Julio	5.80	4.40	24	6.80	7
Agosto	7.90	7.00	5	8.80	2
Septiembre	9.60	1.80	18	29.70	18
Octubre	20.15	2.80	3	55.50	24
Noviembre	8.40	2.70	30	15.80	4
Diciembre	18.06	5.20	19	33.70	12



NOAA 20, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.51	2.00	27	9.30	19
Febrero	4.29	2.40	15	6.60	2
Marzo	4.15	2.40	3	8.60	17
Abril	2.43	2.00	16	3.10	24
Mayo	1.80	1.20	4	2.40	3
Junio	1.68	0.90	20	2.10	10
Julio	9.95	3.40	21	28.60	23
Agosto	14.88	3.80	20	25.70	12
Septiembre	5.73	2.70	21	8.30	10
Octubre	7.27	3.30	11	13.10	22
Noviembre	8.09	2.70	8	15.60	19
Diciembre	9.81	1.60	18	21.30	4

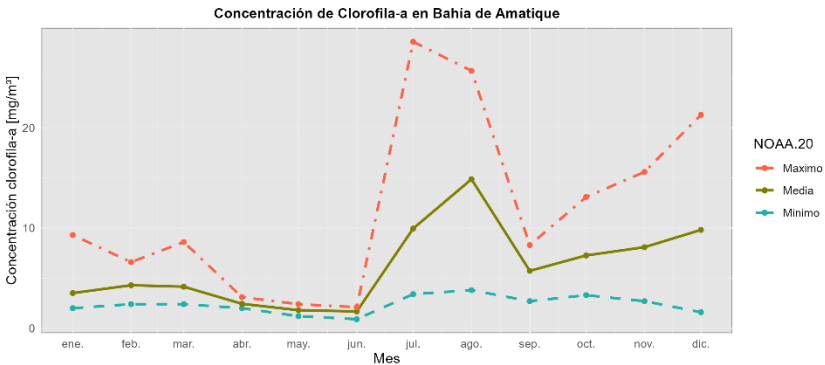


Figura 9.9: Tendencia de la clorofila α en Bahía de Amatique, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades mg/m^3

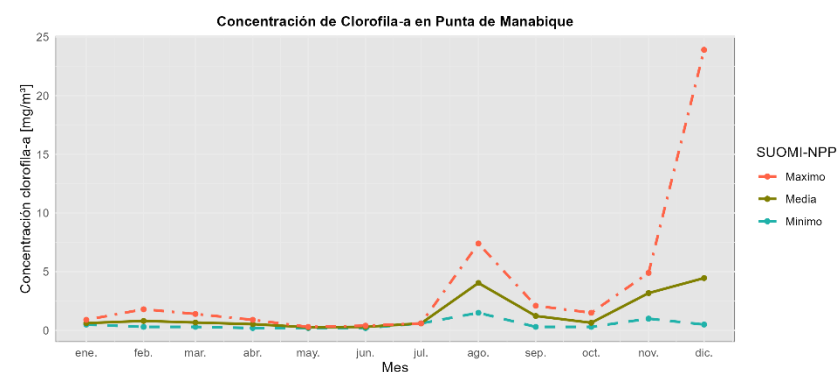
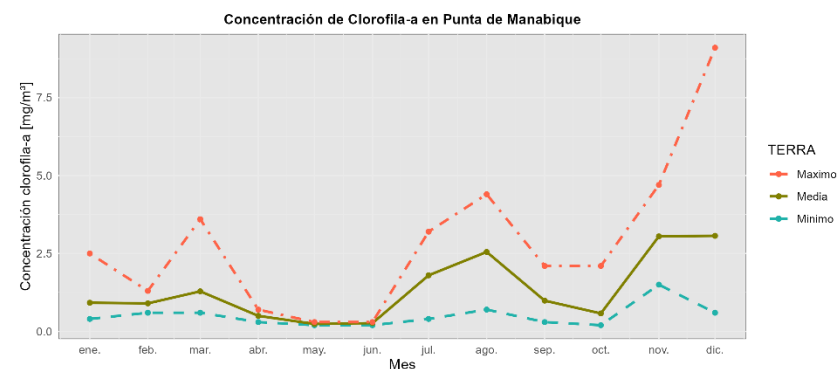
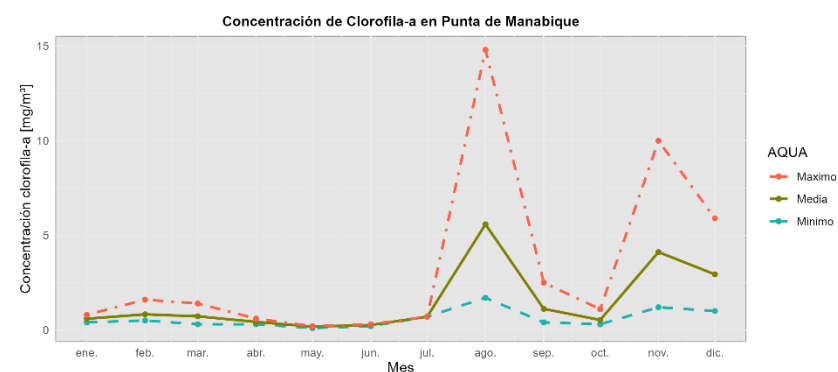
Cuadro 9.10. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para Punta de Manabique.

Latitud: 16.020832 N. **Longitud:** -91.437503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.59	0.40	22	0.80	16
Febrero	0.83	0.50	27	1.60	2
Marzo	0.72	0.30	2	1.40	8
Abril	0.43	0.30	27	0.60	15
Mayo	0.18	0.10	12	0.20	4
Junio	0.26	0.20	15	0.30	25
Julio	0.70	0.70	20	0.70	20
Agosto	5.58	1.70	23	14.80	20
Septiembre	1.11	0.40	4	2.50	19
Octubre	0.53	0.30	17	1.10	27
Noviembre	4.11	1.20	17	10.00	8
Diciembre	2.94	1.00	17	5.90	12

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.92	0.40	22	2.50	18
Febrero	0.90	0.60	19	1.30	2
Marzo	1.29	0.60	24	3.60	10
Abril	0.50	0.30	9	0.70	24
Mayo	0.24	0.20	5	0.30	2
Junio	0.27	0.20	18	0.30	24
Julio	1.80	0.40	24	3.20	31
Agosto	2.55	0.70	23	4.40	7
Septiembre	0.99	0.30	8	2.10	22
Octubre	0.58	0.20	31	2.10	18
Noviembre	3.05	1.50	13	4.70	4
Diciembre	3.07	0.60	11	9.10	15

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.62	0.50	18	0.90	22
Febrero	0.81	0.30	18	1.80	7
Marzo	0.67	0.30	3	1.40	9
Abril	0.53	0.20	27	0.90	15
Mayo	0.27	0.20	5	0.30	31
Junio	0.30	0.20	23	0.40	10
Julio	0.60	0.60	21	0.60	21
Agosto	4.04	1.50	18	7.40	2
Septiembre	1.23	0.30	18	2.10	18
Octubre	0.65	0.30	24	1.50	19
Noviembre	3.18	1.00	30	4.90	23
Diciembre	4.46	0.50	20	23.90	17



MES	NOAA 20, SENSOR VIIRS				
	MEDIA	MINIMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.65	0.50	21	1.00	19
Febrero	0.84	0.30	23	1.40	2
Marzo	0.87	0.40	3	2.50	8
Abril	0.50	0.40	23	0.70	16
Mayo	0.30	0.20	9	0.40	3
Junio	0.35	0.30	20	0.50	10
Julio	3.50	0.50	21	14.20	12
Agosto	15.50	2.20	9	45.80	19
Septiembre	1.17	0.60	3	2.10	18
Octubre	0.69	0.40	15	1.50	27
Noviembre	3.45	0.30	25	5.70	7
Diciembre	1.99	0.50	30	4.50	15

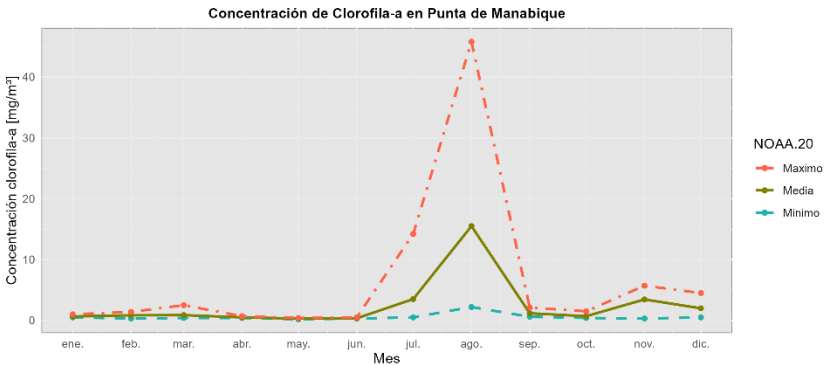


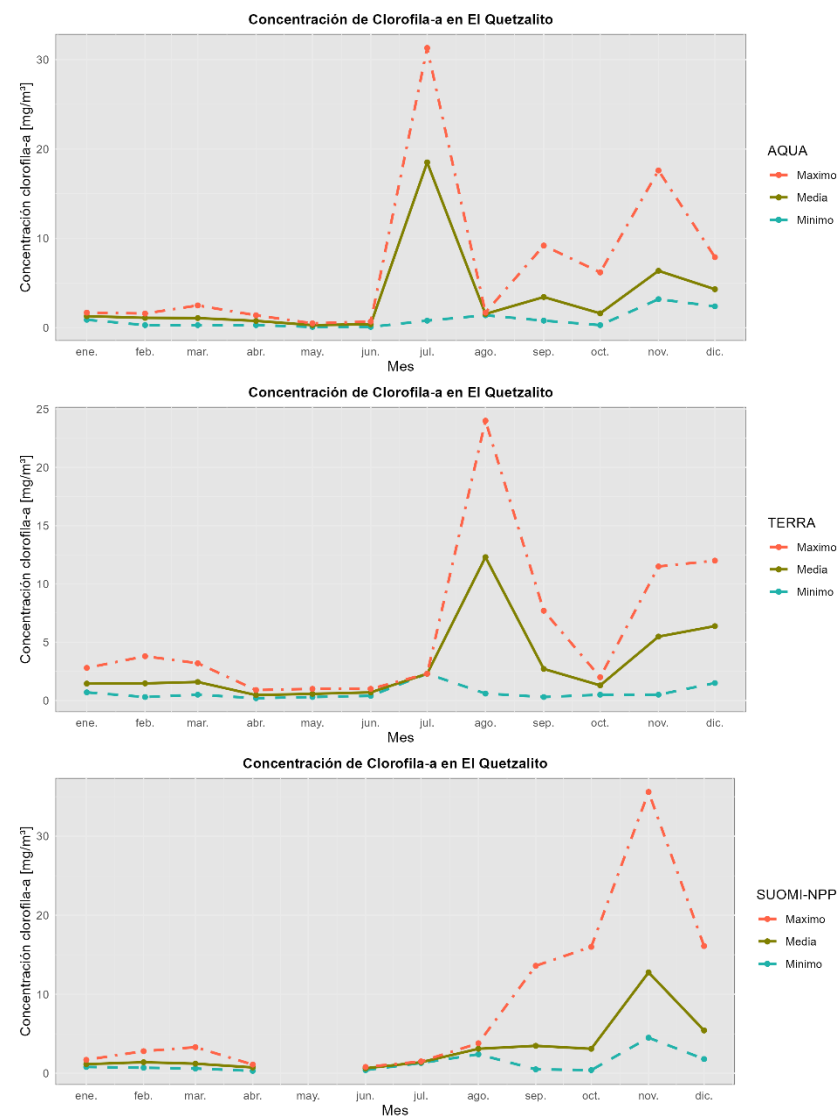
Figura 9.10: Tendencia de la clorofila α en Punta de Manabique, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades *mg/m³*

Cuadro 9.11. Valores de clorofila- α (mg/m^3) para El Quetzalito.

Latitud: 15.812498 N.

Longitud: -91.729169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.30	0.90	25	1.70	22
Febrero	1.11	0.30	2	1.60	15
Marzo	1.09	0.30	24	2.50	7
Abril	0.78	0.30	9	1.40	15
Mayo	0.30	0.10	12	0.50	5
Junio	0.40	0.10	15	0.70	25
Julio	18.50	0.80	20	31.30	17
Agosto	1.55	1.40	24	1.70	23
Septiembre	3.44	0.80	5	9.20	17
Octubre	1.62	0.30	22	6.20	27
Noviembre	6.38	3.20	10	17.60	13
Diciembre	4.31	2.40	17	7.90	15
TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.45	0.70	24	2.80	21
Febrero	1.47	0.30	16	3.80	4
Marzo	1.59	0.50	24	3.20	18
Abril	0.47	0.20	4	0.90	24
Mayo	0.58	0.30	10	1.00	4
Junio	0.70	0.40	24	1.00	26
Julio	2.30	2.30	24	2.30	24
Agosto	12.30	0.60	2	24.00	24
Septiembre	2.71	0.30	13	7.70	9
Octubre	1.30	0.50	18	2.00	9
Noviembre	5.48	0.50	19	11.50	25
Diciembre	6.38	1.50	11	12.00	15
SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.15	0.80	24	1.70	17
Febrero	1.40	0.70	21	2.80	19
Marzo	1.22	0.60	20	3.30	5
Abril	0.74	0.30	27	1.10	16
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	0.63	0.40	24	0.80	7
Julio	1.40	1.30	21	1.50	24
Agosto	3.10	2.40	5	3.80	20
Septiembre	3.48	0.50	9	13.60	22
Octubre	3.10	0.40	23	16.00	24
Noviembre	12.77	4.50	4	35.60	12
Diciembre	5.42	1.80	19	16.10	11



NOAA 20, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.37	0.80	27	2.90	19
Febrero	1.09	0.50	16	1.70	20
Marzo	1.56	0.50	26	5.20	8
Abril	0.93	0.70	25	1.20	23
Mayo	0.50	0.40	3	0.60	9
Junio	0.50	0.40	24	0.60	26
Julio	4.68	1.00	21	11.90	7
Agosto	14.30	2.50	9	26.10	12
Septiembre	2.46	0.60	23	9.80	18
Octubre	1.25	0.40	15	3.00	25
Noviembre	7.85	3.70	30	15.60	19
Diciembre	3.86	1.20	18	8.80	15

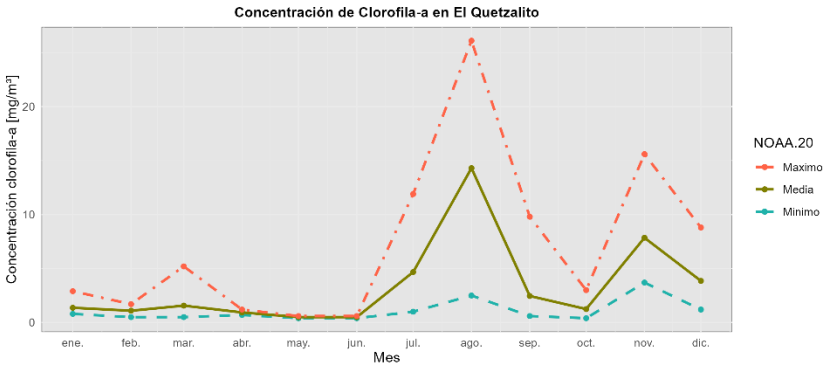


Figura 9.11: Tendencia de la clorofila α en EL Quetzalito, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA, SUOMI y NOAA 20. Unidades *mg/m³*

10. Temperatura Superficial del Mar

10.1. Aspectos generales

La Temperatura Superficial del Mar (TSM) es fundamental en el control del clima (Iglesias et al., 2010), ya que se encuentra dentro de las condiciones que favorecen la formación y mantenimiento de ciclones tropicales, así como de las condiciones de habitabilidad para muchos organismos como el plancton, algas marinas, mamíferos marinos, peces, etc (COP25, 2019). Debido a esto, su importancia también se extiende para las actividades que se dedican a la extracción de productos del mar. Según pescadores artesanales de la costa sur de Guatemala, la pesca de diferentes especies varía según la temperatura del mar registrada en la zona.

La TSM presenta una relación con otros factores y fenómenos de interés, tales como los florecimientos algales nocivos (FAN), en donde se han hecho estudios mostrando que existe una correlación entre el aumento de la TSM y los FAN (Yu et al., 2007).

10.2. Registros

A continuación, se muestran los datos estadísticos de los registros de la TSM para los 11 puntos de interés captados por los satélites AQUA, TERRA, con el instrumento MODIS y el SUOMI NPP con su instrumento VIIRS, para su registro diurno y posteriormente el nocturno. Finalmente se muestran los datos estadísticos obtenidos del CRW, el cual se basa en datos satelitales nocturnos para el reanálisis. En todas las tablas se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO).

Cuadro 10.1. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Ocos según el registro diario.

Latitud: 14.520831 N. **Longitud:** -87.770836 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.74	28.36	17	29.24	12
Febrero	28.11	27.38	16	28.59	7
Marzo	--	--	--	--	--
Abril	31.39	29.80	27	35.11	3
Mayo	31.52	31.52	13	31.52	13
Junio	31.50	30.98	1	32.48	11
Julio	32.82	31.71	27	33.84	21
Agosto	32.98	31.50	1	34.35	7
Septiembre	33.13	31.86	21	34.39	23
Octubre	31.24	30.93	28	31.74	6
Noviembre	32.09	30.57	19	33.31	24
Diciembre	31.97	29.78	26	34.12	7

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.45	27.42	19	29.59	13
Febrero	28.16	26.45	17	29.16	1
Marzo	29.52	27.69	6	31.51	28
Abril	29.97	28.87	8	31.22	18
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	30.93	30.03	12	32.20	13
Julio	30.91	30.08	2	31.80	7
Agosto	31.60	30.70	10	32.81	20
Septiembre	31.64	31.52	15	31.74	14
Octubre	30.52	30.22	4	30.95	1
Noviembre	30.76	30.05	10	31.46	6
Diciembre	30.41	29.50	11	31.43	7

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.61	27.96	5	28.94	12
Febrero	28.37	27.57	20	28.96	28
Marzo	28.90	26.71	5	30.12	22
Abril	30.49	29.85	29	31.52	17
Mayo	30.80	29.03	2	31.96	4
Junio	31.45	30.32	8	32.11	15
Julio	30.44	30.44	3	30.44	3
Agosto	31.75	31.11	12	32.86	5
Septiembre	31.47	31.47	9	31.47	9
Octubre	31.73	30.90	14	33.01	16
Noviembre	30.69	30.21	9	30.99	5
Diciembre	30.69	29.63	2	33.04	8

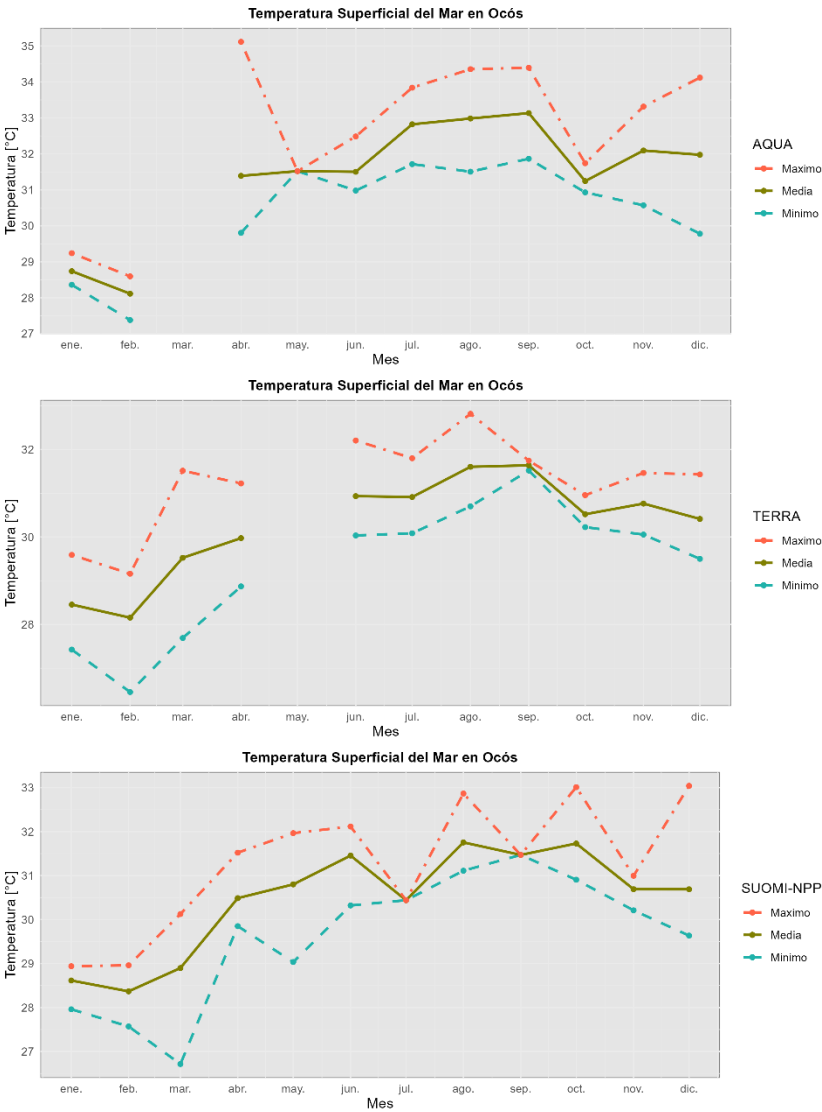


Figura 10.1: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Ocos, para el registro diario, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.2. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Champerico según el registro diurno.

Latitud: 14.270831 N. **Longitud:** -88.062503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.41	27.74	1	29.25	13
Febrero	28.08	26.46	16	28.97	25
Marzo	29.29	27.37	4	30.37	21
Abril	30.47	29.46	1	31.88	17
Mayo	31.96	31.72	13	32.20	15
Junio	31.29	30.73	1	32.82	18
Julio	31.71	30.50	15	33.28	21
Agosto	31.88	30.69	19	32.52	25
Septiembre	32.19	30.82	1	33.47	13
Octubre	31.90	30.72	28	33.58	22
Noviembre	31.16	29.18	24	32.32	27
Diciembre	30.71	29.81	5	31.70	17

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.33	27.22	19	29.21	27
Febrero	28.05	26.03	17	29.01	26
Marzo	28.94	27.11	5	30.57	23
Abril	30.03	28.36	13	31.45	18
Mayo	30.59	30.36	5	30.88	4
Junio	30.84	30.06	12	32.15	13
Julio	31.26	30.16	6	32.31	9
Agosto	31.20	29.59	11	32.16	20
Septiembre	31.12	31.01	10	31.35	14
Octubre	31.01	30.71	3	31.24	1
Noviembre	30.63	29.29	9	31.56	7
Diciembre	30.28	29.24	9	31.03	6

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.31	26.85	4	29.23	26
Febrero	27.96	25.74	17	28.97	25
Marzo	29.15	27.21	5	30.52	18
Abril	30.12	29.05	8	31.47	17
Mayo	30.67	30.51	13	30.85	4
Junio	30.97	29.72	8	31.98	15
Julio	31.39	30.57	2	31.92	12
Agosto	31.68	30.82	12	32.77	7
Septiembre	31.59	31.05	5	32.10	3
Octubre	31.42	30.80	14	32.43	8
Noviembre	30.47	29.78	3	30.86	10
Diciembre	30.08	29.02	9	30.87	7

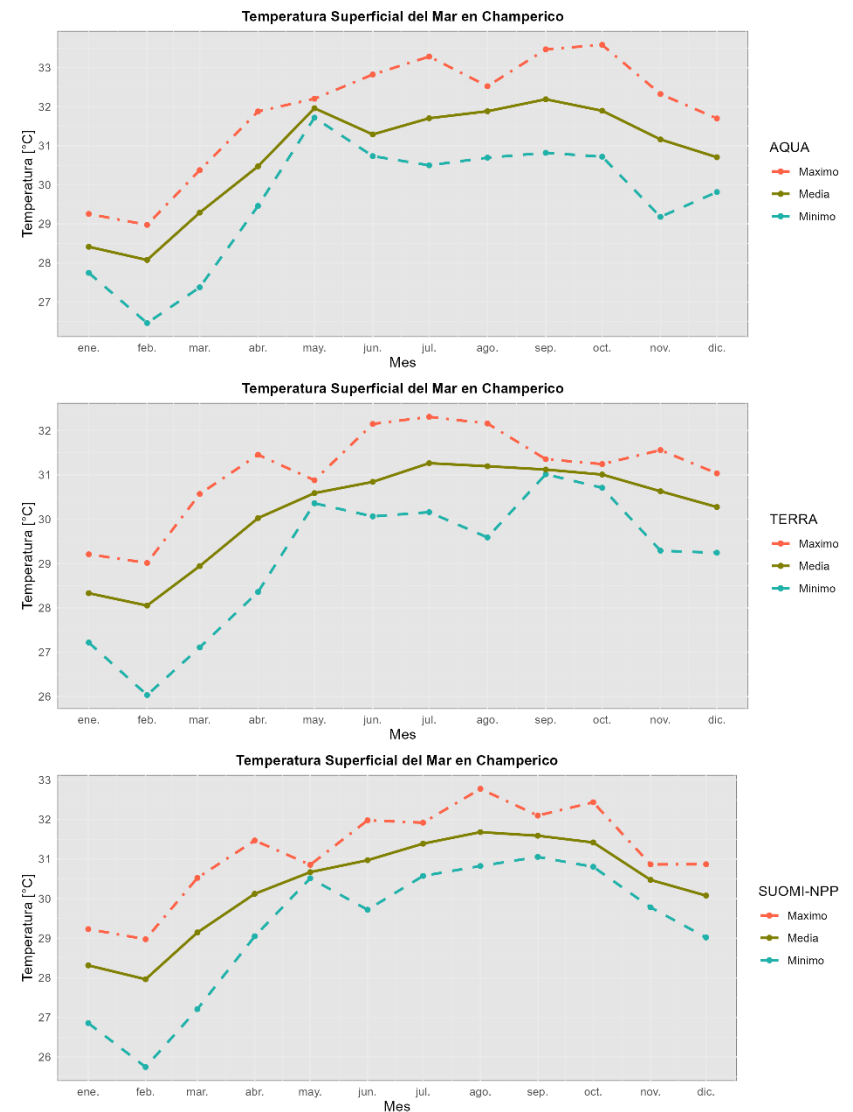


Figura 10.2: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Champerico, para el registro diurno, utilizando los datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.3. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Tahuexco según el registro diurno.

Latitud: 14.062498 N. **Longitud:** -88.312503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.71	28.01	22	29.45	13
Febrero	28.17	27.39	14	28.76	25
Marzo	29.22	26.50	5	30.73	19
Abril	30.46	29.37	27	31.80	17
Mayo	30.57	29.12	1	31.61	5
Junio	31.12	30.06	4	32.11	18
Julio	31.69	29.71	6	32.26	30
Agosto	31.94	31.23	27	32.91	4
Septiembre	31.94	30.60	3	32.76	10
Octubre	31.27	30.11	3	32.33	1
Noviembre	30.90	30.43	7	31.36	24
Diciembre	30.38	28.49	26	31.33	13

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.37	27.41	4	29.32	27
Febrero	28.12	26.42	9	28.98	1
Marzo	29.13	26.82	5	30.85	23
Abril	30.12	29.08	27	31.89	18
Mayo	31.19	30.81	15	31.58	6
Junio	30.97	30.27	9	31.79	13
Julio	31.54	30.93	4	32.04	7
Agosto	31.49	30.22	11	32.39	15
Septiembre	31.16	30.01	4	31.63	14
Octubre	30.66	30.33	3	30.98	8
Noviembre	30.39	29.33	4	31.63	7
Diciembre	30.17	29.31	9	31.10	6

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.56	27.35	4	29.49	26
Febrero	28.14	26.81	15	29.00	24
Marzo	29.10	26.57	5	30.40	18
Abril	30.19	28.99	30	31.55	17
Mayo	30.91	30.32	1	31.77	4
Junio	31.26	30.68	2	31.70	15
Julio	31.68	30.68	3	32.55	12
Agosto	31.57	29.92	12	32.40	4
Septiembre	31.69	31.21	5	32.29	2
Octubre	31.32	30.89	5	32.02	1
Noviembre	30.44	29.99	6	30.78	7
Diciembre	30.16	29.90	10	30.55	7

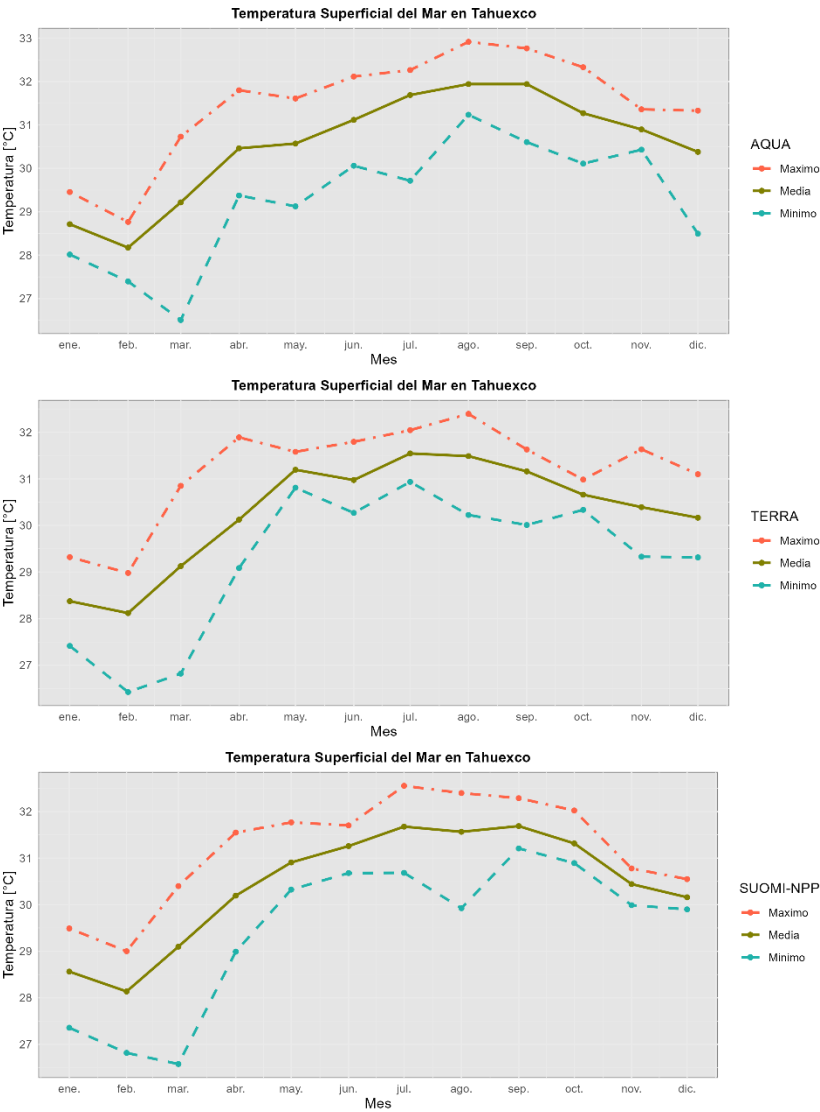


Figura 10.3: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Tahuexco, para el registro diurno, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.4. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Tecojate según el registro diurno.

Latitud: 13.979164 N. **Longitud:** -88.604169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.70	27.94	31	29.23	3
Febrero	28.46	27.79	11	28.95	25
Marzo	29.33	27.02	4	30.79	27
Abril	30.31	29.32	27	31.80	17
Mayo	30.76	30.76	15	30.76	15
Junio	30.99	30.03	4	31.91	20
Julio	32.22	30.94	6	33.74	28
Agosto	32.15	31.22	17	33.02	5
Septiembre	33.33	31.35	12	35.89	23
Octubre	31.97	30.51	14	32.80	4
Noviembre	31.40	29.95	7	34.39	24
Diciembre	30.67	29.64	5	32.26	6

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.41	27.51	30	29.42	10
Febrero	28.11	26.95	14	28.99	24
Marzo	29.64	26.95	5	30.93	23
Abril	30.13	28.12	13	31.66	18
Mayo	31.78	29.64	2	37.86	11
Junio	31.36	30.39	2	34.22	24
Julio	31.62	30.47	4	32.31	13
Agosto	32.00	31.03	9	32.63	15
Septiembre	31.34	31.14	12	31.54	14
Octubre	31.20	30.57	3	31.58	1
Noviembre	30.79	30.32	10	31.41	9
Diciembre	30.34	29.71	9	31.10	6

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.49	27.37	4	29.45	3
Febrero	28.19	27.21	11	29.15	24
Marzo	29.01	26.77	5	30.07	27
Abril	30.23	28.81	28	31.40	17
Mayo	31.61	31.61	4	31.61	4
Junio	31.54	30.81	5	32.00	9
Julio	31.73	30.61	3	32.63	12
Agosto	31.61	30.17	16	32.98	4
Septiembre	31.97	31.19	5	32.81	3
Octubre	31.60	30.49	5	32.10	1
Noviembre	30.17	29.78	4	30.50	7
Diciembre	30.11	29.93	2	30.27	3



Figura 10.4: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Tecojate, para el registro diurno, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI Unidades (°C)

Cuadro 10.5. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Sipacate según el registro diario.

Latitud: 13.895831 N. Longitud: -88.812503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINIMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	32.55	32.24	15	32.86	7
Febrero	--	--	--	--	--
Marzo	--	--	--	--	--
Abril	--	--	--	--	--
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	--	--	--	--	--
Julio	33.17	32.29	21	34.70	26
Agosto	34.10	34.10	6	34.10	6
Septiembre	--	--	--	--	--
Octubre	38.87	38.87	1	38.87	1
Noviembre	32.80	31.71	7	33.76	10
Diciembre	32.49	32.49	13	32.49	13

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINIMO	DÍA MINIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.09	28.50	14	30.15	11
Febrero	--	--	--	--	--
Marzo	--	--	--	--	--
Abril	31.94	31.94	5	31.94	5
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	32.40	31.09	12	33.37	24
Julio	--	--	--	--	--
Agosto	32.47	32.06	9	32.85	16
Septiembre	--	--	--	--	--
Octubre	30.44	30.28	3	30.59	2
Noviembre	31.10	30.62	8	32.08	11
Diciembre	32.48	32.48	6	32.48	6

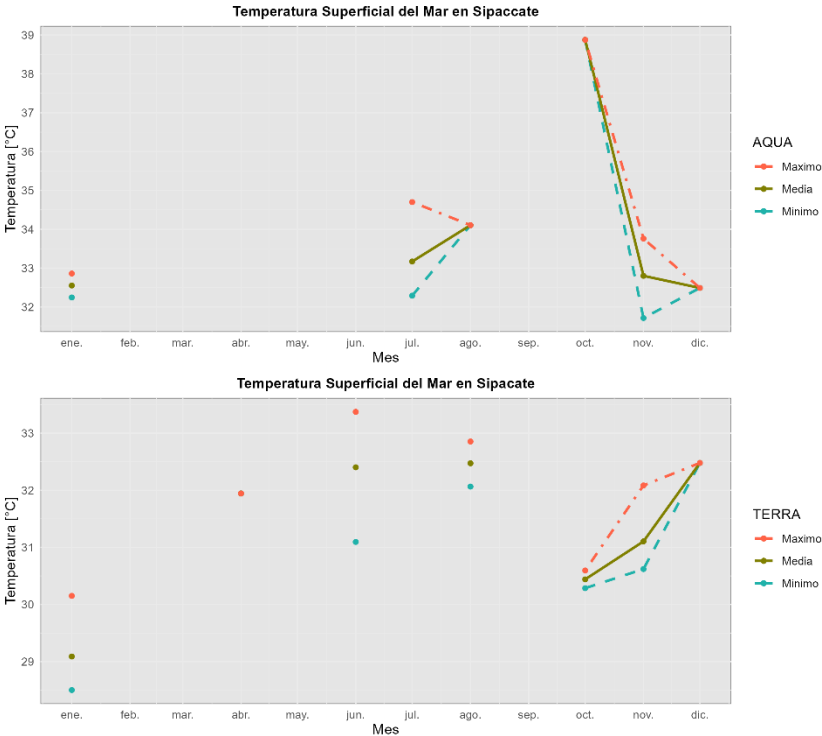


Figura 10.5: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en sipacate, para el registro diario, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA y TERRA Unidades (°C)

Cuadro 10.6. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Puerto San José según el registro diurno.

Latitud: 13.895831 N. **Longitud:** -89.187503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.91	28.24	17	30.25	30
Febrero	28.93	28.00	1	29.84	13
Marzo	29.47	27.80	5	30.55	22
Abril	30.30	29.36	19	30.98	10
Mayo	30.71	29.81	12	31.57	10
Junio	31.09	29.75	4	32.19	21
Julio	31.90	29.97	16	33.51	5
Agosto	32.05	31.21	17	33.20	4
Septiembre	32.44	31.59	16	33.45	4
Octubre	31.38	30.20	28	32.37	1
Noviembre	30.58	28.92	9	31.31	10
Diciembre	30.44	29.86	22	31.64	1

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.78	27.54	18	29.65	27
Febrero	28.92	28.20	28	29.56	10
Marzo	29.32	27.55	2	31.00	30
Abril	30.19	29.02	27	31.45	18
Mayo	30.67	30.20	11	31.13	15
Junio	31.04	29.92	2	32.42	24
Julio	31.64	30.98	2	32.22	1
Agosto	31.61	30.71	3	32.76	4
Septiembre	31.95	30.97	9	32.53	2
Octubre	31.15	30.98	3	31.53	1
Noviembre	30.56	29.95	3	31.45	7
Diciembre	30.42	29.40	11	31.24	6

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.75	27.66	4	30.12	26
Febrero	28.81	28.03	27	29.59	12
Marzo	29.23	27.60	10	30.34	19
Abril	30.18	29.24	26	30.97	14
Mayo	31.35	30.91	1	31.88	4
Junio	31.09	27.61	12	32.43	19
Julio	31.68	30.01	3	32.82	10
Agosto	31.80	30.41	10	32.54	4
Septiembre	31.85	30.93	5	32.62	9
Octubre	31.13	29.82	18	31.73	1
Noviembre	30.14	29.51	3	31.06	7
Diciembre	30.12	29.25	2	30.73	5

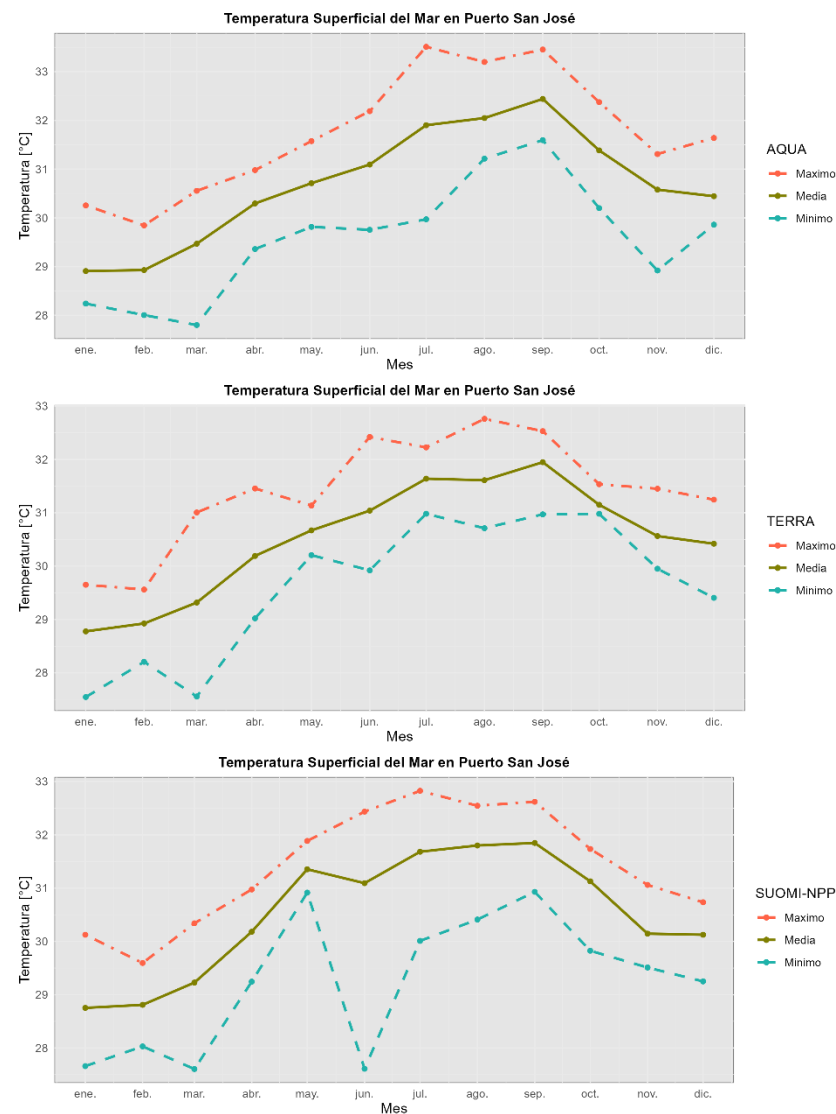


Figura 10.6: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Puerto San José, para el registro diurno, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.7. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Monterrico según el registro diario.

Latitud: 13.895831 N. **Longitud:** -89.479169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.99	28.22	24	29.98	2
Febrero	--	--	--	--	--
Marzo	30.41	30.41	27	30.41	27
Abril	--	--	--	--	--
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	32.57	32.05	11	32.85	5
Julio	33.74	33.16	30	34.25	5
Agosto	35.07	34.82	4	35.32	6
Septiembre	33.09	31.88	11	33.97	4
Octubre	31.60	30.43	28	33.33	4
Noviembre	31.27	30.34	14	32.21	12
Diciembre	31.76	31.57	13	31.95	4

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.77	28.56	24	29.04	14
Febrero	29.12	28.75	19	29.59	4
Marzo	30.48	30.26	20	30.84	19
Abril	30.30	29.63	27	31.02	15
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	31.00	29.96	5	32.41	22
Julio	31.76	30.89	4	32.25	1
Agosto	32.43	31.96	15	33.53	4
Septiembre	32.31	31.27	13	33.01	2
Octubre	31.24	30.17	4	31.93	1
Noviembre	30.81	30.26	10	31.87	7
Diciembre	30.78	30.20	2	31.24	1

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.44	27.95	16	28.95	30
Febrero	28.37	27.96	27	28.77	18
Marzo	30.32	30.28	18	30.36	28
Abril	30.21	30.21	23	30.21	23
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	31.01	31.01	7	31.01	7
Julio	32.06	32.06	12	32.06	12
Agosto	--	--	--	--	--
Septiembre	32.29	32.02	10	32.55	12
Octubre	31.92	31.92	9	31.92	9
Noviembre	30.64	30.64	8	30.64	8
Diciembre	30.00	29.68	10	30.31	7

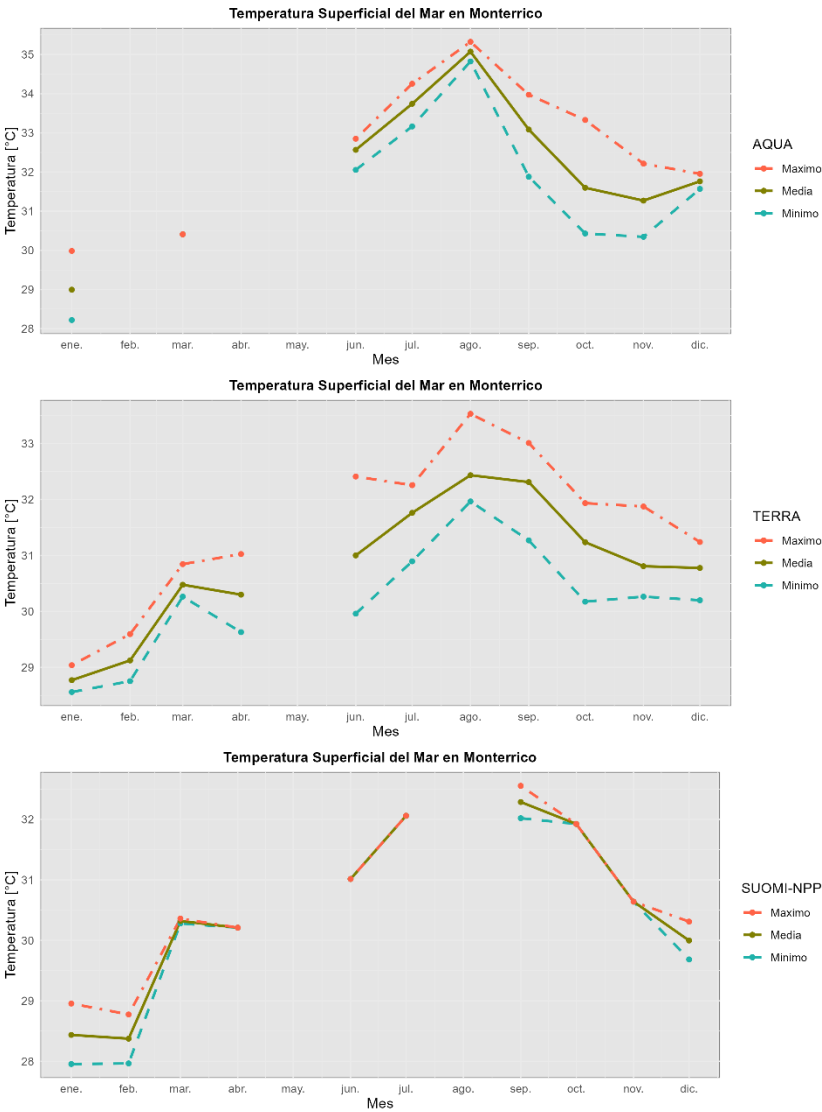


Figura 10.7: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Monterrico, para el registro diario, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.8. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Las Lisas según el registro diurno.

Latitud: 13.770831 N. **Longitud:** -89.729169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.65	27.29	16	29.37	30
Febrero	28.77	27.97	1	29.30	12
Marzo	29.31	27.21	2	30.35	22
Abril	30.31	28.82	22	31.14	19
Mayo	30.36	29.62	3	31.20	2
Junio	31.08	30.66	5	31.78	10
Julio	31.91	31.03	27	33.44	19
Agosto	31.51	29.67	12	32.85	4
Septiembre	31.88	30.12	20	32.55	22
Octubre	31.35	30.49	10	31.96	4
Noviembre	30.35	29.72	16	31.38	12
Diciembre	30.36	28.83	17	31.49	9

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.61	27.75	18	29.34	10
Febrero	28.82	28.33	19	29.45	11
Marzo	29.54	27.60	2	30.66	23
Abril	30.39	29.37	27	31.04	14
Mayo	30.89	29.95	2	31.41	11
Junio	31.03	29.92	5	32.25	24
Julio	31.54	30.94	2	32.29	13
Agosto	31.48	30.21	9	32.91	4
Septiembre	31.64	30.94	9	32.17	2
Octubre	30.88	30.61	2	31.06	1
Noviembre	30.28	29.67	4	31.10	7
Diciembre	30.24	29.25	10	31.22	6

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.45	27.56	21	29.16	25
Febrero	28.62	27.93	1	29.26	7
Marzo	29.30	27.80	10	30.27	18
Abril	30.09	29.51	5	30.79	14
Mayo	31.11	30.87	10	31.55	4
Junio	30.52	27.85	12	31.43	8
Julio	32.03	31.64	1	32.44	13
Agosto	31.72	31.12	18	32.30	4
Septiembre	31.90	31.25	2	32.78	9
Octubre	31.04	30.53	2	31.48	7
Noviembre	29.81	28.86	3	31.18	7
Diciembre	30.03	29.40	9	30.59	3

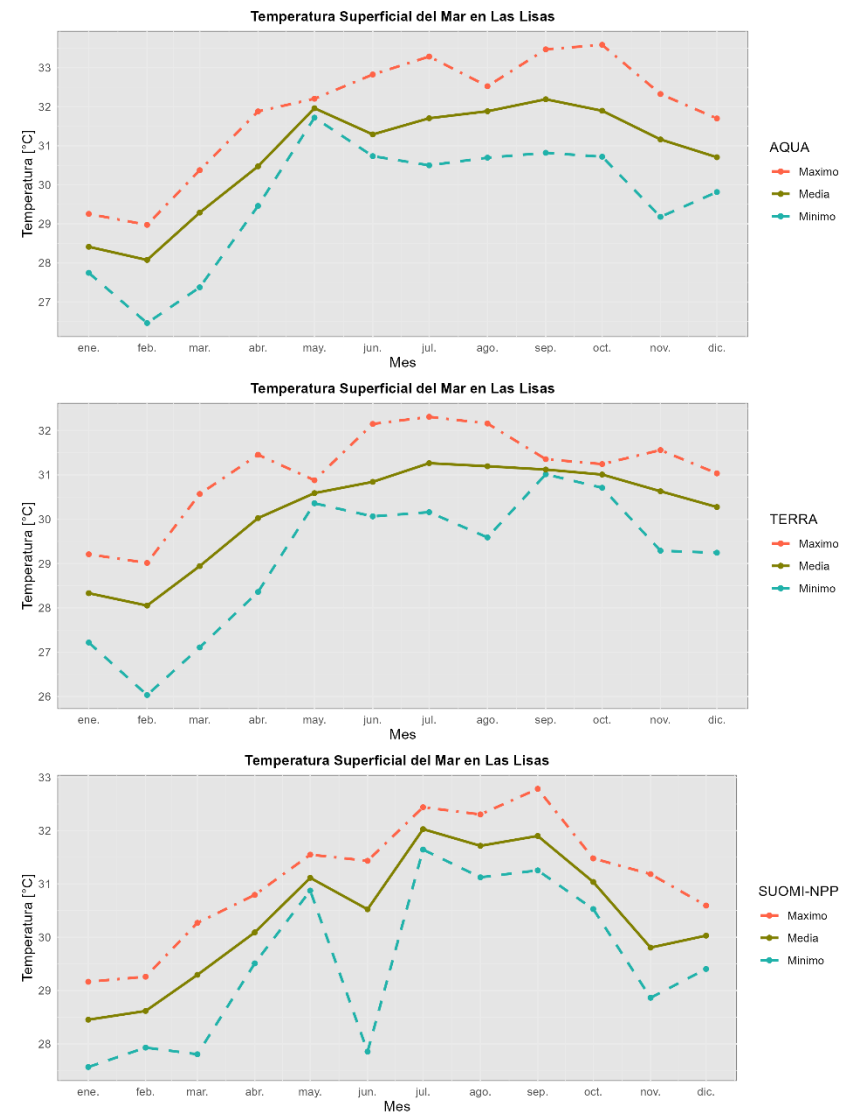


Figura 10.8: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Las Lisas, para el registro diurno, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.9. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Bahía de Amatique según el registro diurno.

Latitud: 15.812498 N. **Longitud:** -91.312503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.15	27.08	18	28.91	23
Febrero	28.07	26.72	14	29.33	28
Marzo	29.44	27.79	22	30.60	14
Abril	30.03	28.56	17	31.96	25
Mayo	31.07	29.56	15	32.35	18
Junio	32.21	31.23	1	33.13	7
Julio	30.82	29.33	17	32.22	9
Agosto	30.83	30.04	16	31.76	26
Septiembre	31.68	30.24	10	32.69	23
Octubre	31.73	29.99	26	32.87	9
Noviembre	28.49	27.63	27	29.34	19
Diciembre	28.11	25.96	20	29.81	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.17	25.51	10	28.46	24
Febrero	27.21	25.71	14	28.49	24
Marzo	28.65	27.21	2	29.89	25
Abril	29.22	27.86	2	30.66	25
Mayo	30.75	28.67	5	32.23	17
Junio	31.46	30.27	1	32.45	10
Julio	30.66	29.92	9	31.58	6
Agosto	29.63	29.50	5	29.75	10
Septiembre	30.17	29.69	8	30.59	4
Octubre	30.37	30.06	8	30.63	2
Noviembre	27.84	27.59	13	28.09	10
Diciembre	27.81	26.29	10	29.33	1

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.18	26.35	16	28.95	23
Febrero	28.05	26.53	14	29.34	28
Marzo	29.43	28.16	4	30.88	14
Abril	29.83	28.67	5	31.63	25
Mayo	31.55	30.88	6	32.61	13
Junio	31.81	31.06	9	32.76	6
Julio	30.63	29.77	12	31.44	3
Agosto	30.98	30.37	6	31.88	8
Septiembre	31.47	30.73	11	32.15	2
Octubre	31.35	30.16	16	32.22	5
Noviembre	28.64	28.53	6	28.74	11
Diciembre	28.14	25.96	10	29.54	1



Figura 10.9: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Bahía de Amatique, para el registro diurno, utilizando los datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.10. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Punta de Manabique según el registro diario.

Latitud: 16.020832 N. **Longitud:** -91.437503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.60	26.34	10	28.45	23
Febrero	27.59	26.75	6	28.61	28
Marzo	28.76	27.78	1	29.92	14
Abril	29.45	28.66	4	30.75	12
Mayo	30.82	29.93	2	31.72	15
Junio	31.52	30.44	21	32.72	9
Julio	30.33	29.48	7	31.52	10
Agosto	30.80	29.99	6	31.40	22
Septiembre	31.64	30.11	11	33.04	6
Octubre	31.64	29.96	26	33.61	10
Noviembre	28.78	27.71	27	29.32	20
Diciembre	28.40	26.64	17	29.91	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.98	25.92	16	27.67	29
Febrero	27.04	25.71	14	27.61	28
Marzo	28.21	26.95	2	29.51	25
Abril	28.76	27.84	2	29.74	25
Mayo	30.27	28.97	2	31.11	17
Junio	30.95	30.04	1	31.64	10
Julio	30.01	29.69	9	30.41	6
Agosto	29.68	29.68	10	29.68	10
Septiembre	30.10	29.66	15	30.94	14
Octubre	30.00	28.98	10	30.71	3
Noviembre	27.85	27.52	9	28.36	10
Diciembre	27.57	26.35	10	29.03	2

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.73	26.10	16	28.87	23
Febrero	27.37	25.91	6	28.41	28
Marzo	28.69	27.65	5	29.73	17
Abril	29.31	27.92	21	30.81	22
Mayo	31.08	29.75	2	31.95	13
Junio	31.17	30.31	19	31.90	6
Julio	30.79	30.00	2	31.76	5
Agosto	30.72	30.19	5	31.27	8
Septiembre	31.18	30.14	4	31.77	2
Octubre	31.01	29.51	16	32.12	5
Noviembre	28.69	28.11	9	29.03	10
Diciembre	28.61	27.98	11	29.74	1



Figura 10.10: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Punta de Manabique, para el registro diario, utilizando los datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.11. Temperatura Superficial del Mar (°C) para El Quetzalito según el registro diario.

Latitud: 15.812498 N. **Longitud:** -91.729169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.73	26.76	14	28.48	5
Febrero	27.35	26.28	14	28.20	24
Marzo	28.62	27.39	1	29.56	18
Abril	29.21	28.06	4	30.24	13
Mayo	30.40	29.20	5	31.54	18
Junio	31.08	30.34	1	31.71	9
Julio	30.38	29.45	17	31.34	10
Agosto	30.65	29.59	20	31.33	12
Septiembre	31.08	29.87	11	32.07	23
Octubre	30.89	29.06	26	32.13	9
Noviembre	28.84	27.57	27	30.04	24
Diciembre	28.00	26.44	20	29.48	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.28	25.89	16	28.22	24
Febrero	27.05	25.48	5	27.92	24
Marzo	28.35	26.79	2	29.22	13
Abril	28.96	27.91	14	29.80	15
Mayo	30.34	29.26	11	31.26	6
Junio	30.95	30.07	1	31.84	10
Julio	30.46	29.47	2	31.47	6
Agosto	30.00	29.66	5	30.65	14
Septiembre	30.40	29.80	8	30.94	14
Octubre	30.26	30.05	10	30.54	4
Noviembre	28.29	27.37	14	29.01	10
Diciembre	27.45	26.47	11	28.90	2

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.78	25.87	16	28.77	24
Febrero	27.38	26.42	22	28.11	9
Marzo	28.49	27.39	1	29.59	14
Abril	29.16	28.19	1	30.31	28
Mayo	30.20	29.73	6	31.29	13
Junio	31.08	30.08	18	31.67	6
Julio	30.50	28.70	9	31.50	3
Agosto	30.36	29.19	10	31.11	8
Septiembre	30.92	29.80	4	31.75	9
Octubre	30.56	29.51	16	31.23	8
Noviembre	28.76	27.95	9	29.57	6
Diciembre	27.97	26.41	10	28.88	3

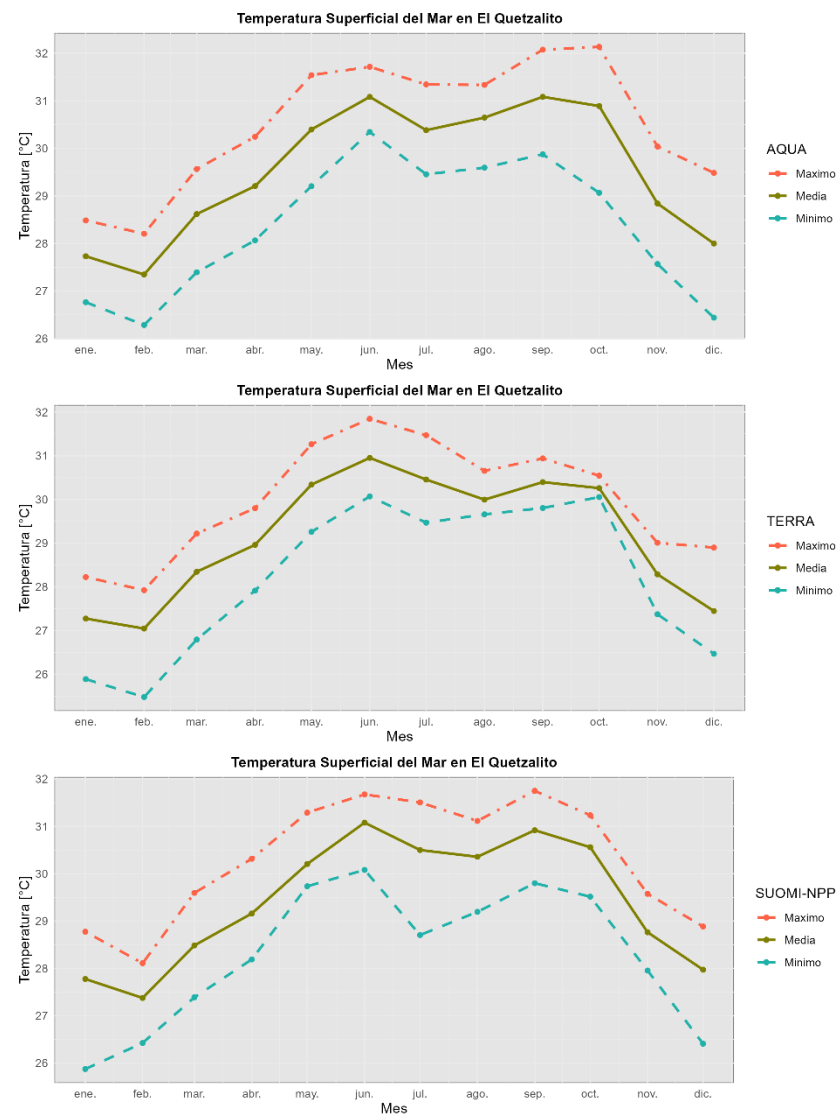


Figura 10.11: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en El Quetzalito, para el registro diario, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.12. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Ocos según el registro nocturno.

Latitud: 14.520831 N. Longitud: -87.770836 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.59	26.64	4	28.28	14
Febrero	27.55	27.10	15	28.25	5
Marzo	28.59	27.04	5	29.49	31
Abril	29.24	27.82	30	30.09	21
Mayo	30.04	29.61	4	30.59	20
Junio	--	--	--	--	--
Julio	30.70	30.17	15	31.49	28
Agosto	31.41	30.18	6	32.55	20
Septiembre	30.09	30.09	23	30.09	23
Octubre	--	--	--	--	--
Noviembre	29.75	29.34	24	30.22	23
Diciembre	29.60	29.05	18	30.32	11

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.22	26.68	7	28.24	14
Febrero	27.30	26.50	19	27.77	12
Marzo	28.63	27.94	17	29.57	20
Abril	29.52	28.60	3	30.10	22
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	30.67	30.67	11	30.67	11
Julio	30.45	30.45	15	30.45	15
Agosto	30.99	30.99	10	30.99	10
Septiembre	30.99	30.99	25	30.99	25
Octubre	--	--	--	--	--
Noviembre	29.70	29.28	11	30.13	25
Diciembre	29.55	28.85	4	30.40	2

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.57	27.00	19	28.16	14
Febrero	27.21	24.68	18	28.68	4
Marzo	28.04	27.19	7	29.05	31
Abril	29.20	28.27	8	29.88	18
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	--	--	--	--	--
Julio	29.91	29.61	2	30.21	11
Agosto	--	--	--	--	--
Septiembre	30.70	30.70	11	30.70	11
Octubre	--	--	--	--	--
Noviembre	29.34	29.34	6	29.34	6

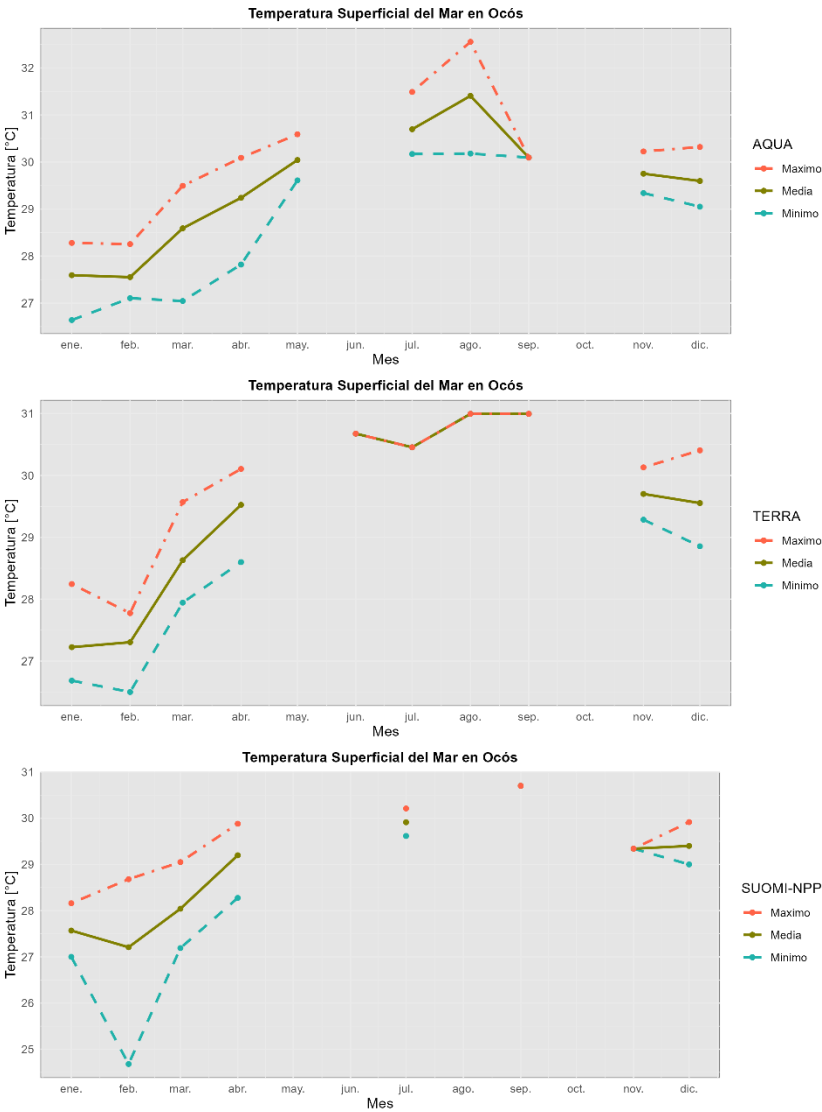


Figura 10.12: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Ocos, para el registro nocturno, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.13. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Champerico según el registro nocturno.

Latitud: 14.270831 N. **Longitud:** -88.062503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.69	26.93	6	28.32	28
Febrero	27.42	25.58	18	28.67	26
Marzo	28.34	26.19	6	29.27	27
Abril	29.38	27.68	30	30.35	21
Mayo	29.64	28.50	2	30.51	11
Junio	30.61	30.61	5	30.61	5
Julio	30.90	30.47	28	31.35	26
Agosto	31.16	30.72	25	32.54	20
Septiembre	29.95	27.24	4	32.07	23
Octubre	29.86	29.69	23	30.02	24
Noviembre	29.93	29.52	22	30.35	21
Diciembre	29.82	29.11	29	30.54	11

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.66	27.00	22	28.56	14
Febrero	27.24	25.54	17	28.29	27
Marzo	28.47	26.43	6	29.75	19
Abril	29.72	28.69	27	30.21	18
Mayo	30.29	29.19	6	30.97	18
Junio	29.85	29.55	6	30.14	13
Julio	--	--	--	--	--
Agosto	31.10	30.91	6	31.29	16
Septiembre	30.40	30.04	15	30.86	25
Octubre	29.81	29.81	25	29.81	25
Noviembre	29.79	29.04	25	30.45	21
Diciembre	29.74	28.52	28	30.54	12

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.74	26.77	5	28.25	13
Febrero	27.32	25.48	18	28.59	4
Marzo	28.32	26.32	5	29.57	20
Abril	29.55	28.86	3	30.16	16
Mayo	29.52	29.52	4	29.52	4
Junio	30.05	29.96	7	30.14	2
Julio	31.09	31.09	11	31.09	11
Agosto	30.70	30.62	6	30.79	8
Septiembre	30.86	30.42	7	31.27	11
Octubre	30.59	30.59	12	30.59	12
Noviembre	29.42	29.00	7	29.86	6
Diciembre	29.50	28.48	1	29.93	5



Figura 10.13: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Champerico, para el registro nocturno, utilizando los datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.14. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Tahuexco según el registro nocturno.

Latitud: 14.062498 N. **Longitud:** -88.312503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.78	27.38	6	28.29	13
Febrero	27.68	26.69	14	28.39	26
Marzo	28.54	26.57	5	29.40	27
Abril	29.72	28.58	28	30.29	14
Mayo	29.37	28.15	7	30.51	11
Junio	30.09	30.09	5	30.09	5
Julio	30.41	26.34	7	31.86	18
Agosto	30.89	29.78	6	32.26	17
Septiembre	30.40	30.19	6	30.81	15
Octubre	30.08	29.87	20	30.30	5
Noviembre	29.87	29.51	15	30.50	26
Diciembre	29.59	27.69	22	30.64	10

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.70	27.17	20	28.36	14
Febrero	27.22	26.08	16	28.15	19
Marzo	28.38	26.52	6	29.66	20
Abril	29.54	27.83	30	30.62	18
Mayo	29.52	28.58	3	30.27	7
Junio	29.23	29.23	13	29.23	13
Julio	29.37	26.53	1	31.59	17
Agosto	30.41	28.99	23	31.55	16
Septiembre	31.12	30.94	22	31.25	19
Octubre	30.19	29.64	20	31.08	22
Noviembre	29.89	29.34	19	30.46	21
Diciembre	29.65	28.73	22	30.86	11

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.64	27.01	22	28.20	16
Febrero	27.24	25.73	18	28.00	26
Marzo	28.41	26.48	6	29.64	20
Abril	29.41	27.89	7	30.15	16
Mayo	28.96	28.96	4	28.96	4
Junio	30.11	29.94	1	30.27	7
Julio	30.50	30.50	11	30.50	11
Agosto	30.46	30.46	6	30.46	6
Septiembre	30.43	30.18	13	30.74	11
Octubre	30.65	30.39	12	31.06	1
Noviembre	29.75	29.05	9	30.36	12
Diciembre	29.34	28.36	1	29.88	5



Figura 10.14: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Tahuexco, para el registro nocturno, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.15. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Tecojate según el registro nocturno.

Latitud: 13.979164 N. **Longitud:** -88.604169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.88	27.34	30	28.31	29
Febrero	27.59	26.41	14	28.54	17
Marzo	28.18	25.93	5	29.58	26
Abril	29.67	27.67	27	30.63	9
Mayo	29.84	29.21	7	30.47	11
Junio	29.83	29.83	5	29.83	5
Julio	31.25	29.83	12	32.17	18
Agosto	31.04	30.64	25	32.28	17
Septiembre	31.08	31.08	23	31.08	23
Octubre	30.13	29.54	19	30.67	5
Noviembre	29.96	29.66	12	30.58	25
Diciembre	29.61	28.81	22	30.41	11

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.59	27.13	3	28.69	14
Febrero	27.15	25.94	15	28.39	19
Marzo	28.27	26.44	6	29.63	20
Abril	29.66	27.88	27	30.90	18
Mayo	30.16	30.06	16	30.29	4
Junio	--	--	--	--	--
Julio	31.52	31.13	15	31.92	17
Agosto	30.72	30.19	12	31.24	16
Septiembre	30.57	30.57	19	30.57	19
Octubre	--	--	--	--	--
Noviembre	29.62	29.38	19	29.89	10
Diciembre	29.62	28.89	23	30.63	11

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.82	27.20	18	28.38	15
Febrero	27.38	26.46	14	28.25	27
Marzo	28.39	26.12	5	29.59	20
Abril	29.71	28.74	4	30.40	18
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	30.11	29.81	1	30.41	7
Julio	--	--	--	--	--
Agosto	30.78	30.78	6	30.78	6
Septiembre	30.82	30.45	11	31.12	2
Octubre	--	--	--	--	--
Noviembre	29.69	29.56	8	29.92	13
Diciembre	29.57	29.09	9	30.16	4

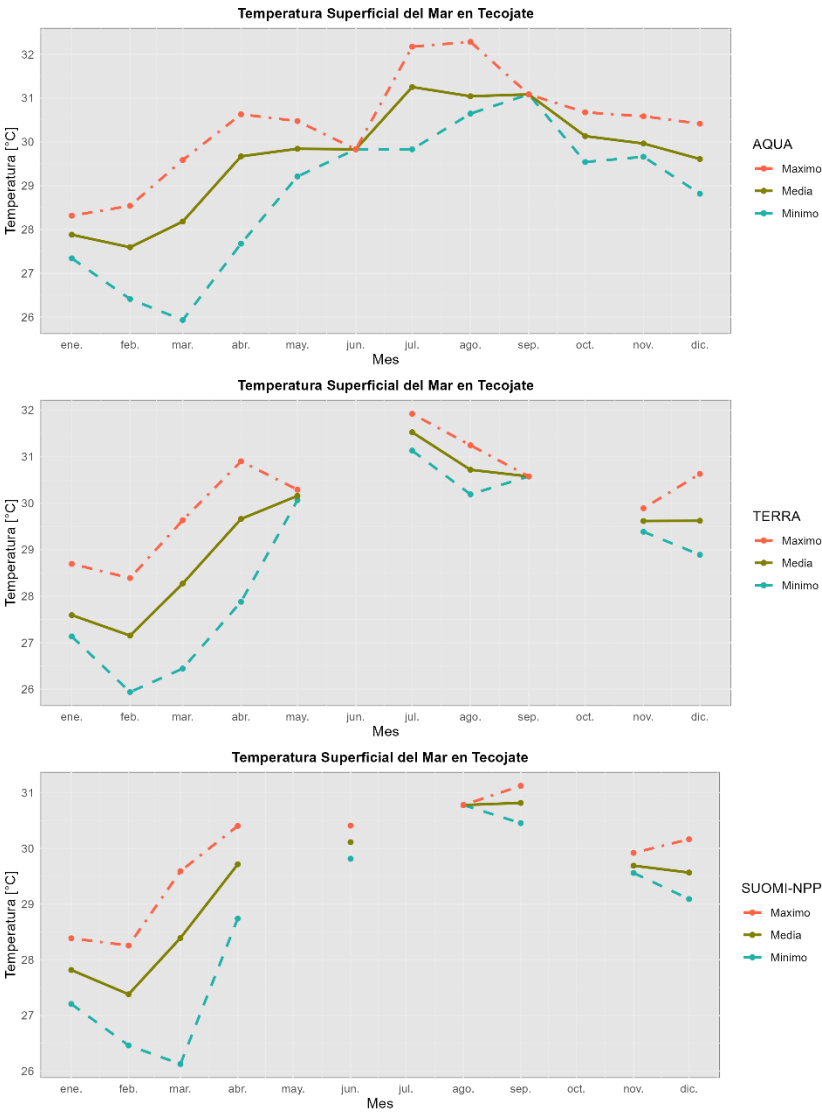


Figura 10.15: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Tecojate, para el registro nocturno, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.16. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Sipacate según el registro nocturno.

Latitud: 13.895831 N. **Longitud:** -88.812503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.37	27.24	9	27.49	30
Febrero	--	--	--	--	--
Marzo	26.94	26.94	7	26.94	7
Abril	28.98	28.98	19	28.98	19
Mayo	28.37	28.10	4	28.65	3
Junio	--	--	--	--	--
Julio	--	--	--	--	--
Agosto	32.02	32.02	5	32.02	5
Septiembre	--	--	--	--	--
Octubre	30.09	30.09	5	30.09	5
Noviembre	30.14	29.80	15	30.48	21
Diciembre	29.83	29.83	2	29.83	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.90	27.40	20	28.71	8
Febrero	28.26	27.26	28	28.91	4
Marzo	28.41	26.78	5	29.49	27
Abril	29.51	28.48	27	30.37	18
Mayo	29.73	28.89	12	30.45	10
Junio	--	--	--	--	--
Julio	31.09	29.15	22	32.40	17
Agosto	30.83	30.54	1	31.12	16
Septiembre	30.53	29.63	15	30.99	12
Octubre	30.26	29.77	17	30.74	22
Noviembre	29.66	28.13	8	30.21	11
Diciembre	29.73	28.33	21	31.08	12

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.94	26.99	22	29.04	27
Febrero	28.07	26.90	28	28.69	4
Marzo	28.40	26.25	9	29.49	26
Abril	29.44	28.49	4	30.27	10
Mayo	--	--	--	--	--
Junio	--	--	--	--	--
Julio	--	--	--	--	--
Agosto	30.96	30.66	16	31.44	4
Septiembre	30.89	30.54	8	31.31	11
Octubre	30.50	30.32	3	30.77	5
Noviembre	30.02	29.46	8	30.29	12
Diciembre	29.35	28.50	1	30.08	4



Figura 10.16: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Sipacate, para el registro nocturno, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.17. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Puerto San José según el registro nocturno.

Latitud: 13.895831 N. **Longitud:** -89.187503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.03	27.60	3	28.48	27
Febrero	28.56	28.23	26	28.95	12
Marzo	28.63	27.42	5	29.72	29
Abril	29.76	28.07	27	30.34	5
Mayo	29.33	27.78	1	30.30	11
Junio	29.60	29.60	5	29.60	5
Julio	31.36	28.96	30	33.46	24
Agosto	31.18	30.27	25	32.50	5
Septiembre	30.52	30.22	5	30.82	23
Octubre	29.77	29.28	19	30.35	5
Noviembre	30.11	29.44	28	30.95	25
Diciembre	29.69	28.39	22	30.68	10

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.10	27.58	5	29.06	15
Febrero	28.26	27.34	22	29.60	4
Marzo	28.47	27.12	6	29.76	27
Abril	29.44	28.68	29	30.03	5
Mayo	29.65	28.97	6	30.50	4
Junio	--	--	--	--	--
Julio	30.92	29.89	12	31.85	26
Agosto	31.67	31.62	9	31.72	16
Septiembre	30.96	30.92	22	30.99	19
Octubre	28.96	27.56	17	30.35	22
Noviembre	29.75	28.57	8	30.38	11
Diciembre	29.68	27.07	21	31.48	12

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.11	27.22	22	29.96	27
Febrero	28.34	27.34	28	29.39	12
Marzo	28.55	27.07	1	29.57	30
Abril	29.79	28.90	8	30.45	14
Mayo	30.21	30.21	4	30.21	4
Junio	--	--	--	--	--
Julio	--	--	--	--	--
Agosto	30.72	30.72	6	30.72	6
Septiembre	30.71	30.58	11	30.84	2
Octubre	30.22	30.13	3	30.39	5
Noviembre	29.91	29.70	8	30.17	13
Diciembre	29.44	28.82	9	30.04	4



Figura 10.17: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Puerto San José, para el registro nocturno, utilizando los datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.18. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Monterrico según el registro nocturno.

Latitud: 13.895831 N. **Longitud:** -89.479169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.03	27.13	30	28.55	27
Febrero	28.41	27.90	21	28.64	19
Marzo	28.71	27.80	5	29.61	26
Abril	29.59	29.16	30	30.07	14
Mayo	29.87	29.18	2	30.69	11
Junio	--	--	--	--	--
Julio	32.28	32.28	26	32.28	26
Agosto	--	--	--	--	--
Septiembre	31.08	31.08	23	31.08	23
Octubre	29.40	28.84	21	30.01	14
Noviembre	30.50	29.46	19	31.02	27
Diciembre	29.75	28.79	24	30.46	11

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.09	27.67	21	28.75	24
Febrero	28.67	28.43	24	29.09	12
Marzo	28.46	27.28	7	30.05	27
Abril	29.33	28.79	22	30.38	13
Mayo	29.68	29.38	3	29.97	4
Junio	--	--	--	--	--
Julio	31.60	31.60	19	31.60	19
Agosto	31.25	30.78	6	31.73	16
Septiembre	--	--	--	--	NA
Octubre	--	--	--	--	NA
Noviembre	30.13	29.87	11	30.38	10
Diciembre	29.63	28.51	23	30.82	12

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.95	27.82	5	28.17	29
Febrero	28.53	28.53	20	28.53	20
Marzo	29.00	28.50	16	29.57	26
Abril	29.07	29.07	22	29.07	22
Mayo	30.07	29.14	3	30.97	7
Junio	--	--	--	--	--
Julio	--	--	--	--	--
Agosto	--	--	--	--	--
Septiembre	--	--	--	--	--
Octubre	30.58	30.58	5	30.58	5
Noviembre	28.91	28.91	8	28.91	8
Diciembre	29.48	28.74	12	30.07	6

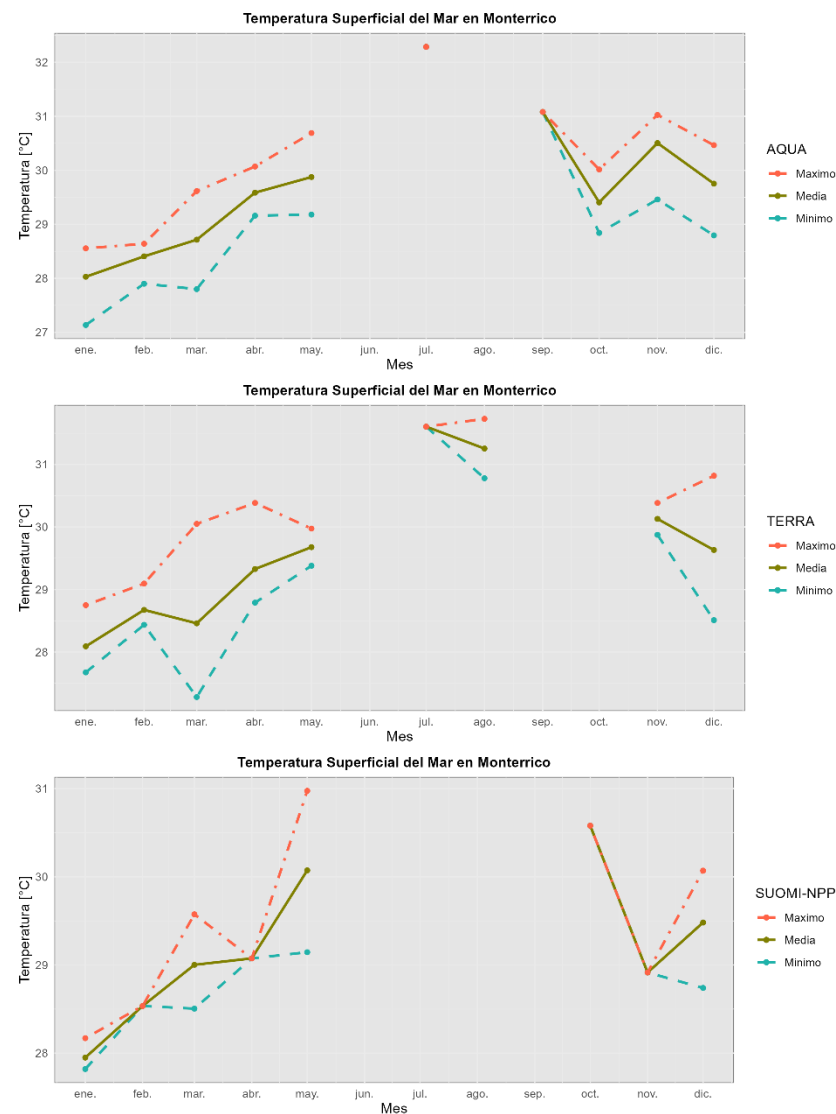


Figura 10.18: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Monterrico, para el registro nocturno, utilizando los datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.19. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Las Lisas según el registro nocturno.

Latitud: 13.770831 N. **Longitud:** -89.729169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.06	26.89	30	28.50	27
Febrero	28.38	27.29	21	28.78	5
Marzo	28.70	27.43	5	29.67	30
Abril	29.61	28.96	24	30.08	7
Mayo	29.91	28.92	17	30.81	11
Junio	--	--	--	--	--
Julio	30.45	28.10	30	32.21	26
Agosto	31.52	30.06	10	32.34	5
Septiembre	30.50	30.50	23	30.50	23
Octubre	30.14	29.83	30	30.45	5
Noviembre	29.99	29.16	18	30.99	25
Diciembre	29.80	28.36	25	31.84	10

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.16	27.14	3	29.56	15
Febrero	28.28	27.47	16	29.08	12
Marzo	28.61	27.41	13	30.12	31
Abril	29.34	27.45	26	30.24	11
Mayo	29.75	29.38	6	30.10	18
Junio	30.52	30.52	20	30.52	20
Julio	30.96	29.34	8	32.51	17
Agosto	31.00	30.55	6	31.45	16
Septiembre	30.52	30.38	15	30.65	19
Octubre	29.29	29.08	17	29.51	22
Noviembre	29.79	29.26	16	30.69	11
Diciembre	29.82	28.46	16	31.10	12

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.17	27.36	4	29.50	27
Febrero	28.32	27.53	28	29.32	12
Marzo	28.87	27.66	12	29.80	21
Abril	29.41	28.79	4	30.14	10
Mayo	30.51	30.51	7	30.51	7
Junio	--	--	--	--	--
Julio	29.23	29.23	2	29.23	2
Agosto	31.58	31.01	6	32.14	4
Septiembre	--	--	--	--	--
Octubre	29.15	29.15	15	29.15	15
Noviembre	29.88	29.25	9	30.48	11
Diciembre	29.56	28.56	9	30.42	6

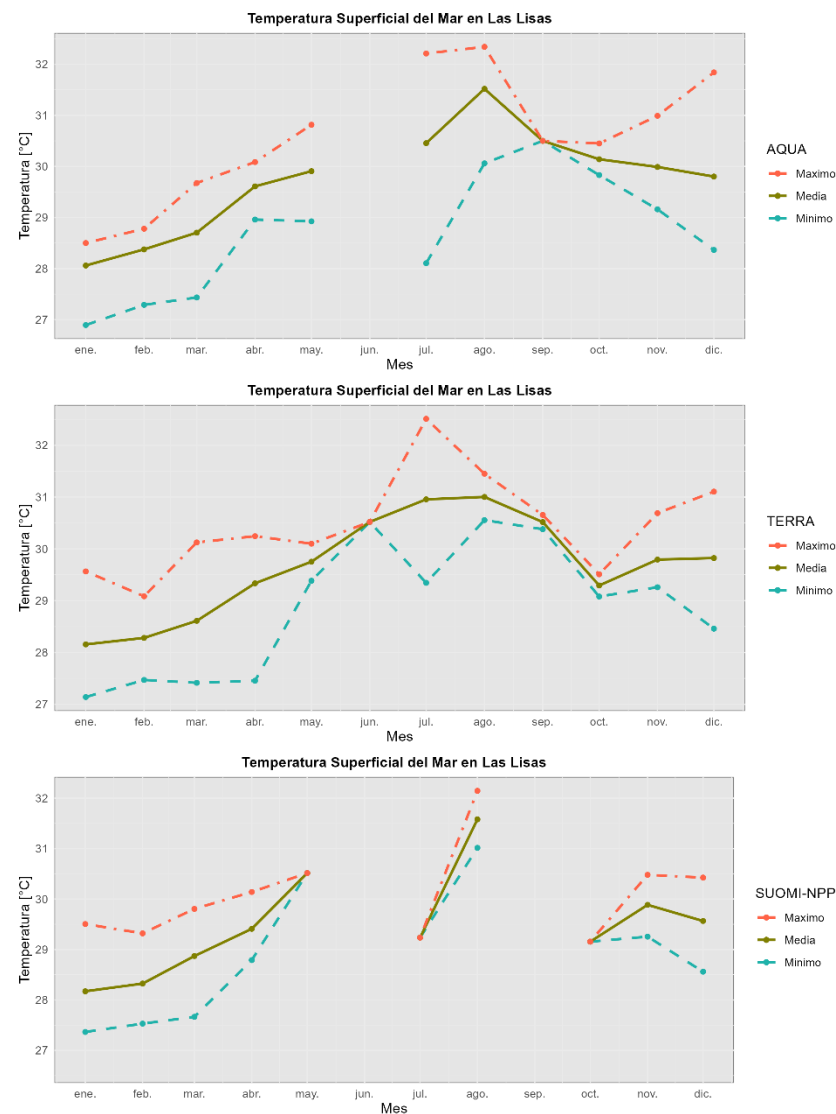


Figura 10.19: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Las Lisas, para el registro nocturno, utilizando los datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.20. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Bahía de Amatique según el registro nocturno.

Latitud: 15.812498 N. Longitud: -91.312503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.65	25.79	18	27.66	6
Febrero	26.97	24.94	21	27.88	28
Marzo	28.37	27.67	10	29.28	26
Abril	28.62	27.44	27	29.55	28
Mayo	30.84	30.82	20	30.85	18
Junio	30.86	29.02	4	31.55	6
Julio	--	--	--	--	--
Agosto	28.99	28.99	10	28.99	10
Septiembre	30.59	30.59	24	30.59	24
Octubre	30.27	27.82	30	31.04	11
Noviembre	27.11	26.21	18	28.70	21
Diciembre	26.69	25.57	18	27.95	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.89	25.16	17	27.94	26
Febrero	27.36	27.22	28	27.54	9
Marzo	28.47	27.76	13	29.91	29
Abril	28.58	27.58	7	29.40	14
Mayo	30.65	30.28	4	31.03	13
Junio	31.53	30.96	13	32.03	5
Julio	29.00	29.00	26	29.00	26
Agosto	30.02	29.96	9	30.07	6
Septiembre	29.95	28.57	26	30.57	23
Octubre	30.57	28.58	20	31.41	6
Noviembre	27.33	27.09	21	27.64	25
Diciembre	27.14	25.07	23	28.69	3

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.44	24.88	17	27.42	25
Febrero	26.38	25.43	21	27.16	24
Marzo	28.20	27.62	25	29.12	15
Abril	28.30	27.49	1	28.95	12
Mayo	30.39	29.80	9	30.75	10
Junio	31.44	30.49	6	32.14	2
Julio	30.84	30.84	1	30.84	1
Agosto	--	--	--	--	--
Septiembre	30.61	30.43	11	30.79	2
Octubre	29.23	27.74	15	30.07	6
Noviembre	28.74	28.74	11	28.74	11
Diciembre	26.21	25.46	12	27.23	1



Figura 10.20: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Bahía de Amatique, para el registro nocturno, utilizando lo datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.21. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Punta de Manabique según el registro nocturno.

Latitud: 16.020832 N. **Longitud:** -91.437503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.71	25.38	16	27.57	25
Febrero	26.83	25.87	15	27.25	1
Marzo	27.56	26.39	9	28.16	17
Abril	28.16	26.71	7	29.02	25
Mayo	29.79	29.46	16	30.20	20
Junio	31.45	31.18	11	31.59	9
Julio	30.42	30.42	26	30.42	26
Agosto	30.23	29.61	14	31.04	5
Septiembre	--	--	--	--	--
Octubre	29.83	28.54	30	30.69	9
Noviembre	27.67	26.79	18	28.73	21
Diciembre	26.89	25.72	23	27.85	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.93	25.83	16	27.63	23
Febrero	26.42	25.62	18	27.01	9
Marzo	27.76	26.86	12	28.68	15
Abril	28.41	27.34	5	29.35	19
Mayo	29.99	28.74	3	30.67	13
Junio	31.03	30.14	7	31.94	6
Julio	29.83	29.02	25	30.73	1
Agosto	29.78	29.51	6	29.99	29
Septiembre	30.14	29.51	15	31.11	22
Octubre	30.69	29.83	10	32.02	12
Noviembre	27.57	26.46	19	28.13	10
Diciembre	27.43	25.35	23	28.36	11

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.63	25.11	17	27.37	5
Febrero	26.55	25.98	15	27.00	1
Marzo	27.25	23.12	27	28.65	15
Abril	28.49	28.12	5	28.96	12
Mayo	29.74	29.37	9	30.04	13
Junio	31.28	31.12	6	31.47	2
Julio	30.94	30.94	1	30.94	1
Agosto	29.62	29.62	6	29.62	6
Septiembre	30.08	29.97	2	30.19	11
Octubre	--	--	--	--	--
Noviembre	28.32	28.32	11	28.32	11
Diciembre	26.85	26.31	12	27.76	1



Figura 10.21: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en Punta de Manabique, para el registro nocturno, utilizando los datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.22. Temperatura Superficial del Mar (°C) para El Quetzalito según el registro nocturno.

Latitud: 15.812498 N. **Longitud:** -91.729169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.84	25.63	16	27.41	4
Febrero	26.74	26.23	15	27.20	2
Marzo	27.63	27.17	1	28.13	31
Abril	28.27	26.85	1	29.30	28
Mayo	29.60	28.52	6	30.57	17
Junio	30.36	29.58	5	31.39	9
Julio	30.29	29.71	28	30.87	25
Agosto	30.05	29.46	10	31.48	17
Septiembre	30.04	29.44	5	30.58	24
Octubre	28.92	27.41	2	30.40	9
Noviembre	27.24	26.74	19	28.00	21
Diciembre	26.94	25.37	23	28.03	3

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.03	25.99	17	27.73	5
Febrero	26.70	25.46	17	27.29	12
Marzo	27.71	26.54	8	29.17	14
Abril	28.16	26.90	22	29.13	12
Mayo	29.94	29.04	4	30.37	11
Junio	31.03	28.93	12	31.90	6
Julio	30.51	30.09	26	30.74	10
Agosto	30.26	29.83	18	31.04	13
Septiembre	30.48	30.35	5	30.60	22
Octubre	30.75	30.07	22	31.25	12
Noviembre	27.70	27.19	19	28.11	25
Diciembre	27.11	25.44	23	28.46	3

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.71	25.40	17	27.57	6
Febrero	26.53	25.91	15	27.26	12
Marzo	27.35	26.18	2	28.76	15
Abril	28.03	27.34	1	28.77	11
Mayo	29.63	29.45	12	29.76	13
Junio	30.68	29.92	5	31.35	6
Julio	--	--	--	--	--
Agosto	29.21	29.21	6	29.21	6
Septiembre	29.81	29.56	7	30.28	11
Octubre	29.30	28.69	15	30.03	5
Noviembre	25.74	23.57	7	27.90	11
Diciembre	25.60	25.60	12	25.60	12



Figura 10.22: Tendencia de Temperatura Superficial del Mar en El Quetzalito, para el registro nocturno, utilizando los datos captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI. Unidades (°C)

Cuadro 10.23. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Ocos según datos de reanálisis CRW.
Latitud: 14.525 N. **Longitud:** -92.225 E.

MES	CRW				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.11	27.71	23	28.44	14
Febrero	27.67	26.36	18	28.57	28
Marzo	28.66	27.41	8	29.60	31
Abril	29.78	29.29	6	30.25	24
Mayo	30.35	29.78	2	30.61	29
Junio	30.76	30.29	18	31.21	15
Julio	30.88	30.14	7	31.58	25
Agosto	30.93	30.43	29	31.45	10
Septiembre	30.94	30.53	21	31.30	26
Octubre	30.68	29.94	30	31.26	1
Noviembre	30.05	29.79	7	30.32	13
Diciembre	29.68	29.28	31	30.04	1

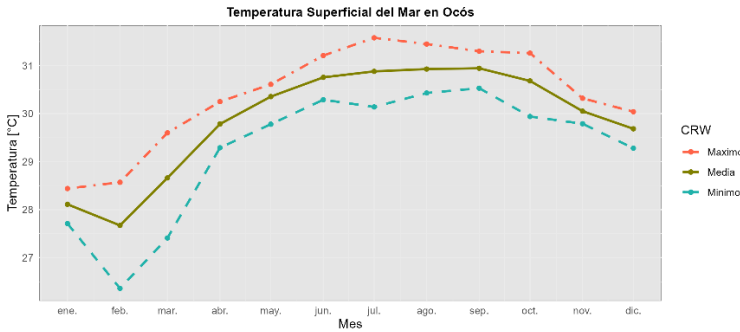


Figura 10.23: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Ocos, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

Cuadro 10.24. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Champerico según datos de reanálisis CRW.
Latitud: 14.275 N. **Longitud:** -91.925 E.

MES	CRW				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.97	27.41	6	28.37	12
Febrero	27.52	25.93	18	28.55	27
Marzo	28.64	27.20	6	29.55	22
Abril	29.75	29.14	28	30.21	21
Mayo	30.30	29.65	1	30.55	29
Junio	30.68	30.33	2	31.01	26
Julio	30.81	30.16	9	31.44	28
Agosto	31.07	30.57	29	31.62	10
Septiembre	31.03	30.64	4	31.40	26
Octubre	30.68	30.00	19	31.33	2
Noviembre	30.04	29.83	5	30.38	17
Diciembre	29.73	29.31	31	30.05	12

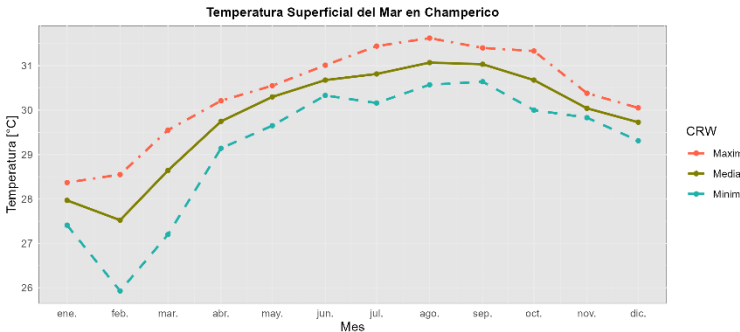


Figura 10.24: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Champerico, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

Cuadro 10.24. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Tahuexco según datos de reanálisis CRW.

Latitud: 14.075 N. **Longitud:** -91.675 E.

MES	CRW				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.01	27.68	6	28.32	12
Febrero	27.65	26.81	15	28.27	26
Marzo	28.65	27.12	6	29.56	27
Abril	29.85	29.08	28	30.29	19
Mayo	30.24	29.56	1	30.60	11
Junio	30.57	30.21	1	30.88	13
Julio	30.75	30.03	11	31.40	22
Agosto	31.01	30.61	30	31.53	10
Septiembre	31.02	30.45	4	31.49	8
Octubre	30.58	30.08	26	31.44	2
Noviembre	29.92	29.44	5	30.27	17
Diciembre	29.70	29.26	31	30.06	12

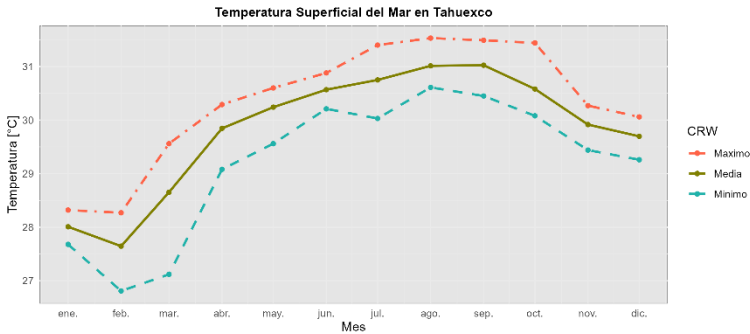


Figura 10.24: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Tahuexco, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

Cuadro 10.25. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Tecojate según datos de reanálisis CRW.

Latitud: 13.975 N. **Longitud:** -91.375 E.

MES	CRW				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.06	27.81	23	28.39	12
Febrero	27.78	26.82	14	28.35	19
Marzo	28.63	26.87	6	29.72	28
Abril	29.90	29.29	1	30.30	18
Mayo	30.19	29.34	1	30.63	22
Junio	30.61	30.08	1	30.97	26
Julio	30.86	29.95	11	31.55	27
Agosto	30.99	30.55	30	31.52	12
Septiembre	31.07	30.52	2	31.69	30
Octubre	30.66	29.95	29	31.55	1
Noviembre	29.79	29.07	5	30.25	16
Diciembre	29.70	29.22	21	30.12	8

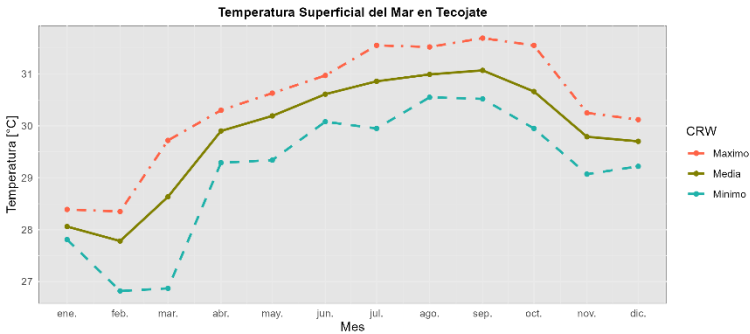


Figura 10.25: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Tecojate, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

Cuadro 10.26. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Sipacate según datos de reanálisis CRW.
Latitud: 13.875 N. **Longitud:** -91.175 E.

MES	CRW				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.21	27.79	1	28.49	12
Febrero	28.31	27.96	23	28.74	4
Marzo	28.84	27.63	7	29.75	29
Abril	29.84	28.76	28	30.22	11
Mayo	30.19	29.22	1	30.78	22
Junio	30.56	30.19	1	30.85	18
Julio	30.98	29.89	11	31.56	26
Agosto	31.06	30.64	23	31.51	10
Septiembre	31.05	30.49	1	31.59	30
Octubre	30.63	29.69	29	31.45	1
Noviembre	29.83	29.15	5	30.26	16
Diciembre	29.71	29.07	23	30.19	6

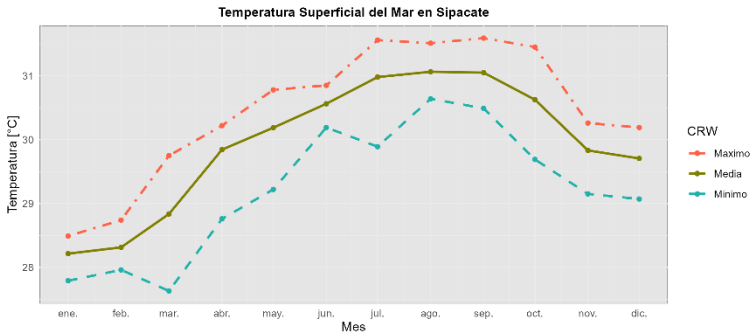


Figura 10.26: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Sipacate, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

Cuadro 10.27. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Puerto San José según datos de reanálisis CRW.
Latitud: 13.875 N. **Longitud:** -90.825 E.

MES	CRW				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.25	27.80	1	28.61	28
Febrero	28.45	27.96	22	28.89	12
Marzo	28.93	28.15	10	29.81	27
Abril	29.96	29.52	27	30.18	18
Mayo	30.23	29.56	1	30.70	22
Junio	30.56	30.18	28	30.96	15
Julio	30.90	30.08	10	31.49	27
Agosto	31.08	30.55	30	31.56	8
Septiembre	30.99	30.17	4	31.48	27
Octubre	30.44	29.73	29	31.13	4
Noviembre	29.86	29.40	4	30.33	15
Diciembre	29.64	28.99	24	30.20	7

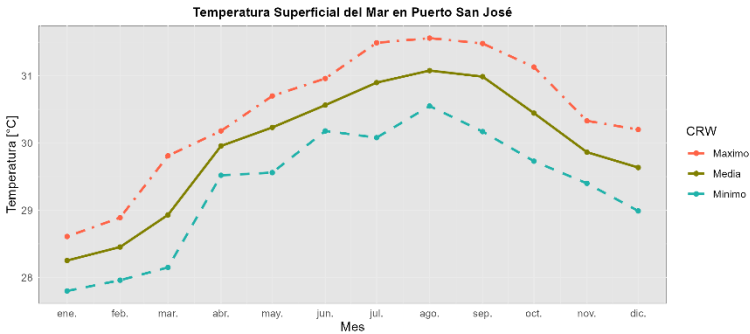


Figura 10.27: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Puerto San José, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

Cuadro 10.28. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Monterrico según datos de reanálisis CRW.
Latitud: 13.875 N. **Longitud:** -90.525 E.

MES	CRW				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.17	27.72	17	28.58	27
Febrero	28.43	27.99	22	28.80	12
Marzo	28.94	28.18	5	29.93	27
Abril	29.89	29.51	2	30.22	18
Mayo	30.17	29.54	2	30.65	22
Junio	30.53	30.03	28	30.96	14
Julio	30.80	30.10	10	31.33	24
Agosto	30.93	30.29	30	31.50	3
Septiembre	30.86	29.88	4	31.32	27
Octubre	30.34	29.68	21	31.13	3
Noviembre	29.80	29.39	5	30.26	15
Diciembre	29.57	28.85	24	30.20	6

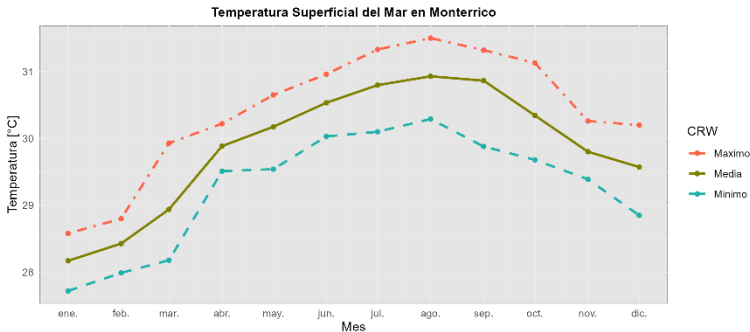


Figura 10.28: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Monterrico, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

Cuadro 10.29. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Las Lisas según datos de reanálisis CRW.
Latitud: 13.775 N. **Longitud:** -90.275 E.

MES	CRW				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.21	27.78	17	28.57	27
Febrero	28.40	27.97	22	28.80	12
Marzo	28.93	28.16	9	29.81	30
Abril	29.84	29.56	2	30.22	18
Mayo	30.15	29.59	2	30.56	22
Junio	30.48	30.04	28	30.99	18
Julio	30.73	30.03	11	31.19	24
Agosto	30.82	30.18	30	31.58	3
Septiembre	30.74	29.74	4	31.14	26
Octubre	30.29	29.57	26	31.10	3
Noviembre	29.71	29.26	7	30.27	15
Diciembre	29.51	28.74	21	30.22	6

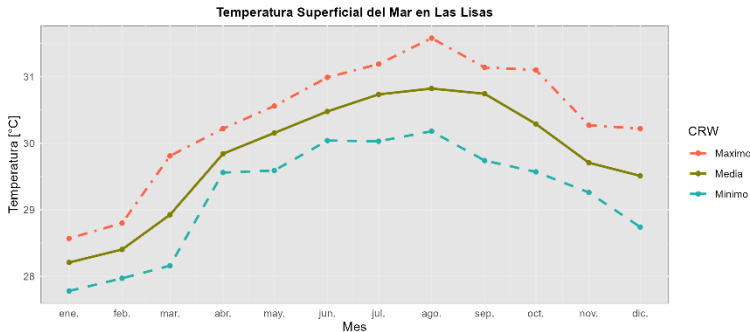


Figura 10.29: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Las Lisas, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

Cuadro 10.30. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Bahía de Amatique según datos de reanálisis CRW.
Latitud: 15.825 N. **Longitud:** -88.67 E.

MES	CRW				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.19	26.08	16	27.68	26
Febrero	27.15	26.57	8	27.57	3
Marzo	28.42	27.68	1	29.00	20
Abril	29.03	28.51	1	29.78	29
Mayo	30.10	29.10	3	30.76	28
Junio	31.17	30.39	28	31.78	18
Julio	30.46	29.92	24	31.13	1
Agosto	30.33	29.70	28	30.91	12
Septiembre	30.73	30.33	1	30.99	21
Octubre	30.65	29.15	31	31.81	15
Noviembre	28.24	27.49	20	29.07	1
Diciembre	27.30	26.01	25	28.51	4

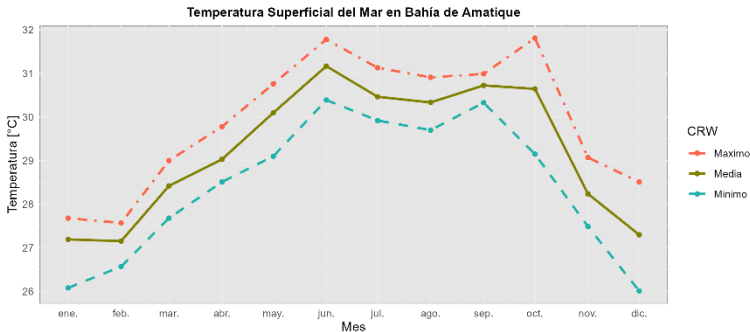


Figura 10.30: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Bahía de Amatique, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

Cuadro 10.31. Temperatura Superficial del Mar (°C) para Punta de Manabique según datos de reanálisis CRW.
Latitud: 15.975 N. **Longitud:** -88.575 E.

MES	CRW				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.24	26.47	17	27.66	6
Febrero	27.09	26.68	16	27.54	3
Marzo	28.14	27.37	1	28.80	19
Abril	28.70	28.12	6	29.45	29
Mayo	29.76	28.81	3	30.42	31
Junio	30.86	30.25	28	31.43	18
Julio	30.28	29.89	30	30.87	1
Agosto	30.18	29.62	28	30.63	12
Septiembre	30.58	30.15	10	30.92	22
Octubre	30.52	29.10	31	31.57	15
Noviembre	28.28	27.83	20	29.01	1
Diciembre	27.52	26.65	24	28.52	4

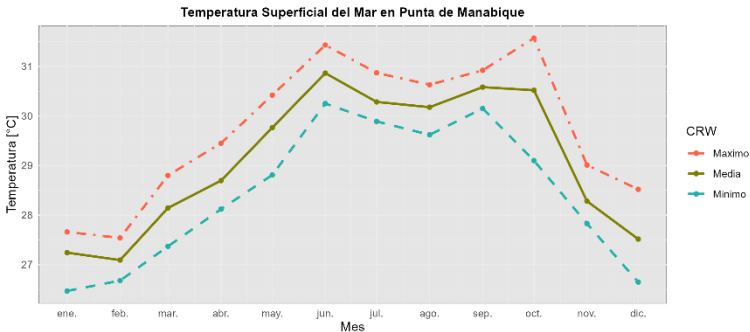


Figura 10.31: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Punta de Manabique, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

Cuadro 10.32. Temperatura Superficial del Mar (°C) para El Quetzalito según datos de reanálisis CRW.

Latitud: 15.825 N. **Longitud:** -88.275 E.

MES	MEDIA	CRW			
		MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.26	26.49	17	27.72	5
Febrero	27.08	26.73	15	27.42	4
Marzo	27.93	27.34	1	28.42	20
Abril	28.55	27.92	6	29.28	29
Mayo	29.59	28.90	3	30.26	23
Junio	30.59	30.18	1	31.03	16
Julio	30.30	29.85	24	30.80	1
Agosto	30.32	29.92	3	30.73	12
Septiembre	30.50	30.03	10	30.82	30
Octubre	30.36	28.96	31	31.31	15
Noviembre	28.34	27.73	24	28.96	1
Diciembre	27.49	26.36	24	28.63	5

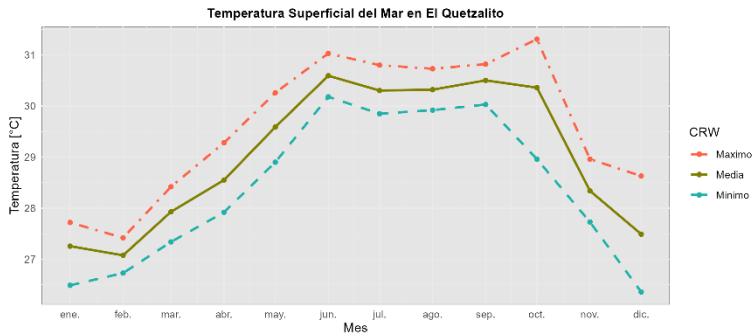
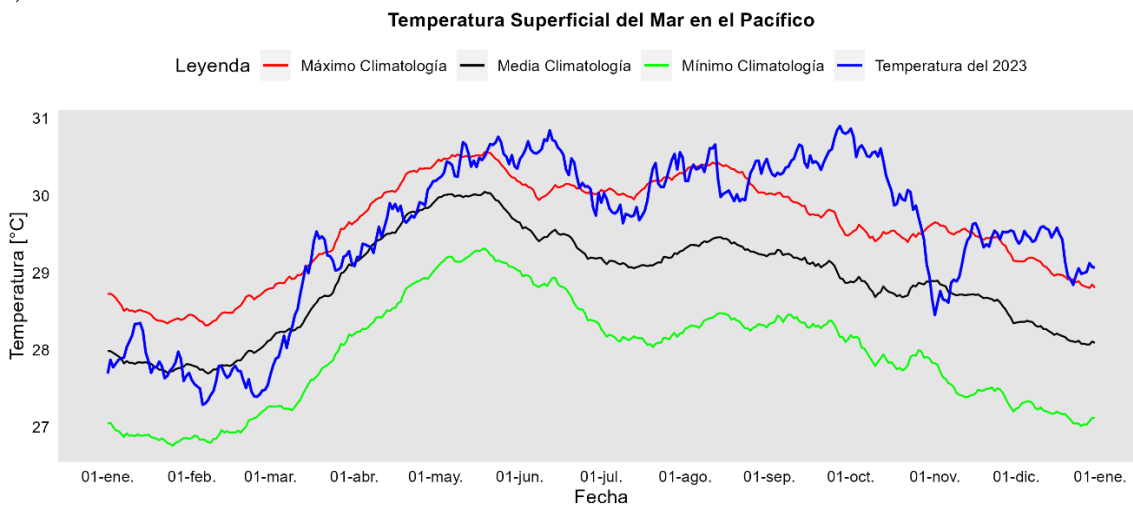


Figura 10.32: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en El Quetzalito, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Unidades (°C)

10.3. Comparación de los valores registrados de TSM para la región del Pacífico y Atlántico guatemalteco con la Climatología histórica 1990 – 2021

Según Copernicus (2024), para el año 2023 se reportaron medias globales de temperatura superficial del mar inusualmente altas y persistentes, alcanzando niveles récord a partir del mes de abril hasta diciembre. Para la región del Pacífico guatemalteco se presentaron valores de temperatura entre 27.28°C hasta 30.90°C, mientras que en la región del Atlántico se registraron valores entre 26.45°C hasta 31.55°C. En la Figura 10.33 se puede observar que estas temperaturas se encuentran por encima de los valores medios registrados para la climatología de los años 1990 hasta 2021, para el a) Pacífico y b) Atlántico.

a)



b)

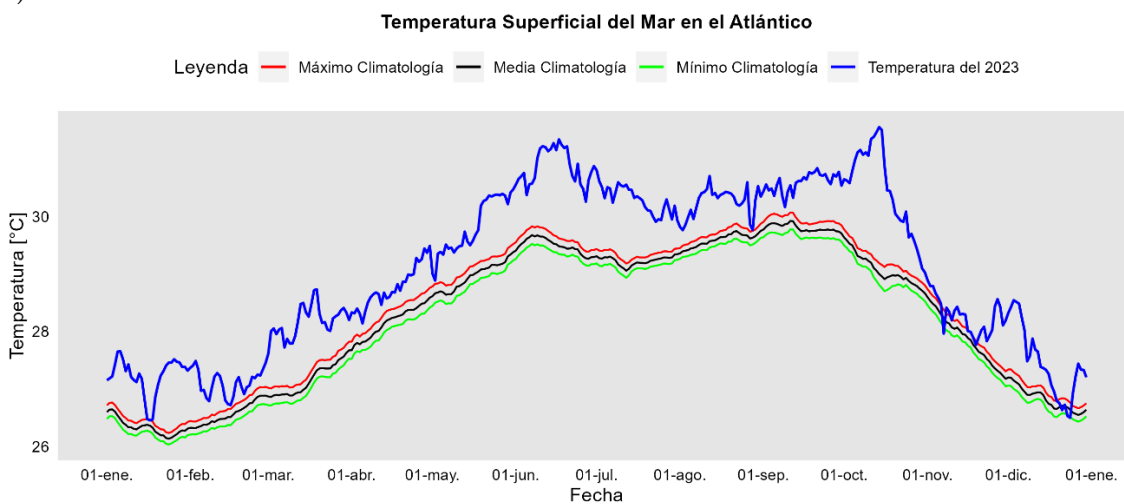


Figura 10.33 Gráfico de TSM para el a) Pacífico y b) Atlántico comparado con la climatología histórica 1990 - 2021

Se realizó un análisis de la TSM para ambas regiones costeras, enfocándose en los valores de TSM reportados durante el año 2023 y su comparación con la climatología 1990 hasta 2021. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los datos de TSM del Pacífico y Atlántico, presentaron distribuciones no normales ($p < 0.05$), por lo que se seleccionó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon (conocida también como test de Mann-Whitney-Wilcoxon) para comparar dos grupos con distribuciones no normales (R Core Team, 2022). La prueba de rangos con signo de Wilcoxon realizada para el Pacífico (Cuadro 10.33), indicó que los valores comparados de TSM durante el año 2023 presentaron diferencias significativas con los registrados en la climatología.

Cuadro 10.33. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para comparación TSM en el Pacífico con la climatología 1990-2021.

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
data: Climatología y TSM 2023
V = 4543, , p-value < 2.2e-16

Fuente: Datos propios.

Esto se puede observar en la Figura 10.34, la cual presenta las frecuencias de las temperaturas superficiales del mar para la región del Pacífico y las de la climatología histórica 1990-2021, indicando que el valor más constante fue de 30.4°C y 29.2°C respectivamente. Esto indica que la TSM reportada para el 2023 se encuentra 1.2°C por arriba de la climatología histórica para la región.

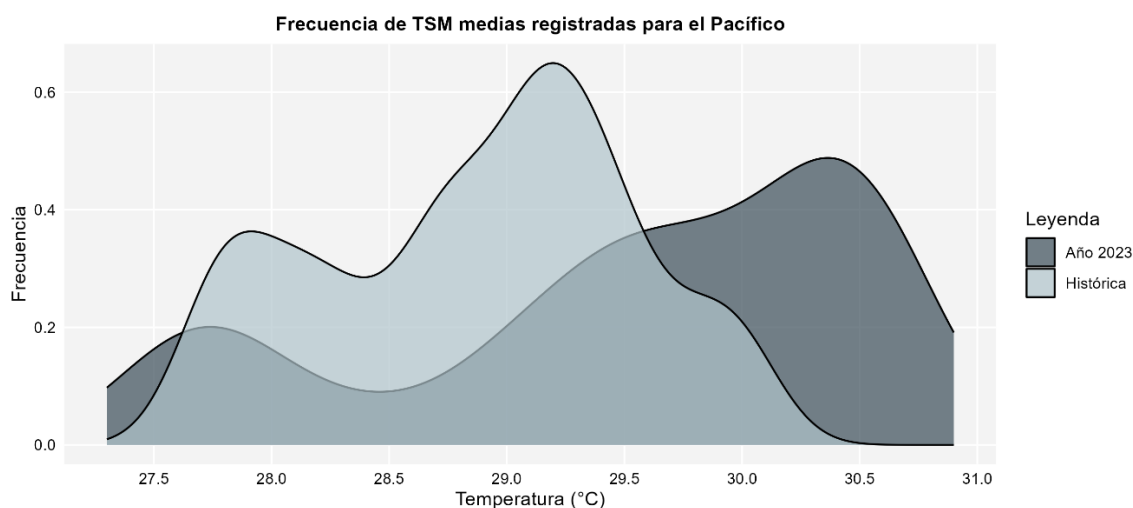


Figura 10.34 Gráfico de densidad para la Temperatura Superficial del mar y la climatología histórica 1990-2021 de la región del Pacífico guatemalteco.

Para la región del Atlántico, la prueba de rangos con signo de Wilcoxon indicó la presencia de diferencias significativas entre los valores de TSM durante el año 2023 con los registrados en la climatología (Cuadro 10.34). La Figura 10.35 presenta las frecuencias observadas, indicando que el dato más constante para el Atlántico respecto a la TSM en el 2023 fue de 30.44°C, mientras que para la climatología 1990-2021 fue de 29.28°C. Estos valores sitúan 1.16°C a la TSM 2023 por encima de la climatología para la región del Atlántico.

Cuadro 10.34: Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para comparación TSM en el Atlántico con la climatología 1990-2021

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon	
data: Climatología y TSM 2023	
V = 7, , p-value < 2.2e-16	

Fuente: Datos propios.

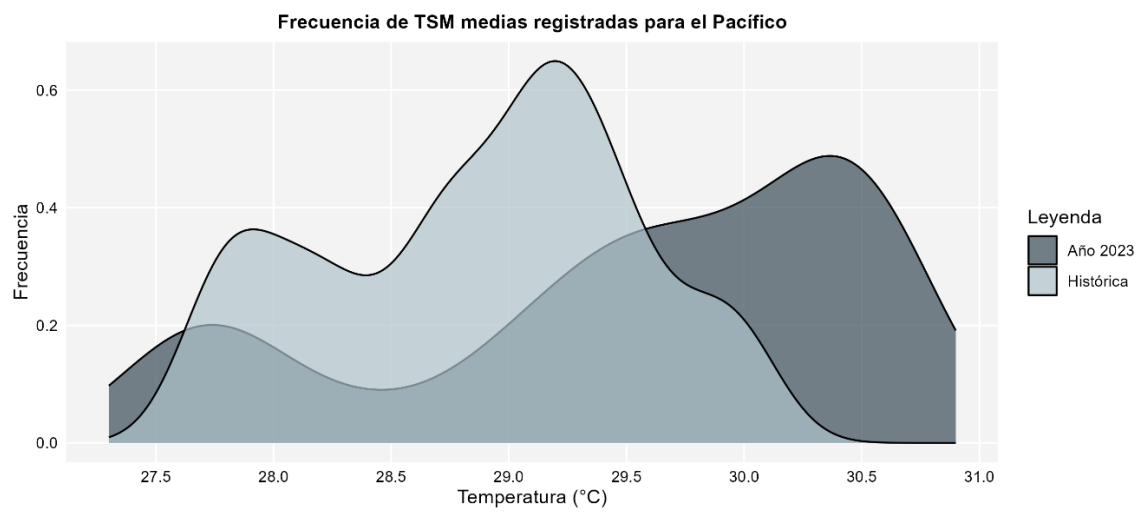


Figura 10.35 Gráfico de densidad para la Temperatura Superficial del mar y la climatología histórica 1990-2021 de la región del Atlántico guatemalteco.

Este incremento de la temperatura superficial del mar, en especial los niveles en la región del Atlántico, ha sido reportado que se debe a una serie de diversos factores como cambios en el flujo de calor, circulación oceánica, forzamiento radiativo, olas de calor, tendencias interanuales y decenales de temperatura y salinidad (Cheng et al., 2022; Cheng et al., 2024; Kuhlbrodt et al., 2024). La compleja interacción de todos estos factores en el sistema océano-climático presenta implicaciones para los diversos hábitats y ecosistemas de los océanos y zonas costeras (McLean et al., 2001). Es importante continuar con el monitoreo constante de estas variables, permitiendo identificar el grado de impacto de estos incrementos en temperatura en los recursos marinos en nuestras regiones.

11. Salinidad Superficial del Mar

11.1. Aspectos Generales

La salinidad es una variable oceanográfica importante para distintos procesos físicos y biológicos en el océano, como por ejemplo su impacto en la densidad oceánica, y circulación termohalina (Cessi, s.f.). En general, la salinidad es de gran interés ya que permite calcular el balance hídrico global, las tasas de evaporación y conocer el comportamiento de las corrientes marinas (Rani et al., 2021).

Otro impacto de las variaciones en la salinidad consiste en causar afectación en el mecanismo osmorregulador de los peces, por lo que su comportamiento dependerá de las concentraciones de sal en la zona donde se encuentre y si este tiene características eurihalinas (soporta desde agua dulce hasta altas concentraciones salinas) o estenohalinas (soporta un rango pequeño de concentración de sal) (Arjona et al., 2007).

11.2. Registros

A continuación, se muestran los datos estadísticos de los registros de la Salinidad Superficial del Mar para los 8 puntos de interés del océano pacífico, captados por los satélites SMAP y SMOS y los 3 puntos de interés en el atlántico, captado por el satélite SMAP en donde se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO).

Cuadro 11.1. Salinidad Superficial del Mar (*PSU*) para Ocos. **Latitud:** 14.375 N. **Longitud:** -92.375 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.73	34.70	22	36.86	13
Febrero	35.53	34.86	19	36.86	11
Marzo	35.68	35.04	22	36.26	18
Abril	36.00	35.03	24	36.97	28
Mayo	35.94	34.38	2	36.72	6
Junio	35.92	35.06	11	36.88	22
Julio	35.78	34.97	9	36.59	29
Agosto	35.77	35.30	2	36.19	3
Septiembre	35.46	35.19	19	36.46	21
Octubre	35.58	35.16	24	36.32	12
Noviembre	35.51	34.48	21	36.69	2
Diciembre	35.80	34.90	18	36.99	15
SMOS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.44	33.84	18	36.81	5
Febrero	36.13	34.32	19	38.65	4
Marzo	35.58	34.08	18	37.54	30
Abril	35.97	34.30	5	38.95	27
Mayo	35.76	33.86	28	37.60	15
Junio	35.63	33.99	19	37.32	2
Julio	35.93	33.28	4	38.17	29
Agosto	35.83	34.27	14	37.33	26
Septiembre	35.58	33.86	19	37.32	18
Octubre	35.64	34.24	23	38.36	28
Noviembre	35.83	34.14	10	37.34	16
Diciembre	35.45	33.13	4	37.14	27



Figura 11.1: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Ocos, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (*PSU*)

Cuadro 11.2. Salinidad Superficial del Mar (*PSU*) para Champerico.
Latitud: 14.125 N. **Longitud:** -92.125 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.77	34.78	20	36.37	16
Febrero	35.49	34.89	5	36.36	27
Marzo	35.75	35.14	9	36.73	11
Abril	35.77	35.23	11	36.54	22
Mayo	35.88	35.02	1	36.66	22
Junio	36.10	35.11	15	37.14	15
Julio	36.04	35.59	19	36.52	5
Agosto	35.46	34.62	3	36.66	1
Septiembre	35.42	34.15	13	36.86	18
Octubre	35.59	34.66	24	36.94	20
Noviembre	35.45	34.91	25	35.95	13
Diciembre	35.62	34.62	18	36.36	30

SMOS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.97	34.26	17	39.01	4
Febrero	35.63	32.42	23	36.91	22
Marzo	35.55	34.03	4	37.19	30
Abril	35.95	34.69	9	38.48	27
Mayo	35.60	33.10	28	37.58	16
Junio	35.79	33.37	16	38.37	19
Julio	35.73	34.50	8	37.63	22
Agosto	35.95	34.41	6	38.71	26
Septiembre	35.13	33.77	29	36.81	18
Octubre	35.50	32.83	10	37.17	24
Noviembre	35.48	33.99	12	38.46	16
Diciembre	35.81	33.86	18	38.75	22



Figura 11.2: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Champerico, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (*PSU*)

Cuadro 11.3. Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Tahuexco.
Latitud: 13.875 N. Longitud: -91.875 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.76	34.95	5	36.76	16
Febrero	35.80	35.24	2	36.22	27
Marzo	35.82	35.08	11	36.67	27
Abril	35.71	34.79	15	36.44	12
Mayo	35.89	35.23	1	36.52	21
Junio	35.84	35.18	3	36.86	15
Julio	35.79	34.88	15	36.43	5
Agosto	35.60	35.36	1	36.03	18
Septiembre	35.45	34.99	6	36.57	20
Octubre	35.34	34.75	6	36.34	24
Noviembre	35.39	34.79	5	35.92	21
Diciembre	35.24	34.30	7	36.07	30

SMOS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.99	34.29	5	37.42	4
Febrero	35.69	33.68	27	37.63	15
Marzo	35.40	32.47	31	37.28	13
Abril	35.47	33.48	4	38.57	1
Mayo	35.46	32.89	20	36.91	16
Junio	35.69	33.74	5	37.10	4
Julio	35.49	33.17	22	39.54	2
Agosto	35.36	33.07	1	36.36	1
Septiembre	35.33	33.54	14	36.72	5
Octubre	35.22	32.36	3	37.07	23
Noviembre	35.63	34.00	27	39.09	16
Diciembre	35.88	34.11	1	39.85	20

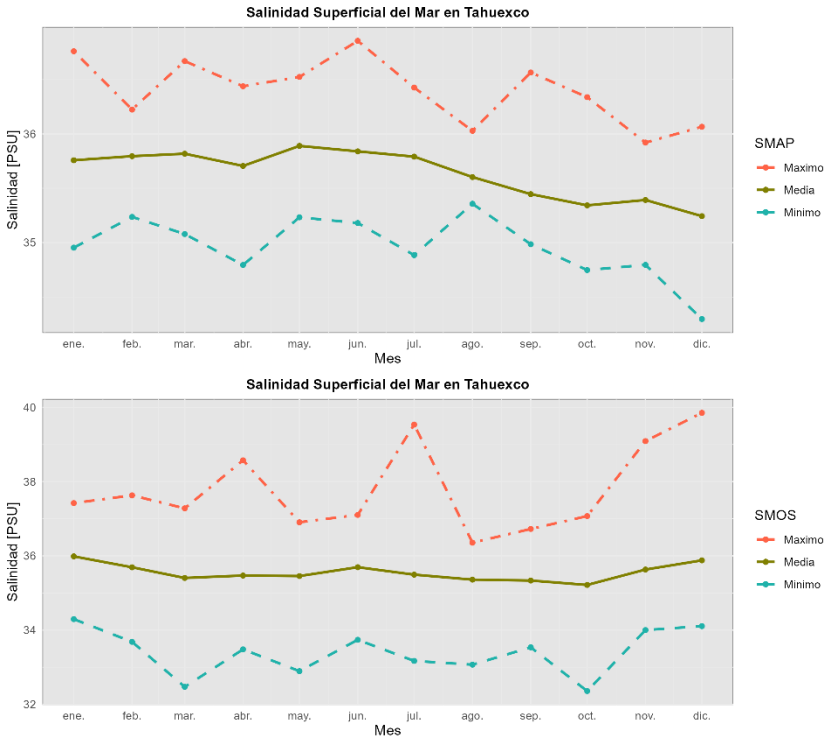


Figura 11.3: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Tahuexco, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (PSU)

Cuadro 11.4. Salinidad Superficial del Mar (*PSU*) para Tecojate.
Latitud: 13.875 N. **Longitud:** -91.625 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.56	34.99	1	36.42	30
Febrero	35.67	34.89	22	36.46	8
Marzo	35.85	34.77	7	36.70	31
Abril	35.61	34.61	6	36.71	8
Mayo	35.99	35.13	1	36.89	3
Junio	35.92	35.39	15	36.71	22
Julio	35.80	35.13	15	36.64	5
Agosto	35.89	34.99	7	36.58	1
Septiembre	35.75	34.96	4	36.24	20
Octubre	35.60	34.83	6	36.54	24
Noviembre	35.58	34.97	9	36.17	2
Diciembre	35.19	34.29	18	35.89	25

SMOS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.56	34.48	30	36.22	15
Febrero	35.53	33.34	20	37.19	1
Marzo	35.48	33.41	3	36.61	11
Abril	35.49	32.55	17	38.17	3
Mayo	35.65	32.97	20	37.10	30
Junio	35.74	34.52	16	37.12	5
Julio	35.31	33.04	4	37.10	21
Agosto	35.39	31.78	25	37.40	7
Septiembre	35.21	32.40	14	36.71	10
Octubre	35.18	33.53	6	37.12	1
Noviembre	35.59	32.83	28	38.47	12
Diciembre	35.66	32.50	4	37.28	1

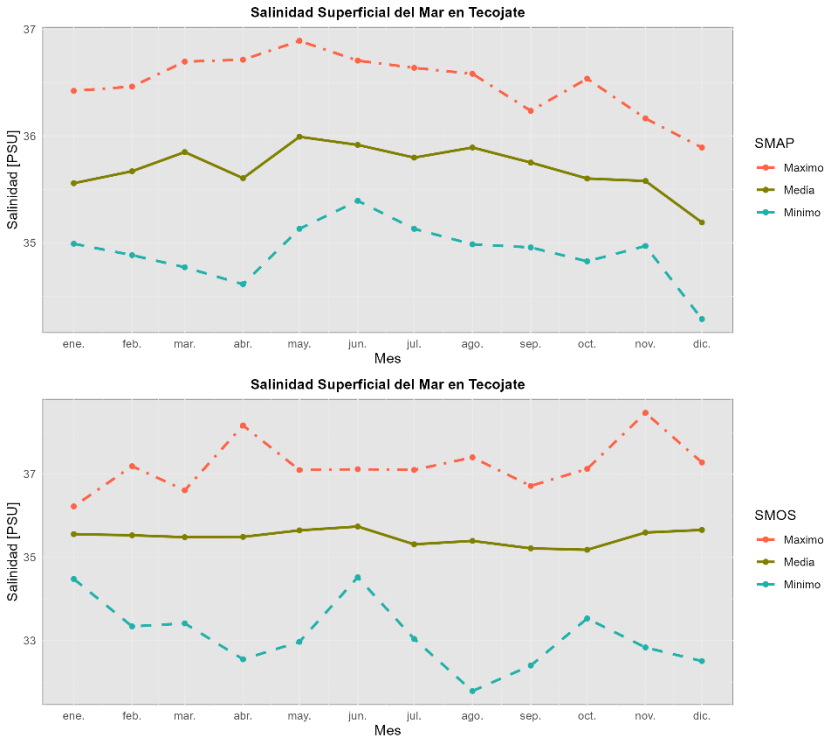


Figura 11.4: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Tecojate, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (*PSU*)

Cuadro 11.5. Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Sipacate.

Latitud: 13.625 N. Longitud: -91.375 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.55	34.52	2	36.16	30
Febrero	35.52	34.93	1	35.85	25
Marzo	35.64	35.00	20	36.45	4
Abril	35.78	35.12	25	36.74	15
Mayo	35.85	34.89	5	37.06	18
Junio	35.96	35.20	15	36.80	8
Julio	35.86	35.17	30	36.73	13
Agosto	35.57	34.77	3	36.43	1
Septiembre	35.26	34.25	7	36.52	29
Octubre	35.44	34.54	1	36.19	24
Noviembre	35.28	34.13	9	36.28	29
Diciembre	35.43	34.69	20	36.56	15

SMOS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.73	32.59	10	38.96	10
Febrero	35.74	32.64	1	37.80	5
Marzo	35.44	34.37	25	37.39	18
Abril	35.58	34.25	15	37.66	22
Mayo	35.49	34.44	17	36.81	17
Junio	35.68	34.40	20	37.74	1
Julio	35.90	33.92	4	37.70	9
Agosto	35.40	32.34	15	38.50	30
Septiembre	35.27	31.90	9	36.93	2
Octubre	35.27	32.86	10	37.55	31
Noviembre	35.26	32.70	6	37.22	12
Diciembre	35.79	34.53	14	37.35	15

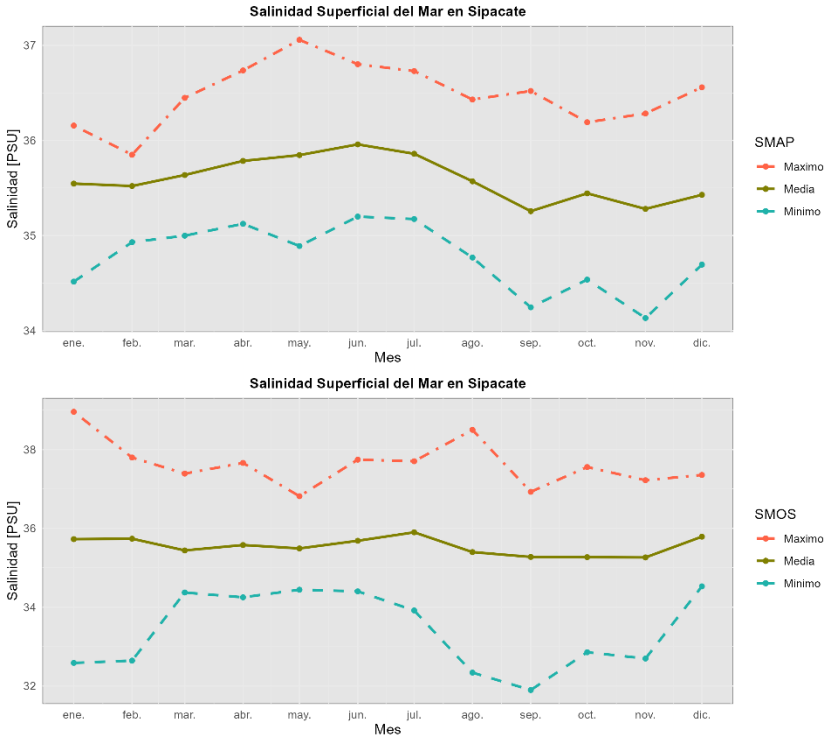


Figura 11.5: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Sipacate, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (PSU)

Cuadro 11.6. Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Puerto San José.

Latitud: 13.625 N. Longitud: -90.875 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.55	34.52	2	36.16	30
Febrero	35.52	34.93	1	35.85	25
Marzo	35.64	35.00	20	36.45	4
Abril	35.78	35.12	25	36.74	15
Mayo	35.85	34.89	5	37.06	18
Junio	35.96	35.20	15	36.80	8
Julio	35.86	35.17	30	36.73	13
Agosto	35.57	34.77	3	36.43	1
Septiembre	35.26	34.25	7	36.52	29
Octubre	35.44	34.54	1	36.19	24
Noviembre	35.28	34.13	9	36.28	29
Diciembre	35.43	34.69	20	36.56	15

SMOS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.73	32.59	10	38.96	10
Febrero	35.74	32.64	1	37.80	5
Marzo	35.44	34.37	25	37.39	18
Abril	35.58	34.25	15	37.66	22
Mayo	35.49	34.44	17	36.81	17
Junio	35.68	34.40	20	37.74	1
Julio	35.90	33.92	4	37.70	9
Agosto	35.40	32.34	15	38.50	30
Septiembre	35.27	31.90	9	36.93	2
Octubre	35.27	32.86	10	37.55	31
Noviembre	35.26	32.70	6	37.22	12
Diciembre	35.79	34.53	14	37.35	15

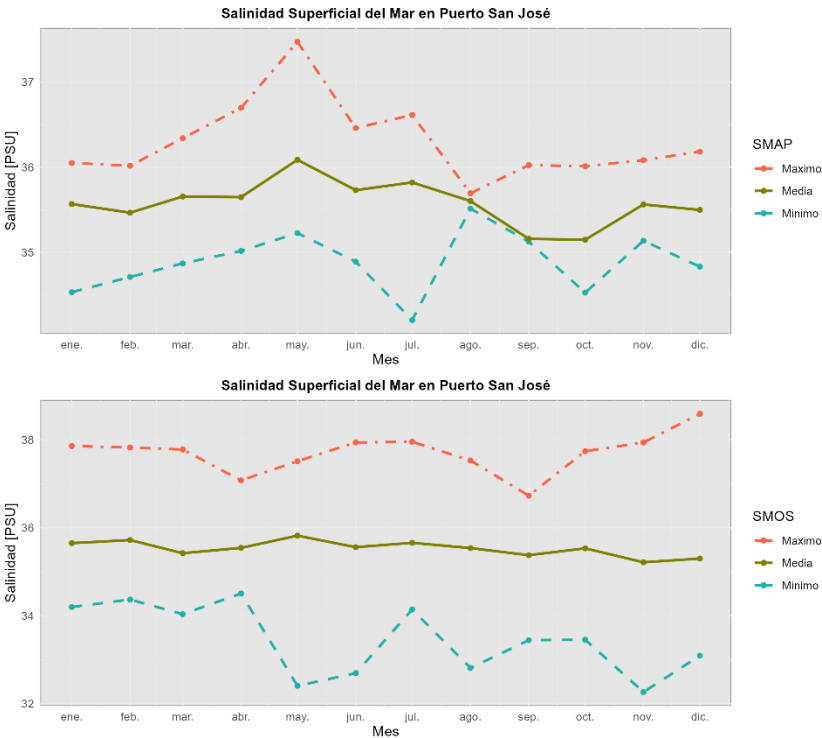


Figura 11.6: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Puerto San José, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (PSU)

Cuadro 11.7. Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Monterrico.
Latitud: 13.625 N. Longitud: -90.625 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.55	34.52	2	36.16	30
Febrero	35.52	34.93	1	35.85	25
Marzo	35.64	35.00	20	36.45	4
Abril	35.78	35.12	25	36.74	15
Mayo	35.85	34.89	5	37.06	18
Junio	35.96	35.20	15	36.80	8
Julio	35.86	35.17	30	36.73	13
Agosto	35.57	34.77	3	36.43	1
Septiembre	35.26	34.25	7	36.52	29
Octubre	35.44	34.54	1	36.19	24
Noviembre	35.28	34.13	9	36.28	29
Diciembre	35.43	34.69	20	36.56	15
SMOS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.73	32.59	10	38.96	10
Febrero	35.74	32.64	1	37.80	5
Marzo	35.44	34.37	25	37.39	18
Abril	35.58	34.25	15	37.66	22
Mayo	35.49	34.44	17	36.81	17
Junio	35.68	34.40	20	37.74	1
Julio	35.90	33.92	4	37.70	9
Agosto	35.40	32.34	15	38.50	30
Septiembre	35.27	31.90	9	36.93	2
Octubre	35.27	32.86	10	37.55	31
Noviembre	35.26	32.70	6	37.22	12
Diciembre	35.79	34.53	14	37.35	15

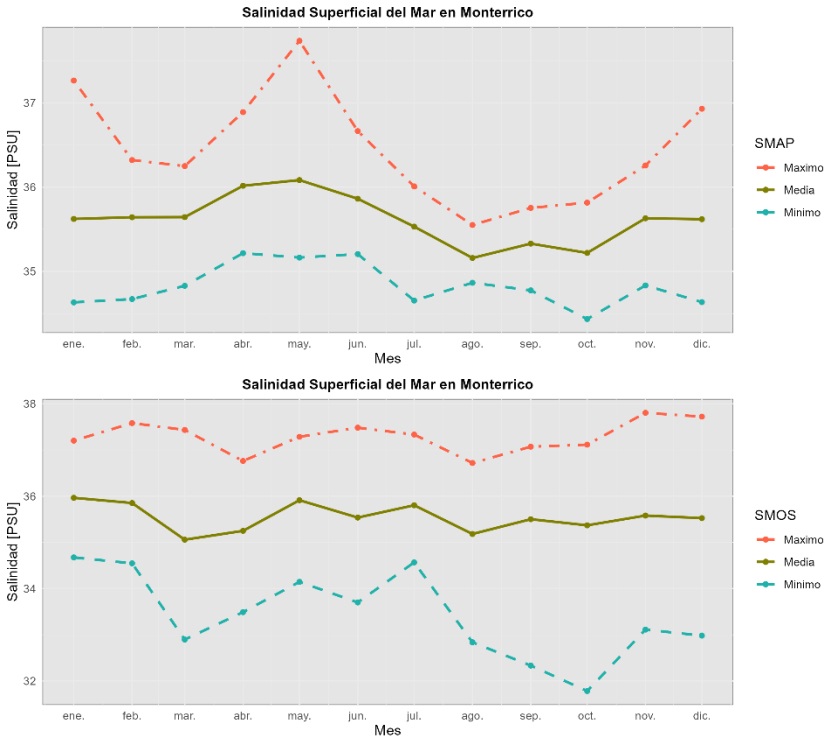


Figura 11.7: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Monterrico, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (PSU)

Cuadro 11.8. Salinidad Superficial del Mar (*PSU*) para Las Lisas.
Latitud: 13.625 N. **Longitud:** -90.375 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.55	34.52	2	36.16	30
Febrero	35.52	34.93	1	35.85	25
Marzo	35.64	35.00	20	36.45	4
Abril	35.78	35.12	25	36.74	15
Mayo	35.85	34.89	5	37.06	18
Junio	35.96	35.20	15	36.80	8
Julio	35.86	35.17	30	36.73	13
Agosto	35.57	34.77	3	36.43	1
Septiembre	35.26	34.25	7	36.52	29
Octubre	35.44	34.54	1	36.19	24
Noviembre	35.28	34.13	9	36.28	29
Diciembre	35.43	34.69	20	36.56	15

SMOS					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.73	32.59	10	38.96	10
Febrero	35.74	32.64	1	37.80	5
Marzo	35.44	34.37	25	37.39	18
Abril	35.58	34.25	15	37.66	22
Mayo	35.49	34.44	17	36.81	17
Junio	35.68	34.40	20	37.74	1
Julio	35.90	33.92	4	37.70	9
Agosto	35.40	32.34	15	38.50	30
Septiembre	35.27	31.90	9	36.93	2
Octubre	35.27	32.86	10	37.55	31
Noviembre	35.26	32.70	6	37.22	12
Diciembre	35.79	34.53	14	37.35	15

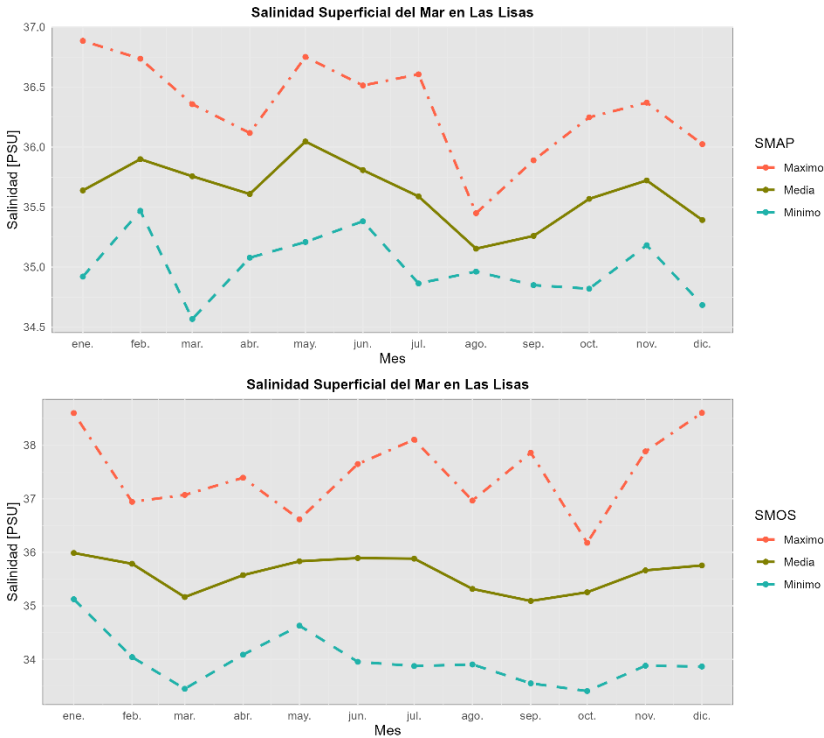


Figura 11.8: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Las Lisas, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (*PSU*)

Cuadro 11.9. Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Bahía de Amatique.

Latitud: 15.812 N. **Longitud:** -91.313 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	34.13	33.80	16	34.40	5
Febrero	34.33	34.10	15	34.50	20
Marzo	34.73	34.50	5	34.90	15
Abril	34.96	34.70	2	35.20	22
Mayo	35.23	35.10	9	35.40	18
Junio	34.92	34.50	22	35.40	3
Julio	33.94	33.40	30	34.70	30
Agosto	33.63	33.20	17	34.00	31
Septiembre	34.18	33.90	12	34.40	20
Octubre	34.19	33.90	25	34.40	3
Noviembre	33.38	33.00	15	34.00	1
Diciembre	33.52	33.10	9	33.90	21

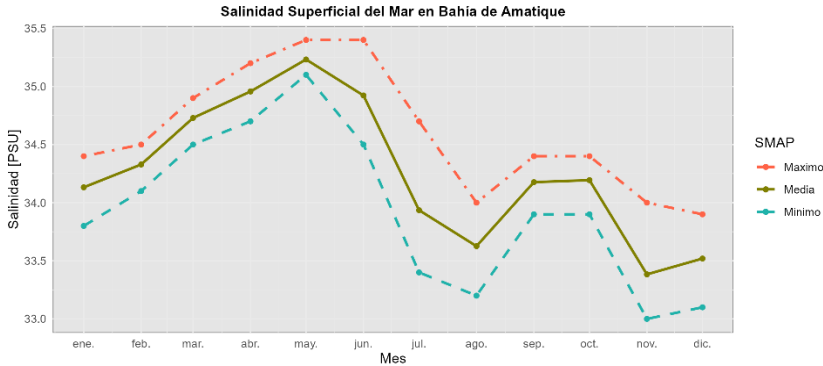


Figura 11.9: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Las Lisas, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (PSU)

Cuadro 11.10. Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Punta de Manabique.

Latitud: 16.0201 N. **Longitud:** -91.438 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	34.02	33.80	1	34.30	26
Febrero	34.29	34.20	1	34.40	18
Marzo	34.59	34.40	1	34.80	17
Abril	34.90	34.60	1	35.10	24
Mayo	35.22	35.10	3	35.30	10
Junio	35.03	34.60	29	35.30	1
Julio	33.95	33.20	31	34.60	1
Agosto	33.43	33.00	18	34.10	31
Septiembre	34.08	33.90	7	35.00	4
Octubre	34.06	33.80	27	34.30	2
Noviembre	33.32	33.00	15	34.00	1
Diciembre	33.43	33.00	7	33.80	22

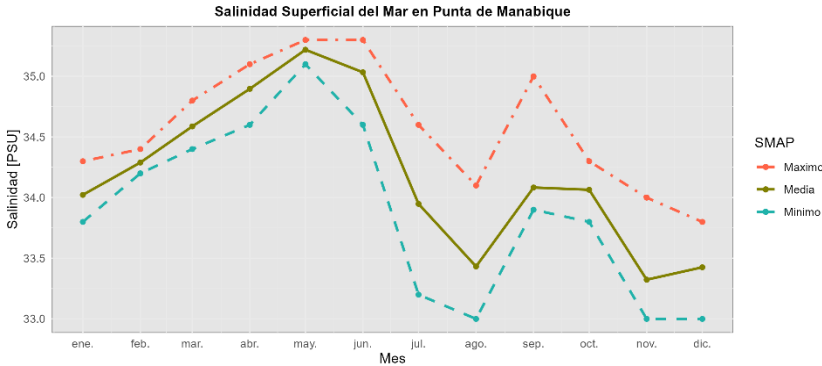


Figura 11.10: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Las Lisas, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (PSU)

Cuadro 11.11. Salinidad Superficial del Mar (*PSU*) para El Quetzalito.

Latitud: 15.8124 N. Longitud: -91.729 E.

MES	MEDIA	SMAP			
		MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.33	35.30	18	35.40	26
Febrero	35.53	35.40	1	35.60	7
Marzo	35.70	35.60	21	35.80	18
Abril	35.81	35.80	1	35.90	13
Mayo	35.72	35.60	28	35.80	3
Junio	35.60	35.40	30	35.70	1
Julio	35.34	35.10	29	35.50	1
Agosto	35.17	35.00	28	35.30	7
Septiembre	35.17	34.90	3	35.70	24
Octubre	35.10	34.90	16	35.30	2
Noviembre	34.72	34.00	4	35.10	1
Diciembre	34.86	34.50	7	35.20	26

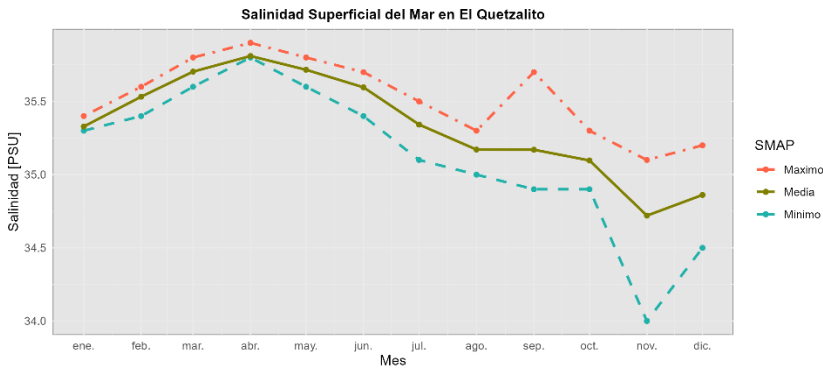


Figura 11.11: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Las Lisas, utilizando los datos del satélite SMAP y SMOS. Unidades (*PSU*)

12. Marea Astronómica

12.1. Aspectos generales

La marea astronómica es el fenómeno natural de la variación del nivel del mar, observado como el ascenso y descenso de sus aguas (Cadena, 2012). Este ascenso y descenso del nivel del mar se observa dos veces al día, teniendo dos máximos llamados pleamar y dos mínimos llamados bajamar (Figura 12.1). La diferencia entre la altura de pleamar y bajamar se le llama rango de la marea. El período de estas oscilaciones es el tiempo desde un máximo al siguiente, y comúnmente tiene una duración de 12.4 horas, por lo que hay alrededor de 1.9 ciclos por día (dos ciclos por día lunar) (Parker, 2007).

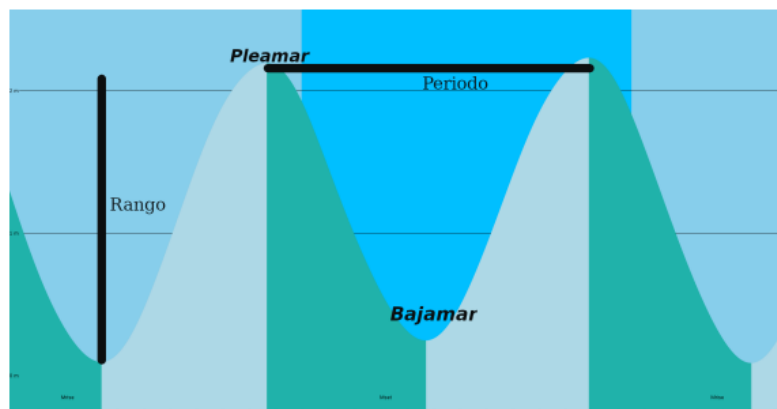


Figura 12.1: Diagrama ejemplificando los puntos cuando hay pleamar y bajamar, así como el período y el rango de la marea.

La marea astronómica es causada por la interacción entre la Tierra, la Luna y el Sol. A pesar de que la Luna parece orbitar alrededor de la Tierra, en realidad, ambos orbitan alrededor de un punto en común, llamado centro de gravedad. La fuerza centrífuga generada por este movimiento de rotación se encuentra en equilibrio con la fuerza de atracción gravitacional de la Luna. Sin embargo, en los lugares sobre la superficie terrestre más cercanos a la Luna, la fuerza

de atracción gravitacional que la Luna ejerce es mayor que la fuerza centrífuga, y en el lado opuesto, la fuerza centrífuga es mayor que la gravitatoria (Parker, 2007). Estas fuerzas de marea, contrario a lo que se suele pensar, no son suficientemente grandes como para causar que la superficie del agua se levante, por lo que son las fuerzas tangenciales a la superficie (al no competir con la fuerza gravitatoria) las que generan corrientes llamadas corrientes de marea. Estas corrientes producen una acumulación de agua en el lado más cercano a la Luna y una en el lado opuesto (Parker, 2007).

En donde hay acumulación de agua sucede la pleamar, no obstante, como la Tierra a su vez gira alrededor de su propio eje, el punto sobre la superficie terrestre donde hay pleamar, se mueve junto a la Tierra (Figura 12.2). Puntos cercanos al ecuador verán dos pleamares al día, una cuando pasa más cercano de la Luna y otra cuando está opuesta a esta (Parker, 2007).

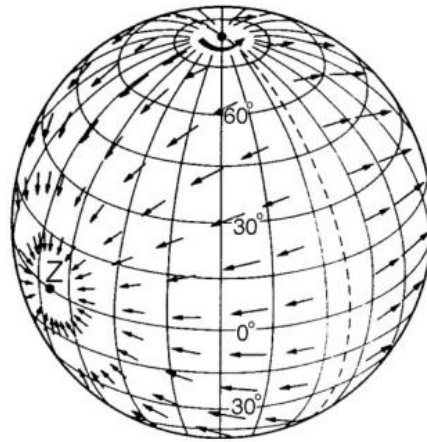


Figura 12.2: Ilustración de las corrientes de marea, fuente: (Stewart, 2008)

De la misma forma que la Luna genera mareas, el Sol también las genera. Debido a que se encuentra a una distancia mucho mayor que la Luna, su contribución suele ser menor, pero no por ello deja de ser importante. Cuando la Luna y el Sol están alineados, ambas mareas se combinan para generar mareas más fuertes llamadas mareas de Sizigia o mareas de primavera. De igual forma, cuando están desalineados, las dos mareas se anulan y generan unas mareas más débiles llamadas mareas muertas (Parker, 2007).

Debido a que hay muchos factores que afectan a las mareas de forma local, predecirlas de forma determinista se torna muy difícil. Es por eso que se suelen utilizar diferentes métodos basados en los datos históricos del nivel de marea, tales como el método de armónicos, el método de respuesta, métodos basados en la teoría de hidrodinámica o el método de altimetría y respuesta. Algunos de estos métodos son útiles para determinar mareas en zonas costeras y otros en mar abierto (Stewart, 2008). Para zonas costeras, el método actual utilizado por la NOAA es el

método de armónicos basado en mínimos cuadrados (Parker, 2007), el cual es el mismo utilizado por INSIVUMEH.

12.2. Registros

Utilizando los datos almacenados de la estación mareográfica de Puerto Barrios se procesaron los datos eliminando valores estadísticamente atípicos, y se ajustaron todos los datos al mismo nivel de referencia. Se utilizó el programa “Xtides 2.15.5” (Flater & Flater, s.f.), el cual utiliza el método de armónicos para generar un pronóstico de marea astronómica, a partir del cual, se estimó el valor del nivel medio de mar (LMSL, Local Mean Sea Level), así como el promedio del nivel del mar por hora, pronosticado entre los años 1983 y 2001, de acuerdo al estándar actualmente utilizado por la NOAA. Utilizando el LMSL de referencia, se muestran los valores promedio por mes de la altura de pleamar y bajamar, el rango y los valores extremos de pleamar y bajamar (Cuadro 12.1).

Cuadro 12.1: Valores del nivel de marea para el año 2023, mostrando los valores promedio de bajamar y pleamar, el rango promedio y los valores máximos y mínimos, por mes. Datos en metros (m).

Mes	Promedio		Rango	Extremos	
	Pleamar	Bajamar		Pleamar	Bajamar
Enero	0.020	-0.133	0.153	0.085	-0.210
Febrero	0.025	-0.138	0.163	0.110	-0.210
Marzo	0.029	-0.123	0.152	0.120	-0.190
Abril	0.046	-0.122	0.168	0.125	-0.155
Mayo	0.046	-0.111	0.157	0.110	-0.150
Junio	0.055	-0.094	0.150	0.110	-0.150
Julio	0.096	-0.068	0.163	0.160	-0.130
Agosto	0.146	-0.025	0.171	0.235	-0.110
Septiembre	0.170	-0.005	0.175	0.245	-0.080
Octubre	0.151	-0.020	0.171	0.210	-0.090
Noviembre	0.092	-0.057	0.149	0.145	-0.100
Diciembre	0.041	-0.103	0.144	0.080	-0.155

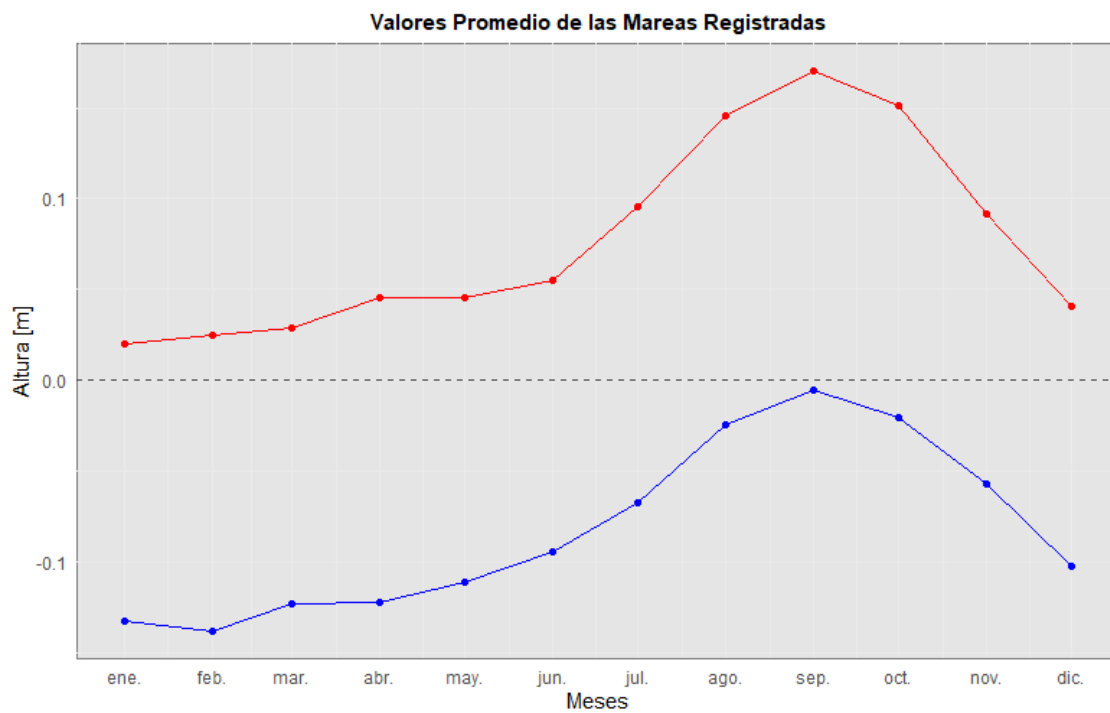


Figura 12.3: Tendencia del valor medio mensual para el año 2023 de la altura en pleamar (rojo) y en bajamar (azul), con referencia a el valor medio del mar LMSL (negro)

13. Efemérides Lunares

13.1. Aspectos generales

La Luna es el único satélite natural que rodea la Tierra. Durante su desplazamiento alrededor del planeta se pueden observar diferentes fragmentos iluminados, de los cuales según el porcentaje visible se describen distintas fases: Luna Nueva, Cuarto Creciente, Luna Llena y Cuarto Menguante. Este objeto astrofísico influye en algunos eventos que suceden en nuestro planeta, como las mareas, las cuales son producto principalmente por la fuerza gravitacional que la Luna ejerce sobre la Tierra (Grego, 2005).

13.2. Registros

A continuación, se muestran los datos de las efemérides lunares en donde se pueden observar la fase de la luna, mes, % de iluminación, hora de puesta y salida, y el día de ocurrencia. Los datos fueron calculados a través de la librería "suncalc"(Benoit Thieurmél, 2022) en el lenguaje R (R Core Team, 2023).

Cuadro 13.1: Efemérides lunares año 2023, Fuente: “suncalc” (Benoit Thieurmél, 2022)

Fase	Mes	% Iluminación	Salida / Puesta	Día	Fase	Mes	% Iluminación	Salida / Puesta	Día
Luna Nueva	Enero	0.31	06:28 / 18:02	21	Luna Nueva	Julio	0.3	05:32 / 19:00	17
Cuarto Creciente		40.5	11:42 / SD	27	Cuarto Creciente		48.4	12:00 / 23:55	25
Luna Llena		99.8	17:44 / 06:24	6	Luna Llena		99.3	19:10 / 05:36	3
Cuarto Menguante		64.5	SD / 11:42	14	Cuarto Menguante		76.3	23:55 / 11:42	9
Luna Nueva	Febrero	0.22	06:05 / 17:54	19	Luna Nueva	Agosto	0.2	05:57 / 18:58	16
Cuarto Creciente		48.9	11:50 / 00:22	27	Cuarto Creciente		53.9	12:39 / SD	24
Luna Llena		99.2	18:10 / 06:37	5	Luna Llena		99.8	18:52 / 05:31	1
Cuarto Menguante		74.6	00:03 / 11:46	13	Cuarto Menguante		63.4	23:58 / 12:19	8
Luna Nueva	Marzo	0.11	06:12 / 18:34	21	Luna Llena	Septiembre	99.9	18:20 / 05:23	30
Cuarto Creciente		46.5	11:23 / 00:03	28	Luna Nueva		0.09	05:27 / 18:06	14
Luna Llena		99.7	18:29 / 06:27	7	Cuarto Creciente		32.7	12:31 / 23:58	22
Cuarto Menguante		60.5	SD / 11:24	14	Luna Llena		99.1	18:21 / 06:05	29
Luna Nueva	Abril	0.65	05:29 / 18:13	19	Cuarto Menguante	Octubre	70.5	23:30 / 12:04	6
Cuarto Creciente		48.8	11:52 / 00:27	27	Luna Nueva		0.1	05:40 / 17:46	14
Luna Llena		99.8	17:58 / 05:35	5	Cuarto Creciente		44.8	12:19 / 23:52	21
Cuarto Menguante		77.6	00:49 / 12:21	13	Luna Llena		99.9	17:40 / 05:47	28
Luna Nueva	Mayo	0.15	05:32 / 18:50	19	Cuarto Menguante	Noviembre	69.9	SD / 12:42	6
Cuarto Creciente		41.5	12:13 / 00:24	27	Luna Nueva		0.2	06:06 / 17:44	13
Luna Llena		99.9	18:26 / 05:26	5	Cuarto Creciente		53.9	12:44 / SD	20
Cuarto Menguante		71.7	00:29 / 12:15	12	Luna Llena		99.5	17:05 / 05:31	26
Luna Nueva	Junio	0.42	05:01 / 18:33	17	Cuarto Menguante	Diciembre	71.9	SD / 12:53	5
Cuarto Creciente		44.4	11:41 / SD	25	Luna Nueva		0.8	05:52 / 17:19	12
Luna Llena		99.7	18:16 / 04:53	3	Cuarto Creciente		49.9	12:04 / SD	19
Cuarto Menguante		68.9	SD / 12:02	10	Luna Llena		99.8	17:36 / 06:16	26
					Cuarto Menguante		73.3	23:58 / 12:05	4

14. Efemérides Solares

14.1. Aspectos generales

La tierra gira alrededor del sol con una inclinación de 23.5° , provocando que la cantidad de luz solar que se recibe al día en nuestro planeta esté distribuida de diferente manera según la latitud en la que se esté ubicado y la época del año. Debido a esta inclinación, a lo largo del año ocurre una transición de mayor a menor cantidad de horas de luz al día. En el transcurso del año ocurren dos eventos diferentes con relación a la cantidad de horas de luz que hay en el día: 2 equinoccios y 2 solsticios. Cuando el día y la noche tienen la misma duración en regiones sobre el ecuador terrestre, se les llama equinoccios. El equinoccio de primavera ocurre entre el 20 y 21 de marzo de cada año, mientras que el equinoccio de otoño, tiene lugar entre el 20 y 23 de septiembre (Stanford-Solar-Center, 2022).

Los solsticios acontecen cuando el Sol se ubica en el punto máximo hacia el norte o el sur y suceden dos veces en el año, siendo las fechas en que ocurre el día más largo o el más corto, respectivamente. El solsticio de verano ocurre cuando el Sol se mueve sobre el Trópico de Cáncer a un ángulo de 23.5° en el hemisferio Norte, alcanzando el valor máximo de inclinación de la tierra hacia el sol. Los países que están ubicados en el norte del Trópico de Cáncer experimentan el día más largo del año (NOAA, 2022). Por otra parte, el solsticio de invierno se produce cuando el Sol se mueve sobre el Trópico de Capricornio a un ángulo de 23.5° al sur del ecuador. Los países ubicados en el hemisferio sur experimentan el día más corto y la noche más extensa (NOAA, 2022).

Las estaciones son producto del cambio en la duración del día y de la noche. Es en verano cuando los días tienen mayor duración y por ende, más cantidad de horas de luz disponible, e invierno cuando tienen la menor duración. Por lo tanto, esta información sirve de apoyo para el conocimiento acerca de las horas de luz solar disponibles a lo largo del año para el desarrollo de distintas actividades.

14.2. Registros

A continuación, se muestran los datos de las efemérides solares en donde se observan el mes y día de ocurrencia, hora de salida y puesta, esta información fue generada a través de la librería "suncalc"(Benoit Thieurmél, 2022) en el lenguaje R (R Core Team, 2023) para las coordenadas 14.5873 N, -90.5327 O.

Cuadro 14.1: Efemérides solares de enero a junio de 2023. Fuente: suncalc (Benoit Thieurmél, 2022).

Enero			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
Día	Salida	Puesta	Día	Salida	Puesta	Día	Salida	Puesta	Día	Salida	Puesta	Día	Salida	Puesta	Día	Salida	Puesta
1	06:28	17:45	1	06:31	18:02	1	06:20	18:11	1	05:59	18:15	1	05:40	18:20	1	05:33	18:29
2	06:28	17:45	2	06:31	18:02	2	06:19	18:11	2	05:58	18:15	2	05:40	18:20	2	05:33	18:29
3	06:29	17:46	3	06:31	18:03	3	06:19	18:11	3	05:57	18:15	3	05:39	18:20	3	05:33	18:29
4	06:29	17:46	4	06:31	18:03	4	06:18	18:12	4	05:56	18:15	4	05:39	18:20	4	05:33	18:30
5	06:29	17:47	5	06:30	18:03	5	06:18	18:12	5	05:56	18:15	5	05:39	18:21	5	05:33	18:30
6	06:30	17:47	6	06:30	18:04	6	06:17	18:12	6	05:55	18:15	6	05:38	18:21	6	05:33	18:30
7	06:30	17:48	7	06:30	18:04	7	06:16	18:12	7	05:54	18:15	7	05:38	18:21	7	05:33	18:31
8	06:30	17:49	8	06:30	18:05	8	06:16	18:12	8	05:54	18:16	8	05:38	18:21	8	05:33	18:31
9	06:30	17:49	9	06:29	18:05	9	06:15	18:12	9	05:53	18:16	9	05:37	18:22	9	05:33	18:31
10	06:31	17:50	10	06:29	18:05	10	06:14	18:13	10	05:52	18:16	10	05:37	18:22	10	05:33	18:32
11	06:31	17:50	11	06:29	18:06	11	06:14	18:13	11	05:52	18:16	11	05:36	18:22	11	05:33	18:32
12	06:31	17:51	12	06:28	18:06	12	06:13	18:13	12	05:51	18:16	12	05:36	18:22	12	05:34	18:32
13	06:31	17:52	13	06:28	18:07	13	06:12	18:13	13	05:50	18:16	13	05:36	18:23	13	05:34	18:32
14	06:31	17:52	14	06:28	18:07	14	06:12	18:13	14	05:50	18:16	14	05:36	18:23	14	05:34	18:33
15	06:31	17:53	15	06:27	18:07	15	06:11	18:13	15	05:49	18:17	15	05:35	18:23	15	05:34	18:33
16	06:32	17:53	16	06:27	18:08	16	06:10	18:13	16	05:48	18:17	16	05:35	18:24	16	05:34	18:33
17	06:32	17:54	17	06:26	18:08	17	06:09	18:13	17	05:48	18:17	17	05:35	18:24	17	05:34	18:33
18	06:32	17:54	18	06:26	18:08	18	06:09	18:13	18	05:47	18:17	18	05:35	18:24	18	05:34	18:34
19	06:32	17:55	19	06:25	18:09	19	06:08	18:14	19	05:47	18:17	19	05:34	18:25	19	05:35	18:34
20	06:32	17:55	20	06:25	18:09	20	06:07	18:14	20	05:46	18:17	20	05:34	18:25	20	05:35	18:34
21	06:32	17:56	21	06:24	18:09	21	06:07	18:14	21	05:45	18:17	21	05:34	18:25	21	05:35	18:34
22	06:32	17:57	22	06:24	18:09	22	06:06	18:14	22	05:45	18:18	22	05:34	18:26	22	05:35	18:35
23	06:32	17:57	23	06:23	18:10	23	06:05	18:14	23	05:44	18:18	23	05:34	18:26	23	05:35	18:35
24	06:32	17:58	24	06:23	18:10	24	06:04	18:14	24	05:44	18:18	24	05:34	18:26	24	05:36	18:35
25	06:32	17:58	25	06:22	18:10	25	06:04	18:14	25	05:43	18:18	25	05:33	18:27	25	05:36	18:35
26	06:32	17:59	26	06:22	18:10	26	06:03	18:14	26	05:43	18:18	26	05:33	18:27	26	05:36	18:35
27	06:32	17:59	27	06:21	18:11	27	06:02	18:14	27	05:42	18:19	27	05:33	18:27	27	05:36	18:35
28	06:32	18:00	28	06:21	18:11	28	06:01	18:14	28	05:42	18:19	28	05:33	18:28	28	05:37	18:36
29	06:32	18:00				29	06:01	18:15	29	05:41	18:19	29	05:33	18:28	29	05:37	18:36
30	06:32	18:01				30	06:00	18:15	30	05:41	18:19	30	05:33	18:28	30	05:37	18:36
31	06:31	18:01				31	05:59	18:15				31	05:33	18:29			

Cuadro 14.2: Efemérides solares de julio a diciembre de 2023. Fuente: suncalc (Benoit Thieurmél, 2022).

JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
Día	Salida	Puesta	Día	Salida	Puesta	Día	Salida	Puesta	Día	Salida	Puesta	Día	Salida	Puesta	Día	Salida	Puesta
1	05:37	18:36	1	05:46	18:32	1	05:51	18:15	1	05:52	17:53	1	05:58	17:35	1	06:12	17:32
2	05:38	18:36	2	05:46	18:32	2	05:51	18:15	2	05:52	17:52	2	05:59	17:34	2	06:13	17:32
3	05:38	18:36	3	05:47	18:32	3	05:51	18:14	3	05:53	17:51	3	05:59	17:34	3	06:13	17:32
4	05:38	18:36	4	05:47	18:31	4	05:51	18:13	4	05:53	17:51	4	05:59	17:34	4	06:14	17:33
5	05:38	18:36	5	05:47	18:31	5	05:51	18:13	5	05:53	17:50	5	06:00	17:33	5	06:14	17:33
6	05:39	18:36	6	05:47	18:30	6	05:51	18:12	6	05:53	17:49	6	06:00	17:33	6	06:15	17:33
7	05:39	18:36	7	05:48	18:30	7	05:51	18:11	7	05:53	17:48	7	06:00	17:33	7	06:16	17:33
8	05:39	18:36	8	05:48	18:30	8	05:51	18:10	8	05:53	17:48	8	06:01	17:33	8	06:16	17:34
9	05:40	18:36	9	05:48	18:29	9	05:51	18:10	9	05:53	17:47	9	06:01	17:32	9	06:17	17:34
10	05:40	18:36	10	05:48	18:29	10	05:52	18:09	10	05:53	17:46	10	06:02	17:32	10	06:17	17:34
11	05:40	18:36	11	05:48	18:28	11	05:52	18:08	11	05:53	17:46	11	06:02	17:32	11	06:18	17:35
12	05:40	18:36	12	05:49	18:28	12	05:52	18:07	12	05:54	17:45	12	06:03	17:32	12	06:18	17:35
13	05:41	18:36	13	05:49	18:27	13	05:52	18:07	13	05:54	17:44	13	06:03	17:32	13	06:19	17:35
14	05:41	18:36	14	05:49	18:27	14	05:52	18:06	14	05:54	17:44	14	06:03	17:31	14	06:19	17:36
15	05:41	18:36	15	05:49	18:26	15	05:52	18:05	15	05:54	17:43	15	06:04	17:31	15	06:20	17:36
16	05:42	18:36	16	05:49	18:26	16	05:52	18:04	16	05:54	17:43	16	06:04	17:31	16	06:20	17:37
17	05:42	18:36	17	05:49	18:25	17	05:52	18:03	17	05:54	17:42	17	06:05	17:31	17	06:21	17:37
18	05:42	18:36	18	05:50	18:24	18	05:52	18:03	18	05:55	17:41	18	06:05	17:31	18	06:22	17:37
19	05:43	18:35	19	05:50	18:24	19	05:52	18:02	19	05:55	17:41	19	06:06	17:31	19	06:22	17:38
20	05:43	18:35	20	05:50	18:23	20	05:52	18:01	20	05:55	17:40	20	06:06	17:31	20	06:23	17:38
21	05:43	18:35	21	05:50	18:23	21	05:52	18:00	21	05:55	17:40	21	06:07	17:31	21	06:23	17:39
22	05:43	18:35	22	05:50	18:22	22	05:52	18:00	22	05:55	17:39	22	06:07	17:31	22	06:24	17:39
23	05:44	18:35	23	05:50	18:21	23	05:52	17:59	23	05:56	17:39	23	06:08	17:31	23	06:24	17:40
24	05:44	18:35	24	05:50	18:21	24	05:52	17:58	24	05:56	17:38	24	06:08	17:31	24	06:24	17:40
25	05:44	18:34	25	05:50	18:20	25	05:52	17:57	25	05:56	17:38	25	06:09	17:31	25	06:25	17:41
26	05:45	18:34	26	05:51	18:20	26	05:52	17:57	26	05:56	17:37	26	06:09	17:31	26	06:25	17:41
27	05:45	18:34	27	05:51	18:19	27	05:52	17:56	27	05:57	17:37	27	06:10	17:31	27	06:26	17:42
28	05:45	18:34	28	05:51	18:18	28	05:52	17:55	28	05:57	17:36	28	06:11	17:31	28	06:26	17:42
29	05:45	18:33	29	05:51	18:18	29	05:52	17:54	29	05:57	17:36	29	06:11	17:32	29	06:27	17:43
30	05:46	18:33	30	05:51	18:17	30	05:52	17:54	30	05:58	17:35	30	06:12	17:32	30	06:27	17:43
31	05:46	18:33	31	05:51	18:16				31	05:58	17:35				31	06:27	17:44

Cuadro 14.3: Equinoccios y Solsticios del año 2023. Fuente (NOAA, 2023)

	Fecha	Hora		Fecha	Hora
Equinoccio de primavera	20/03/2023	18:24	Equinoccio de Otoño	23/09/2023	11:58
Solsticio de Verano	21/06/2023	03:50	Solsticio de Invierno	22/12/2023	00:27



Cuadro 14.4: Promedio mensual de horas con luz natural

Mes	Promedio Horas
Enero	11.37
Febrero	11.67
Marzo	12.05
Abril	12.46
Mayo	12.80
Junio	12.97
Julio	12.89
Agosto	12.60
Septiembre	12.21
Octubre	11.81
Noviembre	11.46
Diciembre	11.28

Figura 14.1: Gráfico de horas sol para el año 2023, basado en la salida y puesta de sol para las coordenadas 14.5873 N, -90.5327 O.

15. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar

15.1. Aspectos generales

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es un acople de dos fenómenos naturales. Primero, se considera la Oscilación del Sur (OS) que es una fluctuación de presión atmosférica a escala global entre el hemisferio oriental y el occidental del océano Pacífico, más específicamente en la isla Darwin (Australia - 12.4° S, 130.9° E) y Tahití (17.5° S, 149.6° O). Por otro lado, el fenómeno del Niño (EN) se utiliza como sinónimo de las fluctuaciones semi-oscilatorias de temperatura en la zona del Pacífico central y ecuatorial en una región delimitada (Cuadro 15.1).

Cuadro 15.1: Regiones Niño, Fuente: Indices of El Niño Evolution (Trenberth & Stepaniak, 2001)

Niño 1+2	(0° – 10° S, 90° – 80° W)	Niño - 3	(5° N – 5° S, 150° – 90° W)
Niño - 3.4	(5° N – 5° S, 170° – 120° W)	Niño - 4	(5° N – 5° S, 160° E – 150° W)

Debido a este acople de fenómenos, en la actualidad se define como término “El Niño” a la fase caliente de la OS, donde los vientos alisios son débiles y la presión es baja sobre el Pacífico Tropical Este y alta sobre el Oeste (Alfaro Martínez & Amador Astúa, 1997). Además, se define como “La Niña” a la fase opuesta donde la TSM es relativamente baja y los vientos alisios son relativamente intensos.

El término “Anomalía” está definido como la desviación de una medición con respecto al promedio del período de referencia (WMO, 2017). Dicho período, también referido como “normal climática” por recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), es un plazo establecido de 30 años que debe actualizarse cada 10 años (WMO, 2017).

El Índice Oceánico del Niño (ONI, por sus siglas en inglés) es un valor numérico utilizado para identificar si estamos ante una fase Niño o una fase Niña. Este se calcula como una media móvil de tres meses a partir de las anomalías de la temperatura superficial del mar para la región “El

Niño-3.4” (un área específica del Pacífico) (Florida International University, 2015). Si el índice del Niño supera el umbral de 0.5, se considera una fase Niño. Si es inferior a -0.5, se considera una fase Niña. En caso de que no se supere el umbral de ± 0.5 , se considera como una ocurrencia normal o fase neutra.

15.2. Registros

Cuadro 15.2: Valores trimestrales del Índice Oceánico El Niño desde el año 2020 a 2023.
Fuente: Climate Prediction Center (NOAA, 2001a)

AÑO	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0
2022	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8
2023	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.8	1.9	2.0

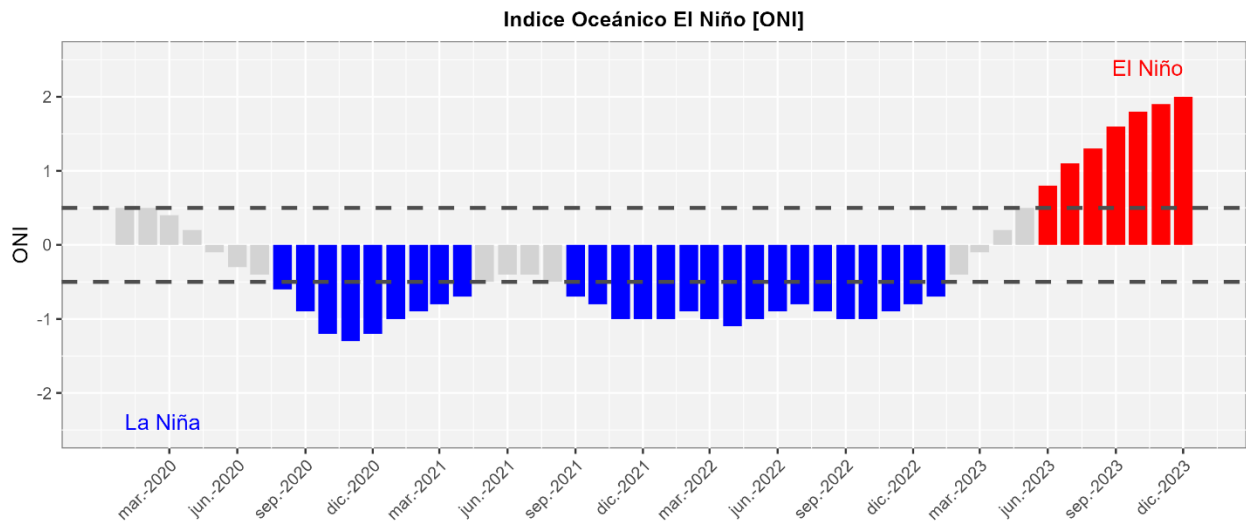


Figura 15.1: Valores del Índice Oceánico El Niño (ONI) desde el año 2020 hasta el 2023.

16. Anomalía del Nivel del Mar

16.1. Aspectos generales

Como complemento a la información de las observaciones directas que captan las estaciones mareográficas se utiliza información satelital sobre la anomalía del nivel del mar. El monitoreo permanente de la anomalía del nivel del mar y las corrientes geostróficas es de vital importancia para la vigilancia oceanográfica y anticipar los efectos de ENOS en la distribución espacial y temporal de estas variables. El nivel del mar se ve influenciado por la compleja interacción de varios factores físico-químicos (Virginia Institute of Marine Science, 2024). Sin embargo, se ha observado principalmente una mayor influencia de las altas temperaturas, las cuales provocan expansión térmica del agua y a su vez se produce un incremento del nivel del mar y cambios en la distribución de las corrientes marinas.

16.2. Registros

A continuación, se muestran los datos estadísticos de los registros de la Anomalía del Nivel del Mar para los 11 puntos de interés, captados por el satélite RADS que utiliza un sensor de Radar con datos altimétricos. En las siguientes tablas se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO).

Cuadro 16.1. Anomalía del nivel del Mar (m) para Bahía de Amatique según datos de RADS.
Latitud: 15.825 N. **Longitud:** -88.67 E.

MES	SLA				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.19	0.00	26	0.54	6
Febrero	0.07	-0.02	21	0.14	9
Marzo	0.19	0.05	14	0.47	1
Abril	0.17	0.08	20	0.32	2
Mayo	0.15	0.05	29	0.29	15
Junio	0.09	0.04	1	0.17	27
Julio	0.10	0.04	31	0.15	1
Agosto	0.07	0.03	2	0.14	20
Septiembre	0.15	0.04	1	0.20	11
Octubre	0.19	0.13	12	0.27	25
Noviembre	0.14	0.10	18	0.20	7
Diciembre	0.12	0.10	20	0.14	26

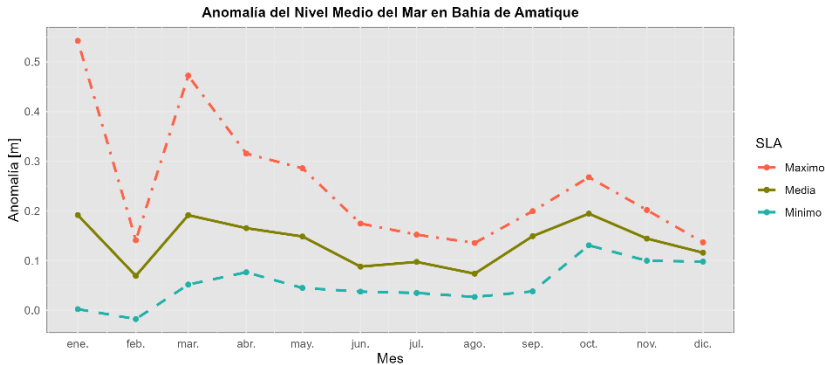


Figura 16.1: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en Bahía de Amatique, utilizando los datos de altimetría RADS. Unidades (m)

Cuadro 16.2. Anomalía del nivel del Mar (m) para Punta de Manabique según datos de RADS.
Latitud: 15.975 N. **Longitud:** -88.575 E.

MES	SLA				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.19	0.00	26	0.54	6
Febrero	0.07	-0.02	21	0.14	9
Marzo	0.19	0.05	14	0.47	1
Abril	0.17	0.08	20	0.32	2
Mayo	0.15	0.05	29	0.29	15
Junio	0.09	0.04	1	0.17	27
Julio	0.10	0.04	31	0.15	1
Agosto	0.07	0.03	2	0.14	20
Septiembre	0.15	0.04	1	0.20	11
Octubre	0.19	0.13	12	0.27	25
Noviembre	0.14	0.10	18	0.20	7
Diciembre	0.12	0.10	20	0.14	26

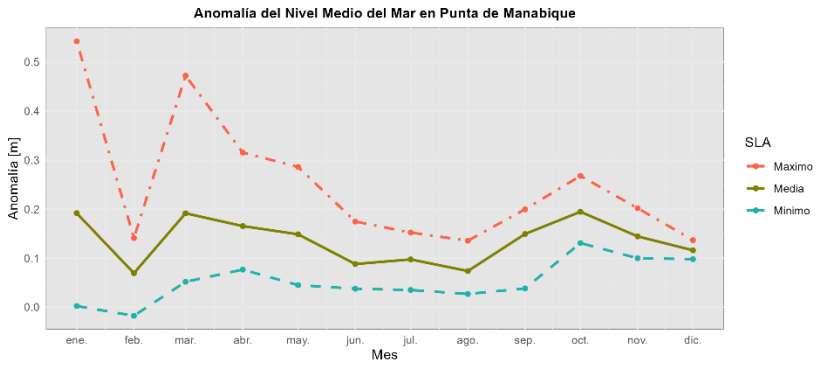


Figura 16.2: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en Punta de Manabique, utilizando los datos de altimetría RADS. Unidades (m)

Cuadro 16.3. Anomalía del nivel del Mar (m) para El Quetzalito según datos de RADS.
Latitud: 15.812498 N. **Longitud:** -91.729169 E.

MES	SLA				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.16	0.00	24	0.43	6
Febrero	0.07	-0.02	21	0.15	9
Marzo	0.15	0.05	14	0.33	1
Abril	0.15	0.08	20	0.28	1
Mayo	0.12	0.04	29	0.25	15
Junio	0.09	0.04	1	0.17	28
Julio	0.09	0.02	31	0.15	1
Agosto	0.07	0.01	2	0.12	18
Septiembre	0.15	0.05	1	0.22	11
Octubre	0.19	0.13	12	0.25	25
Noviembre	0.15	0.10	18	0.21	8
Diciembre	0.12	0.10	7	0.14	26

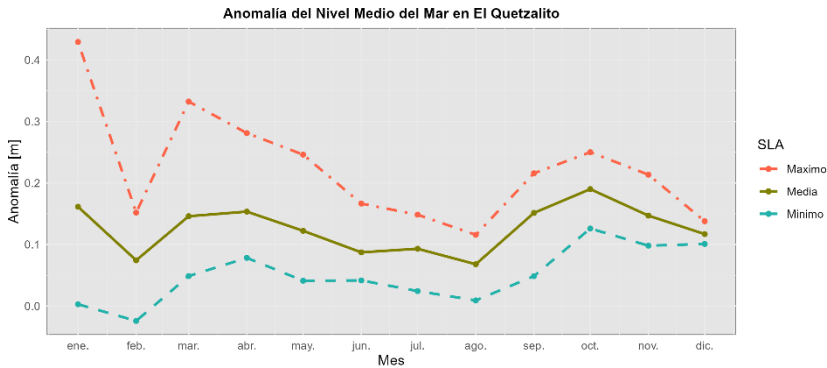


Figura 16.3: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en El Quetzalito, utilizando los datos de altimetría RADS. Unidades (m)

Cuadro 16.4. Anomalía del nivel del Mar (m) para Ocos según datos de RADS.
Latitud: 14.520831 N. **Longitud:** -87.770836 E.

MES	SLA				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.00	-0.03	19	0.06	2
Febrero	-0.02	-0.11	19	0.06	2
Marzo	0.00	-0.07	11	0.04	27
Abril	0.08	0.01	8	0.16	22
Mayo	0.20	0.13	2	0.26	23
Junio	0.20	0.17	29	0.23	14
Julio	0.21	0.15	31	0.26	24
Agosto	0.14	0.08	23	0.19	10
Septiembre	0.16	0.12	12	0.20	29
Octubre	0.13	0.09	27	0.20	9
Noviembre	0.12	0.07	16	0.22	1
Diciembre	0.13	0.08	6	0.18	17

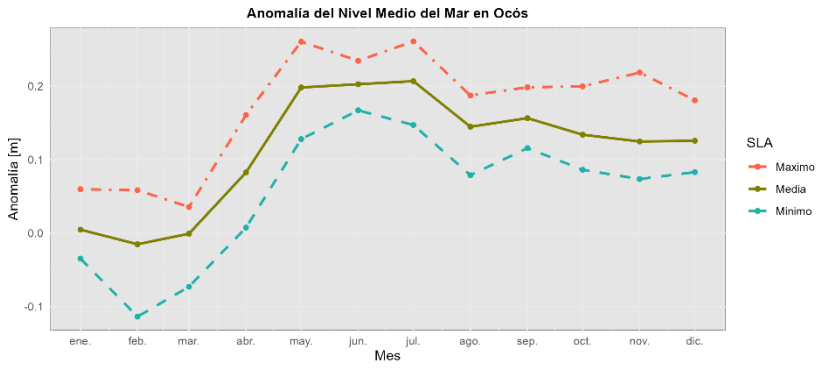


Figura 16.4: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en Ocos, utilizando los datos de altimetría RADS. Unidades (m)

Cuadro 16.5. Anomalía del nivel del Mar (m) para Champerico según datos de RADS.
Latitud: 14.270831 N. **Longitud:** -88.062503 E.

SLA					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.00	-0.05	19	0.06	2
Febrero	0.00	-0.13	19	0.09	7
Marzo	-0.01	-0.10	11	0.05	2
Abril	0.09	0.01	8	0.16	30
Mayo	0.20	0.14	8	0.25	23
Junio	0.21	0.15	26	0.24	8
Julio	0.20	0.15	28	0.26	17
Agosto	0.13	0.07	20	0.19	10
Septiembre	0.16	0.11	9	0.20	28
Octubre	0.13	0.09	21	0.21	9
Noviembre	0.13	0.09	19	0.25	1
Diciembre	0.12	0.07	6	0.17	14

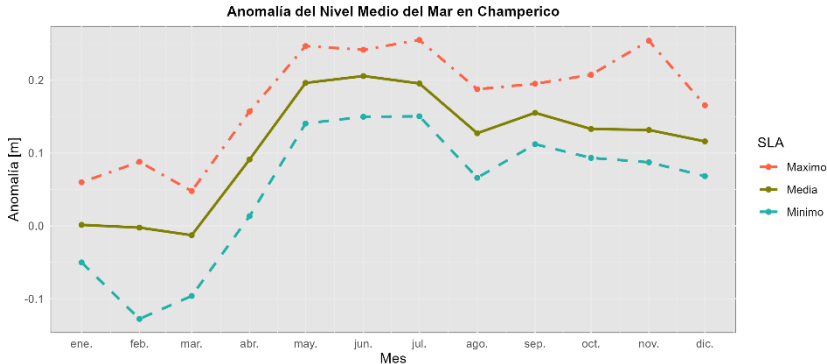


Figura 16.5: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en Champerico, utilizando los datos de altimetría RADS. Unidades (m)

Cuadro 16.6. Anomalía del nivel del Mar (m) para Tahuexco según datos de RADS.
Latitud: 14.062498 N. **Longitud:** -88.312503E.

SLA					
MES	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.00	-0.05	19	0.06	2
Febrero	0.00	-0.13	19	0.09	7
Marzo	-0.01	-0.10	11	0.05	2
Abril	0.09	0.01	8	0.16	30
Mayo	0.20	0.14	8	0.25	23
Junio	0.21	0.15	26	0.24	8
Julio	0.20	0.15	28	0.26	17
Agosto	0.13	0.07	20	0.19	10
Septiembre	0.16	0.11	9	0.20	28
Octubre	0.13	0.09	21	0.21	9
Noviembre	0.13	0.09	19	0.25	1
Diciembre	0.12	0.07	6	0.17	14

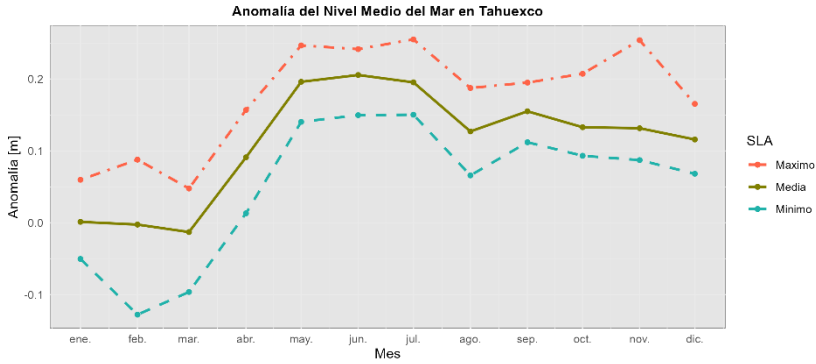


Figura 16.6: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en Tahuexco, utilizando los datos de altimetría RADS. Unidades (m)

Cuadro 16.7. Anomalía del nivel del Mar (m) para Tecojate según datos de RADS.
Latitud: 13.979164 N. **Longitud:** -88.604169 E.

MES	SLA				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.00	-0.05	10	0.08	28
Febrero	0.01	-0.12	19	0.14	7
Marzo	-0.02	-0.10	11	0.06	31
Abril	0.09	0.02	8	0.18	29
Mayo	0.19	0.12	9	0.26	28
Junio	0.21	0.15	29	0.25	3
Julio	0.21	0.14	4	0.27	17
Agosto	0.13	0.08	28	0.19	1
Septiembre	0.15	0.10	2	0.19	20
Octubre	0.12	0.08	10	0.20	9
Noviembre	0.13	0.07	30	0.23	1
Diciembre	0.12	0.06	2	0.16	14

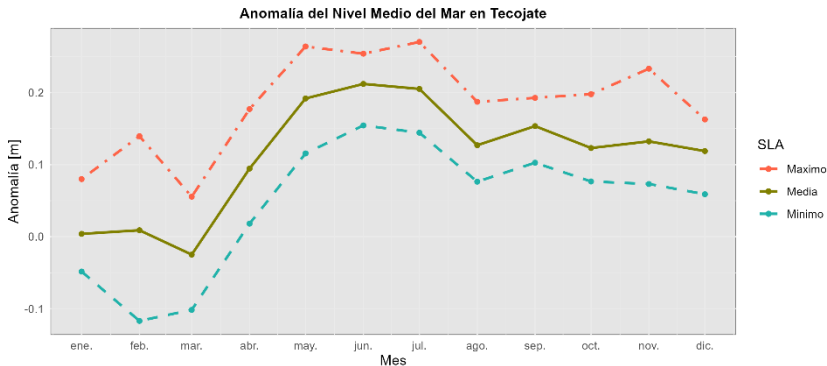


Figura 16.7: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en Tecojate, utilizando los datos de altimetría RADS. Unidades (m)

Cuadro 16.8. Anomalía del nivel del Mar (m) para Sipacate según datos de RADS.
Latitud: 13.895831 N. **Longitud:** -88.812503 E.

MES	SLA				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	-0.01	-0.09	10	0.08	31
Febrero	0.01	-0.10	19	0.13	6
Marzo	-0.02	-0.12	8	0.07	31
Abril	0.09	0.02	8	0.17	28
Mayo	0.18	0.09	3	0.26	30
Junio	0.22	0.15	30	0.26	5
Julio	0.20	0.15	3	0.26	16
Agosto	0.12	0.06	28	0.19	2
Septiembre	0.14	0.09	2	0.18	12
Octubre	0.12	0.05	10	0.18	9
Noviembre	0.13	0.07	30	0.22	1
Diciembre	0.12	0.04	2	0.17	14

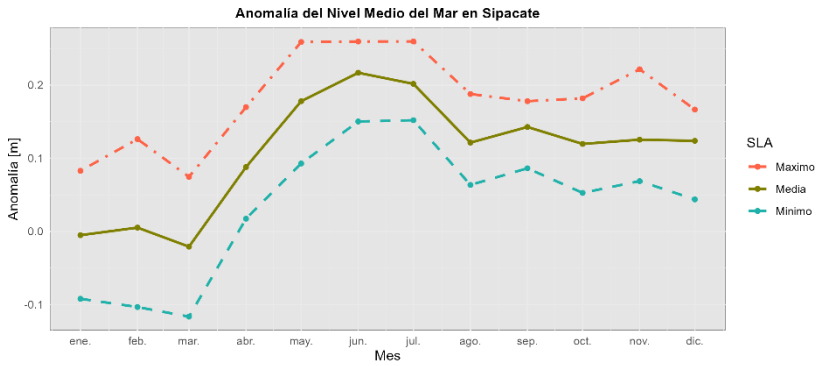


Figura 16.8: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en Punta de Manabique, utilizando los datos de altimetría RADS. Unidades (m)

Cuadro 16.9. Anomalía del nivel del Mar (m) para Puerto San José según datos de RADS.
Latitud: 13.895831 N. **Longitud:** -89.187503 E.

MES	SLA				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	-0.02	-0.13	10	0.08	28
Febrero	-0.02	-0.08	16	0.07	4
Marzo	-0.03	-0.16	7	0.06	28
Abril	0.07	0.00	7	0.15	28
Mayo	0.16	0.04	3	0.24	30
Junio	0.21	0.14	22	0.28	3
Julio	0.18	0.14	19	0.23	16
Agosto	0.11	0.02	15	0.19	2
Septiembre	0.13	0.06	2	0.16	27
Octubre	0.11	0.03	10	0.16	9
Noviembre	0.11	0.06	30	0.18	1
Diciembre	0.12	0.03	2	0.17	14

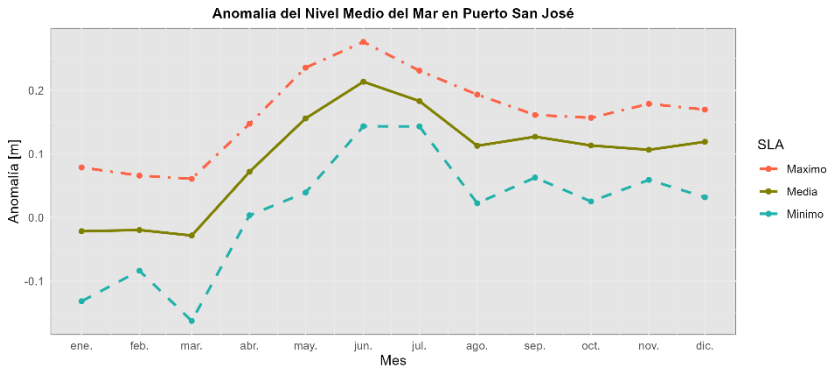


Figura 16.9: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en Puerto San José, utilizando los datos de altimetría RADS. Unidades (m)

Cuadro 16.10. Anomalía del nivel del Mar (m) para Monterrico según datos de RADS.
Latitud: 13.895831 N. **Longitud:** -89.479169 E.

MES	SLA				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	-0.09	-0.25	10	0.04	25
Febrero	-0.09	-0.20	9	-0.01	1
Marzo	-0.07	-0.25	7	0.05	27
Abril	0.03	-0.08	2	0.12	20
Mayo	0.09	-0.08	3	0.19	17
Junio	0.17	0.06	22	0.28	4
Julio	0.12	-0.03	19	0.20	12
Agosto	0.08	-0.03	15	0.19	2
Septiembre	0.10	0.00	11	0.17	27
Octubre	0.09	-0.01	10	0.13	1
Noviembre	0.05	-0.02	8	0.12	23
Diciembre	0.09	-0.04	2	0.16	15

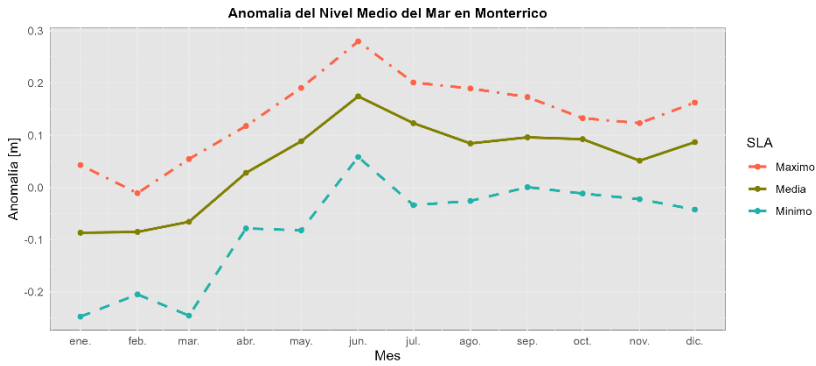


Figura 16.10: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en Monterrico, utilizando los datos de altimetría RADS. Unidades (m)

Cuadro 16.11. Anomalía del nivel del Mar (m) para Las Lisas según datos de RADS.
Latitud: 13.770831 N. **Longitud:** -89.729169 E.

MES	SLA				
	MEDIA	MINÍMO	DÍA MINÍMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	-0.09	-0.25	10	0.04	25
Febrero	-0.09	-0.20	9	-0.01	1
Marzo	-0.07	-0.25	7	0.05	27
Abril	0.03	-0.08	2	0.12	20
Mayo	0.09	-0.08	3	0.19	17
Junio	0.17	0.06	22	0.28	4
Julio	0.12	-0.03	19	0.20	12
Agosto	0.08	-0.03	15	0.19	2
Septiembre	0.10	0.00	11	0.17	27
Octubre	0.09	-0.01	10	0.13	1
Noviembre	0.05	-0.02	8	0.12	23
Diciembre	0.09	-0.04	2	0.16	15

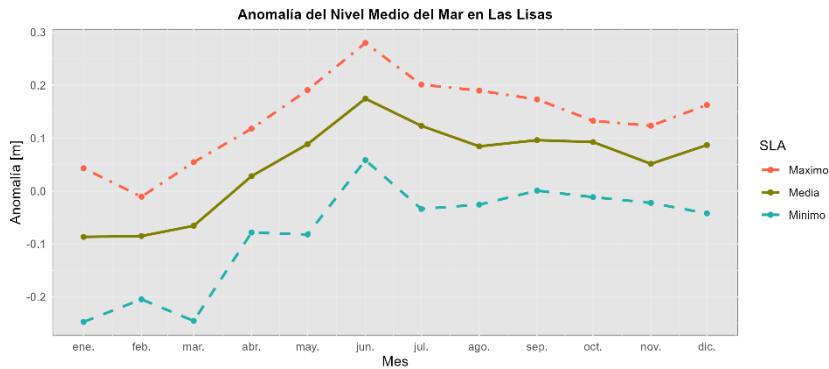


Figura 16.11: Tendencia de la anomalía del nivel del Mar en Las Lisas, utilizando los datos de altimetría RADS.
Unidades (m)

16.3. Aumento del nivel del mar

Los cambios en el nivel del mar están influenciados por una serie de factores que varían en diferentes escalas espacio-temporales (Warrick & Oerlemans, 1990). En una escala a largo plazo, multi decenal a centenaria, cambios en el nivel del mar global se encuentran asociados a expansión térmica (calentamiento del océano), corrientes, adición de masa de agua por el derretimiento de los glaciares y capas de hielo (Sweet, et al., 2022). En escalas a corto plazo, intermensual/anual a decenal, se relacionan con variaciones en el almacenamiento de agua terrestre, patrones atmosféricos y de circulación oceánica, así como influencias de El Niño-Oscilación del Sur -ENSO- (Turki, et al., 2020). Por último, en escalas temporales más cortas, horas a días, cambios observados usualmente se deben a mareas, oleaje superficial, corrientes, viento, tormentas y eventos extremos (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation -CSIRO-, s.f.).

Durante el mes de junio del 2023, se registró un incremento del nivel del mar en las playas de Sipacate, Escuintla en el Pacífico de Guatemala (Pineda, 2023). Este evento duró desde el mes de mayo hasta la primera semana del mes de junio, obteniendo valores de 15 a 25 centímetros por encima de los niveles del mar usualmente observados para el área (Pineda, 2023). Debido a la vulnerabilidad de las comunidades costeras ante este tipo de eventos, se realizó un análisis de la anomalía del nivel del mar durante todo el año de 2023, obteniendo datos satelitales de la misión RADS que utiliza un sensor de Radar con datos altimétricos, enfocándose en seis principales variables, siendo estas: Temperatura superficial del mar (SST, por sus siglas en inglés), Anomalía de la Temperatura superficial del mar (SSTA), Temperatura Mensual enfocada en la región El Niño 3.4, el índice Oceánico del Niño (ONI), velocidad de corrientes geostróficas y los datos de salinidad.

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indicó que las variables previamente mencionadas presentaban distribuciones no normales ($p < 0.05$), por lo que se seleccionó la prueba no paramétrica de correlación de Spearman para medir el grado de variación conjunta existente entre las variables (Universidad Carlos III de Madrid, s.f.). Debido a que ciertas variables explicativas presentaban alta correlación entre sí, se analizaron sus relaciones con la variable de respuesta (anomalía del nivel del mar) y se seleccionó la principal variable que presentaran una mayor correlación con la misma para llevar a cabo el siguiente análisis. En la Figura 16.12, se pueden observar los valores de la prueba de correlación entre la anomalía del nivel del mar y las variables explicativas seleccionadas, siendo la Temperatura Superficial del Mar la que presentó

un alto grado de correlación positiva con 0.81 ($p < 2.2e-16$). Así mismo, para la Temperatura mensual en la región del Niño 3.4 presentó una correlación positiva media de 0.44 ($p=6.748e-14$). Estas correlaciones positivas nos indican que tanto la temperatura superficial del mar, la temperatura en la región 3.4 del Niño y el nivel del mar tienden a evolucionar en la misma dirección de aumento. Para las corrientes geostróficas y la salinidad, se presentaron valores de correlación negativas, con -0.28 ($p=4.491e-06$) y -0.36 ($p=2.274e-09$) respectivamente. Esto nos indica que mientras los valores de velocidad de corriente y salinidad se encuentran bajos, los niveles de la anomalía del nivel del mar se encuentran altos.

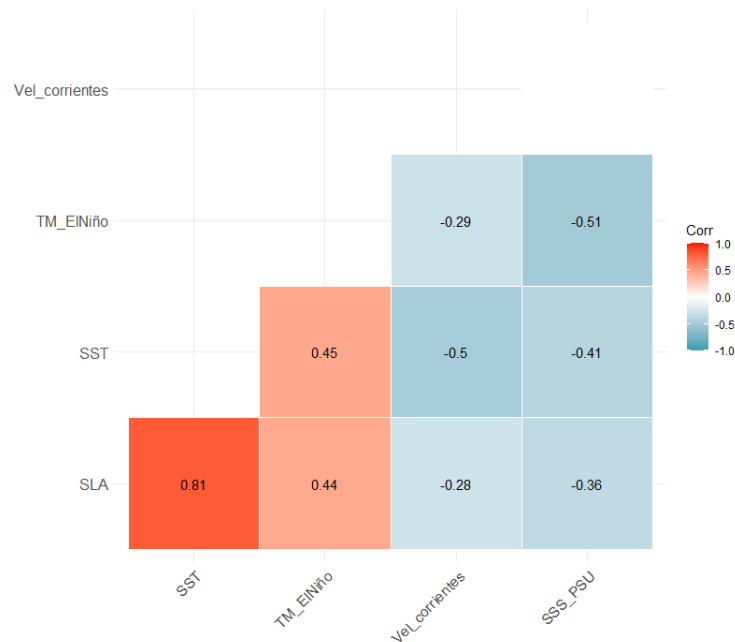


Figura 16.12: Correlación de Spearman entre la anomalía del nivel del mar y las variables explicativas. Las variables explicativas seleccionadas fueron Temperatura superficial del mar (SST), Temperatura Mensual enfocada en la región El Niño 3.4 (TM_ElNiño), velocidad de corrientes geostróficas (Vel_corrientes) y los datos de salinidad (SSS_PSU). No se presenta el valor de correlación entre Velocidad de corrientes y salinidad debido a que no presentó significancia estadística ($p>0.05$).

Posteriormente se realizó una serie de modelos de regresión lineal, buscando identificar los valores de la anomalía del nivel del mar en función de las variables explicativas (Universidad Carlos III de Madrid, s.f.). Debido a que el océano es un sistema complejo, variaciones en diversos factores climáticos se relacionan con cambios observados en el nivel del mar (Bergant et al., 2005). Sin embargo, para el año 2023, las variables de salinidad, velocidad de las corrientes y las temperaturas mensuales observadas en la región El Niño 3.4 presentaron una mayor correlación con la temperatura superficial del mar que con el nivel del mar. Debido a que la temperatura

superficial del mar presentó la mayor correlación sobre el sistema y a su vez, sobre el nivel del mar, fue seleccionada como la principal variable explicativa, debido a que por sí sola explica el 63.05% de la variación observada en la anomalía del nivel del mar [R-cuadrado ajustado= 0.6305, $p < 2.2e-16$] (ver Cuadro 16.12).

Cuadro 16.12: Regresión lineal múltiple de la influencia de las variables explicativas sobre la anomalía del nivel del mar

	Estimador	Error Estd.	valor de t	Pr(> t)
(Intercepto)	-1.623990	0.082592	-19.66	< 2e-16 ***
SST	0.058057	0.002764	21.01	< 2e-16 ***

Códigos de signif.: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

Fuente: Datos propios.

Error Residual estándar: 0.0445 en 257 grados de libertad(GL)

R-cuadrado múltiple: 0.632, R-cuadrado ajustado: 0.6305

Estadístico F: 441.3 en 1 y 257 GL, p-value: < 2.2e-16.

La relación directa se puede observar en la Figura 16.13, en la cual a medida que la temperatura aumenta, los valores reportados para la anomalía del nivel del mar aumentan también. Cuando un área presenta un incremento en la temperatura, el agua marina se expande y ocupa más espacio, por lo que al incrementar su volumen, disminuye su densidad simultáneamente y resulta en un aumento en el nivel del mar (Vinogradov & Ponte, 2010; De Bilt, 2019; Widlansky, Long & Schloesser, 2020; Sweet et al, 2022;). Debido a que la tasa de expansión térmica incrementa con el calentamiento por gases de efecto invernadero, cambios en la densidad del agua se vuelven cada vez más sensibles a la temperatura (Widlansky, Long & Schloesser, 2020).

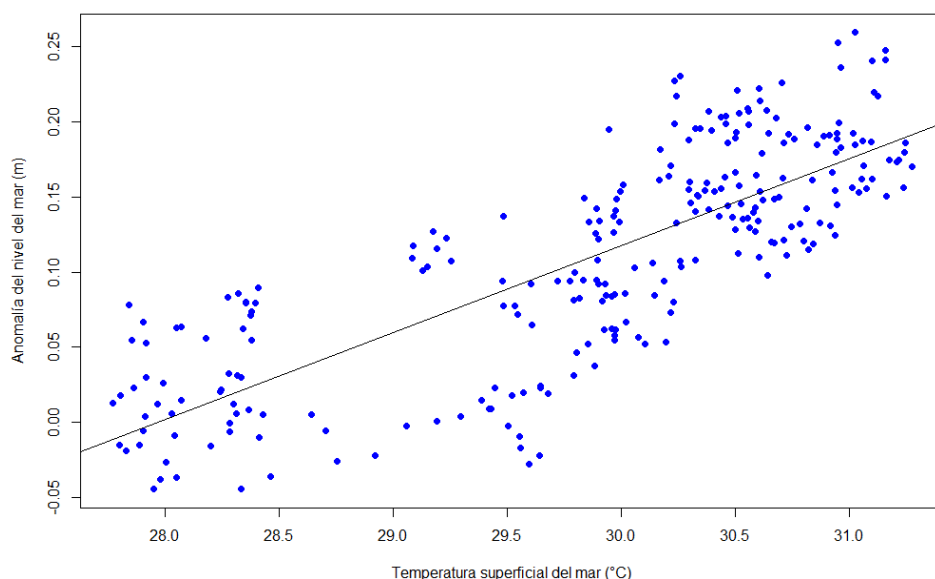


Figura 16.13: Regresión lineal entre la anomalía del nivel del mar y la Temperatura Superficial del mar. Se puede observar como la tendencia de la regresión es lineal en dirección de aumento para ambas variables.

Para las variaciones observadas en el nivel del mar, el efecto presentado por la temperatura superficial se ve incrementado por complejas interacciones con los demás factores oceánico-ambientales (corrientes, salinidad, ENSO). La contracorriente ecuatorial desplaza las aguas cálidas en los trópicos, por lo que al momento de encontrarse en las costas del país, aumentan consigo la temperatura superficial del área (Ayala y Ayala, s.f.). Esto a su vez, acumula grandes volúmenes de agua cálida en las regiones tropicales del lado del Pacífico Oeste, formando olas submarinas conocidas como Olas de Kelvin (Ayala y Ayala, s.f.). Estas olas de Kelvin favorecen un engrosamiento superficial del agua cálida (termoclina), la cual junto a una menor densidad y enlentecimiento de las corrientes por debilitamiento de los vientos alisios afecta la habilidad de sumergirse del bloque de agua superficial, obstruyendo a su vez el ascenso de agua fría proveniente de las profundidades (Ayala y Ayala, s.f.; Maturana, Bello y Manley, 2004; NASA, 2023). Cuando el fenómeno de El Niño se encuentra en una fase fuerte como la observada en el año 2023, las temperaturas se presentan anormalmente altas, por lo que las variaciones y alteraciones climáticas previamente mencionadas intensifican su impacto (Maturana, Bello y Manley, 2004).

Debido a que las predicciones a futuro indican un incremento (alta confiabilidad) en las temperaturas superficiales del mar (Oppenheimer et al., 2019), el monitoreo continuo de estas relaciones intervariables es clave para poder validar los modelos de predicción a nivel local y a su vez instruir a las poblaciones de mayor vulnerabilidad en las costas del país las acciones preventivas a tomar.

Referencias

- Alfaro Martinez, E. J. (1997). *Variabilidad y cambio climático en algunos parámetros sobre Costa Rica y su relación con fenómenos de escala sinóptica y planetaria.*
- Aqua earth-observing, s. (s.f.). *Mission AQUA*. Obtenido de <https://aqua.nasa.gov/>
- AquaStatus. (s.f.). *aqua.nasa.gov*. Obtenido de <https://aqua.nasa.gov/sites/default/files/AquaStatus.pdf>
- Arjona, F. J.-C.-J. (2007). *Osmoregulatory response of Senegalese sole (Solea senegalensis) to changes in environmental salinity. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology.*
- Bailey, S. (2014). *MODIS-Terra Ocean Color Reprocessing*. Obtenido de <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>
- Bailey, S. (s.f.-a). *Ocean Color L3*. Obtenido de <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>
- Bailey, S. (s.f.-b). *NASA OceanColor WEB*. Obtenido de What We Do.: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/about/>
- Bars, L., Vries, D., H., & Drijfhout, S. (2019). *Sea level rise and its spatial variations. Technical report*. Royal Netherlands Meteorological Institute. Ministry of Infrastructure and Water Management. Obtenido de <https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/knmipubTR/TR372.pdf>
- Bear, R. R. (s.f.). *Biogeochemical Cycles*. Obtenido de <https://archive.org/details/cnx-org-col11569>

- Bergant, K., Susnik, Strojani, M., & A., a. S. (2005). *Sea level variability at Adriatic coast and its relationship to atmospheric forcing*. *Annales Geophysicae*. Obtenido de <https://angeo.copernicus.org/articles/23/1997/2005/angeo-23-1997-2005.pdf>
- Cadenas, M. (2012). *Nivel del mar y régimen de marea en las estaciones mareográficas de Colombia*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/23877/Caracteristicas+Mareas.pdf/55110c0b-9bd6-4c97-ab2e-c99807e3fc01>
- Caruana, A. M. (2018). *Microalgae and Toxins*. En I. A. Levine & J. Fleurence (Eds.), *Microalgae in Health and Disease Prevention*. Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811405-6.00013-X>
- Cessi, P. (s.f.). *Lecture 4: Thermohaline Circulation Variability*. Obtenido de Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI): <https://www.whoi.edu/files/server.do?id=21418&pt=10&p=17292>
- Cheng, L. A. (2024). *New Record Ocean Temperatures and Related Climate Indicators in 2023*. *Adv. Atmos. Sci.* 41, 1068–1082. doi:<https://doi.org/10.1007/s00376-024-3378-5>
- Cheng, L. v. (2022). *Past and future ocean warming*. *Nat Rev Earth Environ* 3, 776–794. doi:<https://doi.org/10.1038/s43017-022-00345-1>
- CoastWatch, N. (2018). *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Coastwatch Program: NOAA Coastwatch: Central Operations and Portal to Regional Nodes*. Obtenido de https://coastwatch.noaa.gov/cw_html/cwViewer.html
- COP25, C. C. (2019). *Océano y cambio climático: 50 preguntas y respuestas*. Santiago de Chile.
- Copernicus. (2024). *Copernicus*. Obtenido de 2023 is the hottest year on record, with global temperatures close to the 1.5°C limit.: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>
- CSIRO-, C. S. (s.f.). *Why does sea level change?* Obtenido de Causes of sea level change: <https://research.csiro.au/slrwavescoast/sea-level/sea-level-change/>
- Earth Science Data Systems, N. (2016). *Data Processing Levels*. Obtenido de <https://www.earthdata.nasa.gov/engage/open-data-services-and-software/data-information-policy/data-levels>
- FIU, F. I. (2015). *El Niño Oscilación del Sur (ENOS) 2015–16 Región – Latinoamérica y el Caribe*. Obtenido de Disaster Risk Reduction Program: https://drr.fiu.edu/enso-201516/enso_2015_fiu-drr-report_no2_espanol.pdf

- Flater, D. &. (s.f.). *XTide: Harmonic tide clock and tide predictor*.
- Fore, A. Y. (2019). *SMAP Salinity and Wind Speed Data User's Guide*.
- Frazier, S. (s.f.). *MODIS Specifications*. Obtenido de <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>
- Garrison, T. S. (2012). *Oceanography: an invitation to marine science*. Cengage Learning.
- GEBCO. (2020). *GEBCO Overview*. Obtenido de https://www.gebco.net/about_us/overview/
- GEBCO. (2023). *Gebco_2023 Grid*. Obtenido de https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_2023/
- Grattan, L. M. (2016). *Harmful algal blooms and public health [Harmful Algal Blooms and Public Health]*. Harmful Algae. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.05.003>
- Grego, P. (2005). *The Moon and How to Observe it*. Springer.
- Harris, A. M. (s.f.). *A New High-Resolution Sea Surface Temperature Blended Analysis*. Bulletin of the American Meteorological Society. doi:<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00002.1>
- Heron, S. F.-K.-R. (2014). *Climatology development for NOAA Coral Reef Watch's 5-km product suite*. doi:<https://doi.org/10.7289/V59C6VBS>
- Iglesias, I. L.-G. (2010). *La temperatura superficial del mar como herramienta de predicción climática*. Environmental Physics Laboratory, Facultade de Ciencias.
- IIEG. (2019). *GLOSARIO GPS/GNSS*. Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco: Geodesia, Fotogrametría, Topografía, Cartografía y catastro .
- INEGI. (1986). *Glosario de Términos Marinos y Litorales*.
- IOC. (2023). *Intergovernmental Oceanographic Commission*. Obtenido de Sea level station monitoring facility: <https://doi.org/10.14284/482>
- IPCC. (s.f.). *IPCC, Special Report: Global Warming of 1.5°C Glossary*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/>
- Kuhlbrodt, T. S. (2024). *A Glimpse into the Future: The 2023 Ocean Temperature and Sea Ice Extremes in the Context of Longer-Term Climate Change*. Bulletin of the American Meteorological Society, 105(3), E474-E485. doi:<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-23-0209.1>
- Maturana, J., Bello, M., & Manley, M. (2004). *Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur*. En: S. AVARIA, J. CARRASCO, J. RUTLLANT y

- E. Y ÁÑEZ. (eds.). 2004. *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus Efectos en Chile*. CONA, Chile, Valparaíso. Obtenido de <https://www.divulgameteo.es/uploads/ENSO-antecedentes-descripci%C3%B3n.pdf>
- Modis, C. (s.f.). Obtenido de <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/components.php>
- NASA. (2023). *Slowdown of the Motion of the Ocean*. Obtenido de <https://science.nasa.gov/earth/earth-atmosphere/slowdown-of-the-motion-of-the-ocean/>
- NASA. (s.f.). *NASA Salinity: Overview*. Obtenido de <https://salinity.oceansciences.org/overview.htm>
- NOAA. (2001). *NOAA's Climate Prediction Center*. Obtenido de https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- NOAA. (2001). *Who We Are/Climate Prediction Center*. Obtenido de https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/information/who_we_are/index.shtml
- NOAA. (2024). *The Seasons (Equinoxes and Solstices)*. Obtenido de https://www.weather.gov/dvn/Climate_Astronomical_Seasons
- NOAA. (s.f.). *Coastwatch Program*. Obtenido de <https://coastwatch.noaa.gov/cwn/about/noaa-coastwatch-program.html>
- NPP, S. (s.f.). *National Polar-orbiting Partnership*. Obtenido de <https://www.eoportal.org/satellite-missions/suomi-npp#suomi-npp-national-polar-orbiting-partnership-mission>
- Oppenheimer, M., Glavovic, B., Hinkel, J., Wal, R. v., Magnan, A., Abd-Elgawad, A., . . . Sebesvari, & Z. (2019). *Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities*. En: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge. doi:<https://doi.org/10.1017/9781009157964.006>
- Parker, B. B. (2007). *Tidal analysis and prediction*.
- Perillo, G. M. (2017). *Cursos de marea. El sistema circulatorio de los humedales costeros*.
- Pineda, S. (8 de Junio de 2023). Aumenta oleaje: imágenes muestran cómo el mar se adentró y provocó estragos en playa de Sipacate y experto explica fenómeno. *Prensa Libre*. Obtenido de <https://www.prensalibre.com/ciudades/escuintla/aumenta-oleaje-imagenes-muestran-como-el-mar-se-adentro-y-provoco-estragos-en-playa-de-sipacate-y-expertos-explican-fenomeno-breaking/>
- R Core Team. (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Obtenido de <https://www.r-project.org/>

- Rani, M. M. (s.f.). *Remote sensing of Ocean and coastal environment overview*. Remote Sensing of Ocean and Coastal Environments,.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2022). *Diccionario de la lengua española (23.a ed.)*.
- REMARCO. (s.f.). *Floraciones Algales Nocivas (Fan) Y Toxinas Marinas*. Obtenido de Floraciones De Algas Nocivas (Fan): <https://www.env.nm.gov/surface-water-quality/es/habs/#:~:text=Los%20efectos%20sobre%20la%20salud,dolor%20abdominal%2C%20v%C3%B3mitos%20y%20diarrea>.
- Savitri, K. P. (2021). *VNIR-SWIR infrared (imaging) spectroscopy for geothermal exploration: Current status and future directions*. Geothermics. doi:<https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102178>
- Shaxson, F. &. (s.f.). *Glosario de términos sobre humedad del suelo En Optimización de la Humedad del Suelo para la producción vegetal*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- SMOS. (s.f.). *Overview - Mission Background*. Obtenido de <https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos/description>
- SOHA. (1992). *Glosario de Marea y Corrientes Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Chile*.
- Stanford-Solar-Center. (2022). *Solstice and Equinox (Suntrack) Season Model*. Obtenido de <https://solar-center.stanford.edu/AO/Sun-Track-Model.pdf>
- Stewart, R. H. (2008). *Introduction to physical oceanography*. . Stewart.
- Sverdrup, K. A. (2019). *Investigating oceanography*.
- Sweet, W., Hamlington, B., Kopp, R., Weaver, C., Barnard, P., Bekaert, D., . . . Schmi, L. (2022). *Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States: Updated Mean Projections and Extreme Water Level Probabilities Along U.S. Coastlines*. NOAA Technical Report .
- Thieurmél, B., & Elmarhraoui, A. (2023). *suncalc: Compute Sun Position, Sunlight Phases, Moon Position and Lunar Phase*. R package version 0.5.1. Obtenido de <https://CRAN.R-project.org/package=suncalc>
- Thome, K. (s.f.). *About Terra*. Obtenido de <https://terra.nasa.gov/about>
- Trenberth, K. E. (2001). *Indices of el Niño evolution*. Obtenido de Journal of climate, 14.

- Turki, I., M., N., L., & B., & S. (2020). *Effects of Global Climate Oscillations on Intermonthly to Interannual Variability of Sea levels along the English Channel Coasts*. Francia: NW France Oceanología.
- VIIRS. (s.f.). *Overview*. Obtenido de <https://lpdaac.usgs.gov/data/get-started-data/collection-overview/missions/s-npp-nasa-viirs-overview/>
- VIMS, V. I. (2024). *Processes Affecting Sea-Level Trends*. Obtenido de <https://www.vims.edu/research/products/slrc/processes/>
- Vinogradov, S. &. (2010). *Annual cycle in coastal sea level from tide gauges and altimetry*. Journal of Geophysical Research Oceans.
- Walsham, P. A. (2022). *Determination of chlorophyll in seawater*.
- Warrick, R. &. (1990). *Chapter 9: Sea Level Rise*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA: IPCC Scientific Assessment on Climate Change. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc_far_wg_I_chapter_09.pdf
- Watch, N. C. (s.f.). *Methodology, Product Description, and Data Availability of CRW*. Obtenido de <https://coralreefwatch.noaa.gov/product/5km/methodology.php>
- Widlansky, M., Long, X., & & Schloesser, F. (2020). *Increase in sea level variability with ocean warming associated with the nonlinear thermal expansion of seawater*. Communications Earth & Environment. doi:<https://doi.org/10.1038/s43247-020-0008-8>.
- WMO. (1992). *Vocabulario Meteorológico Internacional*. World Meteorological Organization.
- WMO. (2017). *Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre la generación de un conjunto definido de productos nacionales de vigilancia del clima*. World Meteorological Organization.
- Yu, J. T. (2007). *Changes of water temperature and harmful algal bloom in the Daya Bay in the northern South China Sea*.



7a. avenida, 14-57, zona 13, Guatemala
PBX: (502) 2310-5000
www.insivumeh.gob.gt



Ministerio de
**Comunicaciones,
Infraestructura
y Vivienda**