



Informe oceanográfico anual

No. I - 2022

Guatemala, mayo de 2023

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología,
Meteorología e Hidrología

-INSIVUMEH-

Departamento de investigación y servicios Hídricos

Sección de Oceanografía

seccion.oceanografia@insivumeh.gob.gt

www.insivumeh.gob.gt

Coordinador de la sección de oceanografía

Pablo Daniel Martínez Zecaña

Personal de la sección

Carlos Enmanuel Soto López

Luis Pedro García Arroyave

Autoridades

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

Director general

Ing. Agr. Edwin Aroldo Rojas Domingo

Subdirector general

Ing. José Juan Ochoa Quezada

Jefe del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos

Ing. Agr. Francisco Andrés Roque Sosa

Índice general

1. Introducción	5
2. Objetivos	6
2.1. General	6
2.2. Específicos	6
3. Siglas y abreviaturas	7
4. Símbolos	9
5. Glosario	10
6. Sitios de monitoreo	16
7. Fuentes de información	20
7.1. Grupo de Procesamiento de Biología Oceánica - OBPG	20
7.1.1. Terra	20
7.1.2. Aqua	21
7.1.3. Suomi NPP	22

7.1.4. NOAA 20	23
7.2. Coral Reef Watch	24
7.2.1. Temperatura Superficial del mar	24
7.2.2. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar	24
7.3. NOAA Coastwatch program	25
7.3.1. SMAP	25
7.3.2. SMOS	26
7.4. Estaciones mareográficas	26
7.5. Fuente de información para efemérides	27
7.6. Carta Batimétrica General de los Océanos - GEBCO	28
7.7. Centro de Predicción del Clima - CPC	28
8. Batimetría	29
8.1. Aspectos generales	29
9. Concentración de Clorofila-α en el mar	31
9.1. Aspectos generales	31
9.2. Registros	31
10.Efemérides Lunares	43
10.1. Aspectos generales	43
10.2. Registros	43
11.Efemérides Solares	45

11.1. Aspectos generales	45
11.2. Registros	45
12.Marea Astronómica	49
12.1. Aspectos generales	49
12.2. Registros	51
13.Salinidad Superficial del Mar	53
13.1. Aspectos generales	53
13.2. Registros	53
14.Temperatura Superficial del Mar	62
14.1. Aspectos generales	62
14.2. Registros	62
15.Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar	91
15.1. Aspectos generales	91
15.2. Registros	92

1. Introducción

Cómo parte de las funciones que tiene el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), se encuentra la del monitoreo sistematizado de la actividad hidrometeorológica del país, incluyendo los fenómenos oceanográficos, enriqueciendo así, las bases de datos y sistemas de información geográfica, y contribuyendo con la modernización y especialización del sector educativo, y la optimización de actividades del sector productivo.

Es por ello que, por medio de la sección de Oceanografía, del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos del INSIVUMEH, se pone a disposición de la población en general, la información estadística de las variables monitoreadas y recopiladas durante el año 2022, para los diferentes sitios de monitoreo. Las variables que se presentan son, la batimetría de la zona económica exclusiva, obtenida de la Carta Batimétrica General de los Océanos (GEBCO, por sus siglas en inglés), la cual es una base de datos batimétricos disponible para todo público, alimentada por mediciones e interpolaciones estadísticas; registros mensuales del nivel del mar para el Litoral Atlántico, registrados por la estación mareográfica de INSIVUMEH; temperatura superficial del mar (TSM), anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM), salinidad superficial del mar (SSM) y concentración de clorofila- α en el mar, utilizando datos satelitales, y el calendario de efemérides solares y lunares, obtenido a través de un paquete del lenguaje de programación “R”, basado en ecuaciones simplificadas del movimiento de los cuerpos celestes que componen nuestro sistema solar.

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

2. Objetivos

2.1. General

Generar la información estadística registrada durante el año 2022 de las variables oceanográficas que la sección de oceanografía del Departamento de Investigación y Servicios Hídricos de INSIVUMEH, monitorea diariamente.

2.2. Específicos

1. Presentar al público en general, un documento de fácil acceso que presente de forma 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 transcurso del año 2022.
2. Presentar información sobre la batimetría de las zonas económicas exclusivas del país.
3. Implementar un informe oceanográfico anual que refleje el monitoreo diario, así como reportar las condiciones oceanográficas en ambos litorales del país.
4. Presentar a la comunidad científica y población en general la labor que realiza la sección de oceanografía y servir 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. Siglas y abreviaturas

ATSM	Anomalia de la Temperatura Superficial 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	Floreccimineto 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
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	El Grupo de Procesamiento de Biología Oceánica
RAE	Real Academia Española
S	Sur
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 Suite
VNIR	visible and near-infrared
WGS84	World Geodetic System 1984
ZEE	Zona Económica Exclusiva

4. Símbolos

NOMBRE	SIMBOLOS
Centímetro	cm
Centímetro cúbico	cm ³
Coefficiente de determinación	R^2
Error cuadrático medio	RMSE
Grados	°
Grados celsius	°C
Kilometros	km
Nanómetro	nm
Metros	m
Metros sobre el nivel del mar	msnm
Miligramos	mg
Temperatura	T
Unidades Prácticas de Salinidad	PSU

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 islas” (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 reuso 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, el 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, 1992).
- **Climatología:** “Estudio del estado físico 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 período de muchos años” (WMO, 1992).
- **Clorofila:** Grupo de pigmentos verdes que se encargan de captar energía lumínica para la actividad fotosintética (Garrison, 2012).
- **Clorofila α :** ‘Un tipo de pigmento fotosintético encontrado en los cloroplastos de 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 capas subyacentes provoca un desequilibrio vertical” (INEGI, 1986).
- **Datum:** “Es un 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 el 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"(IEEG, 2019).
- **Estación mareográfica:** “Lugar en el cual se llevan a cabo observaciones y registros periódicos de las mareas” (INEGI, 1986).
- **Estenohalino:** Organismo que solo tolera un rango corto de concentraciones de salinidad (Bear et al., s.f.).
- **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 los 1300 nm (Savitri et al., 2021).
- **In situ:** “En el sitio, sobre el terreno” («REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española», 2022).
- **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», 2022).
- **Litoral:** “Zona costera que se extiende mar afuera, 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 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 sisigia:** “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», 2022).
- **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», 2022).

- **Representación raster:** “Es la manera de representar a los Objetos Espaciales mediante arreglos bidimensionales regulares de valor (matriz de datos) de algún tema” (IEEG, 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 remplazada 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», 2022).
- **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 K_{15} 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 K_{15} 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).
- **Zona económica exclusiva:** “Zona situada fuera del mar territorial, adyacente a éste, de una anchura máxima de 188 millas náuticas (348.17 km) sobre el cual el Estado Ribereño tiene derechos soberanos para los fines de exploración, explotación, conservación y administración de los recursos naturales, tanto vivos como no vivos, del lecho y el subsuelo del mar, y las aguas suprayacentes, y con respecto a otras actividades con miras a la exploración y explotación de la zona, como la producción de energía derivada del agua, de las corrientes y de los vientos” (INEGI, 1986).

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 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.

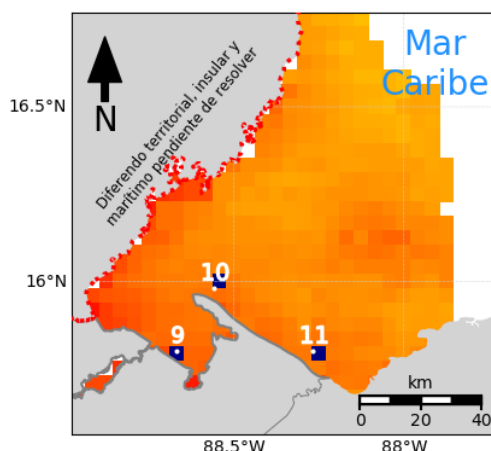


Figura 6.1: Píxeles asociados a cada sitio, según la resolución del ráster utilizado

En total, se han definido 11 sitios de interés, 3 para el Litoral Atlántico y 8 para el Litoral Pacífico los cuales se han elegido para que sean aproximadamente equidistantes. Los criterios para agregar puntos de monitoreo son la distancia entre los puntos y que estos estén cerca de algunas de las principales playas del país. La distancia toma importancia ya que usualmente los datos en formato rasterizado, tienen una resolución finita, y la intención de dichos puntos es que se puedan diferenciar entre sí, dentro de las diferentes fuentes de datos. A continua-

ción se ilustra la información de dichos sitios de monitoreo, y de la estación mareográfica perteneciente a INSIVUMEH.

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 (abrev) que se le asocia y sus coordenadas.

No.	Departamento	Sitio	abrev.	Latitud	Longitud
1	San Marcos	Ocós	ocs	14.50	-92.20
2	Retalhuleu	Champerico	chp	14.26	-91.89
3	Suchitepéquez	Tahuexco	thx	14.07	-91.65
4	Escuintla	Tecojate	tej	13.97	-91.36
5	Escuintla	Sipacate	spc	13.92	-91.15
6	Escuintla	Puerto San José	psj	13.90	-90.80
7	Santa Rosa	Monterrico	mtr	13.88	-90.50
8	Santa Rosa	Las Lisas	lls	13.79	-90.27
9	Izabal	Bahía de Amatique	bha	15.80	-88.67
10	Izabal	Punta de Manabique	pum	15.98	-88.56
11	Izabal	El Quetzalito	qtz	15.80	-88.27
12	Izabal	Mareográfica Puerto Barrios	mar_pb	15.69	-88.62



Figura 6.2: Estación mareográfica ubicada en el Comando Naval del Caribe ubicada en Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios Izabal

Sitios de interés Pacífico de Guatemala

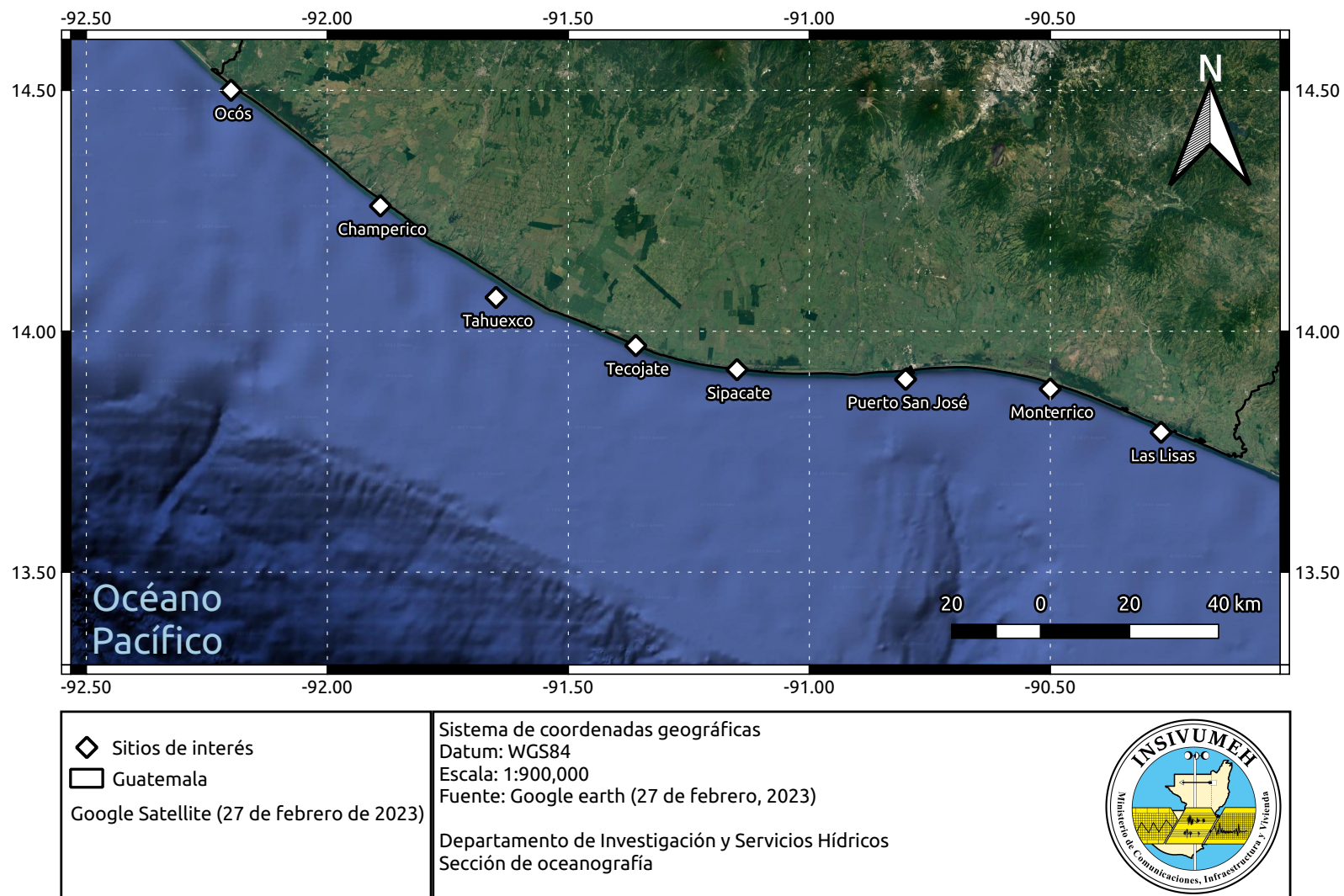


Figura 6.3: Sitios de monitoreo en el Litoral Pacífico de Guatemala



Sitios de interés Atlántico de Guatemala

- Estación mareográfica del caribe
 - Sitios de interés
 - Guatemala
 - Diferendo territorial insular y marítimo pendiente de resolver
- Google Satellite (27 de febrero de 2023)

Sistema de coordenadas geográficas
Datum: WGS84
Escala: 1:400,000

Departamento de Investigación y Servicios Hídricos
Sección de oceanografía

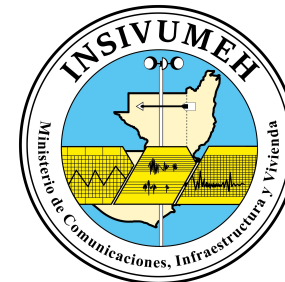


Figura 6.4: Sitios de monitoreo en el Litoral Atlántico de Guatemala

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- α 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 cinco 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.).

Terra ha estado orbitando la Tierra por más de 20 años y ya superó su vida útil. Actualmente se encuentra a la deriva, ya que ha consumido el combustible a bordo en la última maniobra

de la misión en febrero de 2020. Su estado actual es completamente operativo, sin problemas actuales en los sistemas (Thome, s.f.) y se espera que siga en operaciones al menos 5 años más. La captura de datos se puede ver afectada por los cambios de órbita y reducirse levemente el tamaño del pixel, pero se espera que el impacto en la información sea mínima («Update: Terra Data and imagery outage starting 10 October 2022 - Global Imagery Browse Services (GIBS) - earthdata wiki», s.f.).

De los productos de nivel 3 (L3) disponibles a partir de los datos registrados por Terra, se utilizan los productos de temperatura superficial del mar y concentración de clorofila- α ; 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 7.1: Validación de mediciones satelitales contra datos *in situ* para Clorifila- 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, 2018) y hay datos de validación más actualizados, para dicha validación no se encuentran los valores de clorofila- α .

7.1.2. Aqua

Aqua es un satélite también conocido como EOS-PM 1 que fue lanzado en mayo de 2002 y cuenta con 6 sensores para recopilar información sobre el ciclo del agua en la Tierra, pero que 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.

De los productos de nivel 3 (L3) disponibles a partir de los datos registrados por Aqua, se utilizan los productos de temperatura superficial del mar y concentración de clorofila- α . 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 7.2: Validación de mediciones satelitales contra datos *in situ* para Clorifila- α del Satélite Aqua, 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 Aqua) y el rango de datos medidos (Rango *in situ*) (Beiley, 2022).

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 utilizan los productos de temperatura superficial del mar y concentración de clorofila- α . 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: Validación de mediciones satelitales contra datos *in situ* para Clorofila- α 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	0.06600 - 67.01700

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 tiene la misma órbita que SNPP pero separada en tiempo por 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 utilizan el producto de Concentración de Clorofila-a.

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) que 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), siendo estos el “SST and Sea Ice Reanalysis” de la oficina meteorológica del Reino Unido, con datos de enero de 1985 a noviembre de 2002, “Geo-Polar Blended SST reanalysis” de la NOAA con datos de noviembre 2002 a octubre 2016 y del “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. Siendo así, porque durante la noche, las temperaturas del agua y cerca de la superficie son más uniformes verticalmente y para evitar los efectos del calentamiento diurno así como 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:

$$\text{ATSM} = \text{TSM} - \text{DC} \quad (7.1)$$

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. La climatología diaria se deriva 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 ($\pm 0.2^\circ\text{C}$) 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.). Está diseñado para 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, esto con el fin de monitorear el ciclo del agua en la Tierra. El satélite fue lanzado en noviembre de 2009 y estaba diseñada 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. Los datos de SSM tienen una precisión de 0.5 – 1.5 *PSU* (Unidades Prácticas de Salinidad) para una sola observación y una precisión 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 una estación mareográfica ubicada en el Comando Naval del Caribe en Santo Tomás de Castilla, en Puerto Barrios, Izabal, coordenadas

15.694618, -88.616667. La misma se encuentra en funcionamiento desde diciembre del 2013.

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.

7.5. Fuente de información para efemérides

La obtención de la información de las efemérides lunares se realiza con base en el paquete “suncalc” del lenguaje de programación “R” (R Core Team, 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”](#).

Con la función “getMoonIllumination” se obtiene la información de fase lunar y fracción de iluminación. La fase lunar se clasifica según el valor de fase del día actual que puede estar entre 0.0 y 1.0. Esto se puede observar en el siguiente cuadro:

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	0.50
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 “Get Moon times”, 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”. Los cuales, por defecto, 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>“0.5.0 dev version” (Benoit Thieurmél, 2022).

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 además esté disponible para todo público (GEBCO, 2020).

El GEBCO_2022 Grid fue publicado en junio de 2022 y es un modelo global del terreno para el océano y para la superficie terrestre en una cuadrícula de 15 segundos de arco, proporcionando una cobertura mundial con los datos de elevación, en metros, registrados en el centro del píxel (GEBCO, 2022).

Los valores del GEBCO_2022 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_2022 pueden llegar a diferir de mediciones locales más precisas.

7.7. Centro de Predicción del 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 para 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.

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», 2022), donde el término isóbatas, 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», 2022).

La importancia de realizar estudios batimétricos y 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 (GEBCO, 2022) del GEBCO_2022, se indica:

- La información del GEBCO_2022 no debe utilizarse para la navegación ni para ningún otro fin relacionado con la seguridad del mar.
- No utilizar la información de GEBCO_2022 de manera que sugiera un estatus oficial o que GEBCO, la IHO o la IOC aprueban una aplicación particular.
- La GEBCO, IHO e IOC o quienes hayan participado en su creación o publicación no asumen responsabilidad alguna por la pérdidas, lesiones o daños resultantes de su utilización, ni por la determinación de la idoneidad de la red GEBCO para un uso determinado.

BATIMETRÍA DEL PACÍFICO DE GUATEMALA

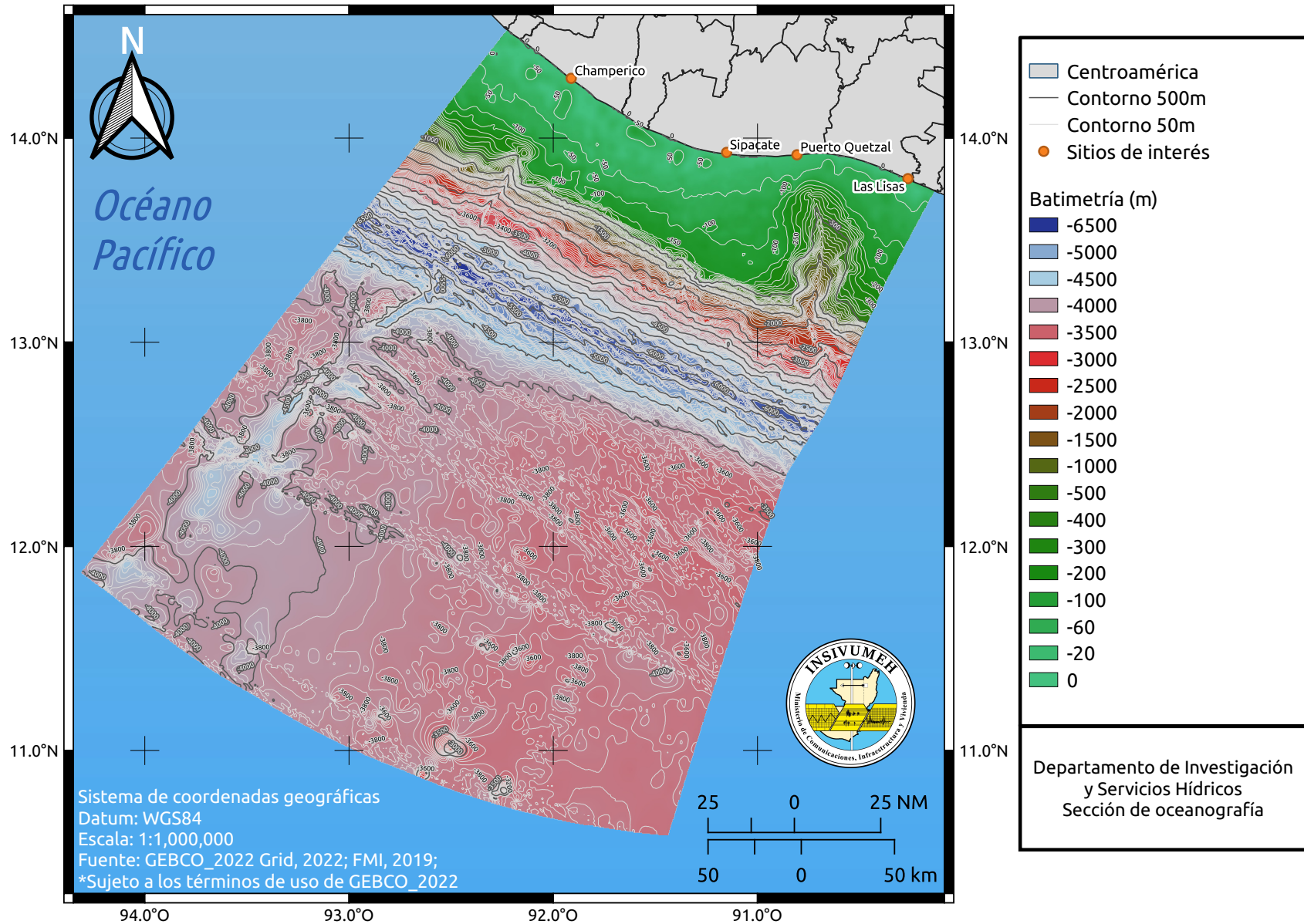


Figura 8.1: Batimetría del Pacífico de Guatemala

9. Concentración de Clorofila- α en el mar

9.1. Aspectos generales

La clorofila- α es un pigmento fotosintético que se encuentra dentro de las algas microscópicas, y su función consiste en captar la energía lumínica y, posteriormente, transformarla en energía química (Walsham et al., 2022). El monitoreo de las concentraciones de clorofila- α 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 florecimiento algal, estos eventos 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. En los últimos años, alrededor de las aguas costeras, se ha notado un aumento en la frecuencia de estos eventos (Grattan et al., 2016), y por lo tanto, es de gran relevancia la observación de esta variable oceanográfica.

9.2. Registros

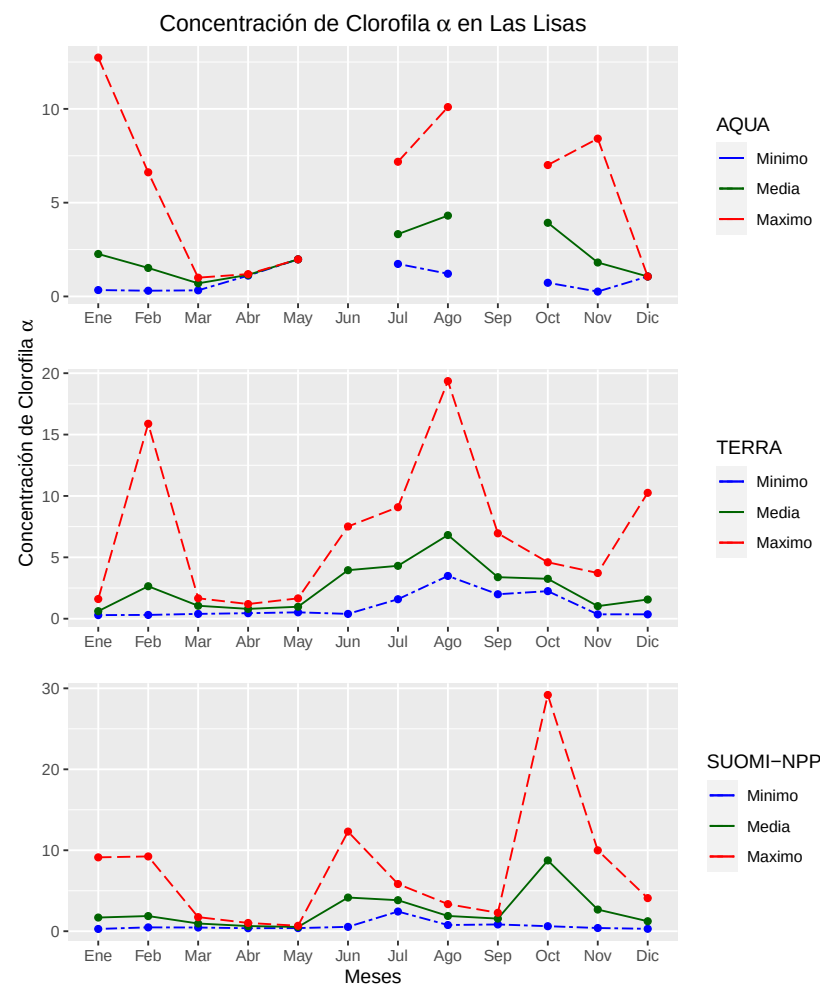
A continuación se muestran las medias mensuales (MEDIA), el valor mínimo por mes (MÍNIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÍNIMO) y el valor máximo por mes (MÁXIMO), junto al día en que ocurrió (DÍA MÁXIMO), de clorofila α captados por los satélites AQUA, TERRA y SUOMI-NPP para los 11 puntos de interés.

Cuadro 9.1: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para Las Lisas.**Latitud:** 13.770831 N. **Longitud:** -89.729169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.26	0.34	2	12.74	18
Febrero	1.52	0.31	28	6.62	1
Marzo	0.70	0.33	16	1.00	14
Abril	1.15	1.11	23	1.19	25
Mayo	1.98	1.98	9	1.98	9
Junio	—	—	—	—	—
Julio	3.32	1.73	12	7.18	26
Agosto	4.31	1.21	11	10.10	16
Septiembre	—	—	—	—	—
Octubre	3.93	0.73	25	7.01	12
Noviembre	1.81	0.26	23	8.42	20
Diciembre	1.06	1.06	2	1.06	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.61	0.29	1	1.60	19
Febrero	2.65	0.31	16	15.88	10
Marzo	1.05	0.39	21	1.66	26
Abril	0.80	0.45	11	1.20	20
Mayo	0.97	0.52	13	1.66	7
Junio	3.95	0.39	9	7.51	30
Julio	4.31	1.59	10	9.08	26
Agosto	6.81	3.48	10	19.36	12
Septiembre	3.38	1.99	9	6.96	27
Octubre	3.25	2.25	30	4.60	5
Noviembre	1.02	0.36	14	3.72	1
Diciembre	1.56	0.36	10	10.26	23

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.69	0.28	1	9.12	19
Febrero	1.88	0.48	20	9.24	1
Marzo	0.95	0.46	16	1.74	2
Abril	0.64	0.37	10	1.02	4
Mayo	0.53	0.39	17	0.67	12
Junio	4.16	0.54	4	12.31	22
Julio	3.83	2.43	9	5.83	8
Agosto	1.89	0.77	25	3.35	18
Septiembre	1.56	0.84	17	2.28	6
Octubre	8.75	0.62	29	29.18	28
Noviembre	2.68	0.40	11	9.99	20
Diciembre	1.24	0.30	21	4.09	17

**Figura 9.1:** Tendencia de la clorofila α en Las Lisas, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

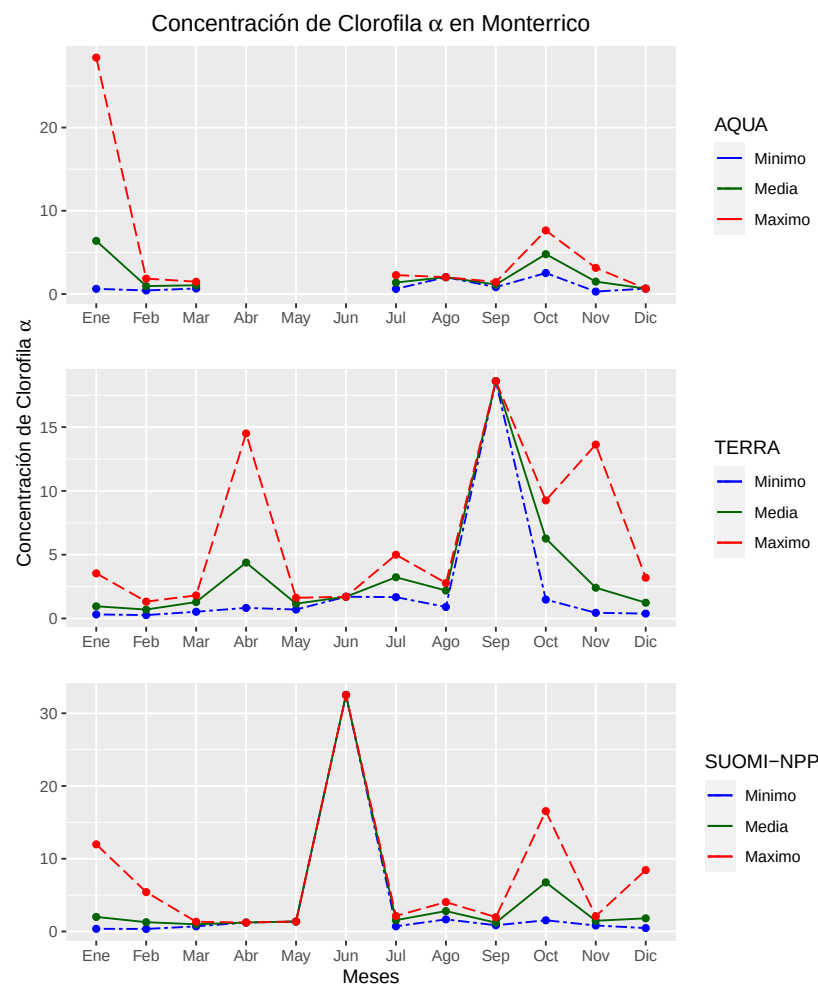
Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 9.2: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para Monterrico.**Latitud:** 13.895831 N. **Longitud:** -89.479169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	6.39	0.62	7	28.41	21
Febrero	0.95	0.42	17	1.85	6
Marzo	1.05	0.66	17	1.48	8
Abril	–	–	–	–	–
Mayo	–	–	–	–	–
Junio	–	–	–	–	–
Julio	1.38	0.61	19	2.27	9
Agosto	2.02	2.02	11	2.02	11
Septiembre	1.13	0.82	5	1.44	12
Octubre	4.79	2.52	28	7.64	24
Noviembre	1.49	0.29	18	3.14	29
Diciembre	0.65	0.65	2	0.65	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.95	0.32	1	3.54	21
Febrero	0.70	0.26	16	1.32	4
Marzo	1.29	0.53	1	1.81	19
Abril	4.38	0.83	20	14.51	27
Mayo	1.16	0.70	13	1.62	29
Junio	1.70	1.70	30	1.70	30
Julio	3.23	1.67	18	5.00	7
Agosto	2.19	0.90	17	2.78	1
Septiembre	18.61	18.61	25	18.61	25
Octubre	6.27	1.48	30	9.26	6
Noviembre	2.41	0.45	18	13.63	1
Diciembre	1.24	0.38	7	3.20	19

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.00	0.37	6	11.98	21
Febrero	1.28	0.35	15	5.42	9
Marzo	0.99	0.70	9	1.34	16
Abril	1.23	1.23	20	1.23	20
Mayo	1.37	1.37	28	1.37	28
Junio	32.52	32.52	28	32.52	28
Julio	1.56	0.71	20	2.14	14
Agosto	2.81	1.66	16	4.04	21
Septiembre	1.21	0.86	5	1.97	27
Octubre	6.75	1.54	30	16.55	23
Noviembre	1.47	0.82	19	2.10	30
Diciembre	1.81	0.47	7	8.45	29

**Figura 9.2:** Tendencia de la clorofila α en Monterrico, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 9.3: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para Puerto San José.
Latitud: 13.895831 N. **Longitud:** -89.187503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.22	0.48	2	9.13	17
Febrero	2.53	0.59	26	14.38	6
Marzo	1.28	0.88	17	2.85	22
Abril	—	—	—	—	—
Mayo	1.39	1.23	9	1.55	7
Junio	—	—	—	—	—
Julio	4.30	1.32	19	8.43	8
Agosto	4.38	1.86	1	10.38	9
Septiembre	3.59	2.19	3	5.44	17
Octubre	17.12	1.74	30	76.53	15
Noviembre	2.10	0.61	17	6.61	1
Diciembre	4.21	4.21	2	4.21	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.23	0.48	6	3.55	30
Febrero	1.85	0.69	23	4.17	17
Marzo	1.68	0.56	17	3.49	21
Abril	1.00	0.39	28	1.82	27
Mayo	1.27	0.90	13	1.62	29
Junio	8.66	8.66	30	8.66	30
Julio	6.55	4.40	9	9.90	26
Agosto	6.20	2.24	1	28.40	12
Septiembre	4.43	1.08	2	10.84	6
Octubre	11.45	3.20	30	20.40	7
Noviembre	2.50	0.55	30	14.17	1
Diciembre	3.76	0.33	19	50.30	23

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.77	0.63	1	17.76	18
Febrero	3.99	0.67	28	27.46	9
Marzo	1.29	0.82	14	2.83	21
Abril	1.70	0.46	28	2.46	17
Mayo	8.61	8.61	5	8.61	5
Junio	13.06	4.65	20	21.47	28
Julio	5.01	1.00	19	12.89	8
Agosto	4.71	2.60	25	6.37	15
Septiembre	2.16	0.79	3	5.47	16
Octubre	12.80	1.70	24	40.34	28
Noviembre	5.80	0.81	19	27.63	29
Diciembre	4.83	0.38	19	62.34	15

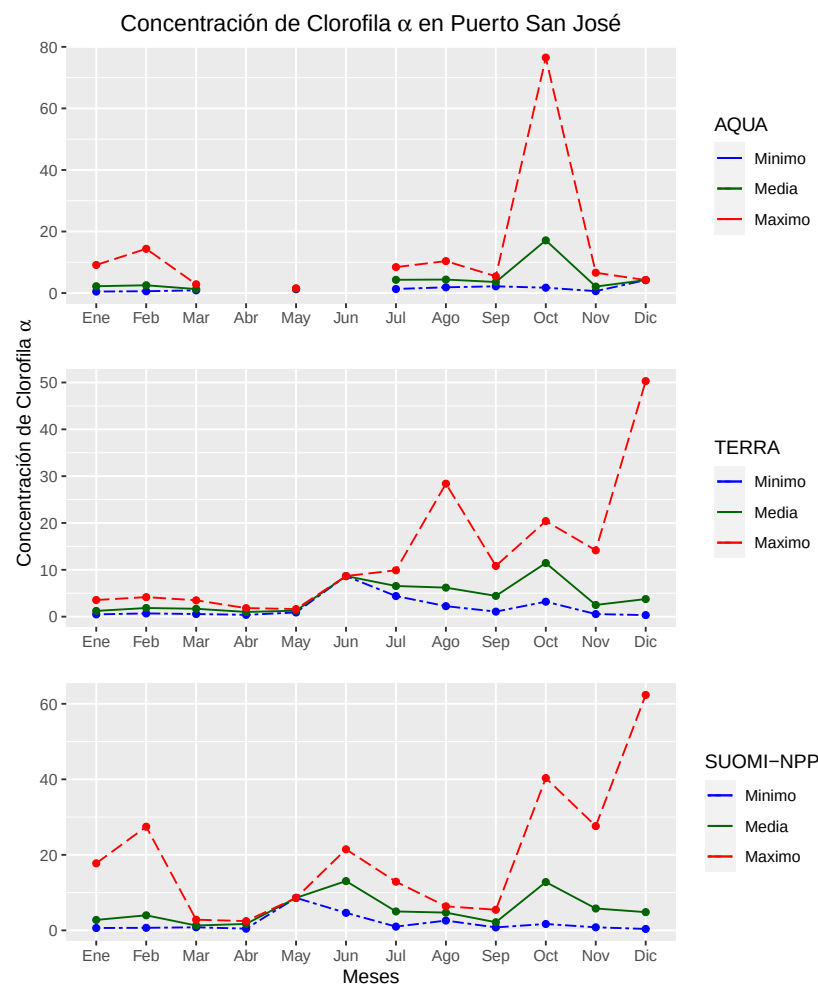


Figura 9.3: Tendencia de la clorofila α en Puerto San José, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

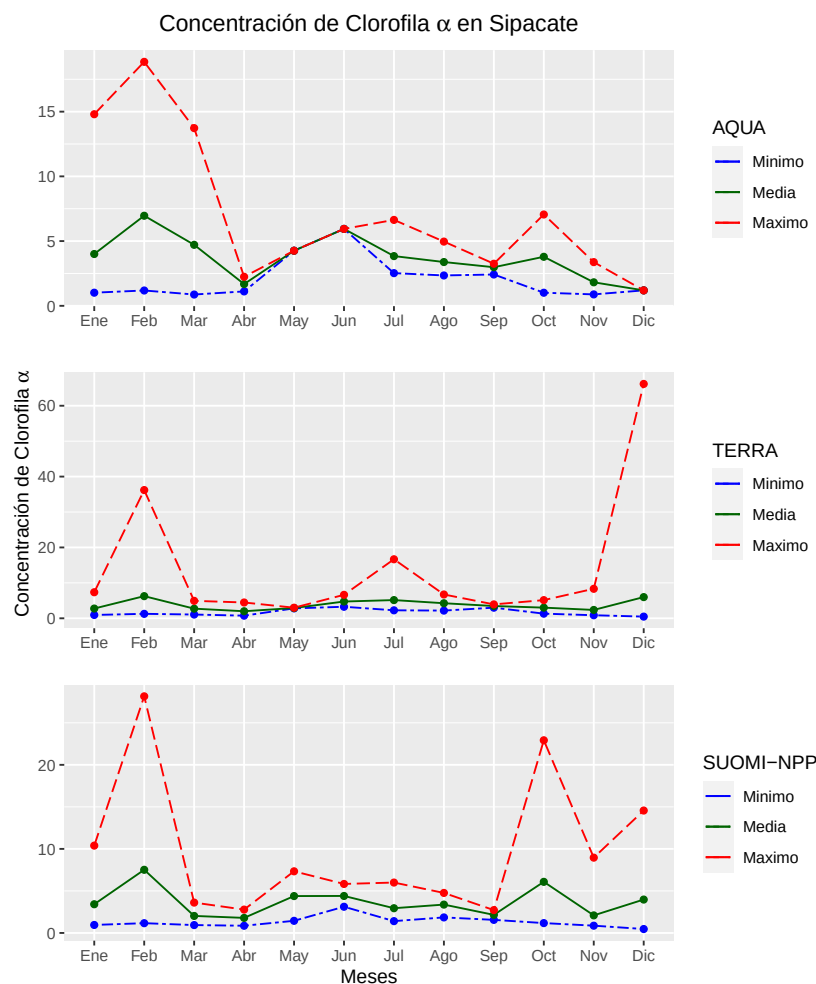
Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 9.4: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para Sipacate.**Latitud:** 13.895831 N. **Longitud:** -88.812503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.00	1.02	24	14.80	27
Febrero	6.96	1.18	26	18.85	8
Marzo	4.71	0.87	6	13.73	13
Abril	1.68	1.11	24	2.24	23
Mayo	4.26	4.26	7	4.26	7
Junio	5.94	5.94	24	5.94	24
Julio	3.84	2.53	26	6.64	1
Agosto	3.38	2.35	1	4.96	27
Septiembre	2.98	2.42	10	3.25	12
Octubre	3.79	1.01	25	7.06	24
Noviembre	1.82	0.88	25	3.38	1
Diciembre	1.19	1.19	2	1.19	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.76	0.94	24	7.36	28
Febrero	6.25	1.26	16	36.20	1
Marzo	2.72	1.06	2	4.93	27
Abril	1.99	0.74	25	4.46	6
Mayo	2.90	2.80	7	2.99	13
Junio	4.73	3.26	28	6.63	23
Julio	5.14	2.26	26	16.67	27
Agosto	4.25	2.18	11	6.72	19
Septiembre	3.47	3.00	25	3.93	2
Octubre	3.01	1.31	28	5.13	5
Noviembre	2.36	0.86	25	8.33	1
Diciembre	5.99	0.48	10	66.16	23

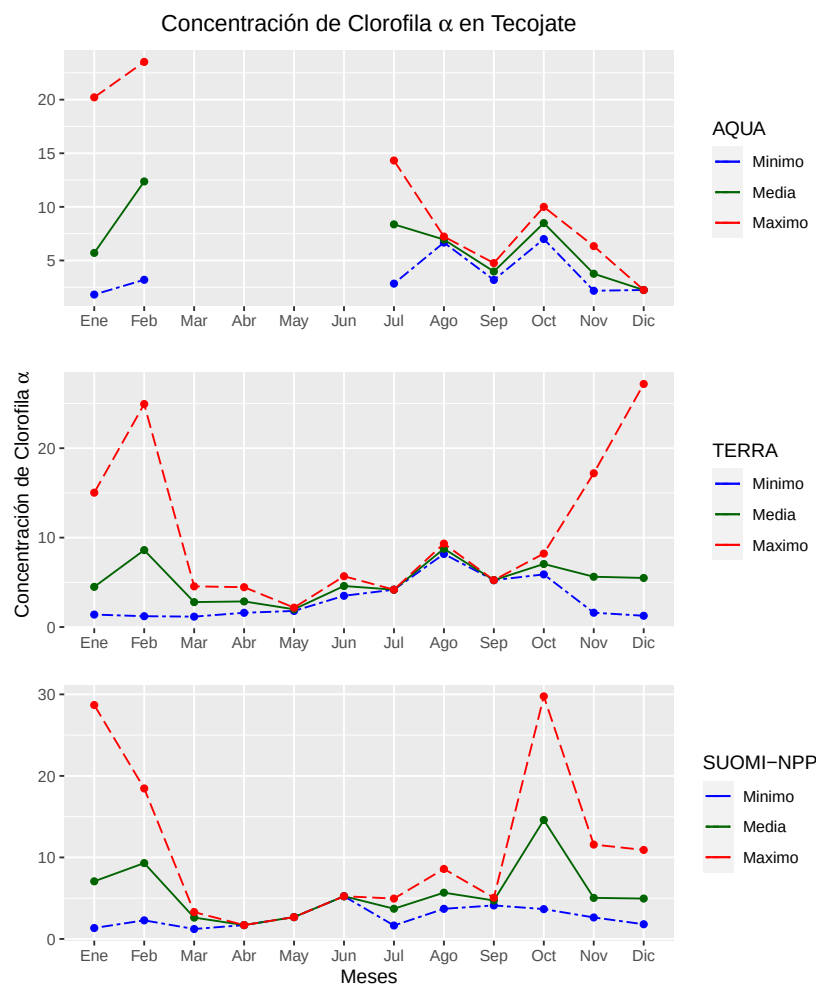
SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.42	0.95	15	10.39	30
Febrero	7.52	1.16	26	28.15	9
Marzo	2.03	0.94	18	3.61	13
Abril	1.79	0.86	9	2.78	6
Mayo	4.39	1.44	6	7.33	5
Junio	4.40	3.12	25	5.83	20
Julio	2.94	1.41	25	6.00	8
Agosto	3.38	1.85	31	4.76	12
Septiembre	2.15	1.56	6	2.72	11
Octubre	6.08	1.17	26	22.92	18
Noviembre	2.09	0.87	25	8.96	29
Diciembre	3.97	0.47	12	14.57	5

**Figura 9.4:** Tendencia de la clorofila α en Sipacate, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 9.5: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para Tecojate.**Latitud:** 13.979164 N. **Longitud:** -88.604169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	5.71	1.82	5	20.22	30
Febrero	12.37	3.20	17	23.52	22
Marzo	—	—	—	—	—
Abril	—	—	—	—	—
Mayo	—	—	—	—	—
Junio	—	—	—	—	—
Julio	8.37	2.84	12	14.33	31
Agosto	6.95	6.67	18	7.23	11
Septiembre	3.97	3.19	10	4.76	19
Octubre	8.49	7.00	26	10.00	28
Noviembre	3.76	2.18	29	6.34	18
Diciembre	2.25	2.25	2	2.25	2
TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.50	1.39	5	15.03	23
Febrero	8.60	1.21	16	24.94	9
Marzo	2.79	1.16	26	4.55	3
Abril	2.86	1.59	9	4.46	27
Mayo	1.98	1.80	7	2.17	13
Junio	4.59	3.49	28	5.68	30
Julio	4.18	4.18	7	4.18	7
Agosto	8.76	8.17	26	9.33	1
Septiembre	5.24	5.24	25	5.24	25
Octubre	7.05	5.89	30	8.22	7
Noviembre	5.63	1.60	30	17.20	1
Diciembre	5.49	1.26	10	27.19	28
SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	7.07	1.34	13	28.69	31
Febrero	9.31	2.28	26	18.46	6
Marzo	2.62	1.22	18	3.29	3
Abril	1.70	1.70	20	1.70	20
Mayo	2.68	2.68	6	2.68	6
Junio	5.24	5.24	28	5.24	28
Julio	3.71	1.65	25	4.96	8
Agosto	5.68	3.70	20	8.59	12
Septiembre	4.72	4.11	19	5.06	6
Octubre	14.59	3.66	29	29.76	23
Noviembre	5.04	2.64	25	11.58	29
Diciembre	4.95	1.81	10	10.92	5

**Figura 9.5:** Tendencia de la clorofila α en Tecojate, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

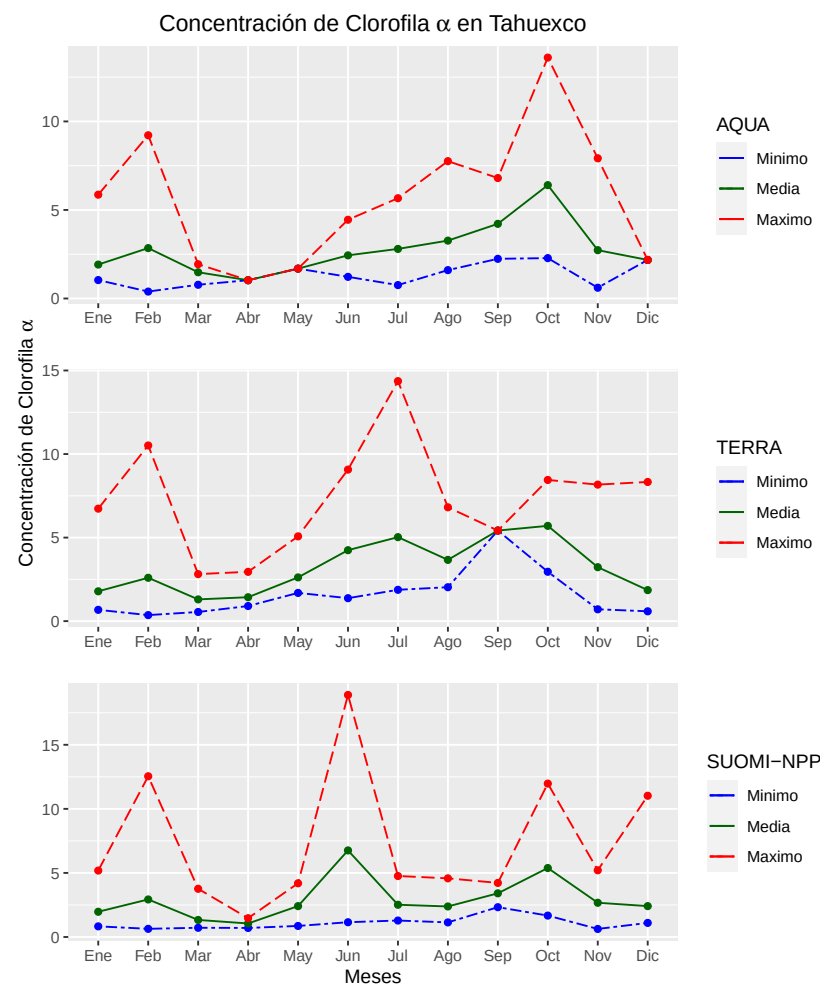
Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 9.6: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para Tahuexco.**Latitud:** 14.062498 N. **Longitud:** -88.312503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.92	1.04	28	5.86	30
Febrero	2.85	0.39	2	9.22	4
Marzo	1.48	0.78	17	1.94	15
Abril	1.03	1.03	23	1.03	23
Mayo	1.69	1.69	8	1.69	8
Junio	2.44	1.22	30	4.45	24
Julio	2.80	0.76	26	5.66	31
Agosto	3.27	1.60	11	7.76	7
Septiembre	4.22	2.24	10	6.80	24
Octubre	6.40	2.28	26	13.61	24
Noviembre	2.73	0.61	27	7.92	30
Diciembre	2.18	2.18	2	2.18	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.79	0.68	1	6.73	30
Febrero	2.60	0.36	14	10.51	6
Marzo	1.30	0.55	27	2.81	19
Abril	1.43	0.90	18	2.95	6
Mayo	2.62	1.69	6	5.07	29
Junio	4.25	1.37	30	9.07	25
Julio	5.03	1.87	7	14.37	27
Agosto	3.67	2.03	11	6.81	19
Septiembre	5.42	5.42	27	5.42	27
Octubre	5.70	2.96	30	8.45	7
Noviembre	3.23	0.71	23	8.17	15
Diciembre	1.86	0.59	31	8.33	16

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.97	0.83	4	5.18	2
Febrero	2.93	0.64	14	12.54	23
Marzo	1.33	0.72	16	3.76	7
Abril	1.05	0.71	1	1.47	24
Mayo	2.41	0.86	6	4.19	30
Junio	6.76	1.15	30	18.89	25
Julio	2.52	1.29	25	4.76	8
Agosto	2.38	1.14	15	4.58	25
Septiembre	3.41	2.33	19	4.22	24
Octubre	5.38	1.67	29	11.97	23
Noviembre	2.67	0.63	24	5.21	18
Diciembre	2.41	1.10	29	11.02	20

**Figura 9.6:** Tendencia de la clorofila α en Tahuexco, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 9.7: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para Champerico.
Latitud: 14.270831 N. **Longitud:** -88.062503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.47	1.16	17	5.93	21
Febrero	6.35	1.35	3	21.21	25
Marzo	1.75	0.57	21	3.41	15
Abril	—	—	—	—	—
Mayo	—	—	—	—	—
Junio	5.68	2.59	10	7.75	24
Julio	3.21	1.25	10	5.19	8
Agosto	2.43	1.17	1	3.51	18
Septiembre	6.93	6.93	24	6.93	24
Octubre	7.22	2.84	3	10.18	15
Noviembre	3.02	0.92	25	6.84	1
Diciembre	2.57	1.73	1	3.41	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.97	0.96	29	13.57	23
Febrero	6.20	1.19	16	23.83	8
Marzo	1.93	0.38	21	3.68	3
Abril	2.12	1.42	9	3.39	27
Mayo	3.14	1.91	6	4.83	29
Junio	17.21	3.05	30	76.00	25
Julio	6.11	1.44	25	14.84	18
Agosto	5.22	1.19	25	8.47	19
Septiembre	3.94	3.94	25	3.94	25
Octubre	4.47	3.07	4	5.87	30
Noviembre	3.70	1.49	14	18.27	1
Diciembre	2.62	0.88	5	12.71	16

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.41	1.04	16	6.69	22
Febrero	3.68	0.87	14	6.87	19
Marzo	1.52	0.68	21	2.28	2
Abril	1.04	0.56	24	1.44	20
Mayo	1.29	1.29	6	1.29	6
Junio	12.31	3.65	20	30.37	25
Julio	3.37	1.26	25	6.15	8
Agosto	2.07	2.01	31	2.13	25
Septiembre	3.19	1.84	27	4.87	24
Octubre	6.97	1.87	29	21.49	23
Noviembre	3.02	0.81	25	7.17	3
Diciembre	2.51	0.70	7	7.64	31

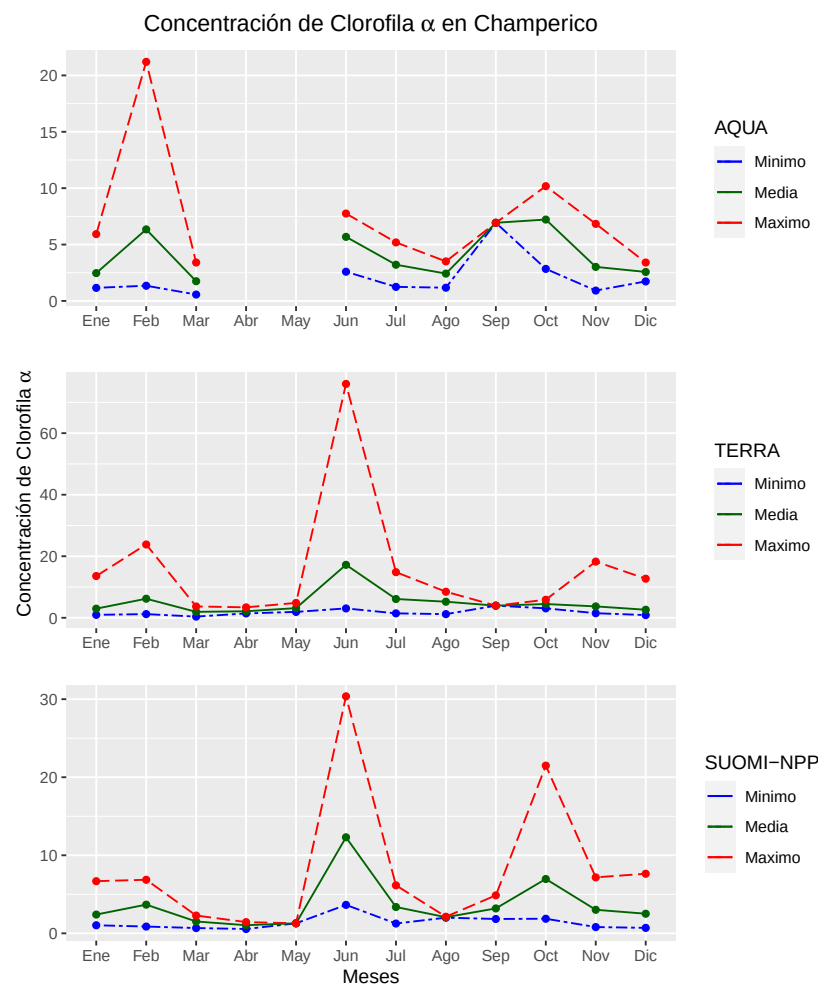
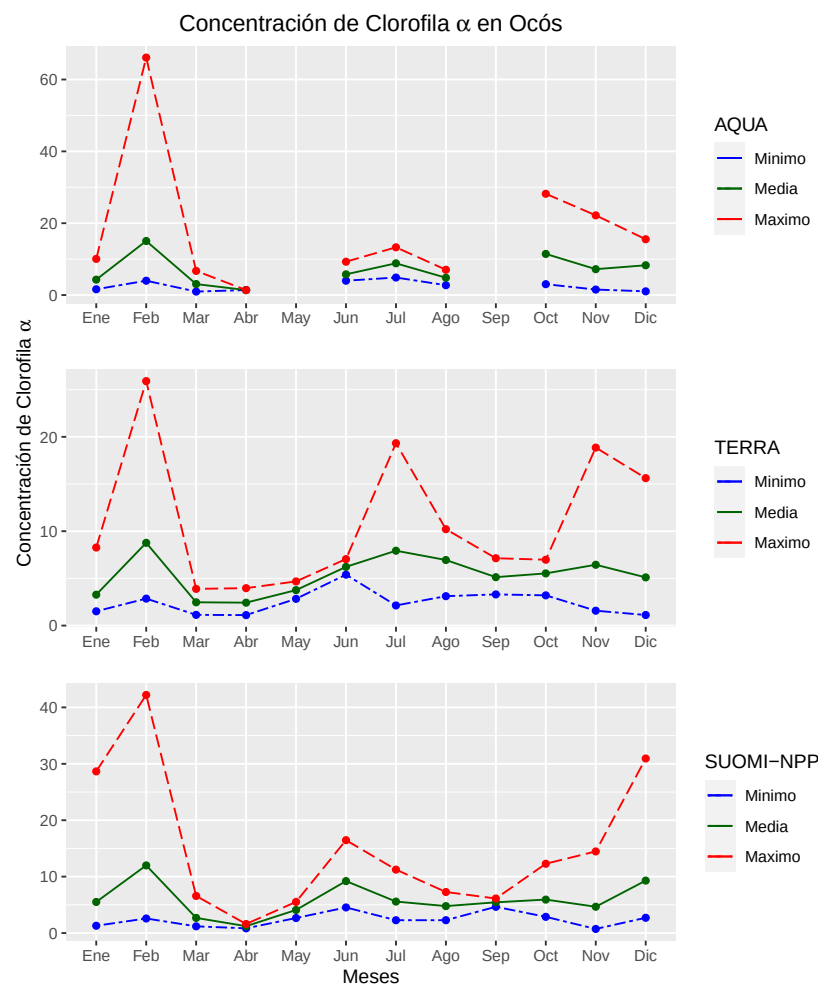


Figura 9.7: Tendencia de la clorofila α en Champerico, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 9.8: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para Ocós.**Latitud:** 14.520831 N. **Longitud:** -87.770836 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	4.29	1.61	16	10.06	15
Febrero	15.05	4.00	17	66.11	4
Marzo	3.06	0.97	17	6.73	4
Abril	1.39	1.39	25	1.39	25
Mayo	—	—	—	—	—
Junio	5.77	3.99	8	9.28	24
Julio	8.83	4.88	17	13.29	9
Agosto	4.82	2.74	18	7.05	25
Septiembre	—	—	—	—	—
Octubre	11.45	3.02	30	28.19	24
Noviembre	7.21	1.53	18	22.18	23
Diciembre	8.29	1.04	1	15.54	2
TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.28	1.52	12	8.27	3
Febrero	8.77	2.86	25	25.91	4
Marzo	2.47	1.14	27	3.89	24
Abril	2.43	1.11	9	3.97	27
Mayo	3.76	2.84	6	4.68	13
Junio	6.22	5.40	28	7.05	12
Julio	7.94	2.13	30	19.33	9
Agosto	6.95	3.12	8	10.21	1
Septiembre	5.13	3.30	16	7.14	20
Octubre	5.53	3.20	9	6.98	4
Noviembre	6.44	1.58	18	18.86	25
Diciembre	5.11	1.12	27	15.63	2
SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	5.52	1.30	18	28.66	22
Febrero	11.99	2.58	19	42.20	9
Marzo	2.69	1.19	13	6.58	7
Abril	1.22	0.84	25	1.61	20
Mayo	4.10	2.67	6	5.53	29
Junio	9.22	4.54	12	16.47	25
Julio	5.58	2.28	25	11.25	8
Agosto	4.78	2.28	31	7.28	25
Septiembre	5.45	4.66	16	6.13	24
Octubre	5.93	2.88	31	12.29	18
Noviembre	4.67	0.73	18	14.47	24
Diciembre	9.30	2.71	29	30.94	16

**Figura 9.8:** Tendencia de la clorofila α en Ocós, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 9.9: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para Bahía de Amatique.
Latitud: 15.812498 N. **Longitud:** -91.312503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	6.34	3.89	9	19.64	19
Febrero	3.07	1.68	12	5.18	1
Marzo	3.87	2.26	16	8.08	6
Abril	2.73	1.70	17	4.47	23
Mayo	2.88	2.22	25	3.56	11
Junio	5.05	2.97	3	7.14	28
Julio	4.72	4.53	11	4.90	21
Agosto	8.63	6.16	20	11.02	27
Septiembre	17.51	4.41	5	72.07	26
Octubre	8.97	6.20	14	12.19	26
Noviembre	15.39	3.38	15	83.22	25
Diciembre	4.32	4.32	19	4.32	19

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.72	0.88	10	7.92	15
Febrero	2.68	2.02	18	3.32	2
Marzo	5.43	1.96	28	13.73	7
Abril	2.23	1.48	6	2.88	18
Mayo	3.10	3.10	6	3.10	6
Junio	5.47	5.47	30	5.47	30
Julio	7.68	5.20	25	12.56	18
Agosto	13.27	13.27	29	13.27	29
Septiembre	19.93	3.80	18	48.18	27
Octubre	26.24	6.92	28	51.82	6
Noviembre	4.22	1.63	9	7.66	1
Diciembre	10.86	3.36	19	45.25	16

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	9.49	2.53	31	46.51	19
Febrero	3.04	2.01	18	4.15	1
Marzo	3.00	1.83	15	6.64	8
Abril	2.50	1.43	4	3.39	30
Mayo	2.60	1.91	7	3.11	11
Junio	12.35	7.41	29	17.29	28
Julio	9.29	8.14	9	11.59	25
Agosto	8.52	4.89	24	13.97	15
Septiembre	9.68	3.76	1	20.52	21
Octubre	9.55	2.40	3	24.15	27
Noviembre	9.41	2.90	11	39.69	25
Diciembre	9.79	3.23	19	18.00	21

Concentración de Clorofila α en la Bahía de Amatique

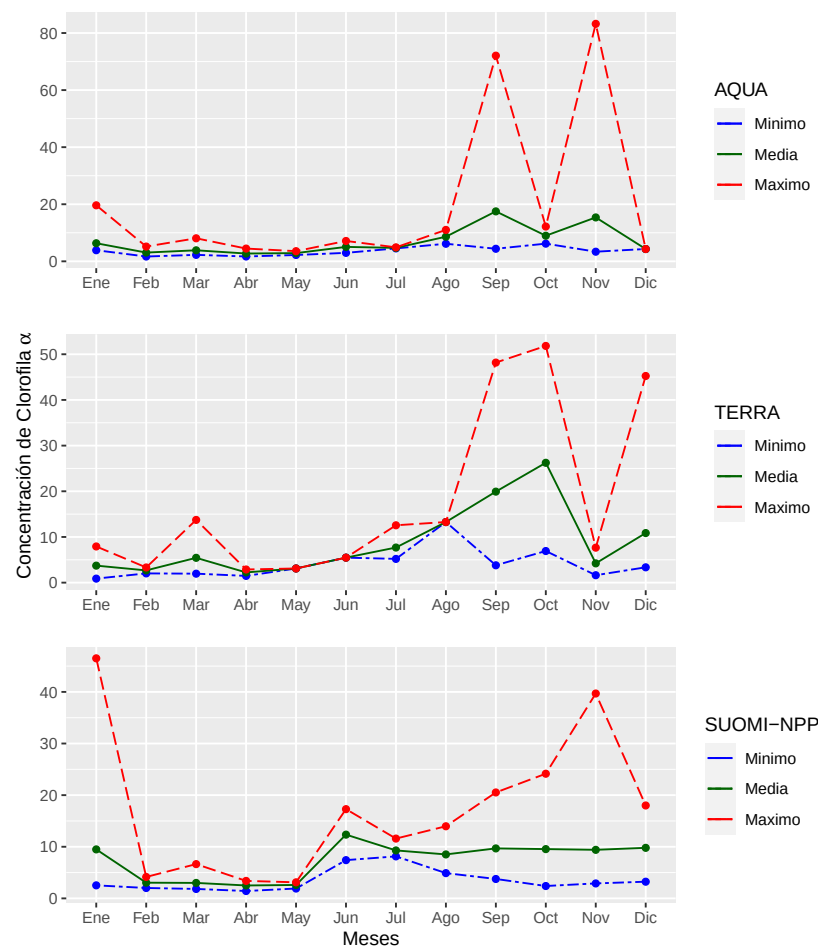


Figura 9.9: Tendencia de la clorofila α en Bahía de Amatique, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 9.10: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para Punta de Manabique
Latitud: 16.020832 N. **Longitud:** -91.437503 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	0.91	0.23	13	1.71	9
Febrero	0.63	0.39	3	1.05	22
Marzo	0.61	0.38	19	0.86	6
Abril	0.64	0.44	27	0.90	20
Mayo	0.54	0.46	13	0.63	25
Junio	1.85	0.41	4	3.82	28
Julio	3.99	1.39	21	6.58	17
Agosto	5.25	0.66	10	18.88	4
Septiembre	2.79	0.96	12	5.36	26
Octubre	4.07	0.37	2	13.42	17
Noviembre	0.81	0.37	8	1.41	29
Diciembre	—	—	—	—	—
TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.22	0.22	12	5.39	9
Febrero	0.47	0.17	16	0.82	17
Marzo	0.47	0.28	21	0.72	5
Abril	0.54	0.40	4	0.83	13
Mayo	0.48	0.46	13	0.53	6
Junio	1.61	1.61	30	1.61	30
Julio	4.63	0.81	26	10.88	18
Agosto	2.26	0.61	17	4.99	19
Septiembre	2.00	0.26	12	3.26	13
Octubre	0.84	0.70	4	0.98	28
Noviembre	0.68	0.36	9	1.32	1
Diciembre	2.70	0.38	22	10.92	16
SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	1.10	0.46	27	3.00	9
Febrero	0.64	0.41	2	0.92	23
Marzo	0.52	0.36	19	0.76	4
Abril	0.51	0.30	5	0.81	20
Mayo	0.46	0.32	30	0.62	6
Junio	4.44	0.64	4	12.10	28
Julio	11.02	1.49	7	23.41	1
Agosto	6.31	1.54	24	17.70	20
Septiembre	2.59	0.85	17	5.81	5
Octubre	3.76	0.32	2	14.75	13
Noviembre	0.84	0.26	8	1.64	25
Diciembre	4.34	0.28	24	40.56	16

Concentración de Clorofila α en Punta de Manabique

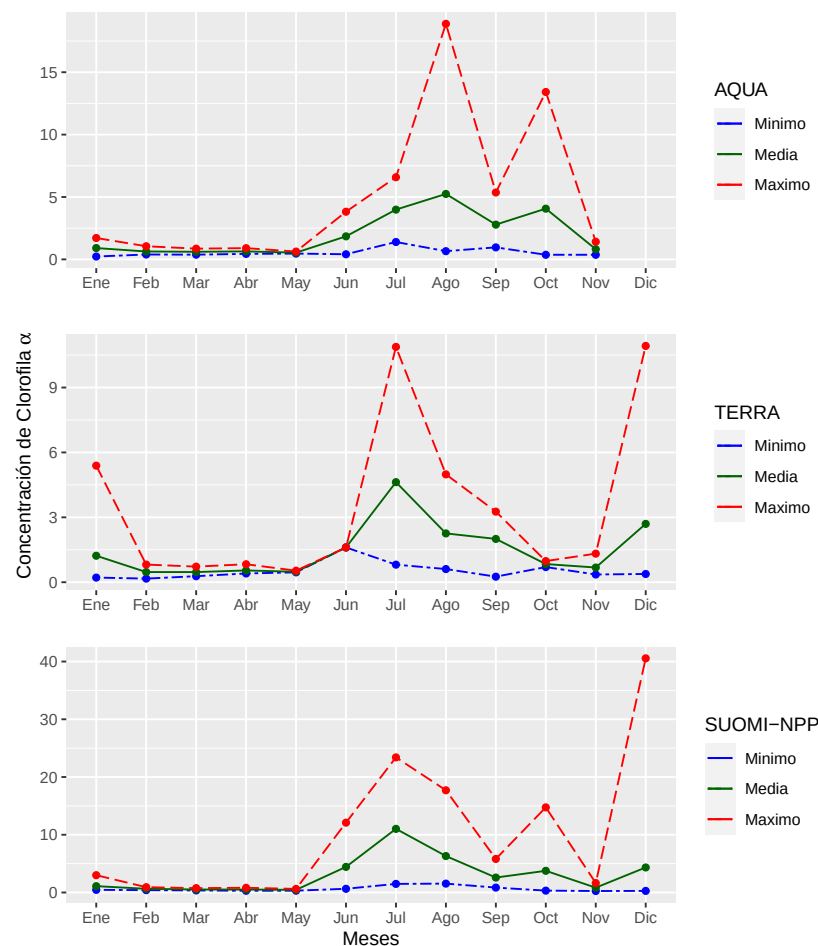


Figura 9.10: Tendencia de la clorofila α en Punta de Manabique, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

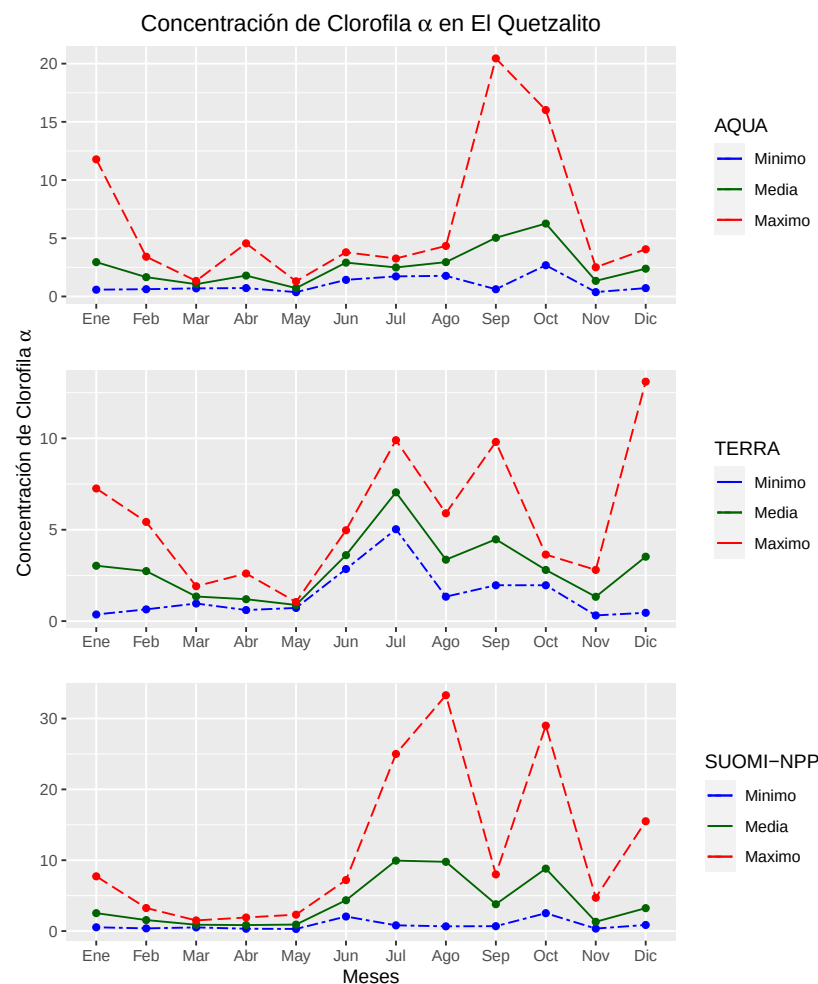
Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 9.11: Valores de clorofila- α (mg/cm^3) para El Quetzalito.**Latitud:** 15.812498 N. **Longitud:** -91.729169 E.

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.95	0.58	27	11.78	19
Febrero	1.66	0.63	8	3.41	17
Marzo	1.06	0.70	26	1.34	8
Abril	1.79	0.72	25	4.56	23
Mayo	0.72	0.37	11	1.30	25
Junio	2.91	1.43	26	3.79	3
Julio	2.49	1.72	5	3.26	21
Agosto	2.95	1.77	22	4.34	13
Septiembre	5.04	0.62	18	20.45	26
Octubre	6.26	2.68	27	16.01	19
Noviembre	1.34	0.38	26	2.51	4
Diciembre	2.39	0.72	19	4.06	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	3.03	0.36	28	7.26	15
Febrero	2.74	0.64	11	5.43	17
Marzo	1.35	0.96	4	1.91	5
Abril	1.20	0.61	4	2.61	11
Mayo	0.88	0.72	15	1.05	6
Junio	3.61	2.85	26	4.97	27
Julio	7.05	5.03	9	9.90	18
Agosto	3.36	1.34	17	5.90	20
Septiembre	4.48	1.96	20	9.80	27
Octubre	2.80	1.96	28	3.64	4
Noviembre	1.33	0.31	16	2.80	29
Diciembre	3.53	0.46	22	13.10	30

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	2.53	0.53	24	7.73	19
Febrero	1.55	0.38	8	3.25	17
Marzo	0.89	0.52	20	1.51	30
Abril	0.84	0.33	4	1.92	20
Mayo	0.92	0.30	11	2.32	30
Junio	4.35	2.06	26	7.20	28
Julio	9.95	0.81	12	25.01	25
Agosto	9.78	0.67	24	33.29	20
Septiembre	3.79	0.69	12	8.00	21
Octubre	8.82	2.53	3	29.00	13
Noviembre	1.31	0.35	14	4.71	25
Diciembre	3.24	0.86	18	15.50	21

**Figura 9.11:** Tendencia de la clorofila α en El Quetzalito, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI (abajo). Unidades mg/m^3 .

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

10. Efemérides Lunares

10.1. Aspectos generales

La Luna es el único satélite natural que rodea la Tierra, y durante su desplazamiento alrededor del planeta se pueden observar diferentes fragmentos iluminados, y 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, que son producto principalmente por la fuerza gravitacional que la Luna ejerce sobre la Tierra (Grego, 2005).

10.2. 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 10.1: Efemérides Lunares año 2022. Fuente: suncalc (Benoit Thieurmél, 2022)

Fase	Mes	% iluminación	puesta/salida	Día	Fase	Mes	% iluminación	puesta/salida	Día
Luna Nueva	Enero	0.22	SD / 07:26	3	Cuarto Creciente	Julio	13.66	21:37 / 09:21	3
Cuarto Creciente		13.95	21:03 / 09:58	6	Luna Llena		95.78	04:22 / 17:55	12
Luna Llena		92.0	04:40 / 16:01	15	Cuarto Menguante		85.93	09:32 / 21:30	17
Cuarto Menguante		84.62	09:57 / 21:16	22	Luna Nueva		0.25	18:53 / 06:24	29
Luna Nueva	Febrero	0.19	SD / 07:05	1	Cuarto Creciente	Agosto	9.93	20:52 / 08:54	1
Cuarto Creciente		10.11	20:42 / 09:15	4	Luna Llena		94.4	04:17 / 17:43	10
Luna Llena		92.6	05:04 / 16:31	14	Cuarto Menguante		88.66	09:10 / 20:48	15
Cuarto Menguante		88.68	09:11 / 20:53	20	Luna Nueva		0.36	18:12 / 05:57	27
Luna Nueva	Marzo	0.39	18:33 / 07:11	3	Cuarto Creciente		13.24	20:42 / 09:21	31
Cuarto Creciente		12.5	21:05 / 09:04	6	Luna Llena	Septiembre	92.74	04:10 / 17:17	8
Luna Llena		93.83	05:10 / 17:00	16	Cuarto Menguante		84.96	09:37 / 20:41	14
Cuarto Menguante		84.37	09:20 / 21:33	22	Luna Nueva		0.07	18:01 / 06:20	26
Luna Nueva	Abril	0.14	18:08 / 06:25	1	Cuarto Creciente		10.17	20:01 / 09:04	29
Cuarto Creciente		14.37	21:28 / 09:01	5	Luna Llena	Octubre	90.6	03:57 / 16:39	7
Luna Llena		90.63	04:25 / 16:36	14	Cuarto Menguante		89.13	09:15 / 19:59	13
Cuarto Menguante		87.15	09:01 / 21:25	20	Luna Nueva		7.2	16:35 / 04:12	23
Luna Nueva	Mayo	0.09	18:31 / 06:17	1	Cuarto Creciente		14.86	20:28 / 10:01	29
Cuarto Creciente		9.8	21:05 / 08:28	4	Luna Llena	Noviembre	93.99	04:28 / 16:34	6
Luna Llena		93.84	04:19 / 17:07	14	Cuarto Menguante		87.51	09:46 / 20:15	12
Cuarto Menguante		89.3	08:52 / 21:21	19	Luna Nueva		0.03	SD / 06:42	24
Luna Nueva		0.13	18:07 / 05:37	30	Cuarto Creciente		11.91	20:21 / 09:53	27
Cuarto Creciente	Junio	11.47	21:30 / 08:54	3	Luna Llena	Diciembre	90.85	04:05 / 15:51	5
Luna Llena		91.84	04:36 / 16:54	12	Cuarto Menguante		86.55	10:02 / 20:42	12
Cuarto Menguante		83.41	09:49 / 22:03	18	Luna Nueva		0.37	SD / 06:37	23
Luna Nueva		0.11	18:36 / 05:55	26	Cuarto Creciente		16.94	21:19 / 10:21	27

11. Efemérides Solares

11.1. 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. Es debido a esta inclinación que, a lo largo del año, ocurre una transición de mayor a menor cantidad de horas de luz al día (ver figura 11.1), 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 encuentra mueve sobre el Trópico de Cáncer a un ángulo de 23.5° en el hemisferio Norte, en este momento la inclinación de la tierra hacia el sol alcanza su valor máximo. En 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.

11.2. 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 14.58, -90.53.

Cuadro 11.1: Efemérides Solares de enero a junio, año 2022. 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	05:58	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	18:30
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	18:04	5	06:17	18:12	5	05:56	18:15	5	05:39	18:21	5	05:33	18:30
6	06:30	17:48	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	18:16	7	05:38	18:21	7	05:33	18:31
8	06:30	17:49	8	06:30	18:05	8	06:15	18:12	8	05:53	18:16	8	05:37	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	18:06	10	06:14	18:13	10	05:52	18:16	10	05:37	18:22	10	05:33	18:32
11	06:31	17:51	11	06:29	18:06	11	06:13	18:13	11	05:51	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	18:23	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	06:27	18:07	14	06:11	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	17:55	18	06:26	18:08	18	06:08	18:14	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	05:46	18:17	19	05:34	18:25	19	05:35	18:34
20	06:32	17:56	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	06:06	18:14	21	05:45	18:18	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	06:03	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	18:19	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	06:20	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 11.2: Efemérides Solares de julio a diciembre, año 2022. 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
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	05:53	17:52	2	05:59	17:34	2	06:13	17:32
3	05:38	18:36	3	05:47	18:31	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	17:50	4	05:59	17:34	4	06:14	17:33
5	05:38	18:36	5	05:47	18:31	5	05:51	18:12	5	05:53	17:50	5	06:00	17:33	5	06:15	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	06:01	17:33	7	06:16	17:33
8	05:39	18:36	8	05:48	18:29	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	18:09	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	05:41	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	18:06	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	06:04	17:31	14	06:20	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	18:25	16	05:52	18:04	16	05:54	17:42	16	06:04	17:31	16	06:21	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	18:02	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	17:59	22	05:55	17:39	22	06:08	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	18:34	24	05:50	18:21	24	05:52	17:58	24	05:56	17:38	24	06:09	17:31	24	06:25	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	18:19	26	05:52	17:56	26	05:56	17:37	26	06:10	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	18:33	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	18:17	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	17:53	30	05:58	17:35	30	06:12	17:32	30	06:27	17:44
31	05:46	18:33	31	05:51	18:16				31	05:58	17:35				31	06:28	17:44

Cuadro 11.3: Equinoccios y Solsticios del año 2022. Fuente: (NOAA, 2023).

	Fecha	Hora		Fecha	Hora
Equinoccio de primavera	20/03/2022	15:24	Equinoccio de otoño	23/09/2022	0:50
Solsticio de verano	21/06/2022	8:58	Solsticio de invierno	21/12/2022	20:27

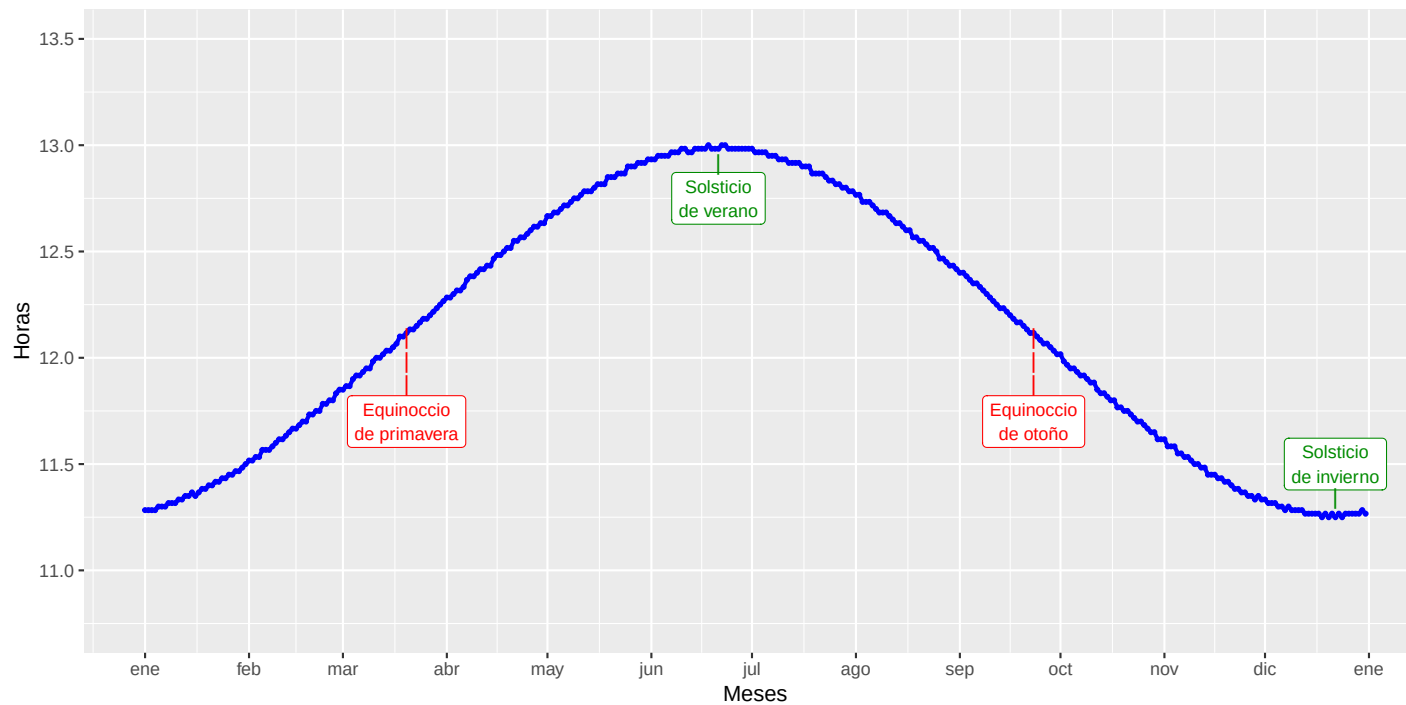


Figura 11.1: Gráfico de horas sol para el año 2022, basado en la salida y puesta de sol

Cuadro 11.4:
Promedio mensual de
horas con luz natural

Mes	Horas promedio
Enero	11.37
Febrero	11.67
Marzo	12.06
Abril	12.47
Mayo	12.81
Junio	12.97
Julio	12.89
Agosto	12.60
Septiembre	12.21
Octubre	11.81
Noviembre	11.46
Diciembre	11.28

12. Marea Astronómica

12.1. Aspectos generales

La marea astronómica es el fenómeno natural de la variación del nivel del mar, también observado como el ascenso y descenso de sus aguas. Este ascenso y descenso del nivel del mar se observa dos veces al día, teniendo dos máximos llamados pleamar y dos mínimos llamados bajamar (ver 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 al rededor de 1.9 ciclos por día (dos ciclos por día lunar) (Parker, 2007).

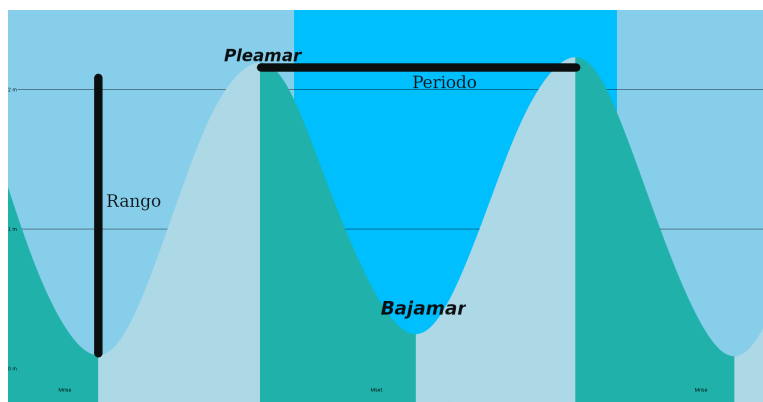


Figura 12.1: Diagrama ejemplificando los puntos cuando hay pleamar y bajamar, así como el período y el rango de la marea.

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 al rededor 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. 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, son las fuerzas tangenciales a la superficie, las que, al no competir con la fuerza gravitatoria, generan corrientes, llamadas corrientes de marea (ver Figura 12.2), las que 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, pero 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. 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).

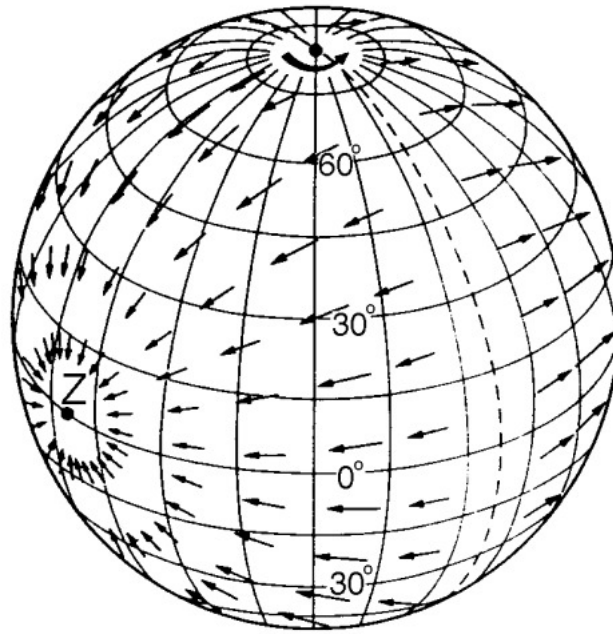


Figura 12.2: Ilustración de las corrientes de marea, fuente: (Stewart, 2008)

De igual 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 Sicigias 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 se torna muy difícil de forma determinista, por lo cual 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.), un programa que 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: Valores del nivel de marea para el año 2022, mostrando los valores promedio de bajamar y pleamar, el rango promedio y los valores máximos y mínimos, por mes. Datos en metros (m).

AÑOS	PROMEDIOS			EXTREMOS	
	MES	PLEAMAR	BAJAMAR	RANGO	PLEAMAR
Enero	-0.01	-0.21	0.20	0.10	-0.35
Febrero	-0.01	-0.21	0.20	0.12	-0.37
Marzo	-0.02	-0.22	0.19	0.08	-0.39
Abril	-0.02	-0.22	0.20	0.10	-0.36
Mayo	0.02	-0.17	0.19	0.15	-0.29
Junio	-0.00	-0.20	0.20	0.18	-0.32
Julio	0.07	-0.13	0.20	0.31	-0.32
Agosto	0.15	-0.06	0.21	0.26	-0.18
Septiembre	0.17	-0.02	0.20	0.3	-0.19
Octubre	0.20	-0.00	0.20	0.48	-0.12
Noviembre	0.11	-0.08	0.18	0.24	-0.24
Diciembre	0.12	-0.09	0.21	0.26	-0.26

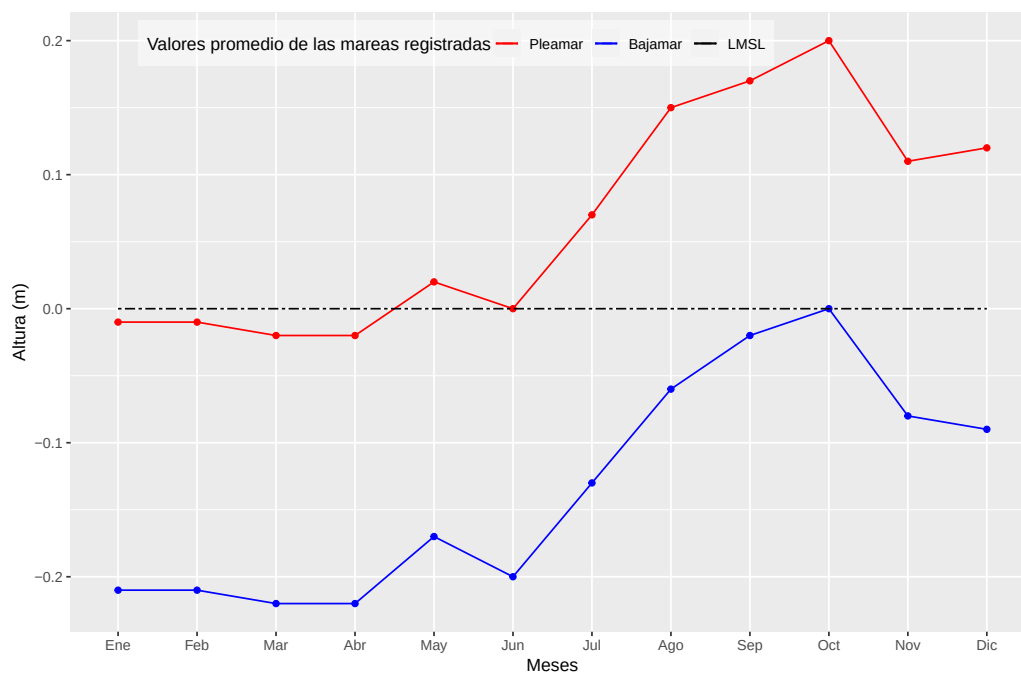


Figura 12.3: Tendencia del valor medio mensual de la altura en pleamar (rojo) y en bajamar (azúl), con referencia el valor medio del mar LMSL (negro). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

13. Salinidad Superficial del Mar

13.1. Aspectos generales

La salinidad, es una variable oceanográfica importante para distintos procesos físicos y biológicos en el océano, como ejemplo de ello se puede mencionar la densidad oceánica, que se determina mediante la salinidad y permite determinar la circulación termohalina. En general, la salinidad es de gran interés ya que permite calcular también el balance hídrico global, las tasas de evaporación y para conocer el comportamiento de las corrientes marinas (Rani et al., 2021).

Además, las variaciones en la salinidad causa afectación en el mecanismo osmorregulador de los peces, por lo que, el comportamiento del pez 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).

13.2. 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, 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 13.1: Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Ocós.
Latitud: 14.375 N. **Longitud:** -92.375 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	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	–	–	–	–	–
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	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.44	33.84	18	36.81	5
Febrero	36.13	34.32	19	39.26	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

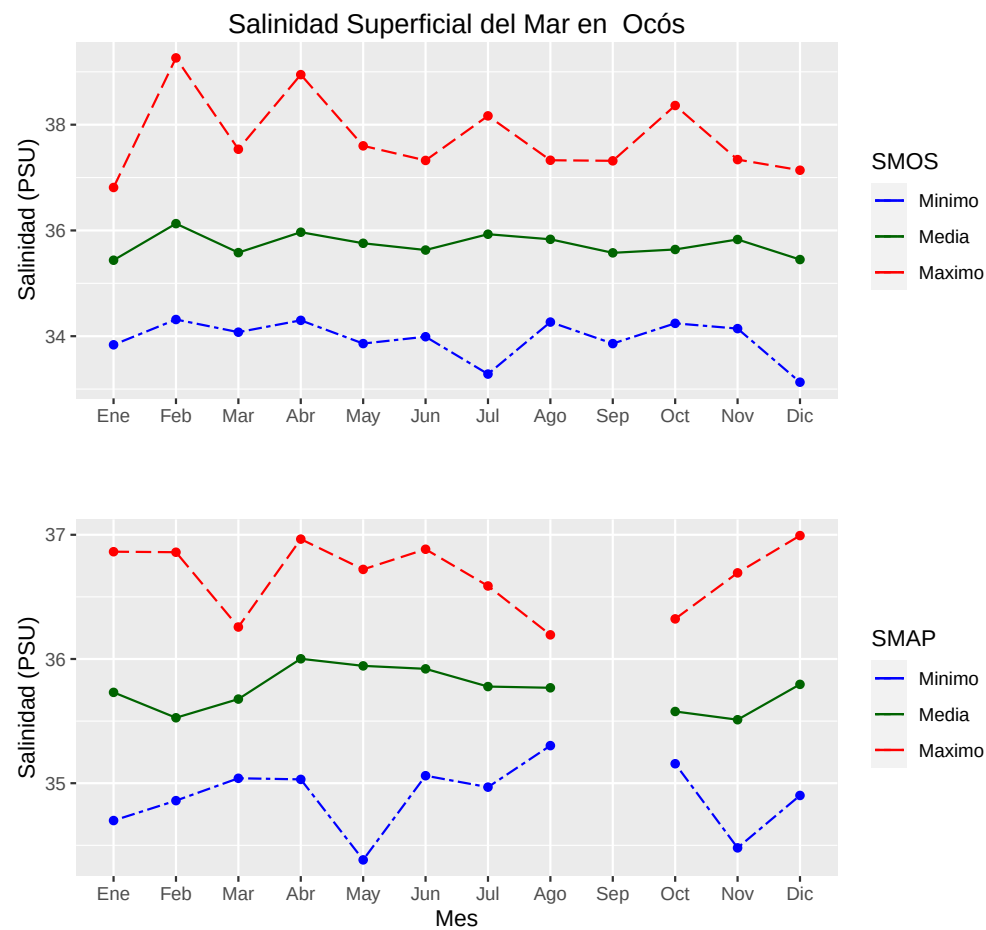


Figura 13.1: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Ocós, utilizando los datos de del satélite SMOS(arriba) y SMAP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 13.2: Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Champerico.
Latitud: 14.125 N. **Longitud:** -92.125 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.77	34.78	23	36.37	18
Febrero	35.49	34.89	8	36.36	27
Marzo	35.75	35.14	7	36.73	11
Abril	35.77	35.23	16	36.54	20
Mayo	35.88	35.02	2	36.66	22
Junio	36.10	35.11	11	37.14	15
Julio	36.04	35.59	18	36.52	8
Agosto	35.46	34.62	2	36.66	3
Septiembre	–	–	–	–	–
Octubre	35.59	34.66	23	36.94	20
Noviembre	35.45	34.91	26	35.95	13
Diciembre	35.62	34.62	19	36.36	27

SMOS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	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	33.48	12	39.88	16
Diciembre	35.81	33.86	18	38.75	22

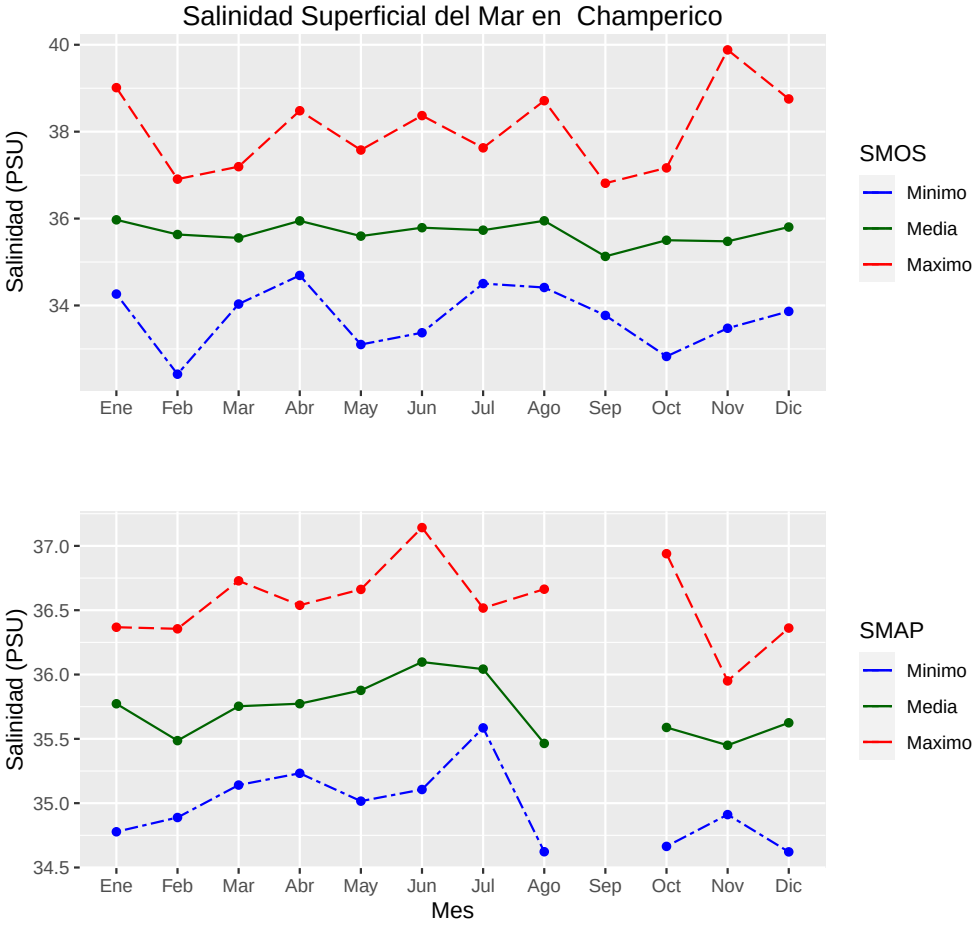


Figura 13.2: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Champerico, utilizando los datos de del satélite SMOS(arriba) y SMAP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 13.3: Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Tahuexco.
Latitud: 13.875 N. **Longitud:** -91.875 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.76	34.95	10	36.76	18
Febrero	35.80	35.24	11	36.22	27
Marzo	35.82	35.08	20	36.67	27
Abril	35.71	34.79	12	36.44	16
Mayo	35.89	35.23	2	36.52	21
Junio	35.84	35.18	7	36.86	15
Julio	35.79	34.88	18	36.43	8
Agosto	35.60	35.36	1	36.03	3
Septiembre	–	–	–	–	–
Octubre	35.34	34.75	9	36.34	24
Noviembre	35.39	34.79	5	35.92	21
Diciembre	35.24	34.30	7	36.07	31

SMOS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.99	34.29	17	37.42	4
Febrero	35.69	33.68	27	37.63	10
Marzo	35.40	32.47	31	37.28	13
Abril	35.47	33.48	4	38.57	27
Mayo	35.46	32.89	23	36.91	16
Junio	35.69	33.74	20	37.10	4
Julio	35.49	33.17	22	39.54	21
Agosto	35.36	33.07	27	36.36	1
Septiembre	35.33	33.54	14	36.72	5
Octubre	35.22	32.36	7	37.07	23
Noviembre	35.63	34.00	30	39.09	16
Diciembre	35.88	34.11	4	39.85	22

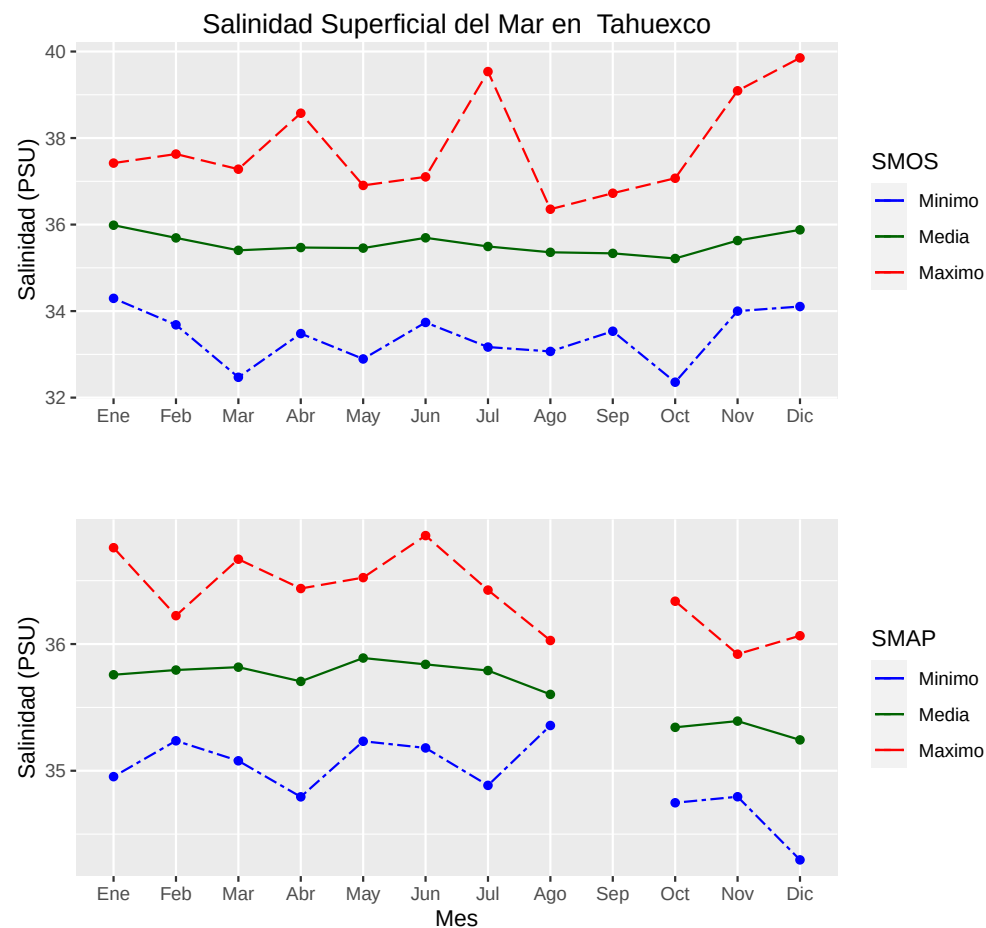


Figura 13.3: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Tahuexco, utilizando los datos de del satélite SMOS(arriba) y SMAP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 13.4: Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Tecojate.
Latitud: 13.875 N. **Longitud:** -91.625 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.56	34.99	14	36.42	18
Febrero	35.67	34.89	27	36.46	8
Marzo	35.85	34.77	20	36.70	31
Abril	35.61	34.61	29	36.71	8
Mayo	35.99	35.13	2	36.89	29
Junio	35.92	35.39	11	36.71	22
Julio	35.80	35.13	21	36.64	8
Agosto	35.89	34.99	6	36.58	1
Septiembre	–	–	–	–	–
Octubre	35.60	34.83	31	36.54	24
Noviembre	35.58	34.97	13	36.17	2
Diciembre	35.19	34.29	7	35.89	23

SMOS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.56	34.48	30	36.22	18
Febrero	35.53	33.34	22	37.19	28
Marzo	35.48	33.41	30	36.61	16
Abril	35.49	32.55	17	38.17	22
Mayo	35.65	32.97	23	37.10	17
Junio	35.74	34.52	16	37.12	17
Julio	35.31	33.04	4	37.10	21
Agosto	35.39	31.78	27	37.40	7
Septiembre	35.21	32.40	14	36.71	10
Octubre	35.18	28.97	2	37.12	1
Noviembre	35.59	32.83	28	38.47	12
Diciembre	35.66	32.50	4	37.28	3

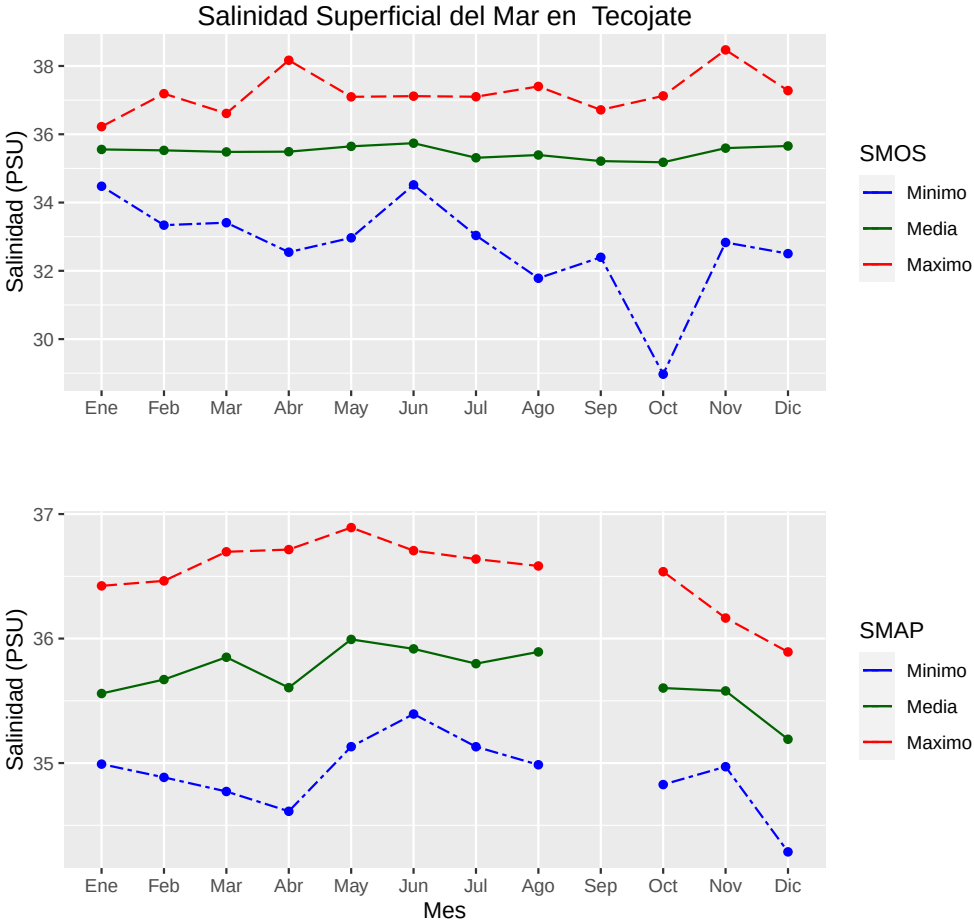


Figura 13.4: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Tecojate, utilizando los datos de del satélite SMOS(arriba) y SMAP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 13.5: Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Sipacate.
Latitud: 13.625 N. **Longitud:** -91.375 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.55	34.52	6	36.16	18
Febrero	35.52	34.93	22	35.85	19
Marzo	35.64	35.00	12	36.45	4
Abril	35.78	35.12	4	36.74	19
Mayo	35.85	34.89	26	37.06	18
Junio	35.96	35.20	24	36.80	8
Julio	35.86	35.17	29	36.73	13
Agosto	35.57	34.77	6	36.43	1
Septiembre	–	–	–	–	–
Octubre	35.44	34.54	20	36.19	24
Noviembre	35.28	34.13	1	36.28	29
Diciembre	35.43	34.69	28	36.56	15

SMOS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.73	32.59	13	38.96	18
Febrero	35.74	32.64	27	37.80	9
Marzo	35.44	34.37	13	37.39	18
Abril	35.58	34.25	4	37.66	22
Mayo	35.49	34.44	23	36.81	17
Junio	35.68	34.40	25	37.74	2
Julio	35.90	33.92	26	37.70	9
Agosto	35.40	32.34	27	38.50	30
Septiembre	35.27	31.90	14	36.93	1
Octubre	35.27	30.13	2	37.55	20
Noviembre	35.26	32.70	7	37.22	12
Diciembre	35.79	34.53	18	37.35	22

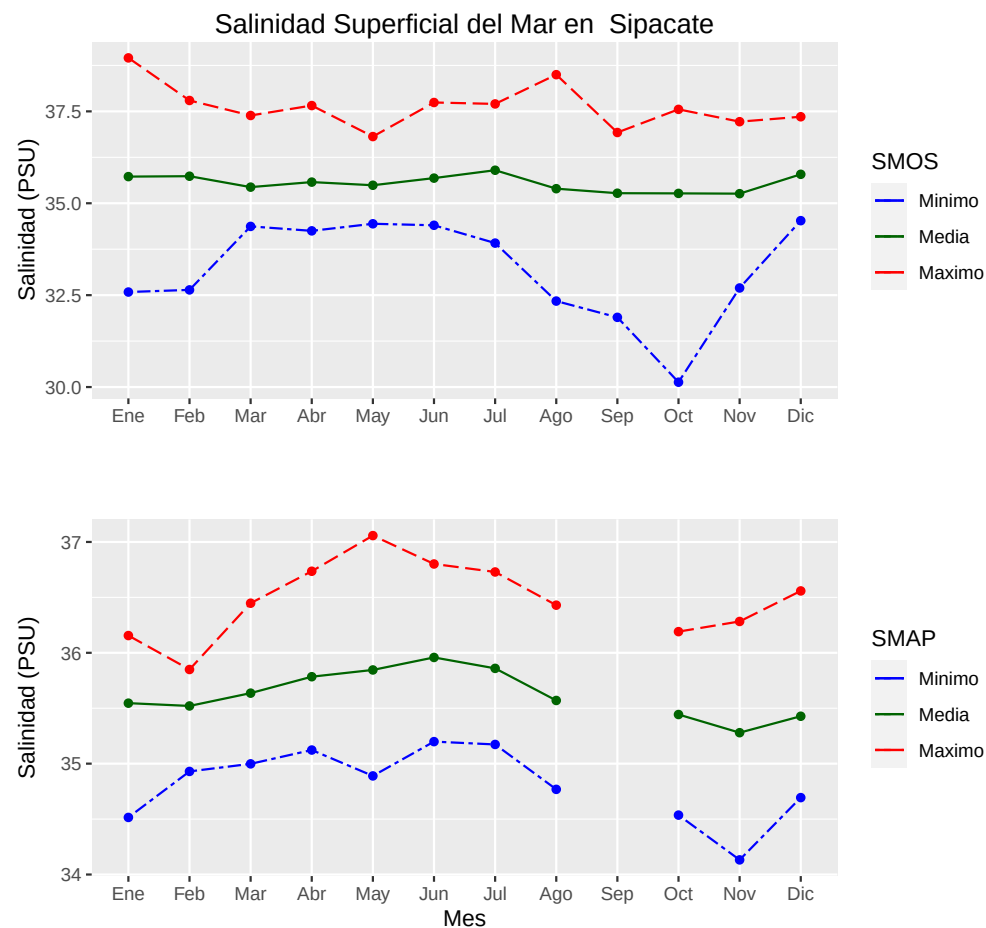


Figura 13.5: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Sipacate, utilizando los datos de del satélite SMOS(arriba) y SMAP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 13.6: Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Puerto San Jos
Latitud: 13.625 N. **Longitud:** -90.875 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.57	34.53	10	36.05	18
Febrero	35.47	34.71	27	36.02	15
Marzo	35.66	34.87	15	36.34	20
Abril	35.65	35.02	8	36.70	18
Mayo	36.09	35.23	23	37.47	18
Junio	35.73	34.89	29	36.46	22
Julio	35.82	34.20	18	36.61	8
Agosto	35.60	35.51	6	35.69	3
Septiembre	–	–	–	–	–
Octubre	35.15	34.53	28	36.01	16
Noviembre	35.56	35.14	9	36.08	24
Diciembre	35.50	34.83	10	36.18	17

SMOS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.65	34.20	13	37.86	30
Febrero	35.72	34.37	18	37.83	23
Marzo	35.42	34.04	22	37.78	18
Abril	35.54	34.51	30	37.08	24
Mayo	35.82	32.41	5	37.51	11
Junio	35.56	32.70	29	37.94	28
Julio	35.66	34.14	2	37.96	16
Agosto	35.54	30.82	4	37.53	3
Septiembre	35.38	33.45	26	36.73	5
Octubre	35.53	33.46	5	37.74	1
Noviembre	35.22	32.27	10	37.94	29
Diciembre	35.30	33.09	13	38.59	12

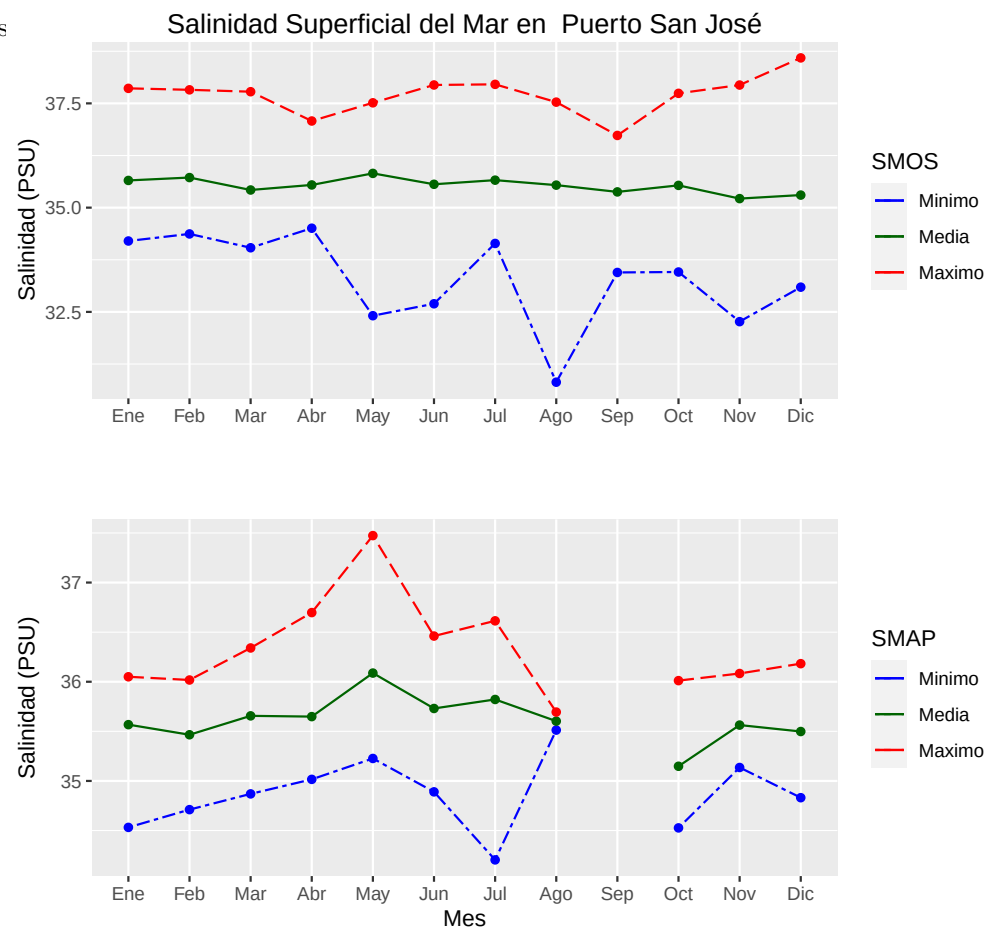


Figura 13.6: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Puerto San José, utilizando los datos de del satélite SMOS(arriba) y SMAP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 13.7: Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Monterrico.
Latitud: 13.625 N. **Longitud:** -90.625 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.62	34.63	6	37.27	12
Febrero	35.64	34.67	27	36.32	8
Marzo	35.64	34.83	15	36.25	20
Abril	36.02	35.22	28	36.89	8
Mayo	36.08	35.16	7	37.74	18
Junio	35.86	35.21	11	36.67	23
Julio	35.53	34.65	10	36.01	31
Agosto	35.16	34.87	3	35.55	2
Septiembre	–	–	–	–	–
Octubre	35.22	34.43	12	35.82	16
Noviembre	35.63	34.83	2	36.26	25
Diciembre	35.62	34.64	28	36.93	20

SMOS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.96	34.67	22	37.20	17
Febrero	35.85	34.55	18	37.58	22
Marzo	35.06	31.50	12	37.43	7
Abril	35.25	33.49	13	36.76	18
Mayo	35.91	34.15	24	37.29	17
Junio	35.54	33.70	14	37.48	25
Julio	35.80	34.57	17	37.33	21
Agosto	35.18	32.84	25	36.72	31
Septiembre	35.50	32.33	9	37.07	6
Octubre	35.37	31.78	5	37.12	18
Noviembre	35.58	33.11	10	37.80	25
Diciembre	35.53	32.98	13	37.72	16

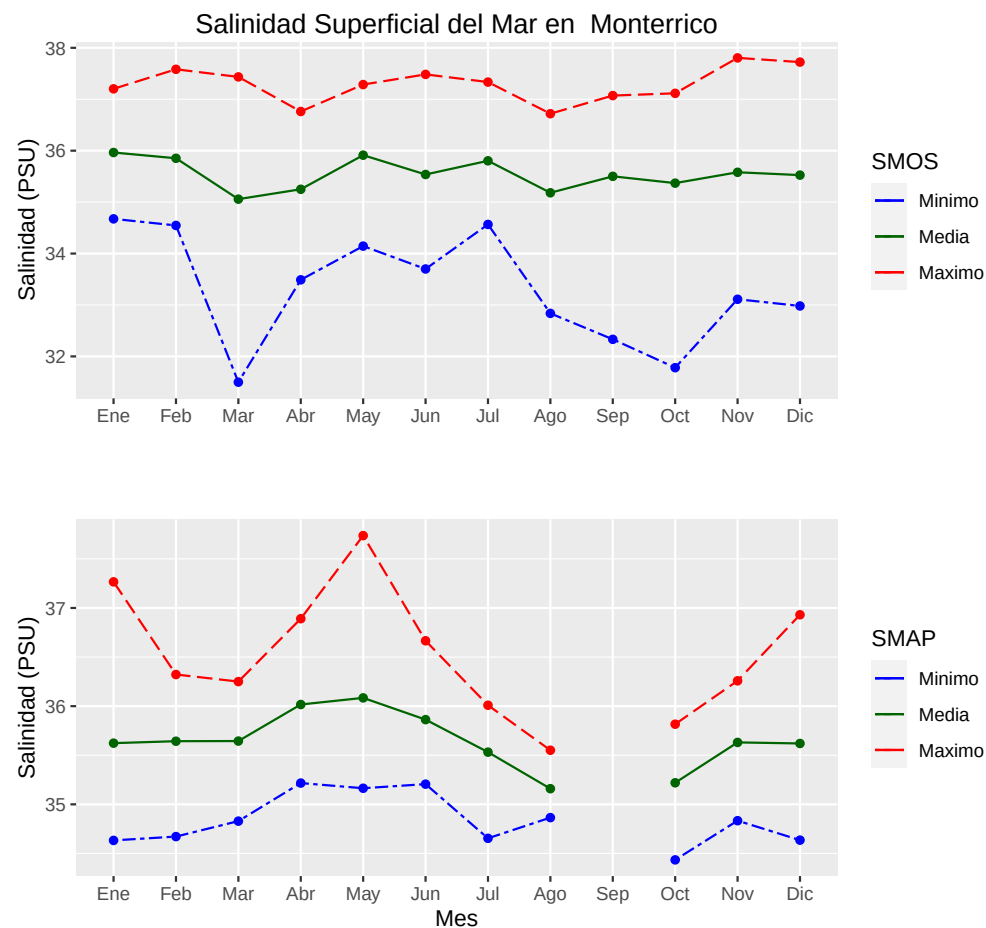


Figura 13.7: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Monterrico, utilizando los datos de del satélite SMOS(arriba) y SMAP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 13.8: Salinidad Superficial del Mar (PSU) para Las Lisas.
Latitud: 13.625 N. **Longitud:** -90.375 E.

SMAP					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.64	34.92	23	36.89	12
Febrero	35.90	35.47	27	36.74	21
Marzo	35.76	34.57	23	36.36	31
Abril	35.61	35.08	4	36.12	18
Mayo	36.05	35.21	31	36.75	12
Junio	35.81	35.38	29	36.51	27
Julio	35.59	34.86	7	36.61	26
Agosto	35.15	34.96	6	35.45	2
Septiembre	–	–	–	–	–
Octubre	35.57	34.82	28	36.25	16
Noviembre	35.72	35.18	1	36.37	25
Diciembre	35.39	34.68	28	36.02	25

SMOS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	35.99	35.12	23	38.60	13
Febrero	35.79	34.04	4	36.94	23
Marzo	35.16	32.04	12	37.07	31
Abril	35.57	34.09	22	37.39	24
Mayo	35.83	34.63	6	36.62	16
Junio	35.89	33.96	14	37.65	23
Julio	35.88	33.88	17	38.10	21
Agosto	35.32	33.91	16	36.97	7
Septiembre	35.09	31.64	9	38.97	12
Octubre	35.25	33.41	6	36.18	2
Noviembre	35.66	33.88	19	37.88	29
Diciembre	35.75	33.87	13	38.60	16

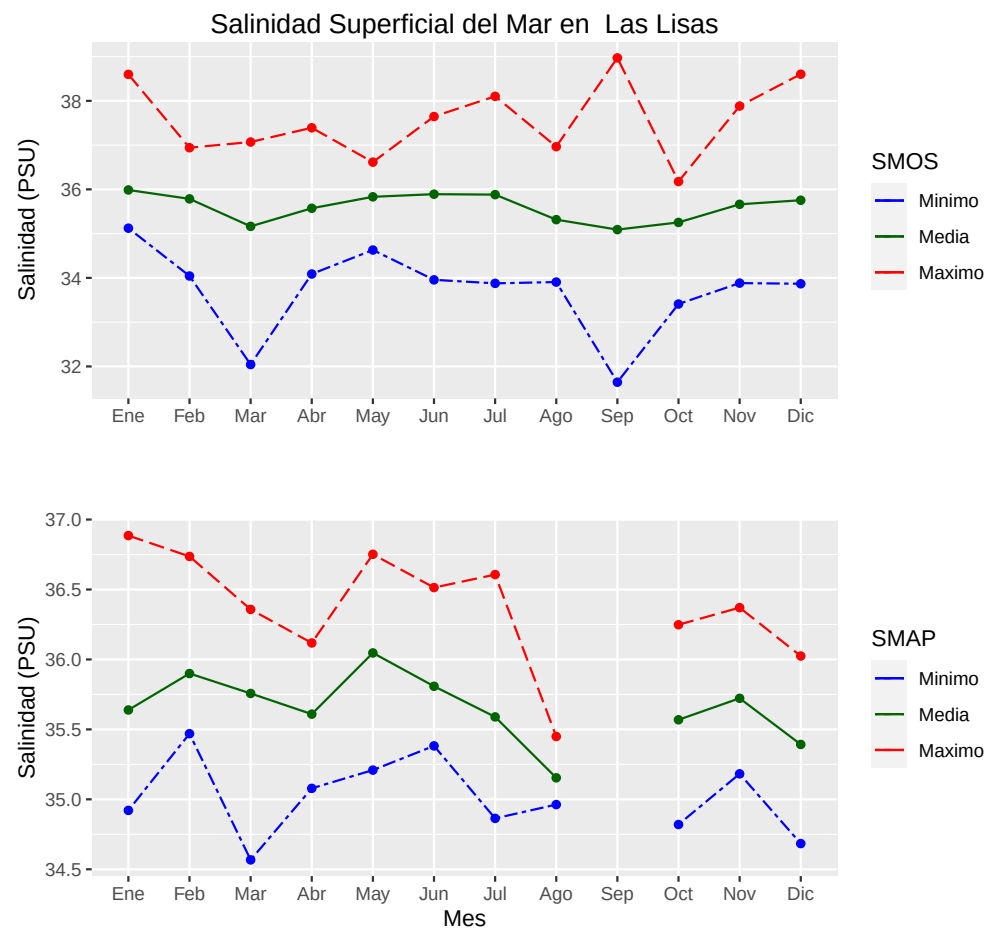


Figura 13.8: Tendencia de la Salinidad Superficial del Mar en Las Lisas, utilizando los datos de del satélite SMOS(arriba) y SMAP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

14. Temperatura Superficial del Mar

14.1. Aspectos generales

La Temperatura Superficial del Mar es fundamental en el control del clima (Iglesias et al., 2010), forma parte de las condiciones que favorecen a 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). Por esto, es importante 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.

También es importante su monitoreo por su relación con otros 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).

14.2. 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 muestra 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 14.1: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Ocós según el registro diario.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.35	28.68	1	32.50	11
Febrero	28.75	27.56	4	29.50	10
Marzo	29.34	27.31	8	30.10	3
Abril	29.76	28.69	18	30.93	25
Mayo	31.14	30.55	2	32.01	29
Junio	30.43	28.92	23	31.89	29
Julio	31.15	30.16	19	32.60	18
Agosto	31.24	30.28	17	32.15	11
Septiembre	30.75	29.11	21	32.74	6
Octubre	30.14	28.99	22	31.61	7
Noviembre	30.55	29.45	30	31.52	17
Diciembre	29.60	28.60	16	31.84	28

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.01	27.82	16	32.56	13
Febrero	28.52	27.18	5	29.52	18
Marzo	29.11	27.91	14	30.01	21
Abril	29.07	27.62	4	31.27	10
Mayo	31.03	30.44	6	32.46	12
Junio	29.59	28.64	23	30.09	12
Julio	30.01	28.79	15	30.42	10
Agosto	30.41	29.55	31	31.08	26
Septiembre	29.29	29.05	20	29.97	7
Octubre	30.13	29.53	4	30.86	7
Noviembre	29.95	29.01	30	30.55	14
Diciembre	29.11	27.59	31	31.01	1

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.98	28.00	1	29.57	7
Febrero	28.50	27.56	4	29.11	19
Marzo	29.04	28.36	30	30.12	21
Abril	29.06	27.59	3	30.79	24
Mayo	30.72	29.52	3	31.81	16
Junio	30.25	28.29	23	31.96	30
Julio	30.56	29.39	4	31.37	18
Agosto	30.93	29.68	12	31.76	11
Septiembre	30.28	29.63	21	31.10	7
Octubre	29.93	28.96	19	31.50	7
Noviembre	30.22	28.95	12	31.09	2
Diciembre	29.36	27.85	19	30.70	3

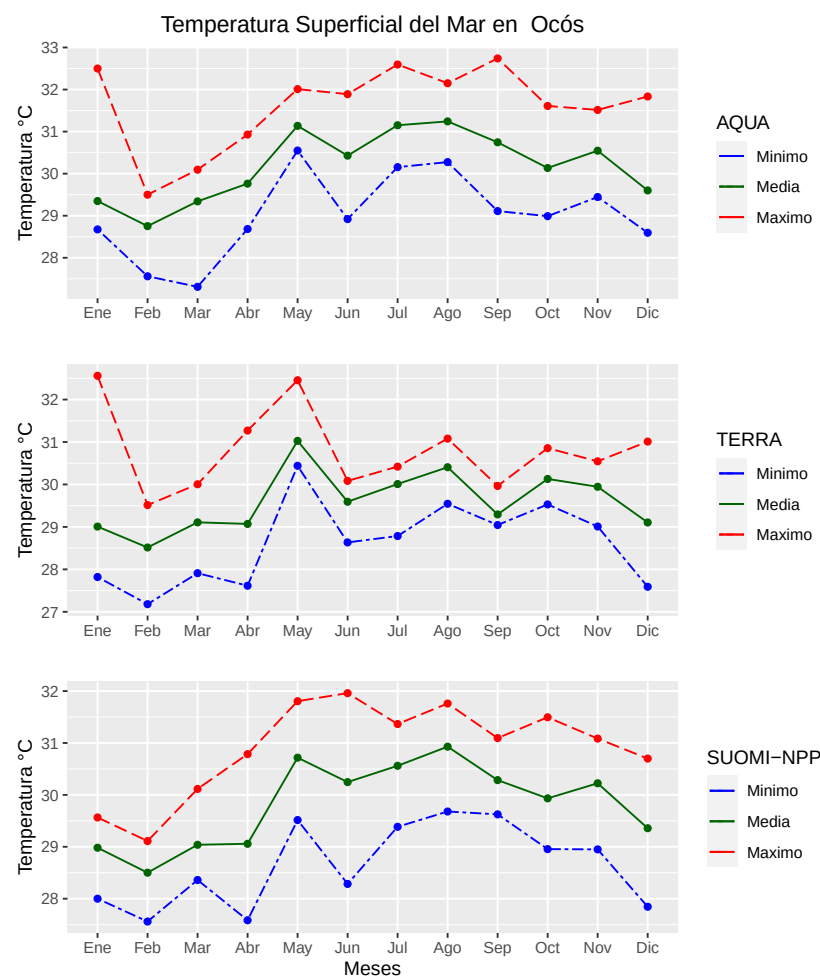


Figura 14.1: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Ocós, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.2: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Champerico según el registro diario.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.97	28.50	21	29.60	7
Febrero	28.52	27.36	25	29.24	17
Marzo	28.98	27.31	8	29.85	3
Abril	30.05	28.61	18	31.01	25
Mayo	30.67	30.13	23	31.53	13
Junio	30.07	28.71	19	31.18	30
Julio	30.53	29.83	16	32.11	22
Agosto	31.04	29.89	6	31.99	13
Septiembre	30.09	29.10	30	31.50	7
Octubre	30.01	29.42	15	30.52	25
Noviembre	30.25	29.10	10	31.37	1
Diciembre	29.30	28.38	23	30.62	1

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.31	28.30	20	38.46	13
Febrero	28.39	27.32	26	29.37	17
Marzo	29.11	27.72	9	29.92	29
Abril	29.37	27.88	3	31.01	25
Mayo	30.80	30.07	29	32.02	12
Junio	29.69	29.23	23	30.43	24
Julio	30.15	28.53	1	31.29	24
Agosto	30.84	30.14	25	31.60	20
Septiembre	30.39	29.36	27	31.10	4
Octubre	30.31	29.93	5	31.10	8
Noviembre	29.78	28.67	10	30.51	6
Diciembre	28.94	27.61	31	30.54	1

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.86	28.20	30	29.79	7
Febrero	28.31	27.44	5	29.12	28
Marzo	28.89	27.95	9	29.74	3
Abril	29.08	27.93	3	30.68	25
Mayo	30.52	29.58	23	31.63	12
Junio	30.05	28.91	19	30.84	30
Julio	30.31	29.24	4	31.46	9
Agosto	31.09	30.24	12	32.07	13
Septiembre	30.16	29.25	27	31.08	7
Octubre	29.76	28.47	13	30.63	18
Noviembre	30.04	28.82	7	30.82	18
Diciembre	29.08	27.81	19	30.20	3

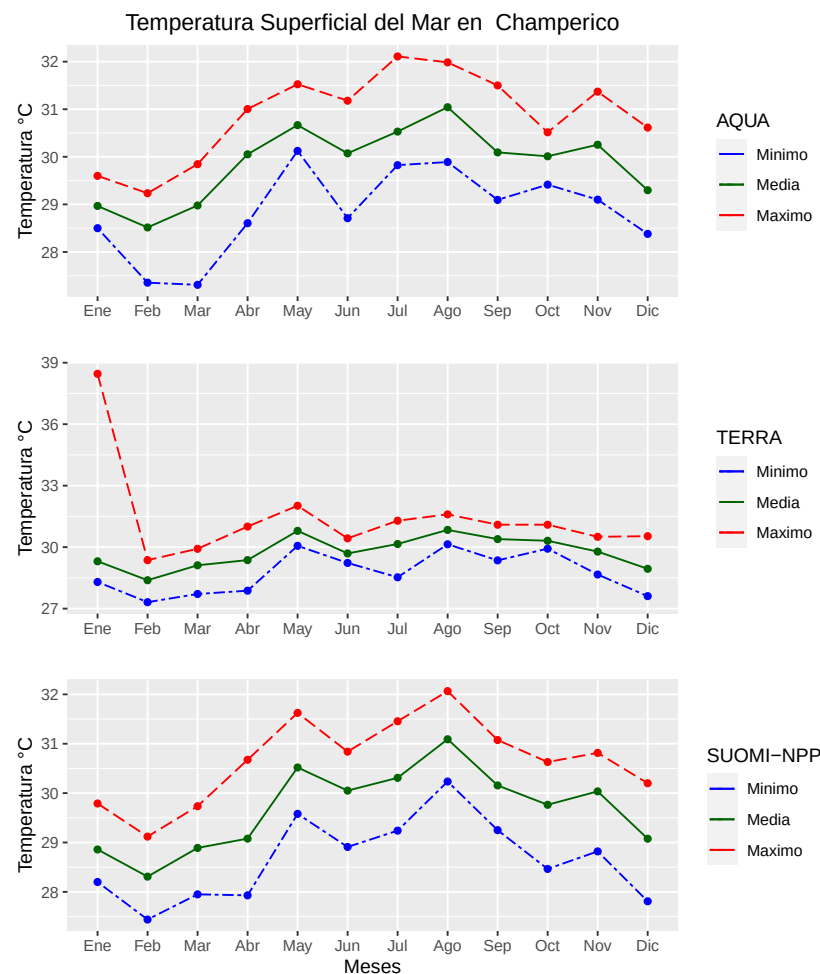


Figura 14.2: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Champerico, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.3: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Tahuexco según el registro diario.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.05	27.96	31	29.78	6
Febrero	28.77	27.64	23	29.81	10
Marzo	29.21	27.93	12	29.84	30
Abril	29.93	28.78	18	30.81	23
Mayo	30.47	28.53	4	31.87	13
Junio	30.02	27.85	19	31.11	29
Julio	30.49	28.75	1	31.71	31
Agosto	31.15	30.31	4	31.62	19
Septiembre	30.39	28.51	26	31.27	7
Octubre	30.17	29.03	22	30.83	5
Noviembre	30.32	29.43	4	31.20	1
Diciembre	28.94	25.79	11	29.92	4

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.86	28.11	20	29.55	4
Febrero	28.58	27.99	1	29.73	14
Marzo	29.20	27.93	9	30.15	27
Abril	29.51	28.09	3	31.27	27
Mayo	30.93	30.11	9	31.77	12
Junio	28.93	27.41	19	30.70	24
Julio	30.10	29.09	5	31.17	19
Agosto	30.61	29.35	24	31.59	11
Septiembre	29.59	29.04	30	30.24	7
Octubre	30.36	30.00	3	31.03	8
Noviembre	29.85	28.67	10	31.26	21
Diciembre	28.89	27.26	31	30.67	1

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.95	27.97	31	29.87	4
Febrero	28.62	27.36	23	29.49	14
Marzo	28.99	28.17	11	29.81	26
Abril	29.40	28.13	3	30.57	22
Mayo	30.68	29.50	23	31.74	13
Junio	29.97	29.03	20	30.79	24
Julio	30.09	29.10	16	31.39	9
Agosto	30.62	29.61	12	31.17	22
Septiembre	30.59	29.56	19	32.44	4
Octubre	29.71	28.25	14	30.72	5
Noviembre	30.22	29.10	13	30.93	18
Diciembre	28.82	25.97	11	29.96	4

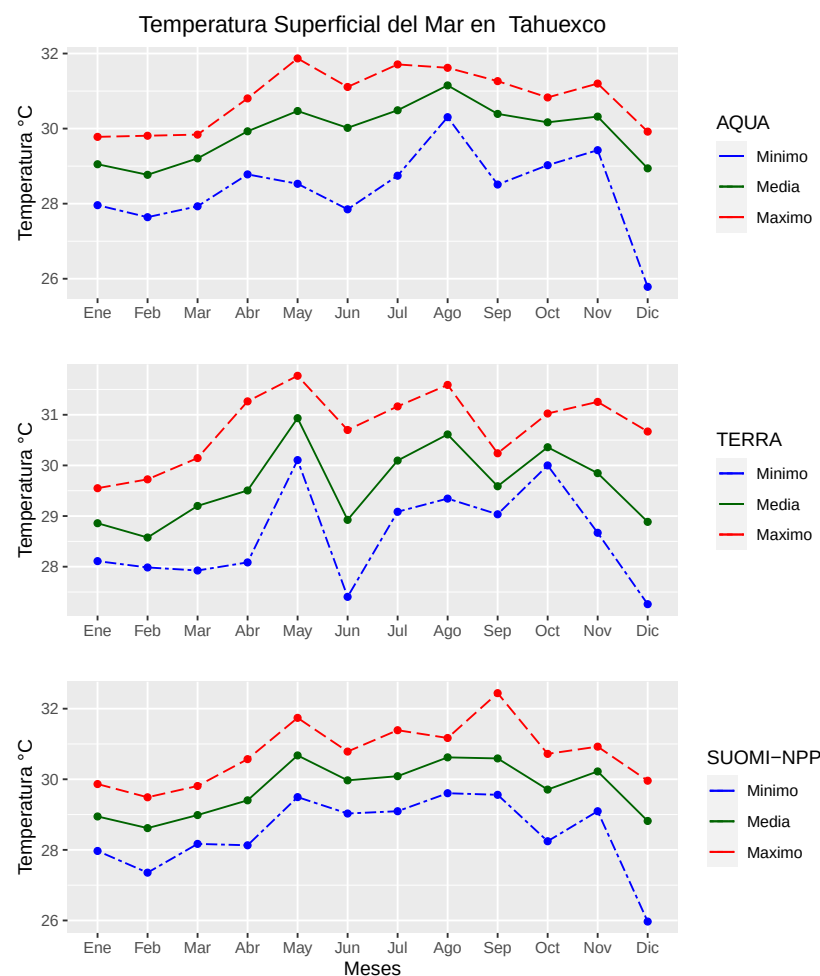


Figura 14.3: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Tahuexco, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.4: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Tecojate según el registro diario.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.93	27.95	30	29.67	7
Febrero	28.64	27.72	4	30.03	17
Marzo	29.20	27.94	15	29.91	3
Abril	29.63	28.86	18	30.24	27
Mayo	30.52	28.50	4	32.01	13
Junio	32.20	30.99	30	33.42	29
Julio	30.64	29.72	8	31.61	31
Agosto	31.35	30.25	4	32.99	19
Septiembre	30.43	28.43	26	31.68	6
Octubre	30.33	28.76	19	31.57	6
Noviembre	30.21	29.65	13	30.85	15
Diciembre	28.77	27.47	11	29.62	4

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.25	28.04	30	32.85	13
Febrero	28.51	27.25	22	29.61	17
Marzo	29.26	28.27	10	30.13	2
Abril	29.67	28.51	3	30.86	27
Mayo	31.43	31.04	9	31.78	16
Junio	29.81	28.38	19	31.24	24
Julio	30.18	29.31	14	31.43	19
Agosto	31.01	29.69	22	32.18	12
Septiembre	30.15	29.85	30	30.60	7
Octubre	30.36	29.23	2	32.38	8
Noviembre	30.01	28.80	10	31.07	19
Diciembre	29.20	27.44	29	31.48	1

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.84	27.79	30	29.85	11
Febrero	28.48	27.56	21	29.52	17
Marzo	28.84	27.95	15	29.69	3
Abril	29.40	28.23	3	30.39	28
Mayo	30.23	29.03	23	31.33	12
Junio	30.24	28.76	19	31.05	24
Julio	30.20	29.94	8	30.34	14
Agosto	30.85	30.13	28	31.40	17
Septiembre	30.73	29.81	30	32.64	4
Octubre	30.00	28.76	13	31.67	6
Noviembre	30.09	28.89	7	30.83	6
Diciembre	28.83	27.40	11	29.58	4

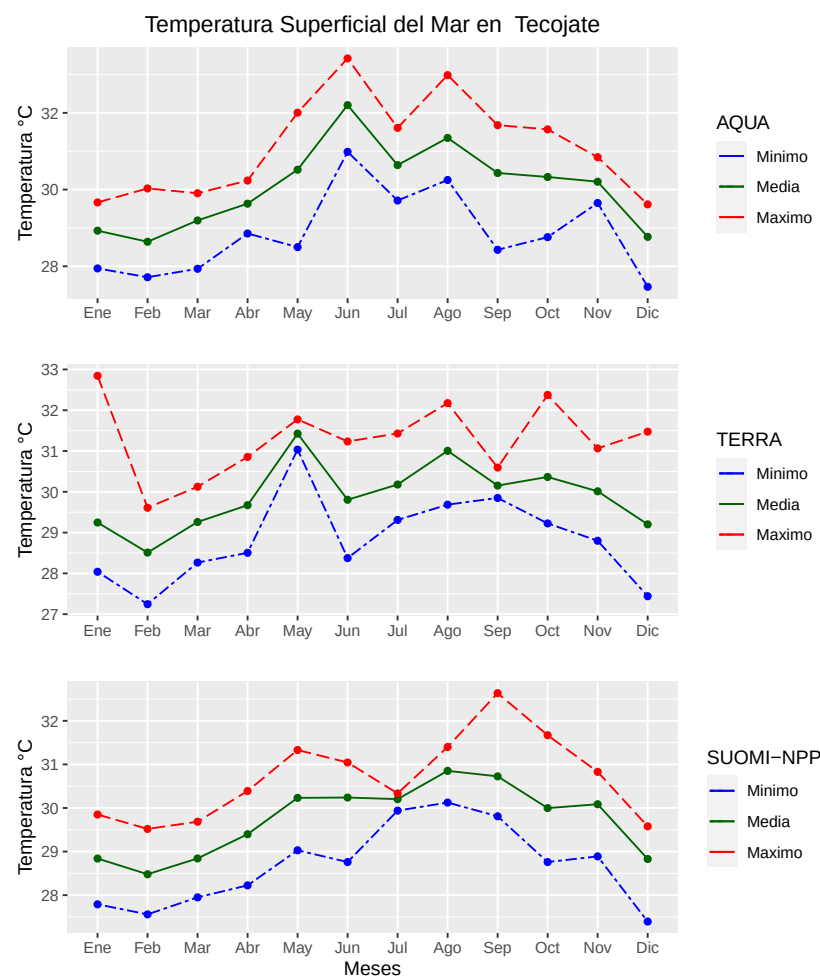


Figura 14.4: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Tecojate, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.5: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Sipacate según el registro diurno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.94	27.61	31	29.78	9
Febrero	28.67	27.75	4	29.73	17
Marzo	28.88	27.51	13	29.82	22
Abril	30.17	29.18	17	31.15	24
Mayo	31.05	30.25	3	31.86	5
Junio	30.10	27.72	19	31.14	30
Julio	30.70	29.97	7	31.71	24
Agosto	30.86	29.30	4	31.64	11
Septiembre	30.25	28.79	26	31.10	12
Octubre	30.00	29.12	29	31.28	6
Noviembre	30.04	29.19	7	31.16	1
Diciembre	28.69	25.51	11	29.53	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.11	27.55	30	31.37	13
Febrero	28.76	27.79	1	29.72	14
Marzo	29.11	27.83	13	30.41	3
Abril	29.75	28.52	19	30.94	27
Mayo	31.31	30.86	9	31.58	13
Junio	29.56	28.96	19	30.58	24
Julio	30.23	28.95	5	31.01	27
Agosto	30.76	29.83	25	31.96	11
Septiembre	29.74	28.99	28	30.37	7
Octubre	29.76	28.84	28	30.80	7
Noviembre	29.85	27.98	26	30.88	20
Diciembre	28.86	27.72	31	29.95	2

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.84	27.71	31	29.63	7
Febrero	28.50	27.64	21	29.42	17
Marzo	28.87	27.67	13	29.73	2
Abril	29.53	28.53	3	30.86	24
Mayo	30.96	30.25	8	31.65	13
Junio	29.57	28.23	27	30.90	30
Julio	30.05	28.58	15	31.58	24
Agosto	30.67	29.98	10	31.46	12
Septiembre	29.90	28.45	26	31.48	4
Octubre	29.76	27.90	14	31.37	6
Noviembre	29.87	28.56	12	30.89	19
Diciembre	28.64	26.24	11	29.58	2

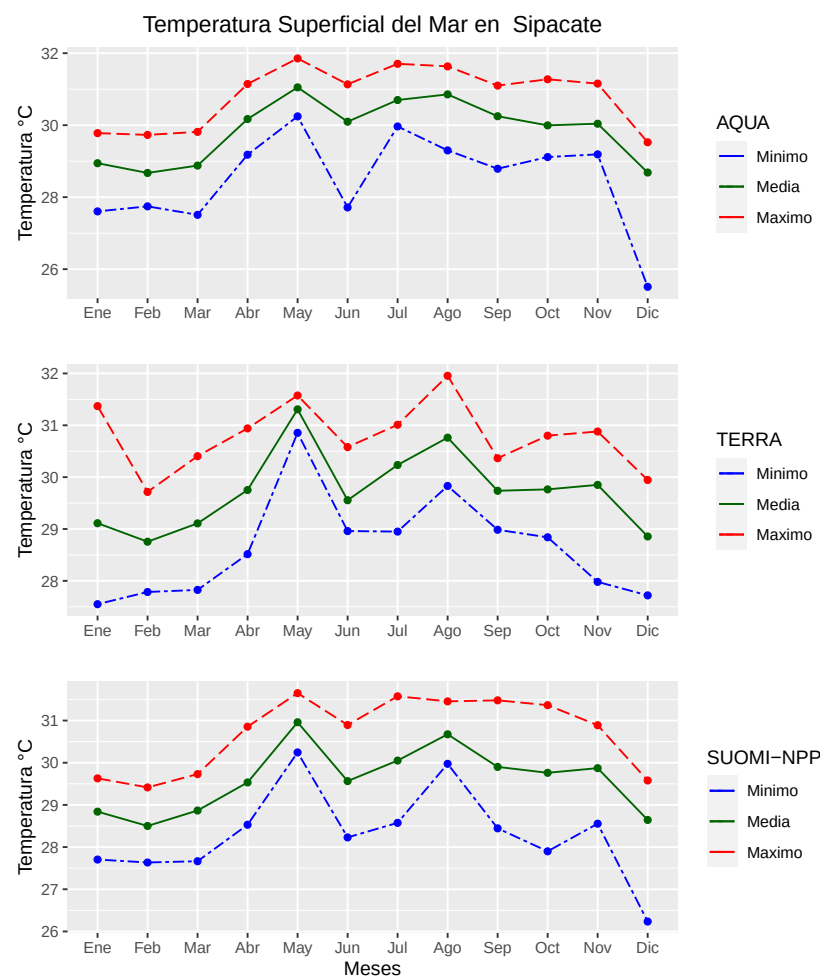


Figura 14.5: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Sipacate, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.6: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Puerto San José según el registro diario.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.12	28.28	20	30.81	24
Febrero	29.09	28.39	5	29.89	10
Marzo	29.05	28.04	16	29.84	15
Abril	30.31	29.14	28	30.95	30
Mayo	31.23	30.97	29	31.80	7
Junio	30.82	30.36	24	31.22	29
Julio	30.71	29.25	15	31.50	18
Agosto	30.93	29.37	29	31.99	10
Septiembre	30.26	29.48	26	31.06	7
Octubre	30.27	29.55	12	31.37	5
Noviembre	30.32	29.22	10	31.56	1
Diciembre	28.97	27.77	30	30.07	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.08	28.14	18	30.34	13
Febrero	29.08	28.39	3	29.70	9
Marzo	29.15	28.03	13	30.13	15
Abril	29.92	28.98	4	31.12	22
Mayo	31.10	30.54	9	31.51	7
Junio	29.00	28.23	17	29.41	24
Julio	30.53	29.68	21	31.21	26
Agosto	30.79	30.11	17	31.84	11
Septiembre	30.17	29.43	16	30.61	7
Octubre	30.43	29.57	30	31.29	7
Noviembre	30.00	28.75	10	31.03	20
Diciembre	28.82	27.90	31	30.15	2

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.86	28.35	20	29.86	13
Febrero	28.86	28.24	15	29.50	7
Marzo	29.00	28.07	8	29.76	22
Abril	29.78	28.66	2	31.05	24
Mayo	31.28	30.40	29	32.82	5
Junio	29.82	28.68	27	30.68	30
Julio	30.40	28.20	5	31.19	18
Agosto	30.81	29.84	31	31.54	12
Septiembre	29.95	29.23	27	30.68	7
Octubre	30.20	29.32	29	31.70	6
Noviembre	30.11	28.94	12	31.03	23
Diciembre	28.77	25.51	11	30.27	1

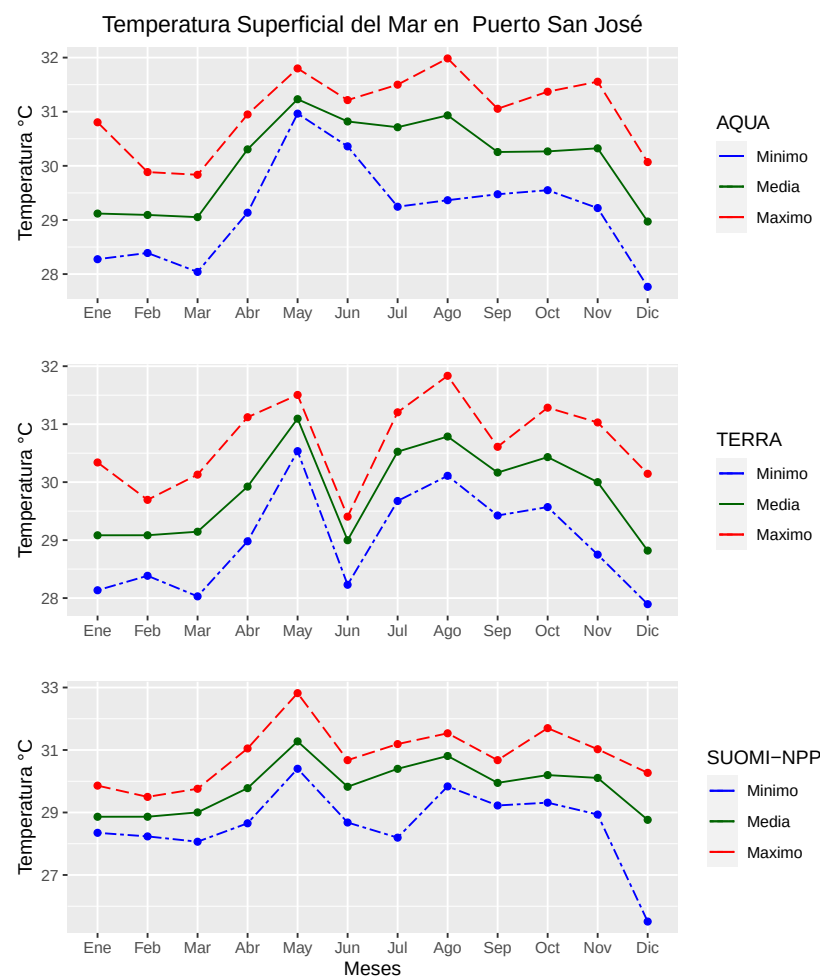


Figura 14.6: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Puerto San José, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.7: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Monterrico según el registro diario.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.83	28.25	19	29.29	18
Febrero	28.72	28.32	25	28.92	8
Marzo	29.03	28.36	12	29.63	17
Abril	30.88	30.08	18	31.64	29
Mayo	31.02	30.68	29	31.28	13
Junio	-	-	-	-	-
Julio	31.43	29.98	12	33.70	18
Agosto	31.21	30.27	29	32.79	10
Septiembre	31.04	29.70	12	32.40	4
Octubre	30.51	29.50	17	33.07	23
Noviembre	30.57	28.91	10	34.06	23
Diciembre	29.38	28.24	29	31.45	3

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.04	28.02	19	29.65	9
Febrero	28.90	28.13	1	29.94	9
Marzo	29.55	28.17	7	34.66	31
Abril	30.20	28.68	4	31.13	27
Mayo	31.10	30.72	29	31.53	7
Junio	-	-	-	-	-
Julio	30.91	30.06	21	32.74	8
Agosto	30.93	29.97	31	32.28	2
Septiembre	29.98	28.93	26	30.71	6
Octubre	30.39	29.53	2	31.55	5
Noviembre	30.22	29.46	10	31.31	16
Diciembre	28.64	27.86	31	29.55	4

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.66	28.19	17	29.28	13
Febrero	28.70	28.21	2	29.09	9
Marzo	29.02	28.32	8	29.80	21
Abril	29.93	28.71	3	31.39	25
Mayo	30.98	30.33	28	31.43	17
Junio	30.20	29.37	24	30.66	29
Julio	30.12	27.89	5	32.14	7
Agosto	30.71	29.63	19	31.40	10
Septiembre	30.46	29.88	16	31.50	14
Octubre	29.64	28.71	27	30.50	17
Noviembre	29.93	28.47	13	30.76	17
Diciembre	28.70	27.99	16	30.04	1

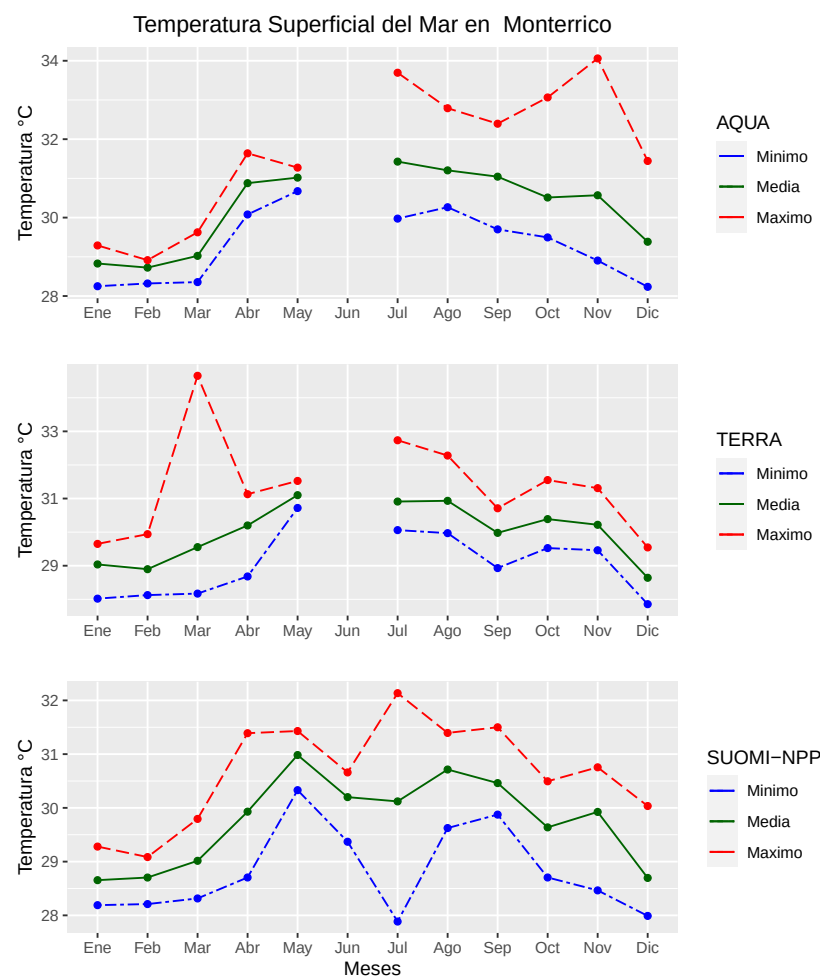


Figura 14.7: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Monterrico, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.8: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Las Lisas según el registro diario.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.83	28.25	26	29.56	3
Febrero	28.70	28.15	6	29.16	12
Marzo	29.22	28.26	29	30.44	16
Abril	30.72	30.13	18	31.58	25
Mayo	31.53	30.76	3	32.32	17
Junio	30.58	29.11	24	31.58	29
Julio	30.34	29.63	12	31.30	18
Agosto	30.74	29.50	19	31.69	12
Septiembre	29.98	29.34	30	30.87	7
Octubre	29.51	28.51	22	30.34	25
Noviembre	30.04	28.91	10	30.96	1
Diciembre	28.58	25.26	11	30.54	1

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	29.19	27.97	18	36.16	13
Febrero	28.75	27.99	1	29.62	14
Marzo	29.21	27.77	7	30.60	21
Abril	30.13	28.84	4	31.25	21
Mayo	30.95	29.69	2	31.74	13
Junio	29.22	29.22	9	29.22	9
Julio	30.36	29.82	7	30.78	26
Agosto	30.36	29.53	18	31.86	2
Septiembre	30.14	29.24	27	30.95	5
Octubre	29.97	29.18	30	30.89	5
Noviembre	29.70	28.73	29	30.40	19
Diciembre	28.22	25.50	11	29.11	2

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.70	27.96	18	29.66	3
Febrero	28.46	27.74	18	29.13	14
Marzo	29.03	28.12	4	30.00	16
Abril	29.87	28.75	2	31.17	25
Mayo	30.72	29.70	28	31.65	17
Junio	29.71	28.39	27	30.81	30
Julio	30.15	29.50	25	30.81	8
Agosto	30.07	29.45	21	30.68	12
Septiembre	29.93	28.88	26	30.58	13
Octubre	29.67	29.01	30	30.33	11
Noviembre	29.77	28.46	13	30.64	17
Diciembre	28.39	24.83	11	29.69	1

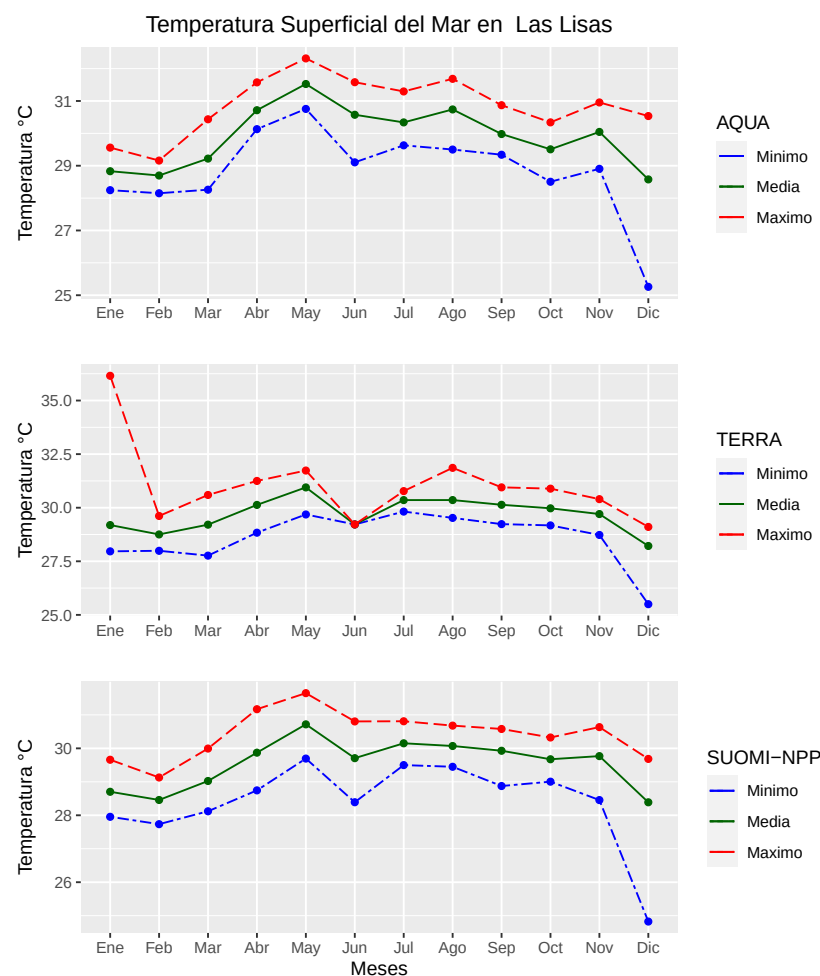


Figura 14.8: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Las Lisas, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.9: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Bahía de Amatique según el registro diario.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.84	26.39	24	29.32	2
Febrero	27.79	26.89	17	29.19	4
Marzo	29.25	28.29	5	30.46	12
Abril	30.63	29.65	30	31.20	24
Mayo	30.87	29.65	3	32.66	15
Junio	30.41	29.07	26	31.19	30
Julio	30.23	29.51	17	30.96	7
Agosto	30.76	29.65	3	31.65	24
Septiembre	30.76	29.87	8	31.85	18
Octubre	30.14	29.20	24	31.04	14
Noviembre	29.44	28.46	22	30.80	1
Diciembre	27.96	26.30	29	29.02	17

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.37	26.35	19	28.75	1
Febrero	27.15	25.82	17	28.24	23
Marzo	28.39	27.19	5	29.53	22
Abril	29.50	28.05	15	31.00	18
Mayo	30.12	28.79	3	30.88	6
Junio	28.99	28.99	5	28.99	5
Julio	29.33	28.72	4	30.09	7
Agosto	30.23	29.24	5	31.42	29
Septiembre	29.85	29.03	6	30.71	7
Octubre	29.36	28.75	5	29.89	6
Noviembre	28.62	27.24	26	29.75	4
Diciembre	27.18	25.96	30	28.16	2

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.87	26.31	31	29.48	1
Febrero	27.74	26.79	17	29.22	4
Marzo	29.13	28.16	7	30.35	9
Abril	30.00	28.92	2	30.85	6
Mayo	30.94	29.90	24	31.73	12
Junio	30.40	28.63	20	31.45	29
Julio	30.45	29.80	11	31.17	9
Agosto	30.56	29.25	19	31.34	20
Septiembre	30.70	29.55	25	31.30	18
Octubre	30.04	29.50	4	30.74	13
Noviembre	29.24	28.19	17	30.16	4
Diciembre	28.07	26.29	29	29.00	17

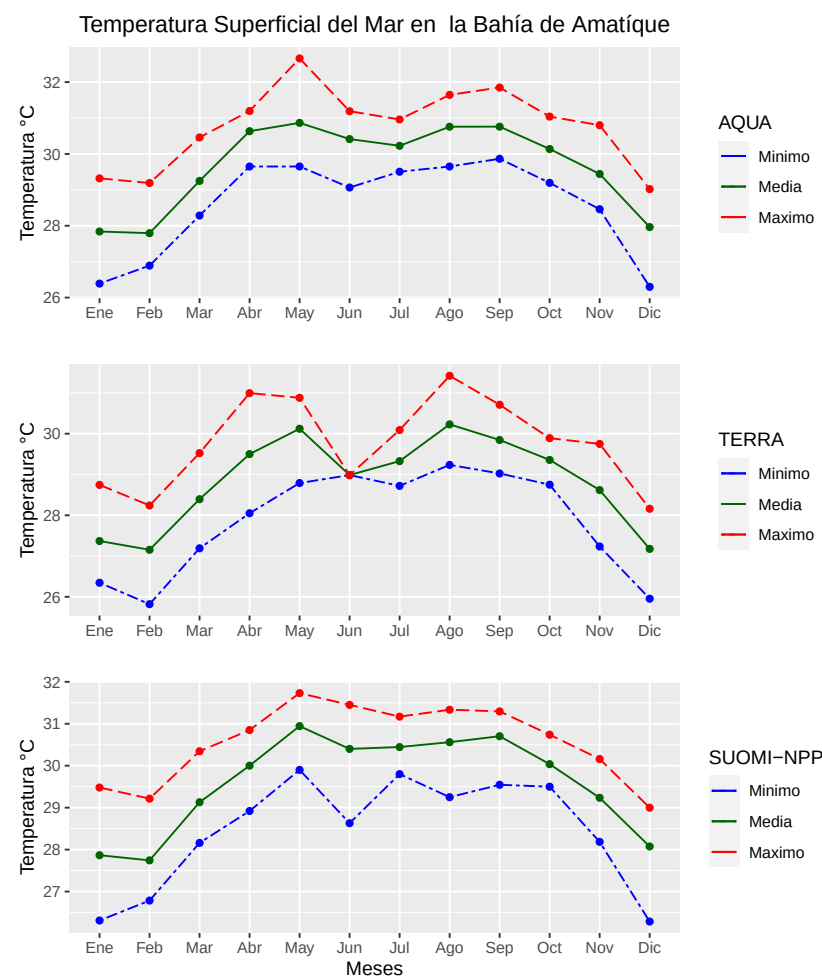


Figura 14.9: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Bahía de Amatique, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.10: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Punta de Manabique según el registro diario.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.65	26.58	16	28.96	9
Febrero	27.36	26.69	1	28.36	4
Marzo	28.40	26.59	3	29.35	24
Abril	29.72	29.01	30	30.34	23
Mayo	30.34	28.64	3	31.50	15
Junio	29.75	28.58	20	30.92	4
Julio	29.31	28.09	19	30.14	11
Agosto	30.29	28.97	5	31.49	15
Septiembre	30.97	30.16	27	31.70	18
Octubre	29.87	28.14	7	31.71	14
Noviembre	29.34	28.25	25	30.74	30
Diciembre	27.70	26.67	30	28.79	15

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.82	25.19	24	28.46	1
Febrero	26.67	25.93	12	27.61	23
Marzo	27.73	25.77	5	29.19	22
Abril	28.76	27.43	1	30.06	21
Mayo	29.60	28.62	24	30.67	30
Junio	29.12	28.96	3	29.20	5
Julio	28.75	28.01	25	29.52	26
Agosto	29.55	28.14	3	30.13	15
Septiembre	29.91	29.47	30	30.51	16
Octubre	28.90	28.60	29	29.27	28
Noviembre	28.54	27.70	29	29.56	4
Diciembre	26.97	26.17	30	27.82	19

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.64	26.56	24	29.01	9
Febrero	27.30	26.69	8	28.48	4
Marzo	28.44	27.25	7	29.14	22
Abril	29.27	28.41	12	29.89	23
Mayo	30.21	28.78	3	31.25	21
Junio	29.85	28.90	5	30.80	6
Julio	29.56	28.92	20	30.73	9
Agosto	30.72	29.69	12	31.38	15
Septiembre	30.30	29.33	30	31.21	21
Octubre	29.79	29.02	3	31.55	14
Noviembre	28.91	27.90	27	29.72	30
Diciembre	27.93	27.01	29	29.45	16

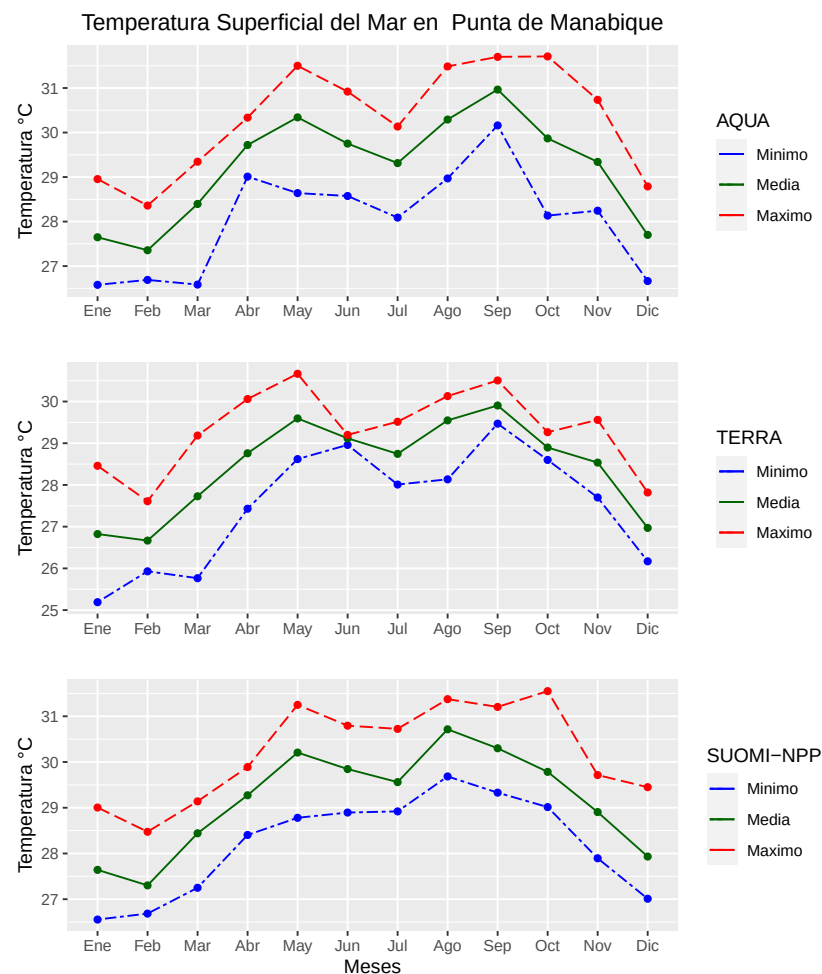


Figura 14.10: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Punta de Manabique, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo). Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.11: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para El Quetzalito según el registro diario.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.74	26.08	19	28.87	2
Febrero	27.61	27.01	2	28.18	3
Marzo	28.54	27.29	6	31.03	24
Abril	29.77	29.04	30	30.96	19
Mayo	29.93	28.82	3	31.04	18
Junio	30.18	29.33	23	31.16	3
Julio	29.93	28.52	17	30.56	21
Agosto	30.37	29.06	3	31.44	24
Septiembre	30.28	28.60	27	31.50	18
Octubre	30.02	28.60	24	31.49	14
Noviembre	29.07	28.14	19	30.24	16
Diciembre	27.87	26.41	30	28.88	1

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.42	25.86	19	28.61	1
Febrero	27.20	26.20	12	28.52	23
Marzo	28.10	27.04	28	29.21	22
Abril	29.17	28.08	16	30.19	6
Mayo	29.78	28.73	10	30.70	11
Junio	29.61	28.44	24	30.97	26
Julio	29.56	28.74	17	30.49	7
Agosto	30.08	28.70	3	31.15	20
Septiembre	30.33	29.63	20	30.93	16
Octubre	29.21	28.76	2	29.55	28
Noviembre	28.60	27.40	14	30.08	4
Diciembre	27.41	26.58	30	28.47	19

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	27.57	26.04	19	28.77	2
Febrero	27.57	27.17	25	27.99	18
Marzo	28.38	26.36	2	30.61	24
Abril	29.35	28.28	2	30.17	19
Mayo	30.16	28.63	10	31.18	30
Junio	30.61	29.63	11	31.50	6
Julio	30.07	29.39	5	30.60	12
Agosto	30.84	30.53	20	31.49	15
Septiembre	30.38	29.21	30	31.13	18
Octubre	30.12	29.01	28	31.79	14
Noviembre	28.91	27.89	13	29.96	7
Diciembre	27.81	26.74	31	28.65	1

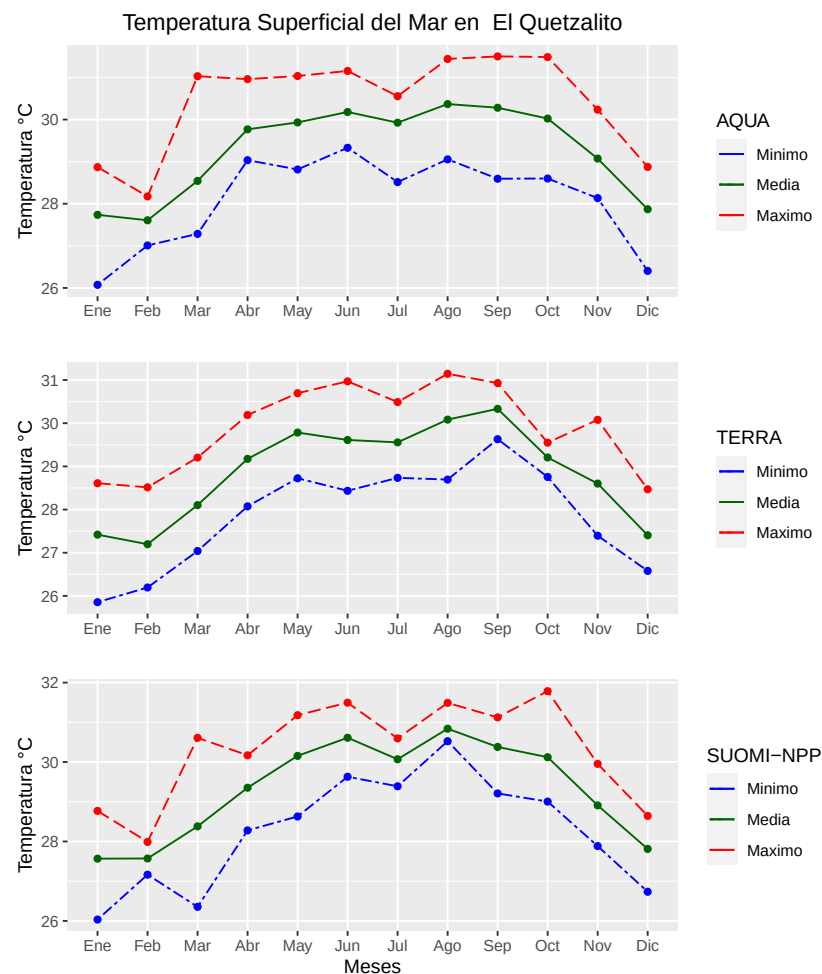


Figura 14.11: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en El Quetzalito, para el día, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (en medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.12: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Ocós según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.21	27.85	24	28.69	20
Febrero	27.69	27.10	5	28.32	18
Marzo	28.15	27.69	16	28.69	21
Abril	28.72	28.07	19	29.48	28
Mayo	29.32	27.64	29	31.00	12
Junio	27.26	26.09	23	28.43	27
Julio	29.00	27.82	17	29.70	10
Agosto	27.86	26.67	30	29.04	19
Septiembre	—	—	—	—	—
Octubre	28.73	28.48	6	28.99	25
Noviembre	29.08	28.42	30	29.42	15
Diciembre	28.42	27.88	31	29.01	5

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.42	27.90	3	28.78	1
Febrero	27.97	27.38	6	28.53	20
Marzo	28.34	28.06	5	29.04	21
Abril	27.43	27.00	4	27.85	2
Mayo	29.66	29.45	6	29.87	18
Junio	28.26	28.26	12	28.26	12
Julio	28.77	26.53	30	30.21	10
Agosto	29.62	29.55	20	29.69	29
Septiembre	—	—	—	—	—
Octubre	28.48	27.27	7	29.69	30
Noviembre	29.55	29.27	2	29.66	25
Diciembre	28.73	28.00	19	29.51	4

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.20	27.29	24	28.92	14
Febrero	27.66	26.12	5	28.44	16
Marzo	28.19	27.52	14	28.84	21
Abril	28.61	27.41	2	29.75	27
Mayo	29.63	29.30	28	30.16	12
Junio	28.62	28.62	5	28.62	5
Julio	29.26	28.68	8	30.00	25
Agosto	29.47	29.46	20	29.48	22
Septiembre	—	—	—	—	—
Octubre	28.59	28.53	25	28.64	6
Noviembre	28.92	27.90	13	29.71	25
Diciembre	28.52	27.65	18	29.64	1

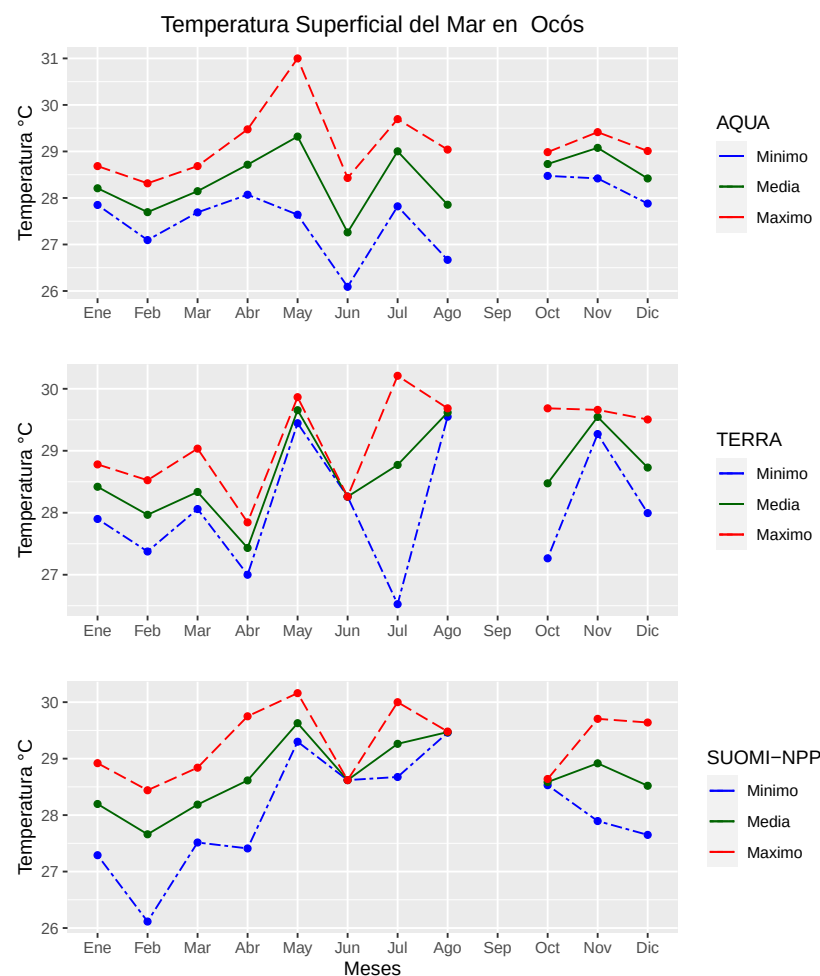


Figura 14.12: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Ocós, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.13: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Champerico según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.27	27.89	27	28.80	2
Febrero	27.66	26.90	13	28.35	28
Marzo	28.19	27.76	15	28.79	4
Abril	28.59	28.30	19	29.34	24
Mayo	30.14	29.03	29	30.99	12
Junio	28.68	27.93	20	29.44	25
Julio	29.62	28.79	8	30.08	27
Agosto	29.79	29.04	30	30.27	22
Septiembre	29.07	29.07	27	29.07	27
Octubre	29.33	28.86	22	29.71	25
Noviembre	29.46	28.74	23	30.01	17
Diciembre	28.47	27.08	25	29.22	7

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.37	27.36	20	28.98	1
Febrero	27.84	27.23	25	28.52	18
Marzo	28.28	27.88	12	28.71	19
Abril	28.25	26.68	20	29.22	27
Mayo	29.26	28.92	6	29.60	2
Junio	29.07	28.67	30	29.48	5
Julio	30.04	29.95	9	30.13	25
Agosto	30.75	30.29	29	31.46	20
Septiembre	28.80	28.20	9	29.40	7
Octubre	-	-	-	-	-
Noviembre	29.71	29.21	30	30.20	21
Diciembre	28.65	26.30	7	29.52	4

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.17	27.35	27	28.85	14
Febrero	27.66	26.90	5	28.91	15
Marzo	28.15	27.59	14	29.24	4
Abril	28.31	26.64	4	29.68	27
Mayo	29.98	28.94	6	30.67	13
Junio	29.28	29.28	25	29.28	25
Julio	29.62	29.17	18	30.13	9
Agosto	30.11	29.96	20	30.28	22
Septiembre	28.90	28.15	24	30.00	8
Octubre	29.19	28.37	19	29.48	25
Noviembre	29.42	28.70	11	30.09	17
Diciembre	28.47	27.62	16	29.71	4

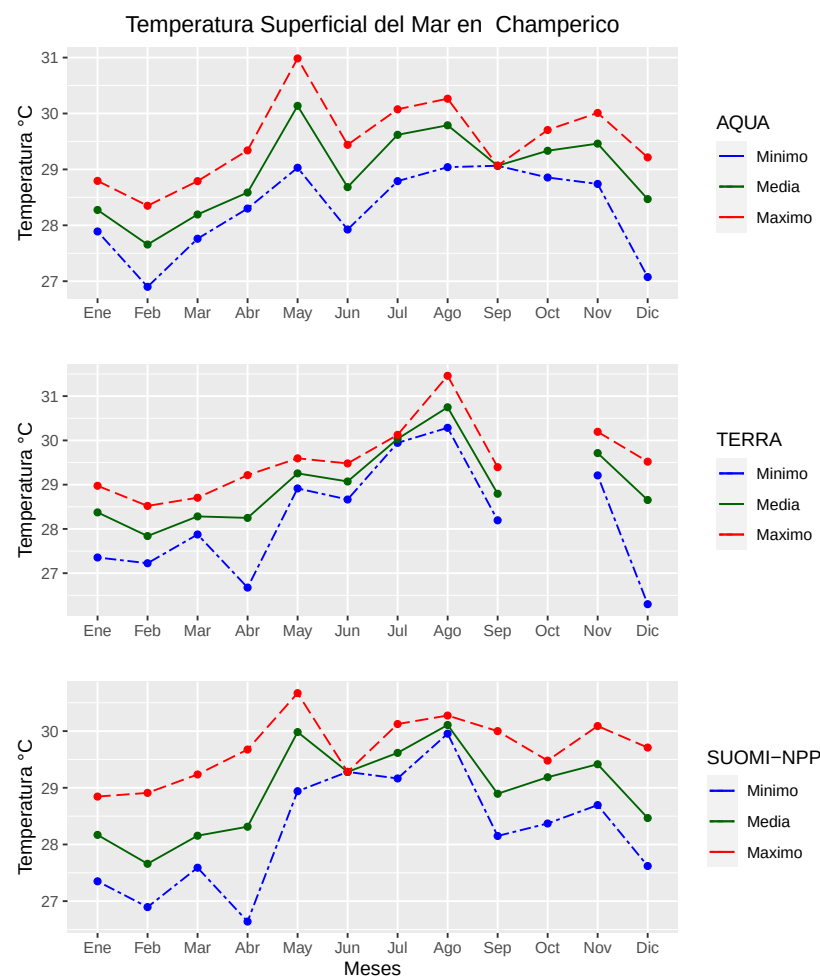


Figura 14.13: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Champerico, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.14: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Tahuexco según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.29	27.61	27	28.82	2
Febrero	27.80	27.11	5	28.35	16
Marzo	28.30	27.41	28	28.78	23
Abril	28.74	28.44	19	29.19	24
Mayo	30.75	30.75	12	30.75	12
Junio	28.49	27.77	11	29.07	25
Julio	28.72	27.19	26	29.52	10
Agosto	28.93	28.20	30	29.49	5
Septiembre	28.74	28.24	29	29.25	8
Octubre	28.87	26.13	7	29.89	8
Noviembre	29.36	28.85	2	29.83	15
Diciembre	28.29	27.27	9	29.25	5

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.40	27.31	24	28.87	5
Febrero	27.75	27.14	22	28.58	18
Marzo	28.20	27.05	10	29.13	31
Abril	28.90	28.21	20	29.84	25
Mayo	29.93	29.80	6	30.14	12
Junio	29.43	29.43	30	29.43	30
Julio	29.46	28.88	10	29.83	9
Agosto	-	-	-	-	-
Septiembre	29.02	28.49	9	29.56	7
Octubre	29.55	29.28	7	29.97	30
Noviembre	29.56	28.45	4	30.20	16
Diciembre	28.66	27.72	28	29.52	5

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.16	27.14	30	28.90	12
Febrero	27.85	27.08	23	29.14	15
Marzo	28.05	26.04	24	28.66	21
Abril	28.55	27.84	19	29.88	27
Mayo	30.53	30.37	12	30.70	13
Junio	-	-	-	-	-
Julio	29.28	28.65	1	29.71	22
Agosto	29.98	29.40	20	30.57	22
Septiembre	29.43	29.43	8	29.43	8
Octubre	29.19	28.27	27	29.69	6
Noviembre	29.29	28.71	9	29.80	17
Diciembre	28.30	27.40	16	29.41	4

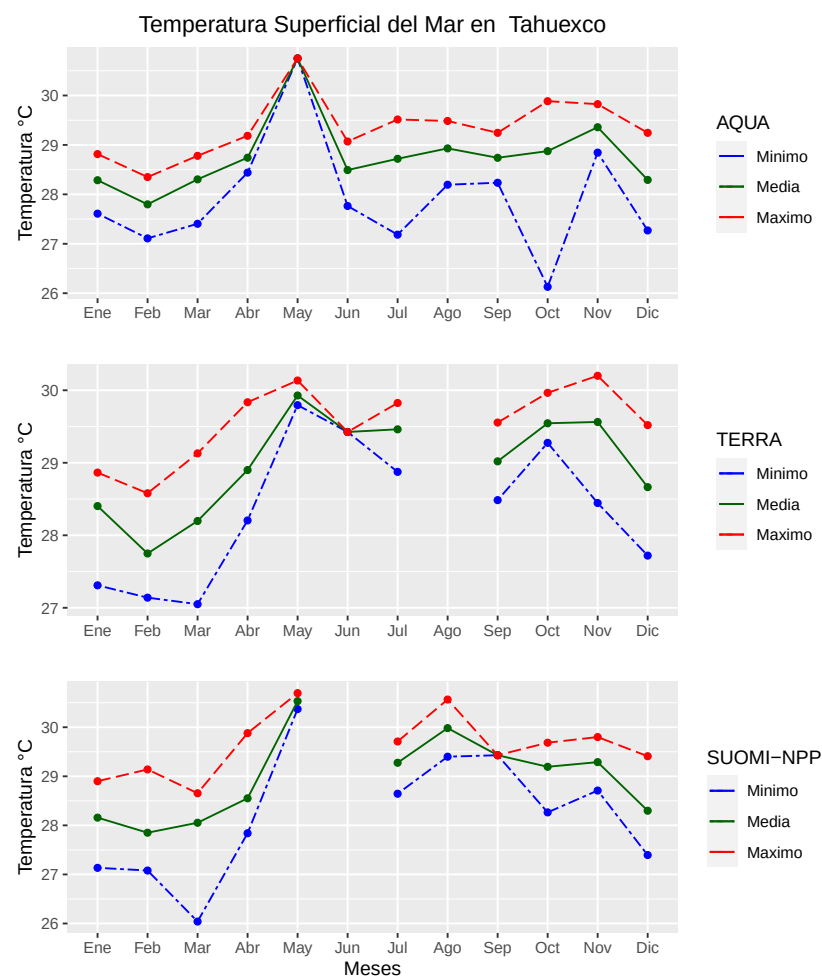


Figura 14.14: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Tahuexco, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.15: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Tecojate según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.32	27.67	29	28.85	1
Febrero	27.69	26.85	5	28.38	25
Marzo	28.11	27.31	14	28.69	5
Abril	28.44	27.67	19	29.39	25
Mayo	30.53	30.08	16	30.98	12
Junio	28.31	28.19	29	28.43	25
Julio	28.34	27.03	22	29.01	8
Agosto	29.52	29.28	30	29.75	19
Septiembre	28.27	28.27	29	28.27	29
Octubre	29.35	29.16	30	29.55	8
Noviembre	29.37	28.83	2	29.97	17
Diciembre	28.37	27.52	14	29.27	5

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.40	27.33	30	28.87	5
Febrero	27.65	26.81	23	28.96	18
Marzo	28.29	27.16	13	29.00	19
Abril	28.76	27.63	8	29.62	14
Mayo	—	—	—	—	—
Junio	28.82	28.82	5	28.82	5
Julio	29.46	29.34	9	29.57	25
Agosto	30.92	30.92	20	30.92	20
Septiembre	28.85	28.85	27	28.85	27
Octubre	28.93	28.60	6	29.53	30
Noviembre	29.70	29.25	2	30.15	20
Diciembre	28.69	28.28	17	29.28	4

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.30	26.73	27	29.16	8
Febrero	27.77	26.90	22	28.72	16
Marzo	28.13	27.47	15	29.15	4
Abril	28.60	27.96	1	29.65	27
Mayo	30.42	30.13	15	30.71	12
Junio	28.63	28.63	25	28.63	25
Julio	28.90	27.90	5	29.42	17
Agosto	29.78	29.78	22	29.78	22
Septiembre	—	—	—	—	—
Octubre	29.13	28.68	24	29.58	8
Noviembre	29.33	28.24	12	30.16	17
Diciembre	28.27	27.37	16	29.41	4

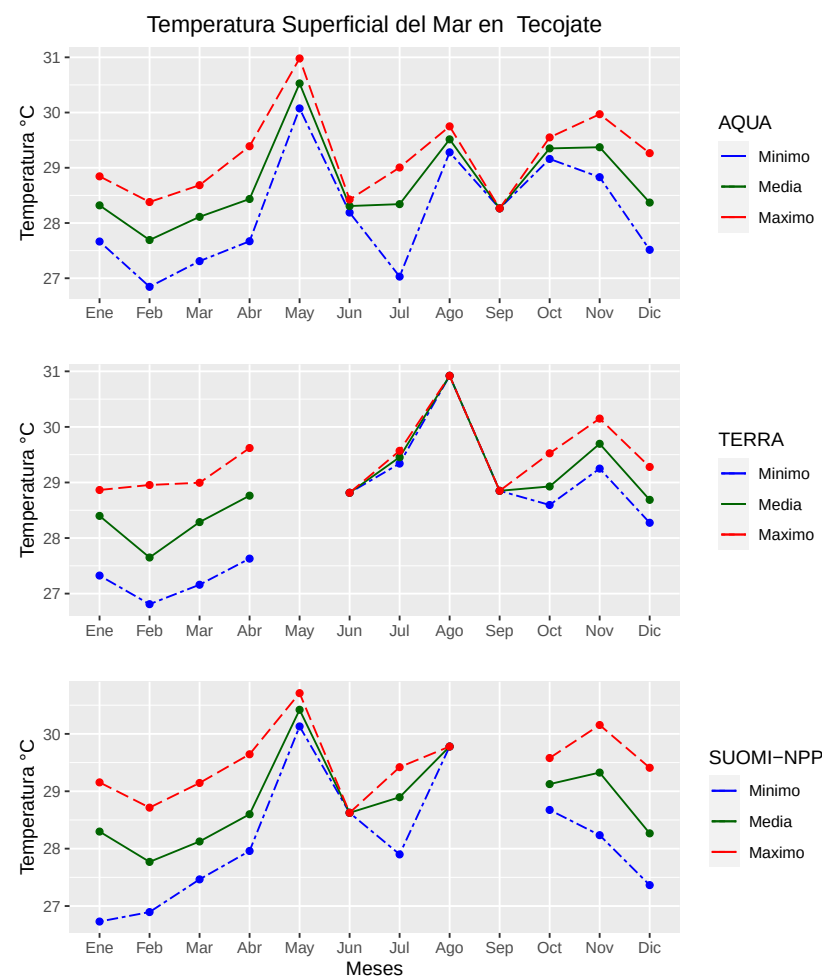


Figura 14.15: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Tecojate, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.16: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Sipacate según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.35	27.46	29	28.69	1
Febrero	27.71	26.64	9	28.54	28
Marzo	28.16	26.98	25	28.72	21
Abril	29.07	28.65	17	29.48	24
Mayo	30.16	29.41	6	30.91	12
Junio	28.44	28.15	29	28.76	27
Julio	28.28	27.13	22	29.16	8
Agosto	28.95	28.44	30	29.23	5
Septiembre	29.00	28.70	29	29.31	8
Octubre	29.11	27.54	1	29.80	29
Noviembre	29.35	28.52	30	29.90	17
Diciembre	28.16	27.15	26	29.24	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.34	27.10	30	28.81	8
Febrero	27.93	27.09	9	28.76	18
Marzo	28.40	27.77	6	29.04	17
Abril	28.73	27.78	20	29.85	25
Mayo	30.28	29.38	15	31.17	11
Junio	28.61	28.61	28	28.61	28
Julio	29.53	29.03	5	29.86	21
Agosto	30.23	30.13	29	30.34	20
Septiembre	-	-	-	-	-
Octubre	28.78	28.67	7	28.92	6
Noviembre	29.59	29.07	14	29.94	16
Diciembre	28.35	27.86	20	29.55	3

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.32	27.53	29	29.06	13
Febrero	27.83	26.55	4	28.92	15
Marzo	28.26	27.10	24	29.04	4
Abril	28.80	28.10	1	30.13	24
Mayo	30.31	29.34	6	30.83	16
Junio	28.62	28.31	29	28.78	27
Julio	29.31	29.00	10	29.63	8
Agosto	29.33	29.21	18	29.45	20
Septiembre	28.85	28.26	29	29.37	8
Octubre	28.92	28.25	27	29.67	8
Noviembre	29.39	28.67	12	29.83	17
Diciembre	28.11	27.41	11	29.42	4

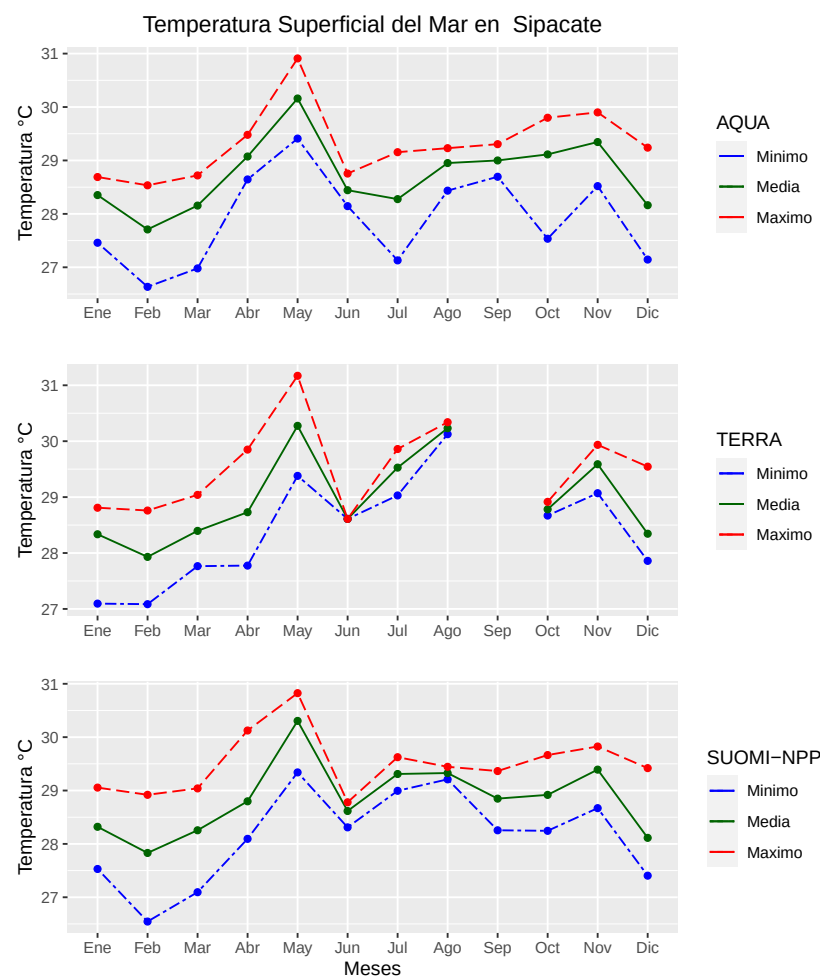


Figura 14.16: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Sipacate, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.17: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Puerto San José según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.24	27.72	16	28.66	5
Febrero	28.16	27.63	14	28.52	27
Marzo	28.20	27.51	25	28.85	23
Abril	29.33	29.10	17	29.75	24
Mayo	30.30	29.80	15	31.24	12
Junio	27.64	26.66	25	28.29	29
Julio	28.82	28.26	13	29.54	8
Agosto	29.30	28.89	26	29.84	1
Septiembre	29.52	29.52	8	29.52	8
Octubre	29.48	29.24	25	29.83	6
Noviembre	29.18	27.11	16	29.75	17
Diciembre	28.07	27.09	31	29.30	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.41	27.78	31	28.73	8
Febrero	28.33	27.92	7	28.76	27
Marzo	28.39	27.76	6	29.00	17
Abril	29.21	28.01	20	30.24	29
Mayo	29.95	28.57	25	30.81	11
Junio	29.52	29.48	3	29.57	25
Julio	29.82	28.75	5	30.58	21
Agosto	-	-	-	-	-
Septiembre	28.66	28.66	27	28.66	27
Octubre	29.82	28.99	30	30.78	6
Noviembre	29.62	29.15	30	29.93	20
Diciembre	28.26	27.12	31	29.42	3

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.30	27.58	25	29.18	13
Febrero	28.29	27.38	4	28.92	20
Marzo	28.25	27.55	12	28.81	17
Abril	29.05	28.41	2	30.30	24
Mayo	29.86	28.91	25	30.89	12
Junio	-	-	-	-	-
Julio	29.11	28.58	13	29.98	8
Agosto	29.38	28.96	18	29.87	22
Septiembre	-	-	-	-	-
Octubre	28.82	28.32	22	29.79	6
Noviembre	29.41	28.20	13	30.03	20
Diciembre	28.21	26.95	31	29.62	2

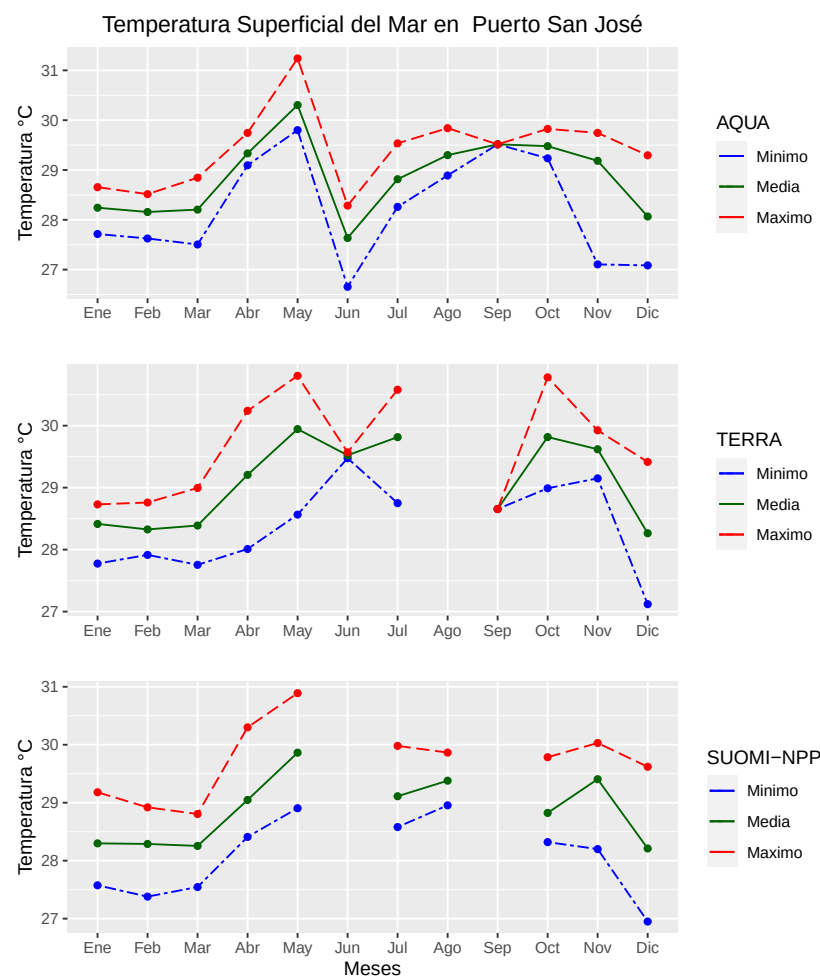


Figura 14.17: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Puerto San José, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.18: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Monterrico según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.14	27.54	16	28.64	4
Febrero	28.11	27.25	11	28.48	27
Marzo	28.34	27.64	2	29.23	23
Abril	29.95	29.79	24	30.17	26
Mayo	30.40	29.94	16	30.93	12
Junio	29.13	29.13	27	29.13	27
Julio	—	—	—	—	—
Agosto	29.47	29.34	26	29.61	5
Septiembre	29.32	29.30	29	29.33	1
Octubre	29.32	28.43	22	29.77	6
Noviembre	29.42	29.11	15	29.79	17
Diciembre	28.04	27.13	14	29.04	2

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.40	28.04	21	28.67	5
Febrero	28.37	28.02	1	29.04	25
Marzo	28.49	27.66	12	29.17	24
Abril	29.03	27.85	11	30.27	27
Mayo	27.91	27.91	15	27.91	15
Junio	—	—	—	—	—
Julio	29.92	29.78	9	30.15	21
Agosto	30.48	30.48	20	30.48	20
Septiembre	29.34	29.34	27	29.34	27
Octubre	29.91	29.25	30	30.45	6
Noviembre	29.64	29.43	11	29.96	1
Diciembre	28.24	27.18	31	29.44	2

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.30	27.36	27	29.30	5
Febrero	28.39	27.57	2	29.00	20
Marzo	28.42	27.73	12	29.37	20
Abril	28.88	27.99	8	30.28	27
Mayo	30.79	30.31	14	31.11	16
Junio	—	—	—	—	—
Julio	30.16	30.16	8	30.16	8
Agosto	29.20	28.74	26	29.54	18
Septiembre	29.22	29.22	29	29.22	29
Octubre	28.71	28.23	22	29.90	6
Noviembre	29.42	28.67	12	30.10	18
Diciembre	28.10	27.15	29	29.23	4

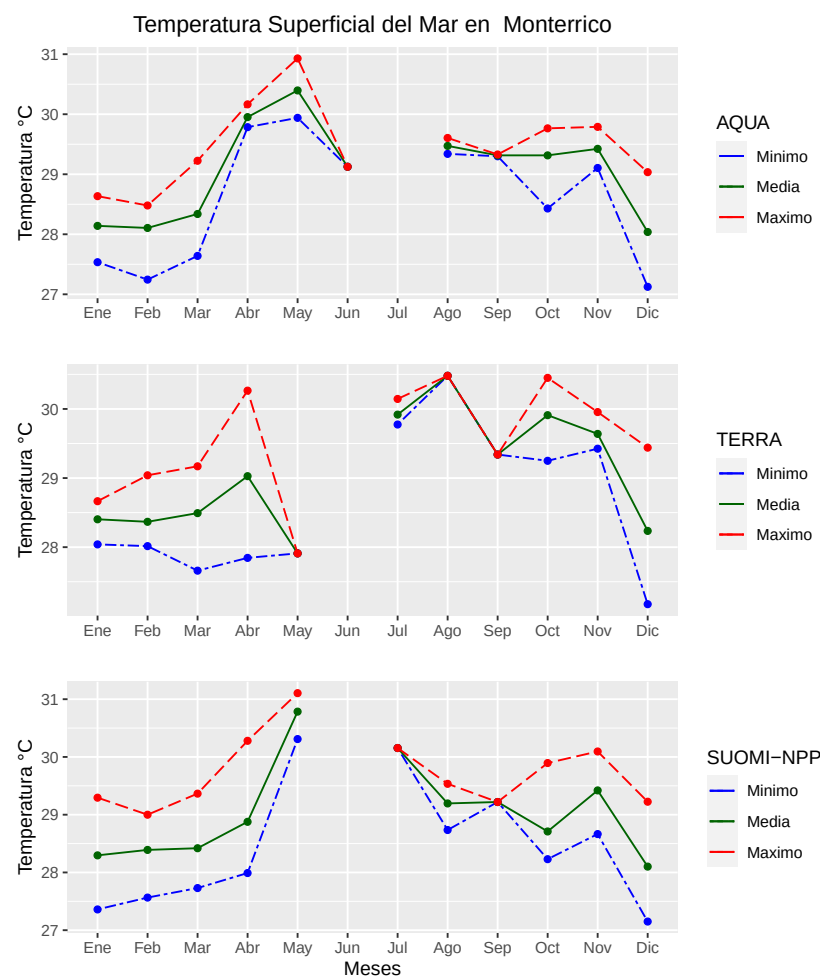


Figura 14.18: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Monterrico, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.19: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Las Lisas según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.19	27.50	18	28.80	5
Febrero	27.94	27.36	1	28.62	21
Marzo	28.51	28.00	30	29.09	21
Abril	29.92	29.49	17	30.10	21
Mayo	30.11	29.07	2	30.66	12
Junio	—	—	—	—	—
Julio	29.37	29.08	22	29.66	8
Agosto	29.34	28.97	26	29.70	1
Septiembre	29.10	29.10	29	29.10	29
Octubre	28.85	28.01	30	29.86	6
Noviembre	29.18	28.03	2	29.87	18
Diciembre	28.04	27.39	29	28.85	7

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.31	27.73	9	28.83	5
Febrero	28.03	27.47	3	28.41	20
Marzo	28.65	27.93	28	29.46	24
Abril	29.13	27.77	20	30.41	27
Mayo	30.08	29.78	15	30.57	14
Junio	28.84	28.84	25	28.84	25
Julio	29.26	28.60	25	29.93	21
Agosto	29.60	29.44	29	29.73	15
Septiembre	—	—	—	—	—
Octubre	29.18	28.70	28	30.12	6
Noviembre	29.33	28.62	23	29.93	18
Diciembre	28.09	26.93	31	29.05	7

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	28.20	27.05	27	29.44	4
Febrero	28.24	27.19	4	29.32	15
Marzo	28.62	27.88	12	29.72	25
Abril	29.39	28.59	7	30.67	24
Mayo	29.94	29.04	29	30.70	16
Junio	—	—	—	—	—
Julio	29.31	29.19	22	29.49	21
Agosto	28.88	28.31	20	29.30	22
Septiembre	28.33	28.33	1	28.33	1
Octubre	29.18	28.15	29	30.16	6
Noviembre	29.53	28.57	12	30.51	18
Diciembre	28.20	27.19	30	29.36	2

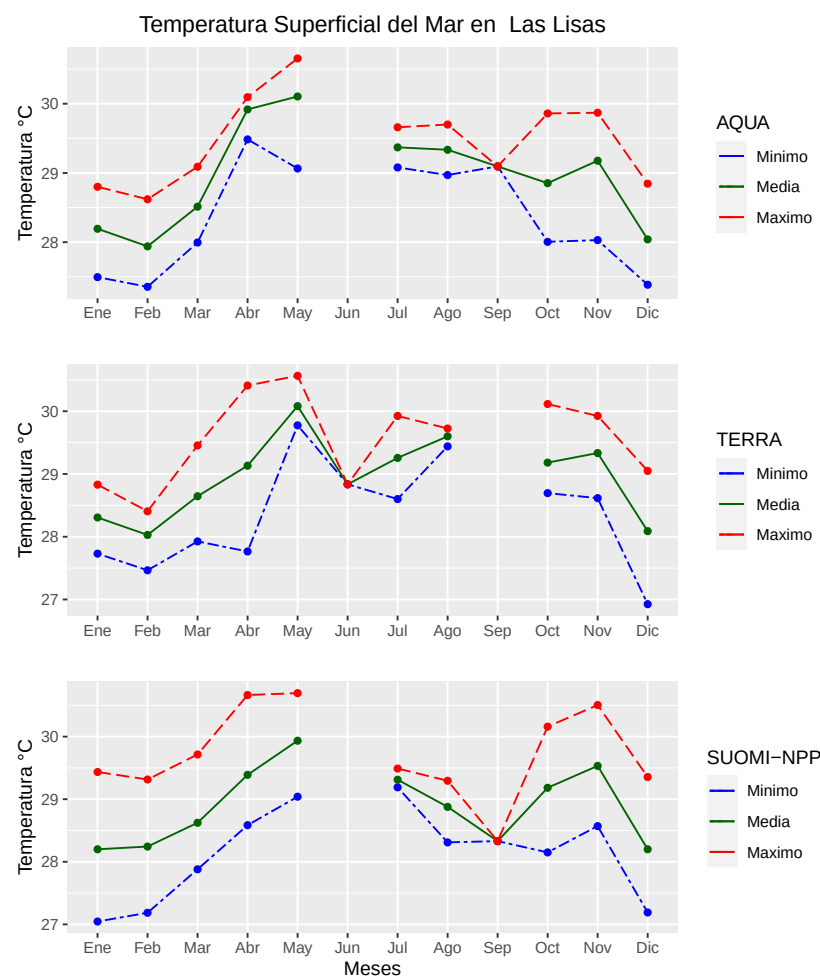


Figura 14.19: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Las Lisas, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.20: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Bahía de Amatique según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.45	25.32	31	27.70	2
Febrero	26.01	25.30	1	27.21	5
Marzo	27.62	25.53	5	28.85	11
Abril	29.56	29.27	26	29.86	19
Mayo	29.90	28.99	16	30.54	12
Junio	—	—	—	—	—
Julio	29.72	29.72	1	29.72	1
Agosto	28.87	28.87	23	28.87	23
Septiembre	—	—	—	—	—
Octubre	27.68	27.25	31	28.11	24
Noviembre	27.98	27.64	14	28.32	1
Diciembre	26.08	24.85	11	27.96	18

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.78	25.33	31	27.49	21
Febrero	26.84	25.35	17	27.61	4
Marzo	28.28	26.55	5	29.80	12
Abril	29.58	28.81	24	30.59	7
Mayo	30.37	29.63	3	30.70	13
Junio	29.93	29.38	25	30.41	28
Julio	29.62	29.52	25	29.73	5
Agosto	30.40	29.84	26	31.23	28
Septiembre	29.06	29.06	11	29.06	11
Octubre	—	—	—	—	—
Noviembre	27.85	26.42	25	29.23	1
Diciembre	26.91	25.20	11	28.37	16

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.64	25.39	31	27.74	2
Febrero	26.28	25.51	1	27.02	3
Marzo	27.70	25.95	5	28.81	11
Abril	28.74	27.85	1	29.54	19
Mayo	30.09	30.05	15	30.14	14
Junio	28.66	28.66	24	28.66	24
Julio	29.89	29.89	1	29.89	1
Agosto	—	—	—	—	—
Septiembre	—	—	—	—	—
Octubre	27.92	27.68	25	28.19	5
Noviembre	27.98	27.90	15	28.03	18
Diciembre	26.45	25.40	14	27.50	18

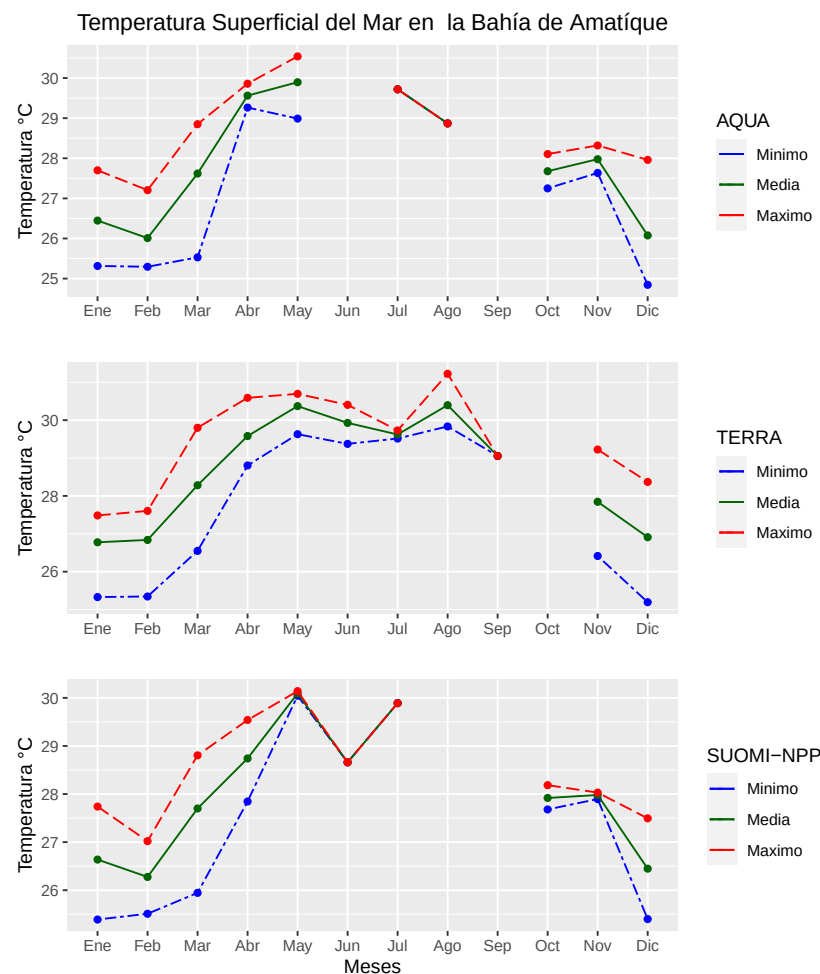


Figura 14.20: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Bahía de Amatique, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.21: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Punta de Manabique según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.65	25.39	19	28.11	1
Febrero	26.63	26.28	25	27.17	5
Marzo	27.47	26.47	27	28.03	11
Abril	28.46	28.10	25	28.88	19
Mayo	28.74	27.26	16	29.94	14
Junio	28.26	28.26	24	28.26	24
Julio	28.40	28.15	20	28.65	8
Agosto	28.99	28.73	24	29.25	23
Septiembre	-	-	-	-	-
Octubre	27.81	25.71	12	29.60	26
Noviembre	28.26	27.59	30	29.09	7
Diciembre	26.61	25.86	11	27.76	4

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.99	26.58	10	27.33	7
Febrero	26.76	26.07	17	27.50	25
Marzo	27.63	25.69	9	28.53	12
Abril	29.10	28.53	1	29.82	7
Mayo	29.78	29.34	6	30.13	15
Junio	28.91	28.00	11	29.69	29
Julio	28.83	28.58	29	29.08	5
Agosto	29.20	28.86	13	29.84	23
Septiembre	-	-	-	-	-
Octubre	28.82	28.71	6	29.00	29
Noviembre	28.55	26.90	24	29.24	8
Diciembre	27.31	26.19	14	28.17	16

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.67	25.26	19	27.90	1
Febrero	26.61	26.41	8	26.79	5
Marzo	27.40	26.63	6	28.05	17
Abril	28.15	26.00	5	29.24	19
Mayo	29.52	28.62	3	29.93	14
Junio	28.45	28.45	24	28.45	24
Julio	29.32	29.32	8	29.32	8
Agosto	28.96	28.77	24	29.16	23
Septiembre	29.00	28.72	27	29.29	30
Octubre	28.10	26.77	29	28.93	26
Noviembre	28.46	27.96	12	28.82	7
Diciembre	26.68	24.97	14	27.82	4

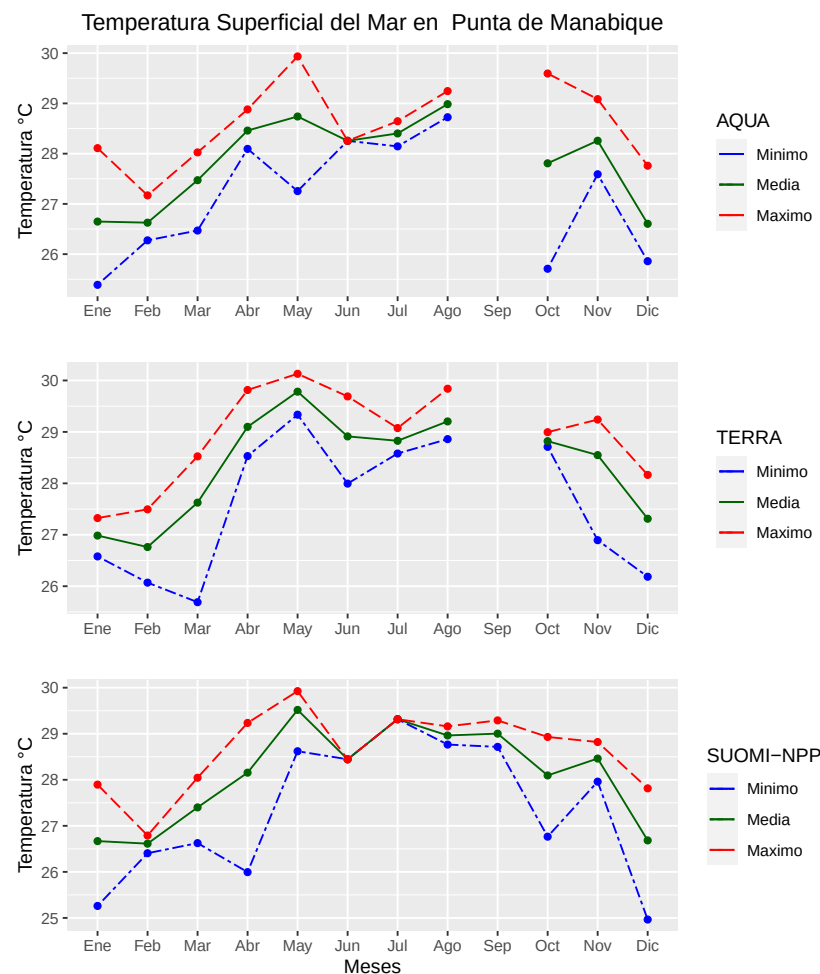


Figura 14.21: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Punta de Manabique, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.22: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para El Quetzalito según el registro nocturno.

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

AQUA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.54	25.08	15	27.88	1
Febrero	26.68	26.01	2	27.15	4
Marzo	27.20	26.10	27	27.87	24
Abril	28.61	28.35	25	28.88	21
Mayo	28.99	28.52	2	29.45	14
Junio	27.82	27.82	24	27.82	24
Julio	28.87	28.26	8	29.11	29
Agosto	28.61	27.69	27	29.29	23
Septiembre	27.68	27.68	27	27.68	27
Octubre	28.15	27.70	24	28.74	31
Noviembre	27.74	26.90	27	28.43	10
Diciembre	26.79	25.17	30	27.74	17

TERRA, SENSOR MODIS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.75	25.21	14	27.99	2
Febrero	27.04	26.18	17	27.55	3
Marzo	28.02	27.05	6	28.52	17
Abril	28.87	27.75	4	29.64	7
Mayo	29.24	27.75	16	30.15	10
Junio	29.16	28.71	25	29.65	12
Julio	30.06	30.06	27	30.06	27
Agosto	29.43	27.74	31	30.62	28
Septiembre	27.78	26.47	27	29.10	6
Octubre	28.80	28.80	30	28.80	30
Noviembre	28.65	27.97	20	29.19	8
Diciembre	27.13	24.79	12	28.47	16

SUOMI-NPP, SENSOR VIIRS					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
Enero	26.50	25.81	21	27.72	1
Febrero	26.42	25.81	18	27.09	3
Marzo	27.11	25.94	4	28.19	21
Abril	28.09	26.99	1	29.02	19
Mayo	29.36	28.62	16	30.17	17
Junio	-	-	-	-	-
Julio	29.13	29.13	1	29.13	1
Agosto	29.15	28.88	21	29.46	19
Septiembre	28.84	28.84	19	28.84	19
Octubre	27.95	26.74	24	28.61	27
Noviembre	28.03	27.25	26	28.45	17
Diciembre	26.98	25.55	29	28.02	24

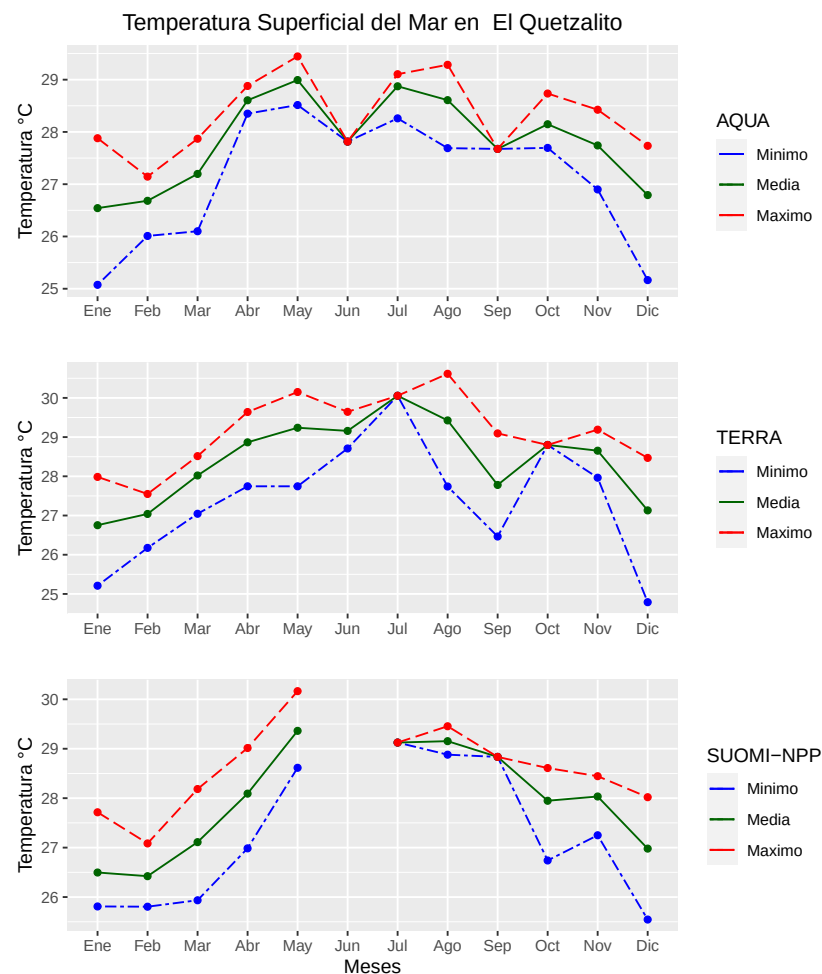


Figura 14.22: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en El Quetzalito, para la noche, utilizando los datos captados por los satelites AQUA (arriba), TERRA (medio) y SUOMI-NPP (abajo).

Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.23: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Ocós.
 Latitud: 14.525 N. Longitud: -92.225 E.

CRW					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.72	20.86	2	22.35	31
2	23.18	22.40	3	23.71	27
3	23.82	23.31	3	24.61	31
4	23.66	23.05	27	24.47	1
5	22.51	22.14	31	22.95	1
6	21.94	20.84	26	22.33	7
7	20.86	20.35	31	21.37	3
8	20.19	20.02	25	20.63	2
9	19.53	19.06	26	19.96	3
10	19.07	18.88	5	19.33	24
11	19.38	19.01	1	19.94	30
12	20.73	19.88	1	21.25	31

Cuadro 14.24: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Champerico.
 Latitud: 14.275 N. Longitud: -91.925 E.

CRW					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.59	20.58	4	22.54	31
2	23.27	22.45	1	23.78	27
3	24.12	23.52	3	24.92	30
4	24.51	23.66	30	25.01	9
5	23.44	23.01	31	23.78	2
6	22.20	21.29	29	22.99	1
7	20.91	20.35	31	21.39	5
8	20.29	20.03	25	20.67	3
9	19.69	19.16	29	20.01	12
10	19.28	18.99	11	19.63	28
11	19.63	19.33	4	19.97	30
12	20.77	19.74	1	21.53	30

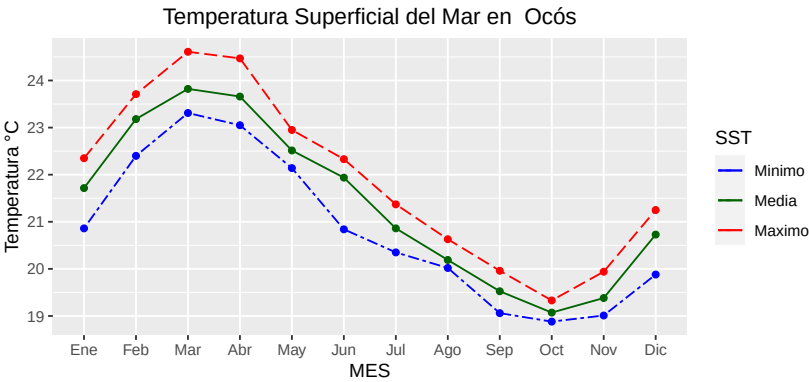


Figura 14.23: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Ocós, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

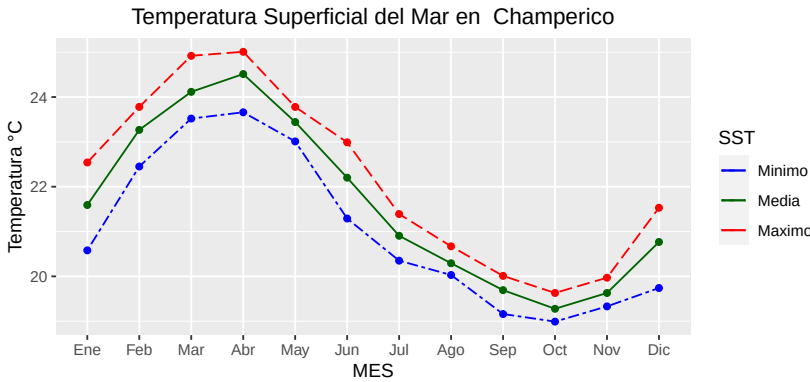


Figura 14.24: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Champerico, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.25: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}C$) para Tahuexco.
Latitud: 14.075 N. **Longitud:** -91.675 E.

CRW					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.54	20.65	1	22.62	31
2	23.33	22.51	2	23.86	27
3	24.32	23.60	5	24.98	20
4	24.60	23.79	28	25.23	12
5	23.50	23.09	27	23.83	1
6	22.28	21.45	28	22.98	1
7	20.95	20.49	30	21.64	1
8	20.22	19.96	25	20.65	3
9	19.68	19.18	29	20.15	11
10	19.39	19.12	2	19.71	25
11	19.64	19.26	4	19.92	30
12	20.75	19.69	1	21.53	30

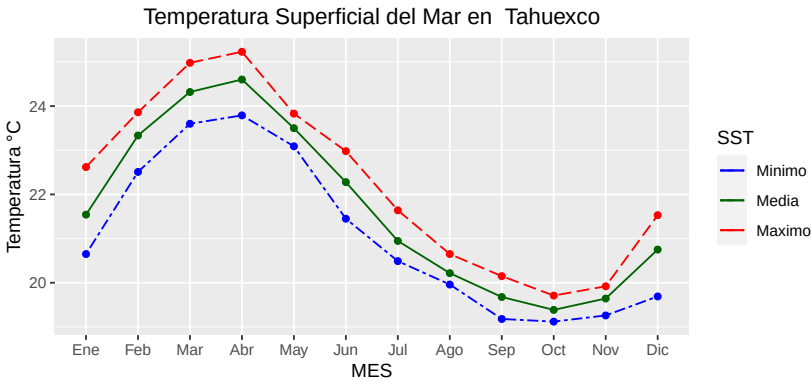


Figura 14.25: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Tahuexco, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.26: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}C$) para Tecojate.
Latitud: 13.975 N. **Longitud:** -91.375 E.

CRW					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.57	20.52	5	22.79	31
2	23.38	22.56	2	23.91	26
3	24.43	23.64	3	25.02	20
4	24.52	23.76	28	25.16	5
5	23.54	22.96	31	23.94	7
6	22.25	21.35	29	22.83	1
7	20.81	20.33	31	21.44	1
8	20.04	19.81	20	20.34	3
9	19.57	19.02	29	20.00	1
10	19.37	19.04	2	19.78	25
11	19.59	19.31	4	19.88	30
12	20.73	19.64	1	21.57	31

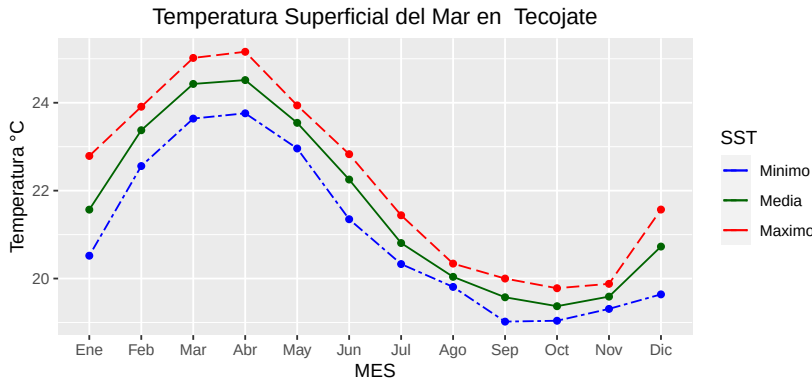


Figura 14.26: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Tecojate, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.27: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Sipacate.
Latitud: 13.875 N. **Longitud:** -91.175 E.

CRW					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.58	20.40	5	22.81	31
2	23.38	22.68	2	23.88	26
3	24.49	23.77	2	25.13	31
4	24.50	23.83	28	25.19	5
5	23.58	23.00	31	24.03	7
6	22.19	21.34	29	22.82	2
7	20.70	20.09	31	21.42	5
8	19.96	19.77	15	20.18	3
9	19.60	19.05	29	20.10	3
10	19.34	19.04	2	19.71	25
11	19.59	19.33	20	19.89	30
12	20.72	19.57	1	21.67	31

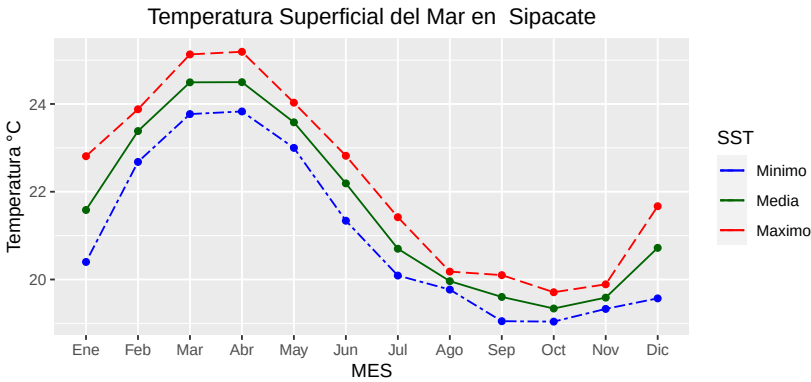


Figura 14.27: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Sipacate, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.28: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Puerto San José.
Latitud: 13.875 N. **Longitud:** -90.825 E.

CRW					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.58	20.35	5	22.79	31
2	23.28	22.65	2	23.84	26
3	24.50	23.90	5	24.97	29
4	24.33	23.89	30	24.89	4
5	23.47	22.85	30	23.96	6
6	22.04	21.07	30	22.75	1
7	20.54	20.11	25	21.13	5
8	19.94	19.71	15	20.22	2
9	19.62	19.23	29	20.08	3
10	19.26	19.02	4	19.53	28
11	19.56	19.30	1	19.86	28
12	20.72	19.47	1	21.66	31

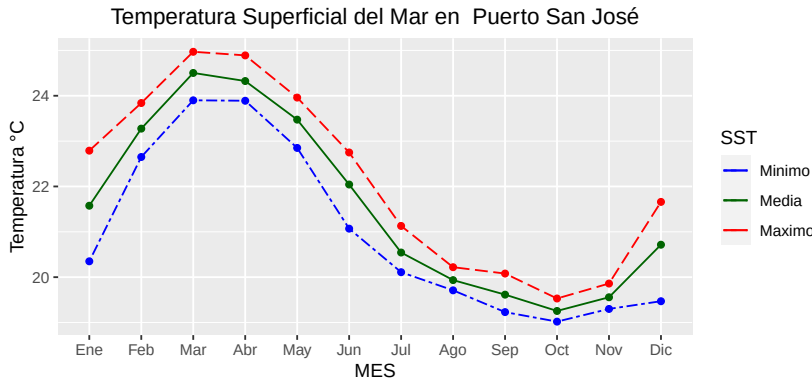


Figura 14.28: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Puerto San José, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.29: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Monterrico.
Latitud: 13.875 N. **Longitud:** -90.525 E.

CRW					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.57	20.36	5	22.56	31
2	23.28	22.48	1	24.16	27
3	24.54	24.07	2	24.86	29
4	24.25	23.96	30	24.70	2
5	23.39	22.68	31	23.97	7
6	21.95	21.05	28	22.78	2
7	20.57	20.03	31	21.04	2
8	19.88	19.68	10	20.15	3
9	19.58	19.31	22	20.00	11
10	19.25	19.06	2	19.42	22
11	19.47	19.14	1	19.76	28
12	20.67	19.46	1	21.62	30

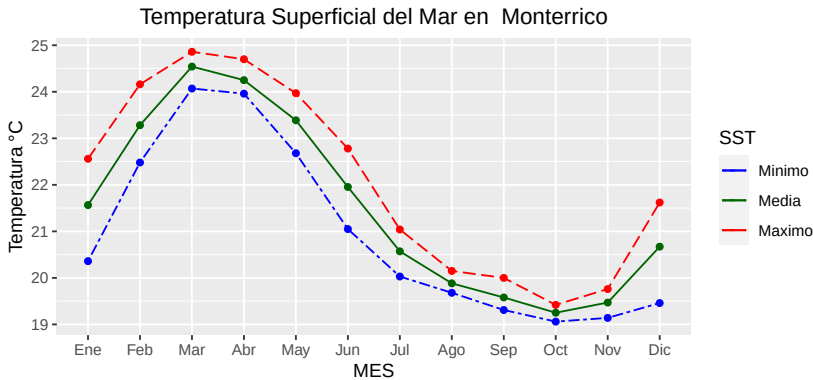


Figura 14.29: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Monterrico, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.30: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para Las Lisas.
Latitud: 13.775 N. **Longitud:** -90.275 E.

CRW					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.65	20.38	2	22.57	31
2	23.42	22.48	1	24.48	27
3	24.54	24.21	3	24.82	21
4	24.36	24.09	25	24.70	12
5	23.37	22.54	31	24.13	2
6	21.87	20.97	28	22.71	2
7	20.50	19.96	31	21.04	1
8	19.86	19.61	23	20.16	3
9	19.56	19.22	29	19.93	1
10	19.21	18.99	5	19.46	22
11	19.38	19.11	4	19.55	11
12	20.61	19.27	1	21.63	30

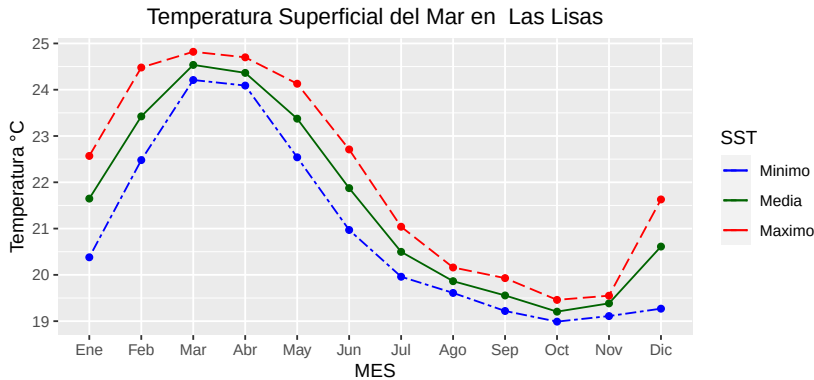


Figura 14.30: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Las Lisas, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.31: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}C$) para Bahía de Amatique.
Latitud: 15.825 N. **Longitud:** -88.67 E.

CRW					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.35	20.30	2	22.15	31
2	22.85	22.32	2	23.26	26
3	23.01	22.69	3	23.29	26
4	22.95	22.72	28	23.15	12
5	22.20	21.92	23	22.61	1
6	21.43	20.56	27	21.99	1
7	20.07	19.35	31	20.64	3
8	19.10	18.88	20	19.47	2
9	18.76	18.50	24	19.23	4
10	18.46	18.32	13	18.58	27
11	18.86	18.44	4	19.90	29
12	20.31	19.48	2	21.04	31

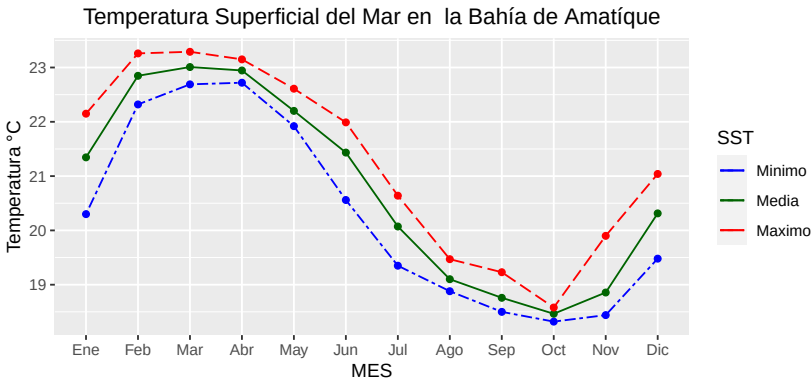


Figura 14.31: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Bahía de Amatique, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.32: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}C$) para Punta de Manabique.
Latitud: 15.975 N. **Longitud:** -88.575 E.

CRW					
MES	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.26	20.26	2	22.05	28
2	22.77	22.18	2	23.16	26
3	22.96	22.64	2	23.24	26
4	22.89	22.68	26	23.11	10
5	22.09	21.76	23	22.56	1
6	21.37	20.62	27	21.87	9
7	20.03	19.28	31	20.67	2
8	19.07	18.85	24	19.40	3
9	18.69	18.41	24	19.17	4
10	18.43	18.27	13	18.56	25
11	18.83	18.39	4	19.81	29
12	20.32	19.50	2	21.05	29

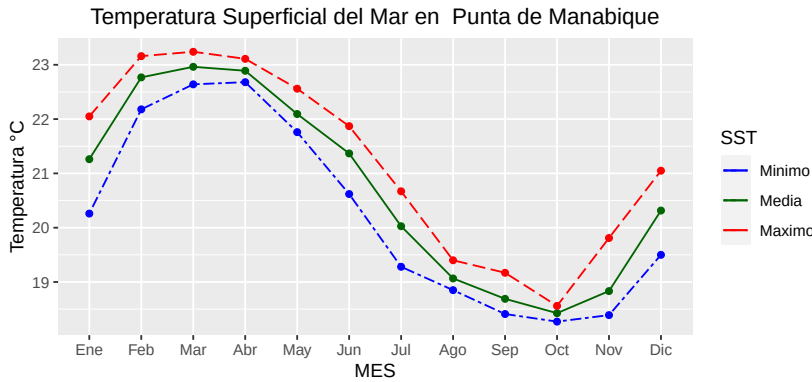


Figura 14.32: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en Punta de Manabique, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

Cuadro 14.33: Temperatura Superficial del Mar ($^{\circ}\text{C}$) para El Quetzalito.

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

MES	CRW				
	MEDIA	MÍNIMO	DÍA MÍNIMO	MÁXIMO	DÍA MÁXIMO
1	21.27	20.18	6	22.22	31
2	22.81	22.26	3	23.21	27
3	22.96	22.71	9	23.20	29
4	23.02	22.66	28	23.32	15
5	22.17	21.84	25	22.59	1
6	21.33	20.55	27	21.95	1
7	19.90	19.14	31	20.56	1
8	19.02	18.76	13	19.43	2
9	18.62	18.25	24	19.14	4
10	18.41	18.23	8	18.61	22
11	18.75	18.27	4	19.79	29
12	20.38	19.56	2	21.02	31

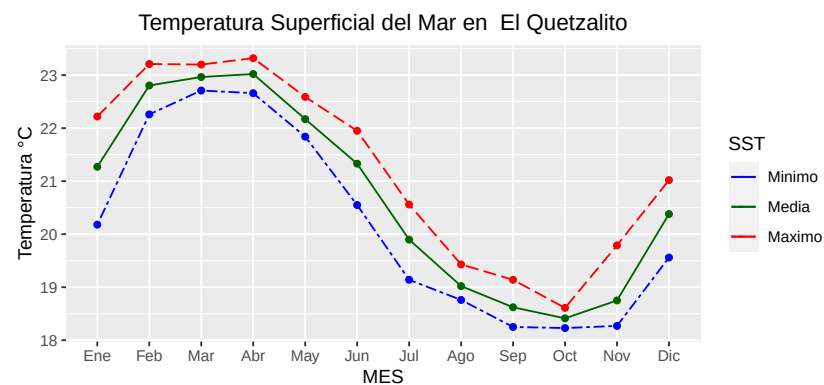


Figura 14.33: Tendencia de la Temperatura Superficial del Mar en El Quetzalito, utilizando los datos de reanálisis de CRW. Datos disponibles en: <https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/Oceanography/informeAnual2022/>

15. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar

15.1. Aspectos generales

El ENOS (El Niño-Oscilación del Sur), 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 - $12.4^{\circ}S$, $130.9^{\circ}E$) y Tahití ($17.5^{\circ}S$, $149.6^{\circ}O$). 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 como se puede observar en el Cuadro 15.1.

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

Niño 1+2	$(0^{\circ} - 10^{\circ}S, 90^{\circ} - 80^{\circ}W)$	Niño-3	$(5^{\circ}N - 5^{\circ}S, 150^{\circ} - 90^{\circ}W)$
Niño-3.4	$(5^{\circ}N - 5^{\circ}S, 170^{\circ} - 120^{\circ}W)$	Niño-4	$(5^{\circ}N - 5^{\circ}S, 160^{\circ}E - 150^{\circ}W)$

Debido a este acople de fenómenos, es que 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 Martinez & Amador Astúa, 1997). Además, se define el término “La Niña” como 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 conocido como “normal climática” y por recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), son periodos establecidos de 30 años variable que debe actualizarse cada 10 años.

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. Esta 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”. 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 2019 al 2022.
Fuente: Climate Prediction Center (NOAA, 2001a).

Año	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
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

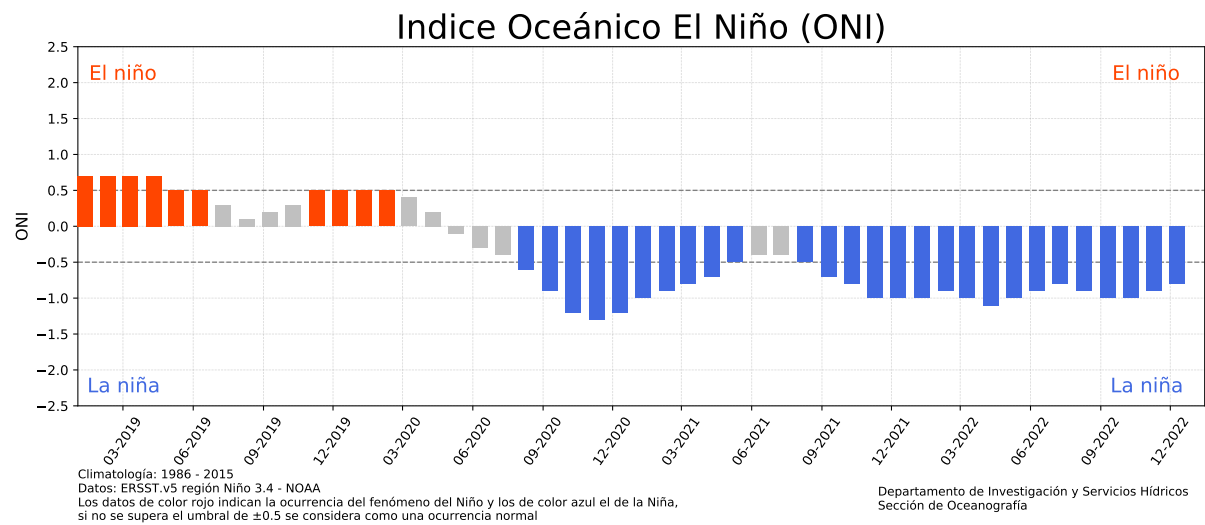


Figura 15.1: Valores del Índice Oceánico El Niño (ONI) desde el año 2019 hasta el 2022.

Referencias

- Alfaro Martinez, E. J., & Amador Astúa, J. A. (1997). Variabilidad y cambio climático en algunos parámetros sobre Costa Rica y su relación con fenómenos de escala sinóptica y planetaria.
- Aqua earth-observing satellite mission. (s.f.). <https://aqua.nasa.gov/>
- AquaStatus - aqua.nasa.gov. (s.f.). <https://aqua.nasa.gov/sites/default/files/AquaStatus.pdf>
- Arjona, F. J., Vargas-Chacoff, L., Ruiz-Jarabo, I., del Río, M. P. M., & Mancera, J. M. (2007). Osmoregulatory response of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) to changes in environmental salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 148(2), 413-421.
- Bailey, S. (s.f.-a). <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>
- Bailey, S. (s.f.-b). NASA OceanColor WEB, What We Do. <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/about/>
- Bailey, S. (2014). MODIS-Terra Ocean Color Reprocessing 2014.0. <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/reprocessing/r2014/terra/>
- Bailey, S. (2018). MODIS/Terra Ocean Color Reprocessing 2018.0. <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/reprocessing/r2018/terra/>
- Bear, R., Rintoul, D., Snyder, B., Caldas, M. S., Herren, C., & Horne, E. (s.f.). *Biogeochemical Cycles*. <http://cnx.org/contents/db89c8f8-a27c-4685-ad2a-19d11a2a7e2e@24.18>
- Beiley, S. (2022). MODIS/Aqua Ocean Color Reprocessing 2022.0. <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/reprocessing/r2022/aqua/>
- Benoit Thieurmél, A. E. (2022, 29 de septiembre). *Package suncalc*. Ver. 0.5.1.
- Caruana, A. M., & Amzil, Z. (2018). Chapter 13 - Microalgae and Toxins. En I. A. Levine & J. Fleurence (Eds.), *Microalgae in Health and Disease Prevention* (pp. 263-305). Academic Press. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811405-6.00013-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811405-6.00013-X)

- CoastWatch, N. (2018). National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Coastwatch Program: NOAA Coastwatch: Central Operations and Portal to Regional Nodes. https://coastwatch.noaa.gov/cw_html/cwViewer.html
- COP25, C. C. (2019). Océano y cambio climático: 50 preguntas y respuestas. *Santiago de Chile*.
- Earth Science Data Systems, N. (2016). Data Processing Levels. <https://www.earthdata.nasa.gov/engage/open-data-services-and-software/data-information-policy/data-levels>
- Flater, D., & Flater, T. (s.f.). XTide: Harmonic tide clock and tide predictor.
- Fore, A., Yueh, S., Tang, W., & Hayashi, A. (2019). SMAP Salinity and Wind Speed Data User's Guide.
- Frazier, S. (s.f.). MODIS Specifications. <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>
- Garrison, T. S. (2012). *Oceanography: an invitation to marine science*. Cengage Learning.
- GEBCO. (2020). GEBCO Overview. https://www.gebco.net/about_us/overview/
- GEBCO. (2022). Gebco_2022 Grid. https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_2022/
- Grattan, L. M., Holobaugh, S., & Morris, J. G. (2016). Harmful algal blooms and public health [Harmful Algal Blooms and Public Health]. *Harmful Algae*, 57, 2-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.05.003>
- Grego, P. (2005). *The Moon and How to Observe it*. Springer.
- Harris, A., Mittaz, J., Sapper, J., Wick, G., Zhu, X., Dash, P., & Koner, P. (2017). A New High-Resolution Sea Surface Temperature Blended Analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(5), 1015-1026. <https://doi.org/10.1175/bams-d-15-00002.1>
- Heron, S. F., Liu, G., Eakin, C. M. (Carlton Mark), Skirving, William J. (William John), Muller-Karger, F. E., Vega-Rodriguez, M., De La Cour, J. L., Burgess, T. F. R., Strong, Alan E. (Alan Earl), Geiger, E. F., Guild, L. S., & Lynds, Susan, (2014). Climatology development for NOAA Coral Reef Watch's 5-km product suite. <https://doi.org/10.7289/V59C6VBS>
- Iglesias, I., Lorenzo, M., Gómez-Gesteira, M., & Taboada, J. (2010). La temperatura superficial del mar como herramienta de predicción climática. *Environmental Physics Laboratory, Facultade de Ciencias. ACT*, 1, 95-108.
- IIEG. (2019). *GLOSARIO GPS/GNSS, Geodesia, Fotogrametría, Topografía, Cartografía y Catastro*. Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco.
- INEGI. (1986). *Glosario de Términos Marinos y Litorales*.

- Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) (2023): Sea level station monitoring facility. (2023). <https://doi.org/10.14284/482>
- IPCC. (s.f.). IPCC, Special Report: Global Warming of 1.5°C Glossary. <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/>
- Modis Components. (s.f.). <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/components.php>
- NASA. (s.f.). NASA Salinity: Overview. <https://salinity.oceansciences.org/overview.htm>
- NOAA. (2001a). NOAA's Climate Prediction Center. https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- NOAA. (2001b). Who We Are/Climate Prediction Center. https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/information/who_we_are/index.shtml
- NOAA. (2022). The Seasons (Equinoxes and Solstices). https://www.weather.gov/dvn/Climate_Astronomical_Seasons
- NOAA. (2023). The seasons (equinoxes and solstices) page. https://www.weather.gov/dvn/Climate_Astronomical_Seasons
- NOAA Coastwatch Program. (s.f.). <https://coastwatch.noaa.gov/cwn/about/noaa-coastwatch-program.html>
- Parker, B. B. (2007). Tidal analysis and prediction.
- Perillo, G. M. E., & Piccolo, M. C. (2017). Cursos de marea. El sistema circulatorio de los humedales costeros.
- R Core Team. (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rani, M., Masroor, M., & Kumar, P. (2021). Remote sensing of Ocean and coastal environment—overview. *Remote Sensing of Ocean and Coastal Environments*, 1-15.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española (23.^a ed.). (2022).
- Savitri, K. P., Hecker, C., van der Meer, F. D., & Sidik, R. P. (2021). VNIR-SWIR infrared (imaging) spectroscopy for geothermal exploration: Current status and future directions. *Geothermics*, 96, 102178. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2021.102178>
- Shaxson, F., & Barber, R. (2005). Glosario de términos sobre humedad del suelo. En *Optimización de la Humedad del Suelo para la producción vegetal: El Significado de la porosidad del suelo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- SMOS Overview - Mission Background. (s.f.). <https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos/description>
- SOHA. (1992). *Glosario de Marea y Corrientes*. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.

- Stanford-Solar-Center. (2022). Solstice and Equinox (Suntrack) Season Model. <http://solar-center.stanford.edu/AO/Sun-Track-Model.pdf>
- Stewart, R. H. (2008). *Introduction to physical oceanography*. Robert H. Stewart.
- Suomi NPP (National Polar-orbiting Partnership). (s.f.). <https://www.eoportal.org/satellite-missions/suomi-npp#suomi-npp-national-polar-orbiting-partnership-mission>
- Sverdrup, K. A., & Kudela, R. (2019). *Investigating oceanography*.
- Thome, K. (s.f.). About Terra. <https://terra.nasa.gov/about>
- Trenberth, K. E., & Stepaniak, D. P. (2001). Indices of el Niño evolution. *Journal of climate*, 14(8), 1697-1701.
- Update: Terra Data and imagery outage starting 10 October 2022 - Global Imagery Browse Services (GIBS) - earthdata wiki. (s.f.). <https://wiki.earthdata.nasa.gov/display/GIBS/2022/09/22/UPDATE%5C%3A+Terra+data+and+imagery+outage+starting+10+October+2022;>
- VIIRS Overview. (s.f.). <https://lpdaac.usgs.gov/data/get-started-data/collection-overview/missions/s-npp-nasa-viirs-overview/>
- VIIRS-SNPP Ocean Color Reprocessing 2022.0. (2022). <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/reprocessing/r2022/snpp/>
- Walsham, P., Aminot, A., Rey, F., Andreasson, K., Borges, C., Smith, K., Parmentier, K., Crum, S., Creach, V., & Latasa, M. (2022). Determination of chlorophyll in seawater.
- Watch, N. C. R. (s.f.). Methodology, Product Description, and Data Availability of CRW. <https://coralreefwatch.noaa.gov/product/5km/methodology.php>
- 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., Tang, D., Wang, S., Lian, J., & Wang, Y. (2007). Changes of water temperature and harmful algal bloom in the Daya Bay in the northern South China Sea.

ISBN: 978-9929-8335-0-0



INSIVUMEH

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

- Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda -

7 Av. 14-57 Zona 13, Ciudad de Guatemala - Código postal 01013

PBX: 2310-5000 | Email: info@insivumeh.gob.gt