



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Caracterización oceanográfica aledaña a la Bahía de Ayangue, Santa Elena. Repoblación de ostras de roca (*Striostrea prismatica*) para el cultivo controlado.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera Oceanográfica

Presentado por:

Karen Elizabeth Galarza Tituana

Yomaira Yuliana Mera Romero

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado en primer lugar a Dios por brindarme salud e inteligencia, a mis padres Roque y María, mis hermanos Adriana, Doménica, Daniel y David que siempre me han apoyado constantemente a lo largo de estos años en mi carrera profesional, dándome amor, apoyo y fuerza para cumplir mis objetivos.

También va dirigido en memoria de mi bisabuela Angela Zambrano. A mí, por la valentía que he tenido venciendo cada obstáculo de mi vida con firmeza y dedicación.

Yomaira Mera Romero

Dedicado a mi padre celestial que jamás me ha abandonado, a mis padres Freddy y Amelia, mis hermanos Jenniffer, Jesael y mi sobrina Danna que siempre me han brindado su apoyo incondicional.

A José, que ha sido un gran compañero y ha estado dándome ánimos en todo momento.

Karen Galarza Tituana

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, mis hermanos, mis abuelos maternos por sus consejos, apoyo económico y moral durante mi carrera universitaria.

A mi gran dupla José, sus padres y su hermana por el apoyo en la sustentación final y la parte práctica de este proyecto. A mis amigas Yomaira M, Nicole M y Ma. José G.

A mi tutor Dr. Franklin Ormaza por ser un gran mentor y ser humano y al M. Sc Jonathan Cedeño por su asesoría académica.

A nuestros colaboradores en CENAIM, M. Sc Daniel Rodríguez, M. Sc Divar Castro y personal de la institución.

Karen Galarza Tituana

Agradezco a Dios, a mis padres, hermanos y amigos como Rafael G que ha sido de gran apoyo, también a Karen G, Romina E, Daniel M, J. De La Cruz, María José G, Ruth M, Eduardo P, Stephanie S, que han sido parte fundamental en mi crecimiento profesional. Y a todas las personas que siempre me dieron una palabra de aliento para continuar.

A mi tutor Dr. Franklin Ormaza por su confianza y apoyo con sus conocimientos. Al M. Sc Daniel Rodríguez, M. Sc Jonathan Cedeño, M. Sc Divar Castro y al equipo de CENAIM que me brindaron ayuda para realizar este proyecto.

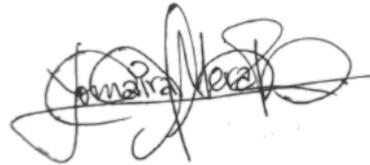
Yomaira Mera Romero

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Karen Elizabeth Galarza Tituana y Yomaira Yuliana Mera Romero* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Galarza Tituana Karen Elizabeth



Mera Romero Yomaira Yuliana

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**FRANKLIN ISAAC
ORMAZA GONZALEZ**

m.Sc Luis Altamirano
PROFESOR DE LA MATERIA

Franklin Ormaza González, PhD
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La ostra de roca, *Striostrea prismatica*, es un molusco bivalvo que se alimenta de microalgas y detritos suspendidos en el agua, filtrando impurezas; además sirve de fuente alimenticia con un alto valor nutritivo para la dieta del ser humano. Ayangue es una comuna ubicada en la costa ecuatoriana, representa un importante recurso en el turismo y además se realizan actividades pesqueras como la captura de *S. prismatica*.

Este proyecto tiene como objetivo determinar la caracterización oceanográfica de la bahía de Ayangue, mediante la recopilación bibliográfica y datos in situ para identificar las condiciones de los bancos naturales para la repoblación de ostra de roca. Es por esto, que se realizaron dos salidas de campo, una en fase lunar sicigia (24/06/2021), y otra en cuadratura (1/07/2021), dónde se recolectaron muestras de clorofila, nutrientes, entre otras y también se realizó la determinación de las corrientes costa afuera.

Los resultados obtenidos en los laboratorios mostraron que existe una correlación de las variables temperatura, clorofila A y nutrientes. Con respecto a la temperatura los valores fueron 24-25°C, para clorofila a nivel superficial 4.09 mg m⁻³ y a nivel subsuperficial 7.63 mg m⁻³; nutrientes como fosfato se evidenció a nivel superficial 1.23 μM, a nivel subsuperficial 1.2 μM, para el procesamiento de datos satelitales se utilizó RStudio, para los datos de CTD, se utilizó Matlab, Qgis, ODV. Por lo tanto, con los resultados obtenidos se puede concluir que Ayangue es una zona que posee condiciones oceanográficas aceptables para la repoblación de *S. prismatica*.

Palabras clave: ostra de roca, repoblación, clorofila, Ayangue, detritos.

ABSTRACT

The rock oyster, *Striostrea prismatica*, is a bivalve mollusk that feeds on microalgae and detritus suspended in the water, filtering impurities; it also serves as a food source with a high nutritional value for the human diet. Ayangue is a commune located on the Ecuadorian coast, it represents an important resource for tourism and fishing activities such as the capture of *S. prismatica*.

The objective of this project is to determine the oceanographic characterization of Ayangue Bay, through bibliographic compilation and in situ data to identify the conditions of the natural banks for the repopulation of rock oysters. For this reason, two field trips were carried out, one in spring tides (24/06/2021), and the other in square tides (1/07/2021), where samples of chlorophyll, nutrients, among others, were collected and the determination of offshore currents was also carried out.

The results obtained in the laboratories showed that there is a correlation between the variables temperature, chlorophyll A and nutrients. With respect to temperature the values were 24-25°C, for chlorophyll at surface level 4.09 mg m⁻³ and at subsurface level 7.63 mg m⁻³; nutrients such as phosphate was evidenced at surface level 1.23 μM , at subsurface level 1.2 μM, for satellite data processing RStudio was used, for CTD data, Matlab, Qgis, ODV were used. Therefore, with the results obtained it can be concluded that Ayangue is an area that has acceptable oceanographic conditions for the repopulation of *S. prismatica*.

Key words: oyster, restocking, chlorophyll, Ayangue, detritus.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	5
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
ABREVIATURAS.....	IX
SIMBOLOGÍA.....	X
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Marco Teórico	3
1.4.1 Características Físicas	3
1.4.2 Características climatológicas.....	6
1.4.3 Características químicas-biológicas.....	7
1.4.4 Ostra de roca.....	8
CAPÍTULO 2	10
2. Metodología.....	10
2.1 Descripción del área de estudio	10

2.2	Metodología	11
2.3	Materiales y Métodos.....	12
2.4	Etapas del proyecto	12
2.4.1	Etapa 1: Trabajo de campo.....	12
2.4.2	Etapa 2: Análisis de muestras en laboratorio	13
2.4.3	Etapa 3: Análisis estadístico	15
CAPÍTULO 3		20
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	20
3.1	Resultados	20
3.1.1	Perfiles.....	20
3.1.2	Climatologías.....	24
3.1.3	Corrientes Costa afuera	25
3.1.4	Nutrientes Inorgánicos Disueltos	28
3.1.5	Sólidos suspendidos totales.....	31
3.1.6	Materia orgánica particulada.....	32
3.1.7	Clorofila A.....	33
3.1.8	Mapas.....	34
3.2	Análisis de resultados.....	36
CAPÍTULO 4		38
4.1	Conclusiones.....	38
4.2	Recomendaciones	41
BIBLIOGRAFÍA		43
APÉNDICE		47
APÉNDICE A: Trabajo de Campo.....		47
APÉNDICE B: Base de datos		49

APÉNDICE C: Resultados de R Studio	55
APÉNDICE D: Códigos	62
APÉNDICE E: Resultados laboratorio	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1.1: Mareas anuales predichas para la estación Monteverde.....	4
Ilustración 2.1: Área de estudio. Fuente: Elaboración propia.	10
Ilustración 2.2: Diseño de la metodología. Fuente: Elaboración propia.	11
Ilustración 2.3: Descarga de data. Fuente: (NASA, 2000-2015)	16
Ilustración 2.4: Asociar variables de los archivos con las del programa ODV.	18
Ilustración 2.5: Elección de variables para diagrama TS en ODV.....	19
Ilustración 3.1: Corrientes Costa afuera-Sicigia, estación Ayangue. Fuente: Elaboración propia.....	25
Ilustración 3.2: Corrientes Costa afuera-Sicigia, estación Macrobio. Fuente: Elaboración propia.....	26
Ilustración 3.3: Corrientes Costa afuera-Cuadratura, estación Ayangue. Fuente: Elaboración propia.	26
Ilustración 3.4: Corrientes Costa afuera-Cuadratura, estación Macrobio. Fuente: Elaboración propia.	27
Ilustración 3.5: Mapa de clorofila A para época húmeda, Santa Elena. Fuente: Elaboración propia.	34
Ilustración 3.6: Mapa de clorofila A para época seca, Santa Elena. Fuente: Elaboración propia.....	35
Ilustración A-1: Obtención de muestras de agua con la botella Niskin. Fuente: Las Autoras.	47
Ilustración A-2: Obtención de datos con el CTD. Fuente: Las Autoras.	47
Ilustración A-3: Registro de datos con el multiparámetro. Fuente: Las Autoras.	47
Ilustración A-4: Determinación de corrientes. Fuente: Las autoras.....	47
Ilustración A-5: Filtración de muestras para clorofila y TSS. Fuente: Las autoras.....	48
Ilustración A-6: Veletas superficiales y subsuperficiales. Fuente: Las autoras.	48
Ilustración A-7: Conteo y reconocimiento general de fitoplancton. Fuente: Las autoras.	48
Ilustración A-8: Análisis de Nitrato en la columna de cadmio. Fuente: Las autoras. ..	48
Ilustración B-1: Altura de Ola, mareas. Fuente: INOCAR.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Características generales de la ostra. Fuente: (Gonzabay , 2014).....	9
Tabla 2.1: Parámetros y equipos en la salida de campo Fuente: Elaboración propia	12
Tabla B-1: Veleta verde – Ayangue. Fuente: Elaboración propia	50
Tabla B-2: Veleta roja con negra – Ayangue. Fuente: Elaboración propia	50
Tabla B-3: Veleta roja – Ayangue. Fuente: Elaboración propia	51
Tabla B-4: Veleta verde – Macrobio. Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla B-5: Veleta roja con negra – Macrobio. Fuente: Elaboración propia.....	51
Tabla B-6: Veleta roja – Macrobio. Fuente: Elaboración propia.....	52
Tabla B-7: Veleta verde- Ayangue. Fuente: Elaboración propia	52
Tabla B-8: Veleta roja con negro- Ayangue. Fuente: Elaboración propia	52
Tabla B-9: Veleta roja- Ayangue. Fuente: Elaboración propia	53
Tabla B-10: Veleta verde – Macrobio. Fuente: Elaboración propia.....	53
Tabla B-11: Veleta roja con negro- Macrobio. Fuente: Elaboración propia	53
Tabla B-12: Veleta roja – Macrobio. Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla E-1 Datos de laboratorio, fase sicigia (24/06/2021). Fuente: Elaboración propia.	64
Tabla E-2 Datos laboratorio, fase cuadratura (01/07/2021). Fuente: Elaboración propia.	64
Tabla E-3: Datos laboratorio en sicigia de nitrito. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla E-4: Datos en cuadratura de nitrito. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla E-5: Datos en sicigia de nitrito. Fuente: Elaboración propia.....	65
Tabla E-6: Datos en cuadratura de nitrito. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla E-7: Datos en sicigia de clorofila a. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla E-8: Datos en cuadratura de clorofila a. Fuente: Elaboración propia.....	66
Tabla E-9: Datos en sicigia de TSS. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla E-10: Datos en cuadratura de TSS. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla E-11: Datos en sicigia de POM. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla E-12: Datos en cuadratura de POM. Fuente: Elaboración propia.	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 3.1: Perfil de salinidad, E1 Ayangue. Fuente: Elaboración propia.....	20
Gráfica 3.2: Perfil de Salinidad, E2 Macrobio. Fuente: Elaboración propia.	20
Gráfica 3.3: Perfil de Temperatura, E1 Ayangue. Fuente: Elaboración propia.	21
Gráfica 3.4: Perfil de Temperatura, E2 Macrobio. Fuente: Elaboración propia.....	21
Gráfica 3.5: Diagrama TS, E1 Ayangue, sicigia. Fuente: Elaboración propia.....	22
Gráfica 3.6: Diagrama TS, E1 Ayangue, cuadratura. Fuente: Elaboración propia.....	22
Gráfica 3.7: Diagrama TS, E2 Macrobio, cuadratura. Fuente: Elaboración propia.	23
Gráfica 3.8: Diagrama TS, E2 Macrobio, sicigia. Fuente: Elaboración propia.	23
Gráfica 3.9: Climatología-salinidad, Ayangue-Macrobio. Temporalidad 1980-2015. Fuente: Elaboración propia.	24
Gráfica 3.10: Climatología de temperatura - estaciones Ayangue-Macrobio (1985 a 2020). Fuente: Elaboración propia.....	24
Gráfica 3.12: Concentración-fosfato, E2 Macrobio. Fuente: Elaboración propia.	28
Gráfica 3.11: Concentración-fosfato, E1 Ayangue. Fuente: Elaboración propia.....	28
Gráfica 3.14: Nitrito, E2 Macrobio. Fuente: Elaboración propia.	29
Gráfica 3.13: Nitrito, E1 Ayangue. Fuente: Elaboración propia.....	29
Gráfica 3.16: Concentración-Nitrato, E2 Macrobio. Fuente: Elaboración propia.	30
Gráfica 3.15: Concentración-Nitrato, E1 Ayangue. Fuente: Elaboración propia.....	30
Gráfica 3.18: Concentración de sólidos suspendidos, E2 Macrobio. Fuente: Elaboración propia.....	31
Gráfica 3.17: Concentración de sólidos suspendidos, E1 Ayangue. Fuente: Elaboración propia.....	31
Gráfica 3.20: Materia orgánica-particulada, Macrobio. Fuente: Elaboración propia. ..	32
Gráfica 3.19: Materia orgánica-particulada, Ayangue. Fuente: Elaboración propia....	32
Gráfica 3.22: Clorofila A, Macrobio. Fuente: Elaboración propia.	33
Gráfica 3.21: Clorofila A, Macrobio. Fuente: Elaboración propia.	33

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

FIMCM Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

GIS Sistema de Información Geográfico

INOCAR Instituto Oceanográfico de la Armada

MATLAB Matrix Laboratory

NOAA Administración Nacional del Océano y la Atmósfera

CENAIM Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

CTD Conductivity Temperature Depth

ODV Ocean Data View

R Studio Lenguaje de programación

TSS Sólidos suspendidos totales

TSM Temperatura superficial del mar

HCL Ácido clorhídrico

pH Potencial de Hidrógeno

ZCIT Zona de Convergencia Intertropical

NetCDF Network Common Data Form

MODIS Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

AQUA Water surface

ATS (Aguas Tropicales Superficiales)

AESS (Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales)

ACP (Aguas Costeras Peruanas)

SIMBOLOGÍA

g gramo

kg kilogramo

° grado

km kilómetro

m metro

mm milímetro

μM concentración molar

nm nanómetro

l litro

ml mililitro

mg dm^3 miligramos por decímetro

mg cm^3 miligramos por centímetro

g l^{-1} gramos por litro

m.s^{-1} metros por segundo

°C grados Celsius

mg l^{-1} miligramos por litro

mg m^{-3} miligramos por metro cúbico

ups unidades prácticas de salinidad

kg m^{-3} kilogramos por metro cúbico

hpa hectopascales

M molar

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La ostra de roca, *Striostrea prismatica*, es un molusco de tipo bivalvo que se encuentra generalmente en la zona intermareal con fondos rocosos o en los sustratos submareales de poca profundidad, está distribuida desde el sur de la costa de California en México hasta Perú, de acuerdo con el Registro Mundial de Especies Marinas (WoRMS, 2015) pertenece a la familia *Ostreidae*. Esta, especie es importante porque filtra las impurezas del agua y es una fuente alimenticia alrededor del mundo que ayuda en la economía de pescadores artesanales de comunidades costeras. (Melchor et al., 2002)

Ecuador cuenta con una alta productividad de especies marinas, entre ellas la ostra de roca, donde su mayor reproducción se daba en la bahía de Ayangue, provincia de Santa Elena, pero varios factores ambientales han producido un descenso poblacional de la especie, lo que ha ocasionado la extracción de ostras de poco tamaño, la contaminación, sobrepesca y cambio climático han alterado la estructura genética y el desarrollo de la especie afectando a esta actividad económica artesanal de los pescadores de la zona (Aréchiga, 2018).

Por todo lo ya mencionado, se desea plantear un plan piloto que propone determinar la caracterización de las variables oceanográficas en la bahía de Ayangue, el mismo estudio que será utilizado para analizar el lugar óptimo para la repoblación de ostras de roca. Esta investigación es un trabajo en conjunto donde se relaciona la oceanografía física y química. Este proyecto identifica el área más adecuada para la implementación del cultivo de esta especie, cumpliendo las necesidades del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), mediante la aplicación de metodología “Design Thinking”.

1.1 Descripción del problema

El grupo de investigadores perteneciente a Nature Conservancy expone que el 85 % de los arrecifes de ostras, a nivel mundial, han desaparecido. Más del 75% de las ostras restantes en el mundo provienen de cinco regiones de América del Norte. A pesar de que en nuestro país existen regulaciones para racionalizar la captura de algunas especies como el cangrejo (*Uccidis occidentales*), la concha (*Anadara tuberculosa*), el Spondylus (*Spondylus crassisquama*), entre otros, hasta la fecha no se ha implementado una regulación para la captura de la ostra en las costas del mar ecuatoriano (Robles et al., 2020).

El recurso ostra se encuentra en una complicada situación en la zona intermareal y submareal de Ayangue, el número de individuos que se observa en cada desembarque reflejan una mínima población, tallas pequeñas y medianas, las cuales son motivo de gran preocupación para los pescadores artesanales, y esto ha causado la disminución de los bancos naturales ostrícolas, es por ello por lo que se ha transformado en una problemática para la zona (Gonzabay, 2014).

Este proyecto tiene como objetivo identificar las variables oceanográficas que influyen en la reproducción y desove de la especie o *S. prismatica* dónde se presentará varios escenarios que comprenden la repoblación de bancos naturales en los enrocados intermareales de la Bahía de Ayangue y el cultivo de bancos ostrícolas ya existentes en sustratos intermareales para analizar su viabilidad y establecer posibles nuevas regulaciones a corto plazo sobre la captura de ostras nativas.

1.2 Justificación del problema

El Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), tiene misión en promover el manejo sustentable de la biodiversidad marina en El Ecuador por medio de la investigación científica, creando vínculos entre el Estado, el Sector Productivo y la Comunidad Académica. Por ello, esta entidad solicita a ESPOL realizar el presente proyecto, el cual se centra en encontrar una zona óptima para la repoblación de ostras nativa mediante el análisis de ciertas variables oceanográficas importantes para la investigación.

Este proyecto será constituido de 3 fases que corresponde a la recolección de datos in situ en la zona de estudio, el análisis de las muestras en laboratorio, análisis estadístico y de resultados, además será complementado con la recopilación de información bibliográfica para determinar la oceanografía de la Bahía de Ayangue. Se busca, el compromiso de todas las personas que conforman el equipo de trabajo para llevar a cabo de manera sistemática y colaborativa las acciones a realizar y lograr los objetivos que se propongan, por medio de la aplicación de conocimientos adquiridos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la caracterización oceanográfica de la Bahía de Ayangue, mediante la recopilación bibliográfica y datos in situ identificando las condiciones de los bancos naturales para la repoblación de ostra de roca.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Establecer las condiciones físicas y químicas de la zona de estudio.
- Analizar otras zonas aptas para el cultivo controlado de ostras de roca en Santa Elena.
- Promover la pesca sostenible de ostra de roca y el turismo para proporcionar una identidad a la comuna.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Características Físicas

1.4.1.1 Mareas

Las mareas son aquellas oscilaciones que ocurren de manera continua en el nivel del agua, la pronunciación más alta, se denomina marea alta o pleamar, en cambio, la más baja se la llama marea baja o bajamar. No obstante, las mareas no son las mismas en todo el globo terráqueo, varía con respecto a la ubicación geográfica; en el Ecuador el

tipo de marea es semidiurna, con dos ciclos de marea, menores a 2 m y sus playas son de tipo micro mareal.

Es importante mencionar que existen niveles de referencia para realizar estas mediciones de rangos de mareas, el más utilizado en construcciones costeras es el MLWS usado como referencia en las cartas náuticas del INOCAR (De Castro et al.,2005).

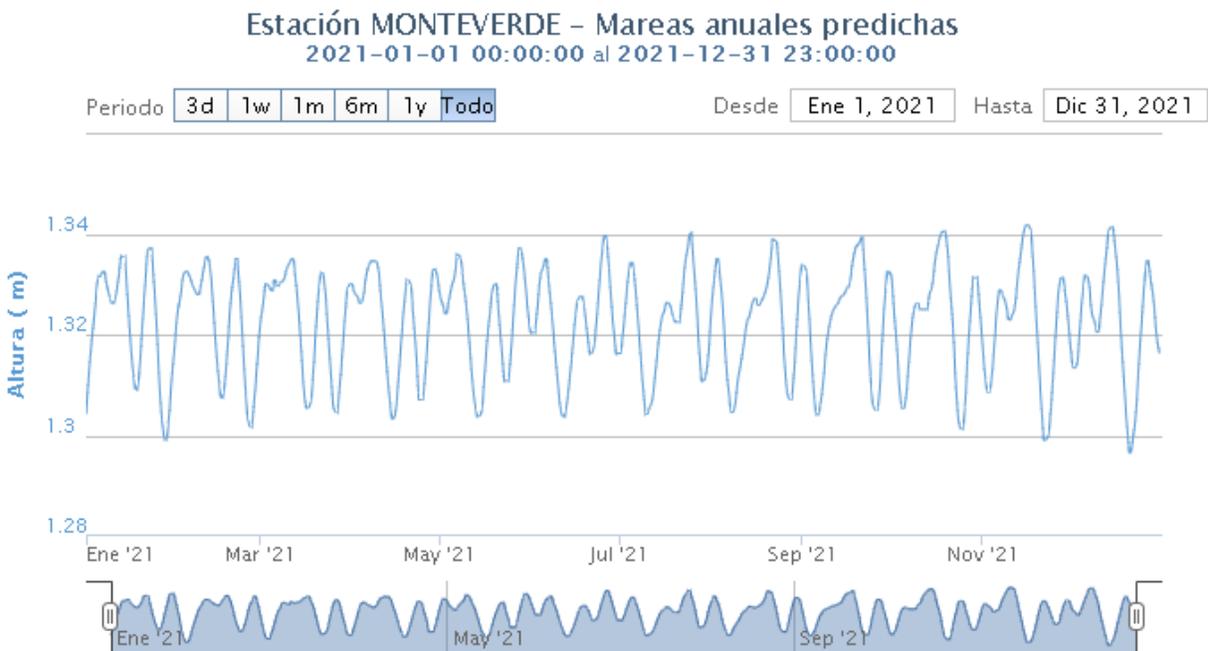


Ilustración 1.1: Mareas anuales predichas para la estación Monteverde.

Fuente: Inocar, 2021.

1.4.1.2 Corrientes

Las corrientes son producto de la presencia del sol, el viento y la rotación de la tierra. En el Ecuador la intensidad del sol es elevada, esto produce el calentamiento del agua superficial, lo que disminuye la densidad del agua debido a las altas temperaturas y se distancia notoriamente de las aguas frías profundas, la zona ecuatorial está influenciada por la corriente de Humboldt y la de Cromwell (Coello, 2012).

1.4.1.3 Olas

Las olas son ondas de vasta amplitud que se elevan por encima de la parte superficial del agua, esto ocurre por la acción de los vientos y corrientes, además establecen la morfología de la franja costera, así mismo sirve para calcular altura significativa, frecuencia de altura, dirección y periodo y se clasifican en spilling, surging, plunging y collapsing (Moragues., et al, 2020).

De acuerdo con las investigaciones realizadas se sabe que el oleaje que llega a las costas ecuatorianas tiene una altura de 1 a 1.5 m aproximadamente en profundidades de 20 m y de 2 m en profundidades más grandes. Cabe recalcar que esta afirmación es sólo una referencia porque pueden aparecer cambios conforme a la climatología en el país (Roldán, 2009).

1.4.1.4 Transporte litoral

El transporte litoral se refiere al movimiento de material proveniente de los sedimentos en un área litoral este fenómeno se da por presencia de las corrientes y olas en el océano, se clasifica en transporte onshore-offshore que posee como dirección promedio total perpendicular a la costa y transporte longshore, que su dirección es paralela a la costa; esta variable está regulada por la energía y dirección de oleaje, por lo tanto, es importante en la zona de surf (Loor et al., 2016).

1.4.1.5 Nivel del mar y cambio climático

El cambio climático es la manifestación más notoria de los acontecimientos que han ocurrido en la atmósfera o en el océano de manera poco usual, estas alteraciones han causado el incremento de gases, el derretimiento de los polos y el aumento del nivel del mar (De Castro et al.,2005).

Los investigadores de National Geographic afirman que, de acuerdo con datos tomados de satélites, en los últimos 20 años se ha registrado un incremento del nivel del mar entre 10 y 20 cm y la tasa anual corresponde a 3.2 mm (NatGeo, 2010). Sin embargo, en la costa ecuatoriana debido a su ubicación geográfica siempre está propensa a fenómenos climáticos que ocasionan aumento del nivel del mar, tales como el Fenómeno de El Niño, ha registrado un incremento de aproximadamente 40 cm, es

el resultado del ingreso de las ondas Kelvin que rodean el Pacífico Oriental en Latinoamérica (Cornejo & Enfield, 1987).

1.4.1.6 Batimetría

La batimetría de la zona de la Reserva Marina El Pelado posee una distribución a partir de la cota 0 a -57 m de profundidad siendo uniforme a lo largo del área con una pendiente menor al 1.5%, mientras que en la Bahía de Ayangué la cota va desde 0 hasta 30 m. En las profundidades de la bahía se tiene un fondo blando con arena y/o limo y rocas dispersas y el fondo rocoso que bordea que se encuentra en los costados de la ensenada (ELITTORAL, 2016).

1.4.2 Características climatológicas

1.4.2.1 Temperatura superficial del mar

Este parámetro es clave para la predicción climática, también es el indicador de la interacción dinámica entre el océano y la atmósfera. La toma de datos de TSM (Temperatura superficial del mar) es compleja, debido a la extensa área oceánica, los instrumentos utilizados son boyas, satélites y mediciones in situ. Con respecto a Ecuador, en la zona de Santa Elena la temperatura oscila de 19°C a 28°C, esto se debe a su ubicación geográfica, por influencia de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) (Loo et al., 2016).

1.4.2.2 Vientos

Es el componente físico que describe el comportamiento del aire conforme a la superficie terrestre, su dirección es paralela a la tierra, inicia en la tropósfera por la relación entre la radiación solar y la rotación de la tierra que direcciona los vientos hacia ambos hemisferios. En el Ecuador la dirección está entre 180° y 270° con respecto al Norte y su velocidad promedio es de 2.6 m s⁻¹, cabe recalcar que, en los meses de enero-abril los vientos provienen del noroeste o norte (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena, 2014).

1.4.3 Características químicas-biológicas

1.4.3.1 *Clorofila a*

Es un indicador esencial del estado de los ecosistemas marinos, específicamente la concentración de fitoplancton, ayuda a determinar la cantidad de pigmento fotosintético existente en el océano, presencia de mareas rojas y los detritos. Por lo general, la información es proveniente de imágenes satelitales y con el procesamiento de estas se obtiene un estimado de concentración en la zona eufótica (Aragón et al.,2013).

1.4.3.2 Materia orgánica particulada

Es la variable que cuantifica la concentración de residuos orgánicos en un área terrestre o marina, dicha cantidad puede variar porque depende del balance de los procesos de mineralización y actividades de bacterias, además sirve para identificar el grado de productividad primaria de un ecosistema. Sus unidades son expresadas en % y su composición química abarca los nutrientes o residuos orgánicos concentrados en agua o tierra (Galantini et al., 2007)

1.4.3.3 Material suspendido total

Los sólidos suspendidos totales corresponden al material que está en suspensión en las corrientes superficiales de un ecosistema marino o terrestre, permite evaluar el estado de la calidad de agua para el consumo (DANE, 2007). Está representado por las unidades mg l^{-1} , su tamaño es de menos de 0.01 mm los cuales no se consideran sólidos no sedimentables, y los más grandes (mayores de 0.01 mm) son generalmente sedimentables (Hernández, 2007).

1.4.3.4 Salinidad

Este parámetro determina el contenido de sales en cierta masa de agua y afecta la densidad, ambas variables permiten realizar cálculos dinámicos para conocer el transporte de sales en el océano, se mide en gramos/litro (g l^{-1}) o en ups (unidades prácticas de salinidad) en agua salada (Schneider, 2001).

1.4.3.5 Turbidez

Es una aproximación del nivel de transparencia del agua debido a la aparición de partículas en suspensión, tales como, sólidos (arena, arcilla u otros materiales), mientras más sucia se visualice el agua, mayor será la turbidez (Toro, 2011).

Cabe recalcar, que representa uno de los parámetros más relevantes en el análisis de calidad de agua, indica el nivel de contaminación en el agua, con estos resultados, se puede determinar si se necesita o no un tratamiento de aguas residuales, sus unidades son NTU o FNU (Consultoría, 2010).

1.4.4 Ostra de roca

1.4.4.1 Características generales de la ostra

La ostra de roca o su nombre científico *Striostrea prismatica* es un molusco bivalvo, la cual se distribuye desde el sur de California (México) hasta Máncora, Tumbes (Perú).

(FAO, 2016) afirmó que en 2014 se produjo valores muy altos de contribución del sector acuícola, ascendió a 73.8 millones de toneladas (160 millones de USD) el suministro de pescado para consumo humano donde se superó por primera vez la del pescado capturado en el medio natural. De los cuales se produjo 16,1 millones de toneladas de moluscos (19 millones de USD) solo en ese año.

La ostra convierte la materia orgánica en elementos simples, tiene la capacidad de filtrar 5 a 25 cm³, cada ostra; esta tasa depende de varios parámetros como temperatura, pH, sólidos suspendidos y materia orgánica. Además, los bivalvos, constituyen una fuente rica en proteína animal que posee grandes niveles de ácidos grasos, por lo tanto, es saludable para el organismo de los humanos.

Tabla 1.1: Características generales de la ostra. Fuente: (Gonzabay, 2014)

Categoría	Molusco
Clase	Bivalvo
Familia	Ostreidae
Orden	Ostreoida
Sub orden	Ostreina
Género	<i>Striostrea</i>
Especie	<i>Prismatica</i>
Nombre científico	<i>Striostrea prismatica</i>
Nombre común	Ostra de roca u nativa

1.4.5.1.1 Reproducción de la ostra

Se caracteriza por ser un hermafrodita alternativo, es decir, ciertas épocas actúan como macho y en otras, como hembra. Las ostras vierten millones de gametos al agua, estos viajan durante 20 a 35 días formando larvas, algunas no logran ser fecundadas, y si logran serlo, se adhieren a un sustrato rocoso para huir los depredadores. Entre los depredadores más conocidos constan los cangrejos, caracoles, estrellas de mar y pulpos.

Los parámetros que se deben considerar para su óptima reproducción son, salinidad entre 30 y 34 ups, alimentación basada en materia orgánica, detritos y microalgas como *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis* a concentración de 4×10^6 cel/ostra/hora y diatomeas y en la época de desove durante agosto y septiembre la temperatura adecuada es de 29°C a 34 °C, el ciclo gonadal requiere temperatura entre 24-27°C, la velocidad de las corrientes debe ser entre 0.2-0.7 m s⁻¹, si el valor es mayor a 1 m s⁻¹ la especie puede sufrir alteraciones en su estructura física debido al desprendimiento del sustrato roco y le generaría estrés, el crecimiento de la ostra es de 9 cm por año; sólo si el lugar está en óptimas condiciones (Ríos et al., 2018).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Descripción del área de estudio

Ayangue es una comuna que posee atractivos turísticos como, deportes extremos, el avistamiento de las ballenas y sus aguas tranquilas. Pertenece a la provincia de Santa Elena y está ubicada en el km 39 en la ruta Spondylus, limita al norte con San Pedro, al sur con Palmar, al este por la parroquia Colonche y la cordillera de esta y al oeste por el Océano Pacífico. La temperatura es de 25 °C a 29 °C, su salinidad tiene un valor de 30 a 33 ups desde noviembre hasta marzo y de 34 ups desde mayo a octubre (Sonnenholzner & Loor, 2014).

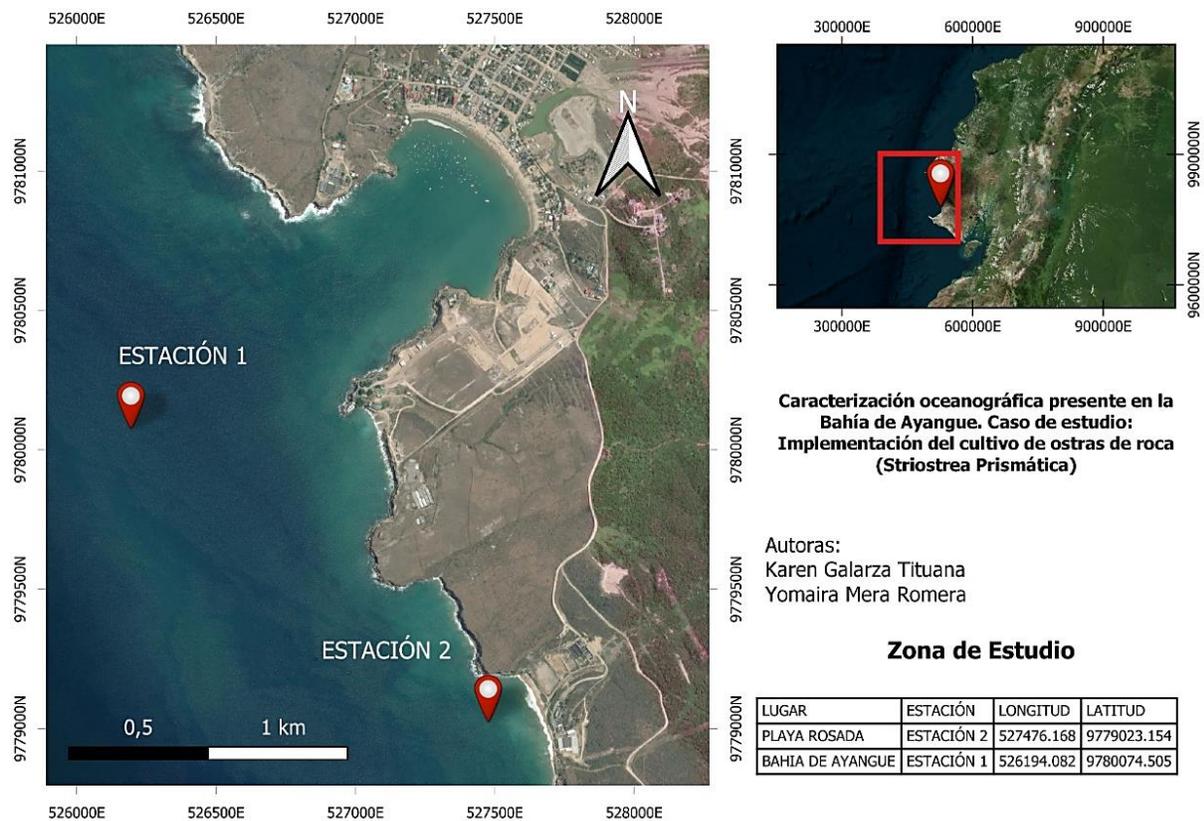


Ilustración 2.1: Área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

2.2 Metodología

Está basada en el modelo “Design Thinking” conocida como pensamiento de diseño, tiene como finalidad proporcionar ideas y soluciones innovadoras al usuario de acuerdo con sus requerimientos, gracias a estas propuestas se solucionan los inconvenientes reales del cliente de manera sistemática y eficaz. Cabe recalcar, que incentiva al trabajo en equipo, promueve la innovación y se enfoca directamente al problema seleccionado que posee el usuario (Tin, 2014). A continuación, se observa el proceso de diseño en la ilustración 2.2.

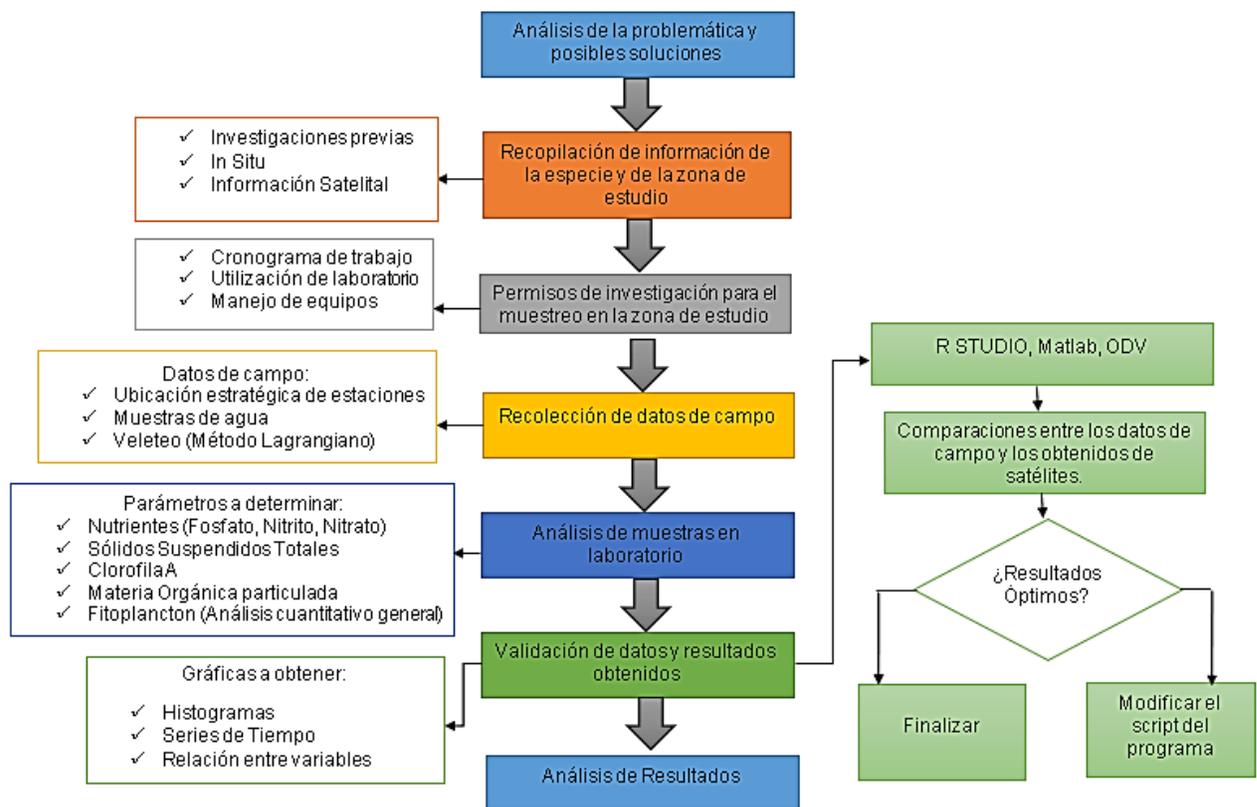


Ilustración 2.2: Diseño de la metodología. Fuente: Elaboración propia.

2.3 Materiales y Métodos

A continuación, en la tabla 2.1 se detalla los equipos y variables utilizadas en este proyecto.

Tabla 2.1: Parámetros y equipos en la salida de campo Fuente: Elaboración propia

Variables	Equipos
Clorofila a	Botella transparente 1L
Nutrientes	Botella ámbar 1L
Fitoplancton	Botella ámbar 1L
Sólidos suspendidos	Botella transparente 1L
Salinidad	CTD CastAway
Presión	CTD CastAway
Temperatura	CTD CastAway
Profundidad	CTD CastAway
Turbidez	Disco Secchi
Ubicación geográfica	GPS Garmin GSX-60map
Corrientes costa afuera	2 veletas superficiales (roja y roja con negro) y 1 veleta subsuperficial (verde)

2.4 Etapas del proyecto

Esta investigación fue realizada en 3 etapas, las cuales se detallan a continuación.

2.4.1 Etapa 1: Trabajo de campo

Para la selección de las fechas se tomó en cuenta la tabla de mareas de INOCAR de la estación Monteverde, la cual está más cercana a la zona de estudio. En esta etapa, se realizaron dos salidas de campo, en dos fases lunares, el 24 y 25 de junio, sicigia; 1 y 2 de julio, cuadratura. Ambas salidas de campo se dividieron en dos estaciones, E1 (superficial) ubicada en las afueras de la Bahía de Ayangué y E2 (subsuperficial) frente al Laboratorio de Macrobio, cercano a Playa Rosada. Se recolectaron las

muestras con la ayuda de una botella Niskin lanzada a una profundidad de 5 m para la categoría subsuperficial y luego fueron vertidas en 2 botellas ámbar de 1L cada una, esta cantidad de botellas se utilizaron para cada estación en ambas salidas de campo, es decir en total se necesitaron 4 botellas en sicigia y la misma cantidad en cuadratura. Con respecto a las variables físicas, tales como, temperatura, salinidad, y profundidad se utilizó el CastAway CTD, para la estación 1 lanzándolo a 16 m y en la estación 2 sumergiéndolo a 9 m de profundidad en las dos salidas de campo.

Para este proyecto se designó la posición en el veril 10 m, dónde se situaron las veletas, 2 superficiales (1 m) y 1 subsuperficial (2 m). Se utilizó el Método Lagrangiano que permite describir el movimiento de la partícula de un fluido en el espacio, este proceso constó de dos fases, se trata de la siembra y la cosecha y se utilizan herramientas denominadas veletas, las cuales pueden ser superficiales o subsuperficiales, al momento de realizar la siembra de cada veleta se registró la ubicación geográfica con la ayuda de un GPS y se siembran las siguientes veletas cada cierto intervalo de tiempo, en este caso cada 10 minutos, posterior a ello, se retorna a la primera veleta sembrada y se registra las coordenadas, así sucesivamente con el resto de veletas hasta que se logre los puntos deseados para elaborar una trayectoria en un software de información geográfica.

2.4.2 Etapa 2: Análisis de muestras en laboratorio

2.4.2.1 Sólidos suspendidos totales

Se hidrataron los filtros en un recipiente con agua destilada durante 24 horas hasta su secado, se registró el peso inicial del filtro y se los guardó con una capa delgada de papel aluminio para su conservación, en el caso de realizar el análisis en otro momento. Se situó 250 cm³ en la probeta se añadió en un matraz colocando el filtro seco en la parte superior para la filtración de la muestra. En total se necesitó 500 cm³ de muestra para cada filtro. Finalmente, se los ingresó en el horno y luego se los pesó. Se repitió el proceso cuatro veces, debido a que fueron dos estaciones por cada salida de campo.

2.4.2.2 Materia orgánica particulada

Una vez registrado el peso final de los filtros utilizados en sólidos suspendidos. A continuación, se colocó cada uno de los filtros en su respectivo crisol, después se ingresó a la estufa durante 20 minutos a 450 °C. Se registró el peso de cada uno de los filtros con la ayuda de la balanza digital.

2.4.2.3 Clorofila a

Se filtró 1000 cm³ de la muestra con la utilización de la bomba de vacío y el matraz con salida lateral, se colocó el filtro con la ayuda de una pinza en el interior de un tubo de ensayo, según sea el número de muestras, se calentó el tubo de ensayo a baño maría, luego se colocó 3 cm³ de la muestra en la cubeta de cuarzo ingresada en el espectrofotómetro con una longitud de onda de 665 nm, para registrar la absorbancia 1, después se agregó a la muestra 0.10 cm³ HCl con un concentración de 0.01 M y se registró el valor de la absorbancia 2.

2.4.2.4 Nutrientes

Nitrato

Se colocó 50 ml de cada muestra inicial en un matraz, en este caso serían 4 matraces por utilizarse. Se agregó 100 cm³ de agua destilada en un matraz. Se rotuló 3 tubos de ensayo, 1 para el blanco y 2 para el patrón, además uno para cada muestra, en este caso, 4 tubos para las muestras. Se vertió el líquido del patrón en la columna de cadmio, durante 4 veces, se lo llenó en la segunda y cuarta vez que el líquido pasa por la columna. Se repitió el proceso de llenado en los tubos de ensayo, para cada una de las muestras, luego se agregan los reactivos, finalmente se tomó 3 cm³ con la pipeta de cada tubo para registrar el valor ingresando al espectrofotómetro previamente calibrado con una longitud de onda de 543 nm.

Fosfato

Se agregó 10 cm³ de reactivo estándar (fosfato de potasio) para los dos patrones, se colocó 10 cm³ de agua destilada, 2x10⁻⁴ dm³ de sulfanilamida y de igual manera para el diclorhidrato para los dos blancos, así mismo se colocó la misma cantidad para las muestras, luego se agitaron las soluciones. Se ingresó la muestra al espectrofotómetro calibrado con longitud de onda 885 nm, lo que permitió realizar la respectiva medición.

Nitrito

Se añadió 10 cm³ de cada muestra y se colocó en tubos de ensayo, se agregó 10 cm³ de reactivo estándar (nitrito de sodio) para cada patrón y 10 cm³ de agua destilada para los blancos. Se colocó a todas las soluciones 2x10⁻⁴ dm³ de sulfanilamida y de igual manera para el diclorhidrato. Luego, se añadió 3 cm³ de la muestra en la cubeta de cuarzo y se ingresaron las muestras al espectrofotómetro para realizar la respectiva lectura.

Fitoplancton

Se agregó 2 cm³ de cada muestra en los tubos de ensayo, se añadió una gota de lugol diluido, se tomó 1 cm³ con la micropipeta y se añadió en la placa de vidrio. Finalmente, se colocó la placa en el microscopio para la observación de las células y el conteo de estas.

2.4.3 Etapa 3: Análisis estadístico

Se extrajo los datos satelitales de plataformas como NASA OceanColor Web y MODIS Aqua con una resolución de 4 km, los parámetros obtenidos fueron, clorofila a, albedo, temperatura superficial del mar, corrientes, presión, salinidad y albedo. Dichos datos han sido descargados en formato .nc proveniente de la herramienta NetCDF, para el procesamiento de estos se utilizó el software libre R Studio, dónde se elaboró un código que permitió leer los archivos *library(ncdf4)* y transformarlos de NetCDF a ráster con la utilización de la librería *library(raster)* para las todas las variables ya mencionadas, la

librería *library('xlsx')* permitió leer los archivos .csv que contenía la ubicación geográfica del área de estudio.

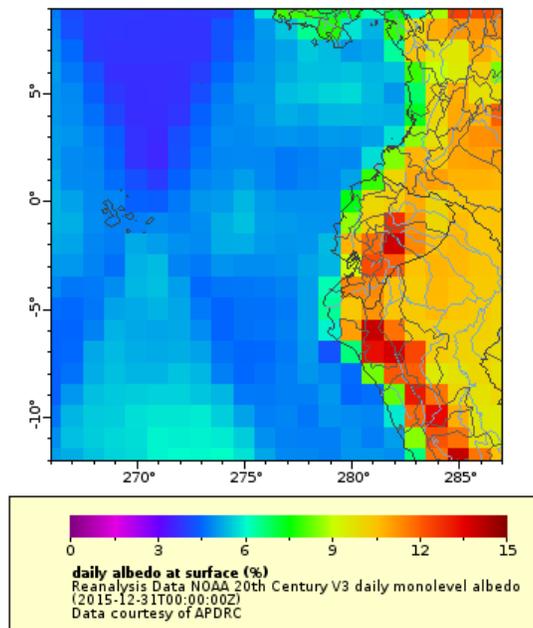


Ilustración 2.3: Descarga de data. Fuente: (NASA, 2000-2015)

Se realizaron gráficas de series de tiempo climatológicas con una temporalidad de 35 años, desde el año 1980 hasta 2015, y 15 años (2000-2015) tomando intervalos mensuales para las variables de albedo, presión, salinidad y temperatura. Mientras que para analizar la influencia de los vientos, se elaboró la rosa de vientos, con una temporalidad de 15 años (2006-2020). Cabe recalcar, que las gráficas han sido elaboradas con la descarga de data en base a los puntos obtenidos en la salida de campo.

Para la obtención de los datos de las corrientes costa afuera se requiere realizar veleteo utilizando el método Lagrangiano para saber cuál es el comportamiento de las corrientes que ingresa a la bahía. Se efectuó uno por cada estación y fase lunar, se requirió tres veletas distinguidas en la parte superior con una bandera de diferentes colores (verde, rojo y rojo con negro), dos superficiales de 1 m de profundidad y una subsuperficial de 2 m. El método para el registro de datos consistió en sembrar las veletas en diferentes puntos de la estación, luego tomar la ubicación geográfica en

donde se hayan desplazado las veletas en un intervalo de tiempo de 10 minutos, en total se realizó cinco registros de datos incluida la cosecha.

Los datos recopilados en campo se procesaron en Excel, como se tiene los datos de distancia recorrida por las veletas y el tiempo que le tomó en recorrerla, entonces se obtuvo el valor de la velocidad y dirección de las corrientes que ingresan a la bahía. Luego, se estos archivos se ingresaron al software libre QGIS en formato .csv para realizar la transecta correspondiente a cada estación por medio de la creación de un archivo *shape* de cada campaña, y se los relaciona con las variables de dirección y velocidad de los puntos geográficos que siguió la veleta. Finalmente, se generó el mapa con su respectivo norte geográfico, escala, título y leyenda. Este proceso de creación del mapa nos ayudó a determinar de manera visual la dirección de las corrientes mediante las flechas en el mapa de la zona de estudio.

Para la elaboración de perfiles se utilizó el software libre Matlab, en donde se extrajeron los datos del CTD en un archivo .csv ordenados con sus respectivas coordenadas de las estaciones de muestreo, el mismo que se cargó en el programa. Por medio de la función '*subplot*', se realizaron gráficas de temperatura, salinidad, conductividad, densidad, densidad y velocidad con respecto a la profundidad de las estaciones de Ayangue y Macrobio de las fases lunares sicigia y cuadratura que se tomó los datos en este caso se denominaron Salida 1 y Salida 2.

Debido a que estos gráficos deben tomar la profundidad de manera inversa, se debió invertir el orden del eje 'y' de profundidad y para esto se utilizó la función '*set*': *set(gca,'Ydir','reverse')*, y por medio de las funciones *title* y *legende* se le colocó los títulos y leyendas de la gráfica respectivamente. Este mismo paso se lo realizó para todas las variables y se ingresó dos archivos de datos (Salida 1 y Salida 2) en un mismo gráfico, para mejorar la visualización de la información que se requiere mostrar.

Luego se procedió a realizar los diagramas TS (temperatura y salinidad) con los mismos datos que se tomó con el CTD de las dos campañas realizadas en el proyecto. Para esto se utilizó el software libre Ocean Data View (ODV), ya que este programa es

óptimo para la realización de este tipo de gráficos porque deriva los datos ingresados de temperatura para obtener potencial de temperatura que es con la que trabaja el diagrama TS.

El ingreso de los datos de entrada es muy similar al de los otros programas, se importaron los archivos .csv en el ODV *Spreadsheet*, se asociaron las variables del archivo con las del programa y se eligió cual es la *primera variable* (variable principal), en este proyecto fue la profundidad, porque se la requirió asociar con la temperatura, salinidad, conductividad, densidad para la creación de los perfiles, y mostrar cómo cambia estas variables en la columna de agua.

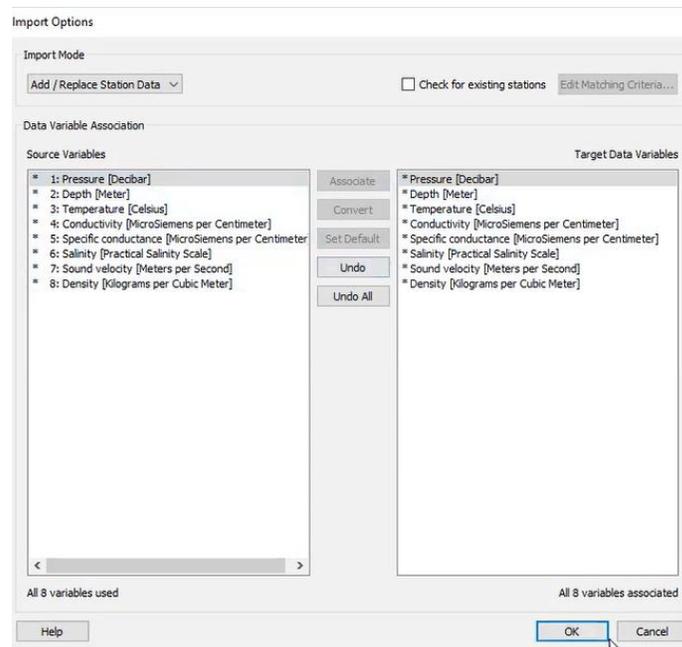


Ilustración 2.4: Asociar variables de los archivos con las del programa ODV.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se haya puesto el punto de ubicación correcta, se procedió a visualizar las gráficas en *Layout Templates > Scatter Windows*, de ahí se derivó la variable 'potencial de temperatura' a partir de la variable principal, se ingresó en la ventana principal en la opción Data, se eligió *derive variables* y la variable a derivar y de que variable relacionarla, en este caso, la temperatura y profundidad.

Para la generación del diagrama TS se eligió las variables donde x es salinidad, y es potencial de temperatura y z es profundidad. Se las ingresó en *properties* > *Data* > (x, y ó z) *Axis*. De hecho, se pudo tomar la variable z cualquiera que sea de interés en la investigación, y para este proyecto fue la profundidad.

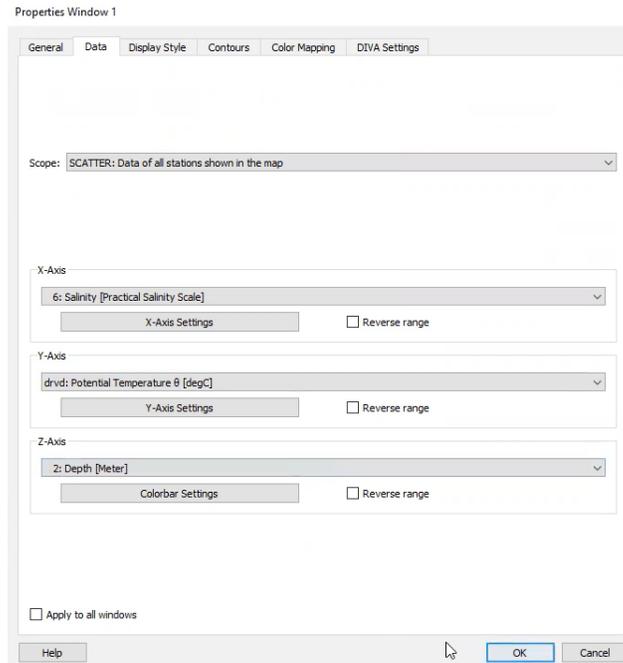


Ilustración 2.5: Elección de variables para diagrama TS en ODV.

Fuente: Elaboración propia

Después se tuvo que completar el diagrama agregando las isopícnas (líneas de densidad) que el programa permite realizarlas ahí mismo con los datos que se ingresan de densidad, para todo este proceso se debe tomar la presión que se pide como la profundidad máxima que se tiene de datos. Finalmente se realizó el arreglo de las gráficas colocando el título, ejes y líneas y se procede a guardar. Se siguió los mismos pasos para la otra estación y así para cada campaña realizada.

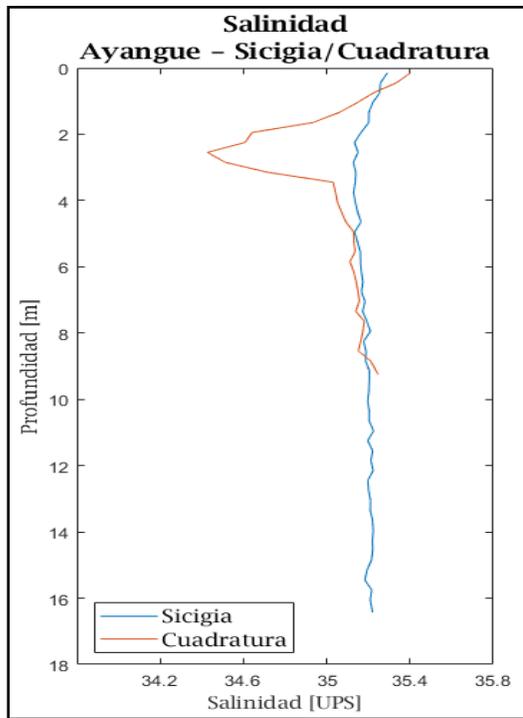
CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

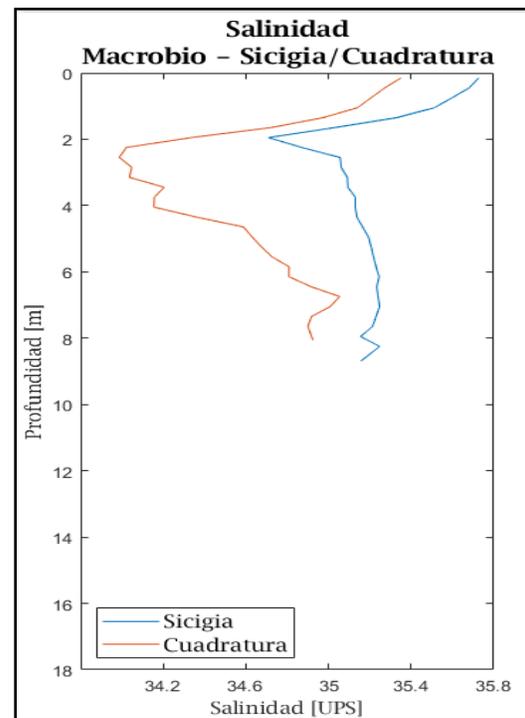
3.1 Resultados

3.1.1 Perfiles

A continuación, se muestran las gráficas de perfiles de temperatura, salinidad y densidad en la columna de agua, en ambas fases lunares y de las dos estaciones de muestreo.



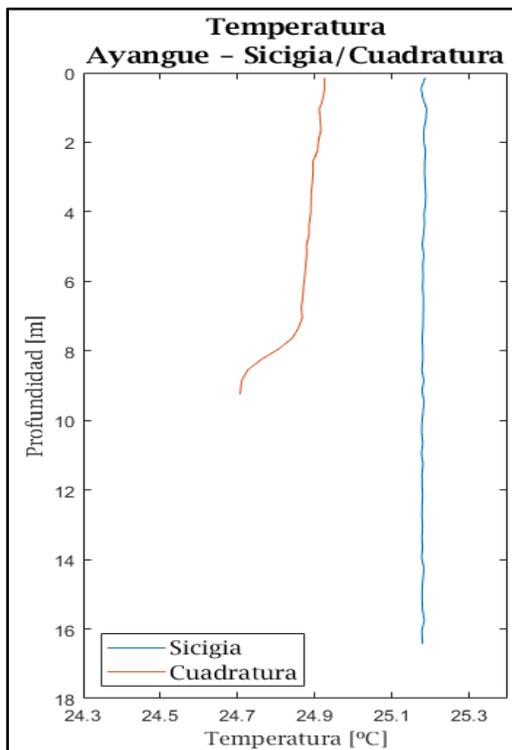
Gráfica 3.1: Perfil de salinidad, E1 Ayangue. Fuente: Elaboración propia.



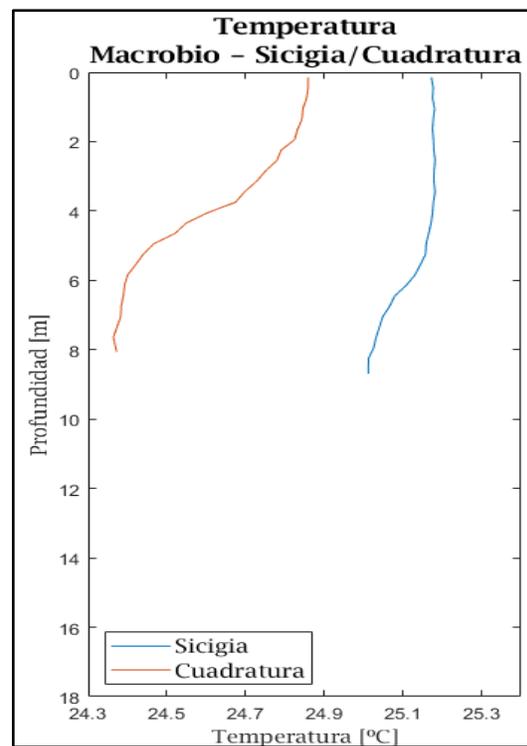
Gráfica 3.2: Perfil de Salinidad, E2 Macrobio. Fuente: Elaboración propia.

Las gráficas 3.1 y 3.2 representan la distribución de salinidad en la columna de agua en las dos estaciones y las dos fases lunares sicigia y cuadratura. La estación 1, se observó que para cuadratura hubo cambios más evidentes de 2 a 4 m de profundidad, donde disminuye los valores hasta 34.41 ups, esto se debe a la posible intrusión de aguas dulces por las descargas urbanas. Para la estación Macrobio así mismo se

mostró una disminución de salinidad hasta 34 ups para la salida 2 de cuadratura y para sicigia también se registró una variación abrupta entre los 2 a 3 m de profundidad.

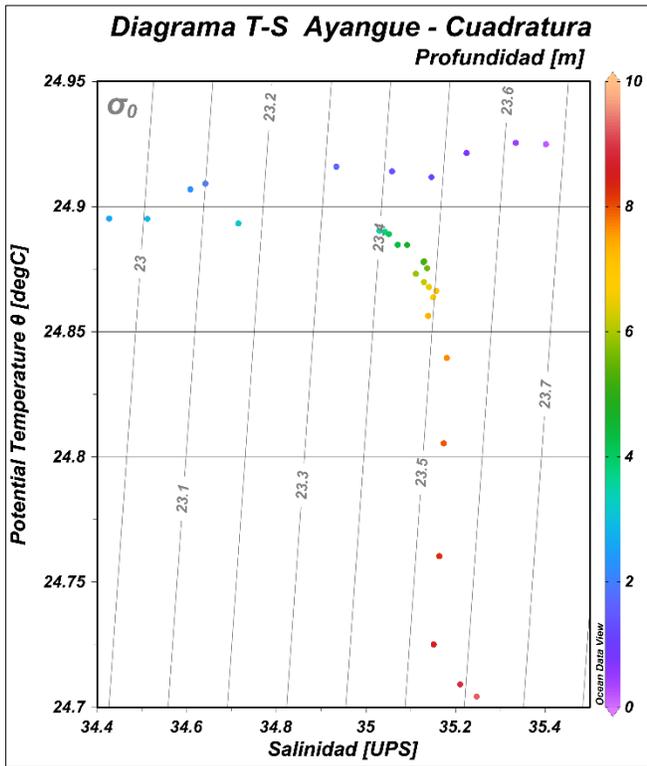


Gráfica 3.3: Perfil de Temperatura, E1 Ayangue. Fuente: Elaboración propia.

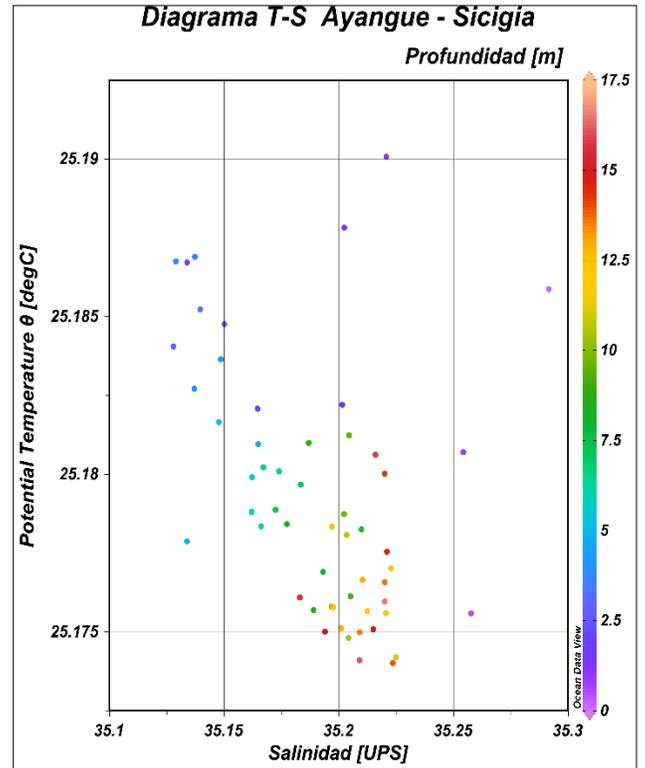


Gráfica 3.4: Perfil de Temperatura, E2 Macrobio. Fuente: Elaboración propia.

Las gráficas 3.3 y 3.4 evidencian el comportamiento de la temperatura en la columna de agua de las dos estaciones de muestreo y en las dos fases lunares. Para la Ayangue (ver gráfica 3.3), se observó un comportamiento relativamente constante tanto para sicigia como cuadratura, tuvo cambios abruptos a los 10 m donde empezó la termoclina. Mientras que para Macrobio (ver gráfica 3.4) se observó el mismo comportamiento de 4 a 5 m de profundidad.

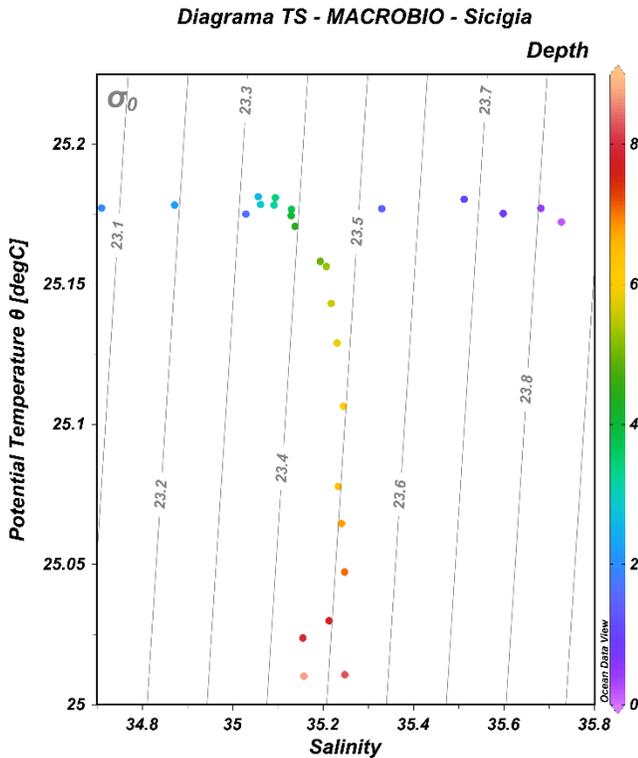


Gráfica 3.5: Diagrama TS, E1 Ayangue, sicigia. Fuente: Elaboración propia.

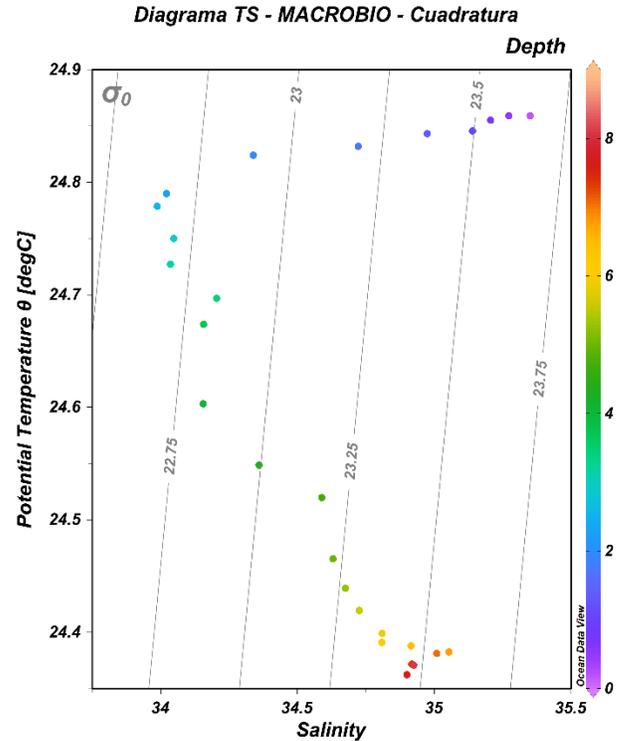


Gráfica 3.6: Diagrama TS, E1 Ayangue, cuadratura. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica 3.5 representa el diagrama TS (temperatura vs salinidad) en la fase lunar sicigia de Ayangue, se evidenció la presencia de cuatro masas de agua presente en la zona de estudio con características similares. Los valores cercanos de densidad son de 23.4 kg m^{-3} para la masa de agua de profundidad 2.5 a 5 m, otra corriente está en valores de 3 a 5 m, la siguiente de 7.5 a 10 m y 12 a 14 m. En la gráfica 3.6, se evidenció la influencia de tres tipos de masas de agua a diferentes profundidades. Se encuentra a profundidades de 0 a 2.5 m, también 4 a 6 m y la última de 10 a 12 m. Con densidades entre 23 a 23.7 kg m^{-3} .



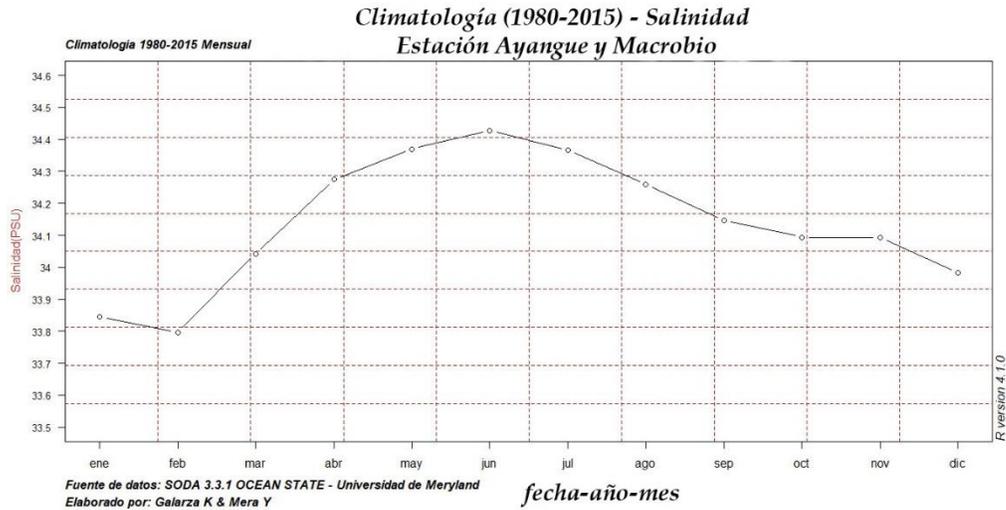
Gráfica 3.7: Diagrama TS, E2 Macrobio, cuadratura. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 3.8: Diagrama TS, E2 Macrobio, sicigia. Fuente: Elaboración propia.

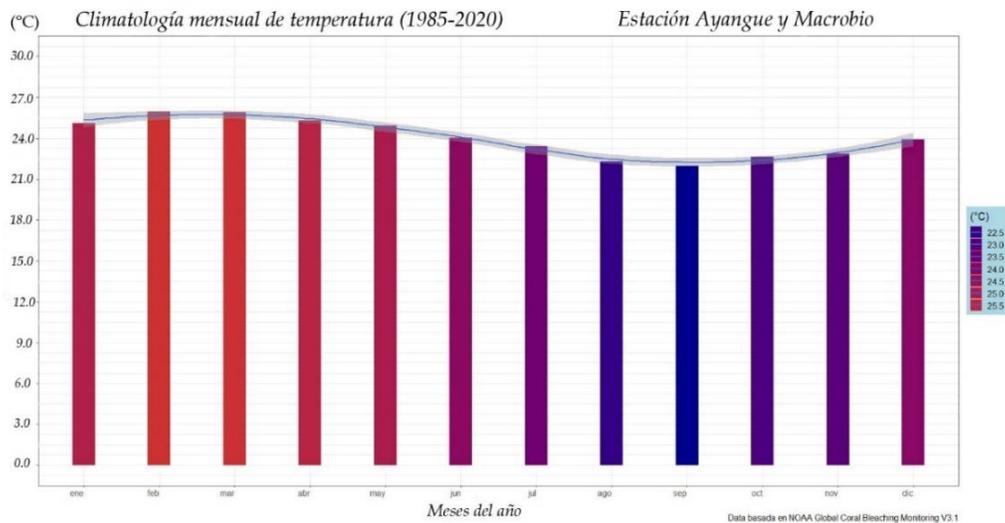
La gráfica 3.7 representa el diagrama TS (temperatura vs salinidad) en la fase lunar sicigia de Macrobio, se evidenció la presencia de tres masas de agua presente en la zona de estudio con características similares. Los valores de densidad son 23.5 kg m^{-3} para la masa de agua de profundidad 6 a 8 m, de ahí la siguiente está en valores de 0 a 3 m, y a la siguiente de 3 a 5.5 m. En la gráfica 3.8, se evidenció la influencia de tres tipos de masas de agua a diferentes profundidades. Se encuentran a profundidades de 0 a 2.5 m, también 4 a 6 m y la última de 6 a 8 m. Con densidades entre 23 a 22.75 a 23.75 kg m^{-3} .

3.1.2 Climatologías



Gráfica 3.9: Climatología-salinidad, Ayangue-Macrobio. Temporalidad 1980-2015. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica 3.10 tiene una temporalidad de 35 años (1980-2015), se puede notar que los valores son menores con 33.8-34.3 ups, a partir de la estación húmeda-cálida que corresponde a los meses de enero-abril; y la salinidad aumenta a partir de la estación seca-fría de mayo-agosto; sin embargo se observa un decrecimiento en los valores; esto puede ser provocado por la intrusión de aguas residuales.



Gráfica 3.10: Climatología de temperatura - estaciones Ayangue-Macrobio (1985 a 2020). Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 3.10 se tiene la temporalidad de 35 años (1985-2020) con una climatología mensual, se puede notar en los meses de enero a mayo, los valores de temperatura están en 24-25°C; mientras que los meses de julio-diciembre la temperatura comienza a decrecer, teniendo valores de 23.5 hasta llegar a 22.5°C.

3.1.3 Corrientes Costa afuera

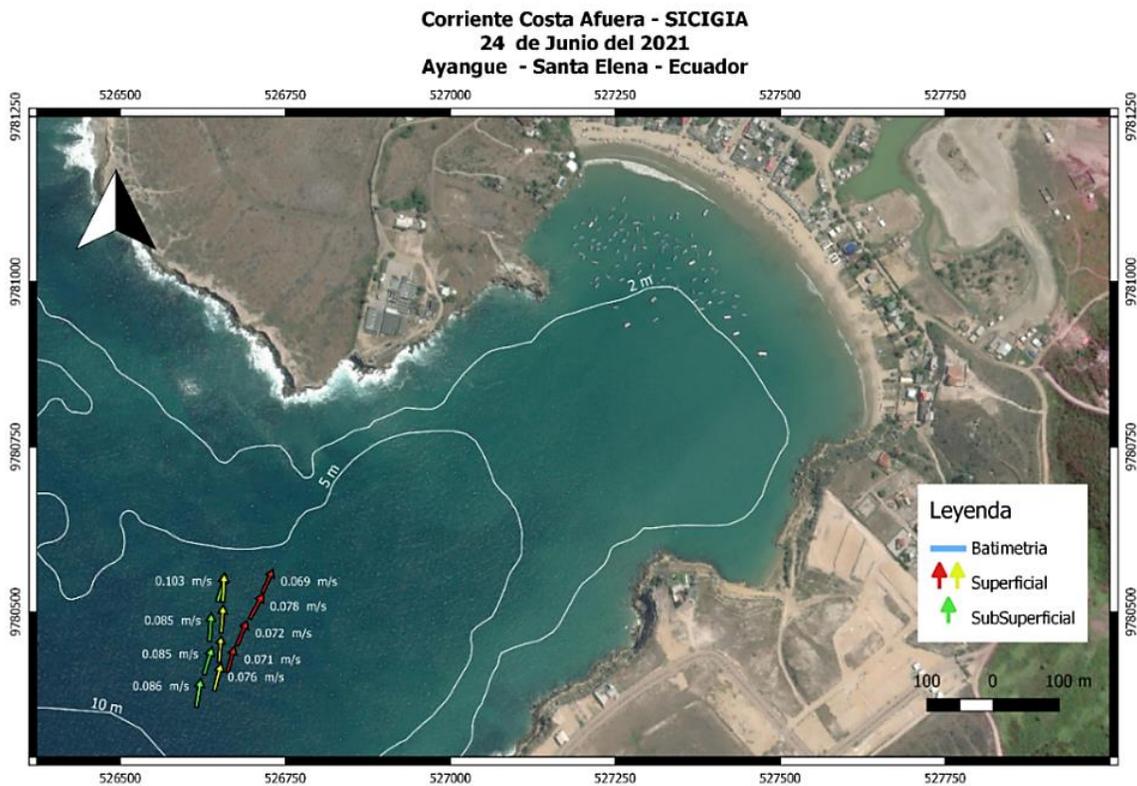


Ilustración 3.1: Corrientes Costa afuera-Sicigia, estación Ayague. Fuente: Elaboración propia.

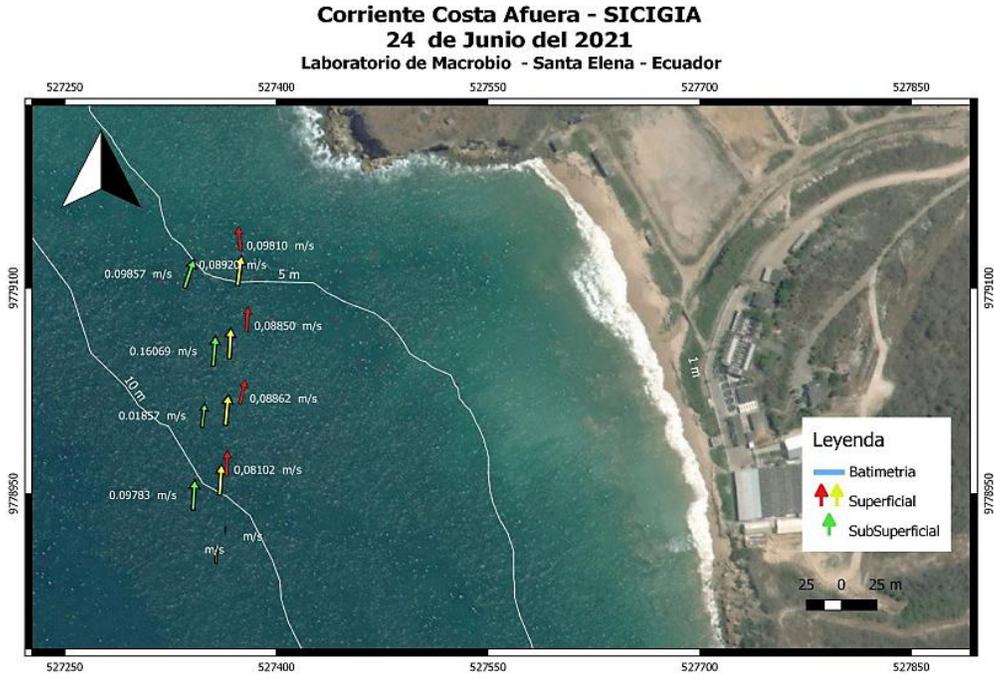


Ilustración 3.2: Corrientes Costa afuera-Sicigia, estación Macrobio. Fuente: Elaboración propia.

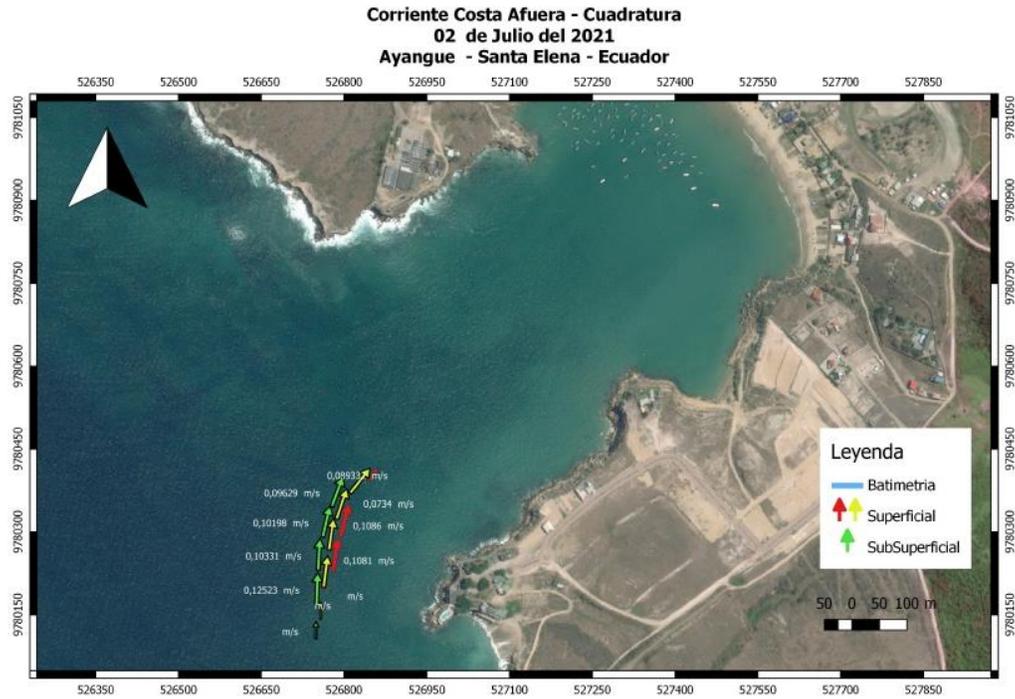
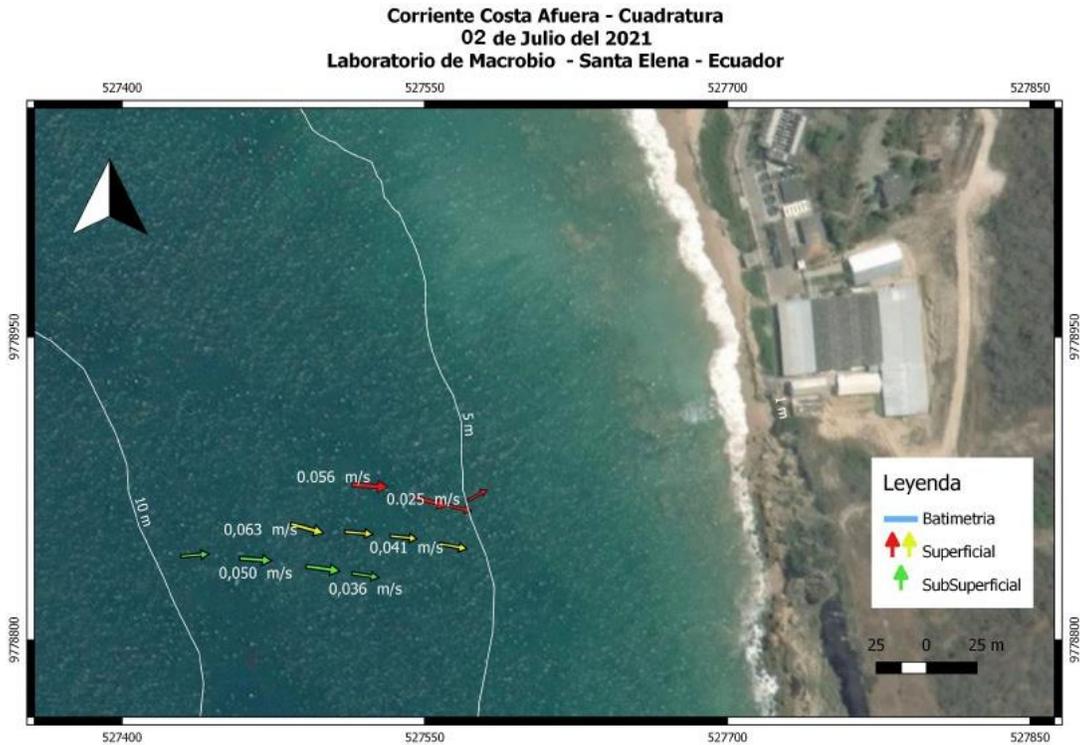


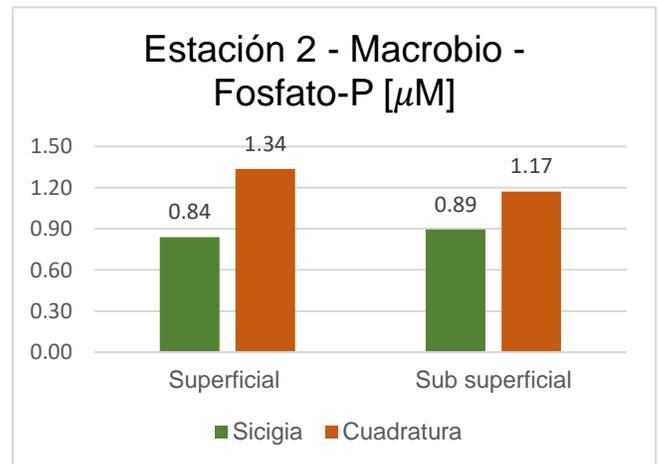
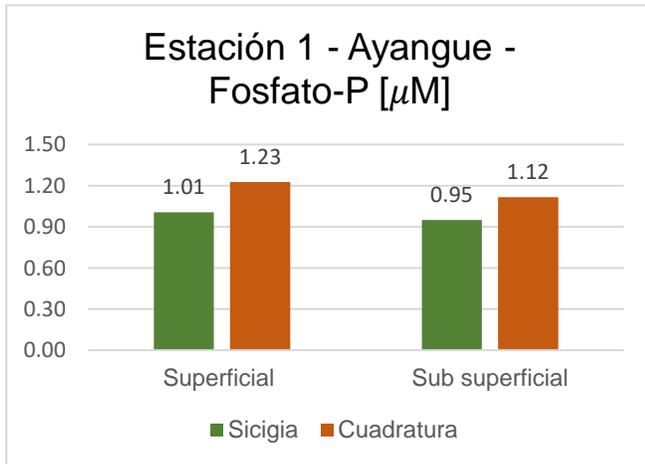
Ilustración 3.3: Corrientes Costa afuera-Cuadratura, estación Ayangue. Fuente: Elaboración propia.



En las ilustraciones 3.1 y 3.2 muestran la dirección y velocidad de las corrientes costa afuera de las dos estaciones en sicigia, y las ilustraciones 3.3 y 3.4 se mostró en la fase lunar cuadratura. Donde los valores son alrededor de 0.062 m s^{-1} .

3.1.4 Nutrientes Inorgánicos Disueltos

3.1.4.1 Fosfato



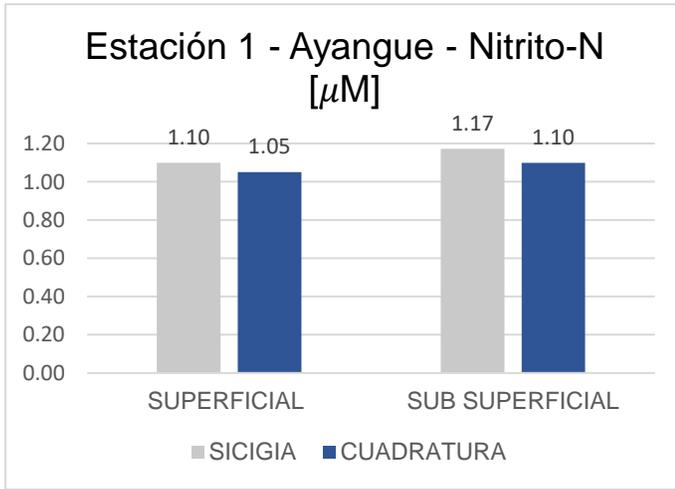
Gráfica 3.12: Concentración-fosfato, E1 Ayangue. Gráfica 3.11: Concentración-fosfato, E2 Macrobio.

Fuente: Elaboración propia.

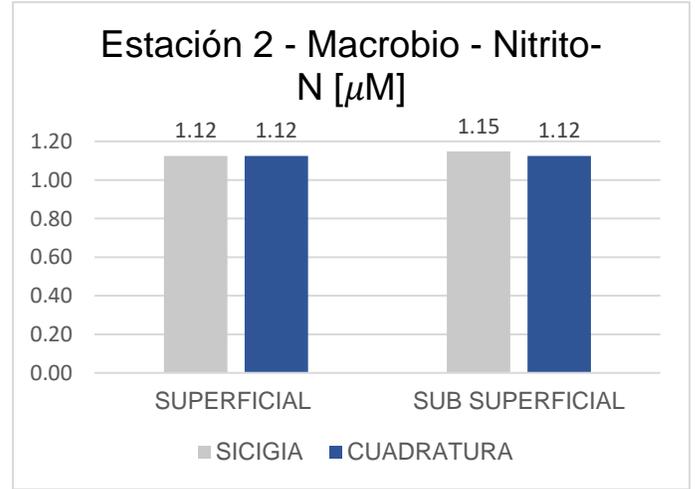
Fuente: Elaboración propia.

En las gráficas 3.11 y 3.12, en la estación 1 (Ayangue) se observa que en la superficie es donde se registró la mayor concentración de fosfato fue en cuadratura tanto en la parte superficial con $1.23 \mu\text{M}$ como a la subsuperficial con $1.12 \mu\text{M}$; en sicigia se presentaron valores de 1.01 y $0.95 \mu\text{M}$ a nivel superficial y subsuperficial respectivamente. Para la gráfica 3.16 de la estación 2, los valores más altos fueron en la fase cuadratura con $1.34 \mu\text{M}$ superficial y $1.17 \mu\text{M}$ sub superficial, en cambio, para sicigia estos valores disminuyeron a $0.89 \mu\text{M}$ superficial y $0.84 \mu\text{M}$ a nivel subsuperficial.

3.1.4.2 Nitrito



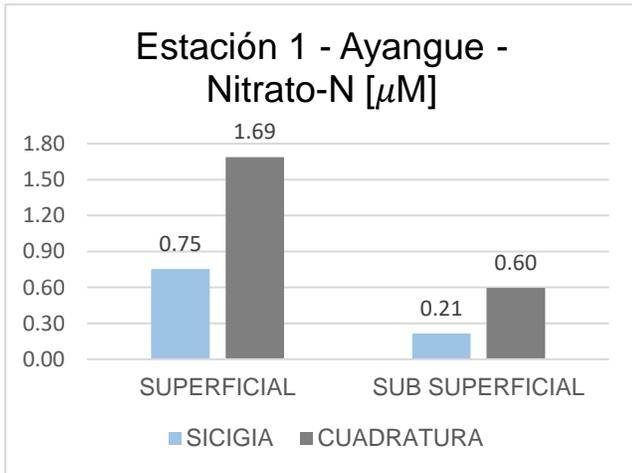
Gráfica 3.14: Nitrito, E1 Ayangue. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 3.13: Nitrito, E2 Macrobio. Fuente: Elaboración propia.

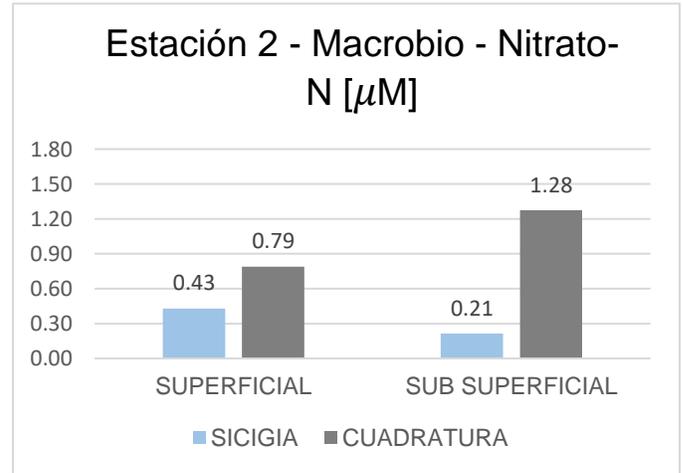
En las gráficas 3.13 y 3.14 se muestra la concentración de nitrito de cada estación. Para Ayangue, se observó valores menores en cuadratura con $1.05 \mu\text{M}$ a nivel superficial y $1.10 \mu\text{M}$ subsuperficial, mientras que en sicigia los valores fueron de $1.10 \mu\text{M}$ y $1.17 \mu\text{M}$ superficial y sub superficial respectivamente. En Macrobio, se registraron valores de $1.12 \mu\text{M}$ a nivel superficial y subsuperficial; en cuadratura los valores fueron de 1.15 y $1.12 \mu\text{M}$ superficial y subsuperficial respectivamente.

3.1.4.3 Nitrato



Gráfica 3.16: Concentración-Nitrato, E1 Ayangue.

Fuente: Elaboración propia.

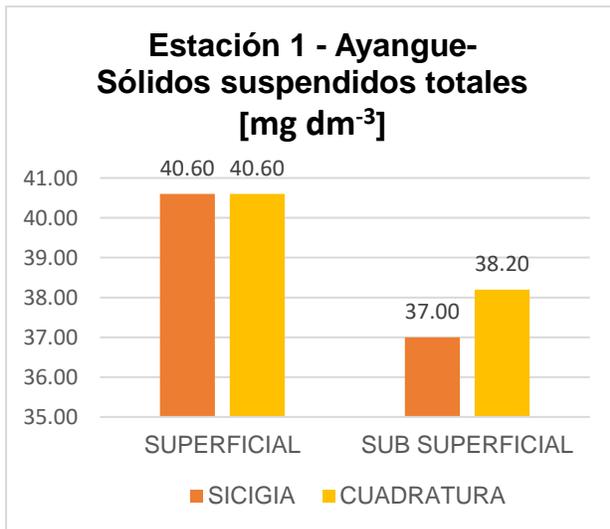


Gráfica 3.15: Concentración-Nitrato, E2 Macrobio.

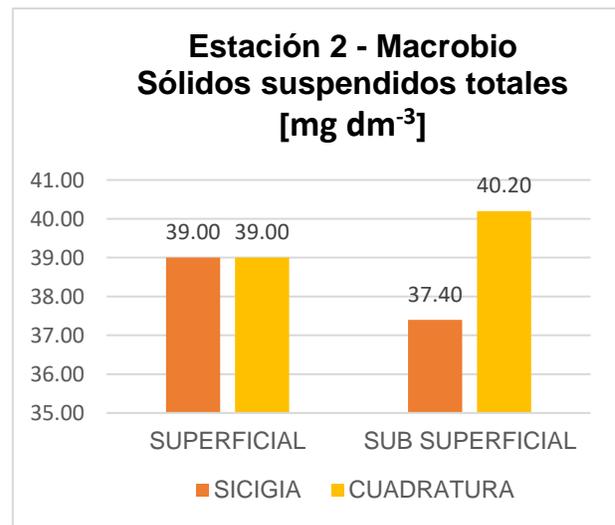
Fuente: Elaboración propia.

En las gráficas 3.15 y 3.16 muestran la concentración de nitrato. Ayangue evidenció los valores mayores en cuadratura en la superficie con $1.69 \mu\text{M}$, a nivel subsuperficial fue de $0.60 \mu\text{M}$, mientras que en sicigia presentaron valores 0.75 y $0.21 \mu\text{M}$ superficial y subsuperficial; así mismo en Macrobio para cuadratura, presentaron valores de $0.79 \mu\text{M}$ en la superficie y $1.28 \mu\text{M}$ subsuperficial; y en sicigia se obtuvieron valores a nivel superficial 0.43 y $0.21 \mu\text{M}$ subsuperficial.

3.1.5 Sólidos suspendidos totales



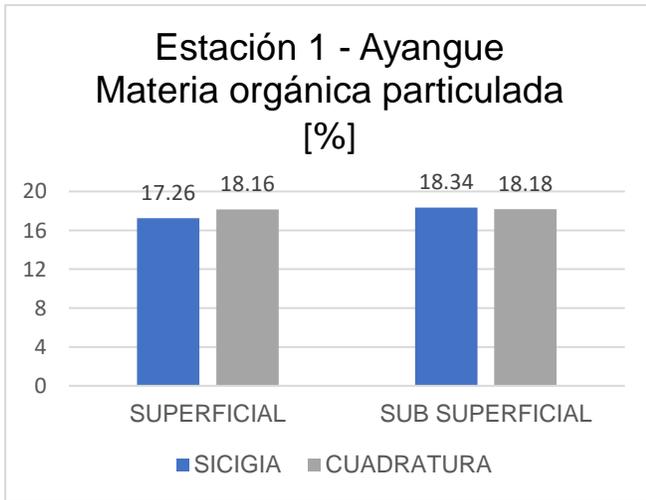
Gráfica 3.18: Concentración de sólidos suspendidos, E1 Ayangue. Fuente: Elaboración propia.



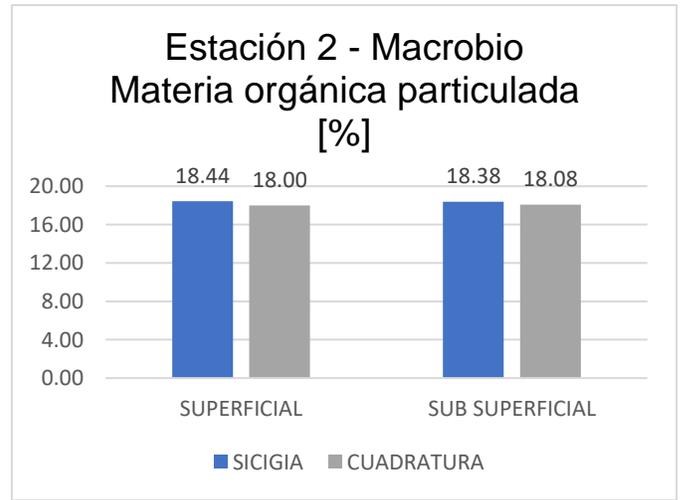
Gráfica 3.17: Concentración de sólidos suspendidos, E2 Macrobio. Fuente: Elaboración propia.

En las gráficas 3.17 y 3.18, muestran la concentración de sólidos suspendidos totales para cada estación. En Ayangue los valores son mayores a nivel superficial 40.60 mg dm⁻³, para ambas fases lunares, en cambio a nivel subsuperficial se registraron valores de 37 y 38.20 mg dm⁻³ superficial y subsuperficial respectivamente. Para Macrobio los valores fueron 39 mg dm⁻³ en la superficie para ambas fases lunares y a nivel subsuperficial 37.4 mg dm⁻³ para sicigia y 40.20 mg dm⁻³ cuadratura.

3.1.6 Materia orgánica particulada



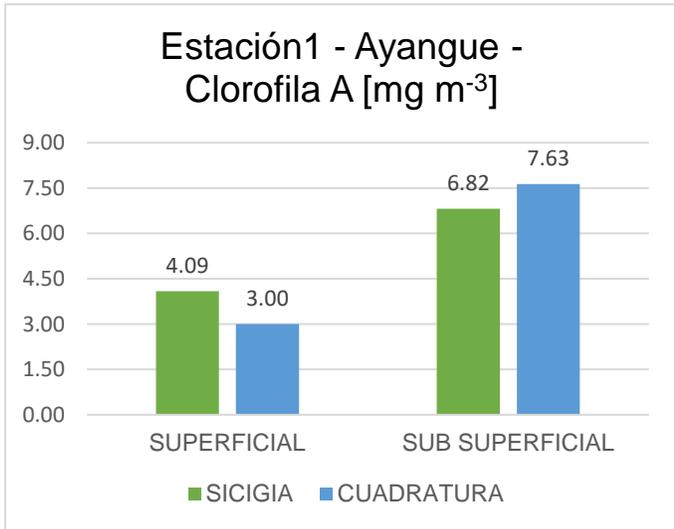
Gráfica 3.20: Materia orgánica-particulada, Ayangue. Fuente: Elaboración propia.



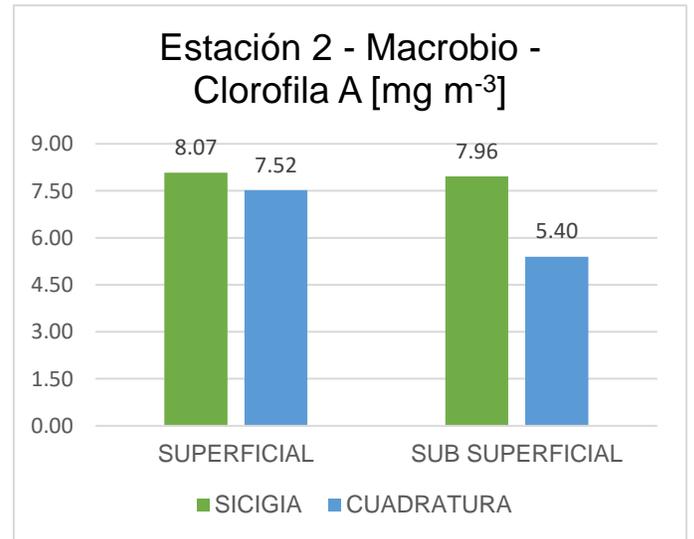
Gráfica 3.19: Materia orgánica-particulada, Macrobio. Fuente: Elaboración propia.

Las gráficas 3.19 y 3.20 muestran la concentración de materia orgánica particulada en cada estación. En la estación 1 se observó valores mayores a nivel subsuperficial de 0.18% y 0.18%, para sicigia y cuadratura respectivamente, en cambio a nivel superficial se registraron valores de 0.17% sicigia y 0.18% para cuadratura. Para la estación 2, se evidenció en sicigia mayores valores a nivel superficial de 0.18% y subsuperficial de 0.18%, en cambio para cuadratura con 0.180% y 0.181% superficial y subsuperficial respectivamente.

3.1.7 Clorofila A



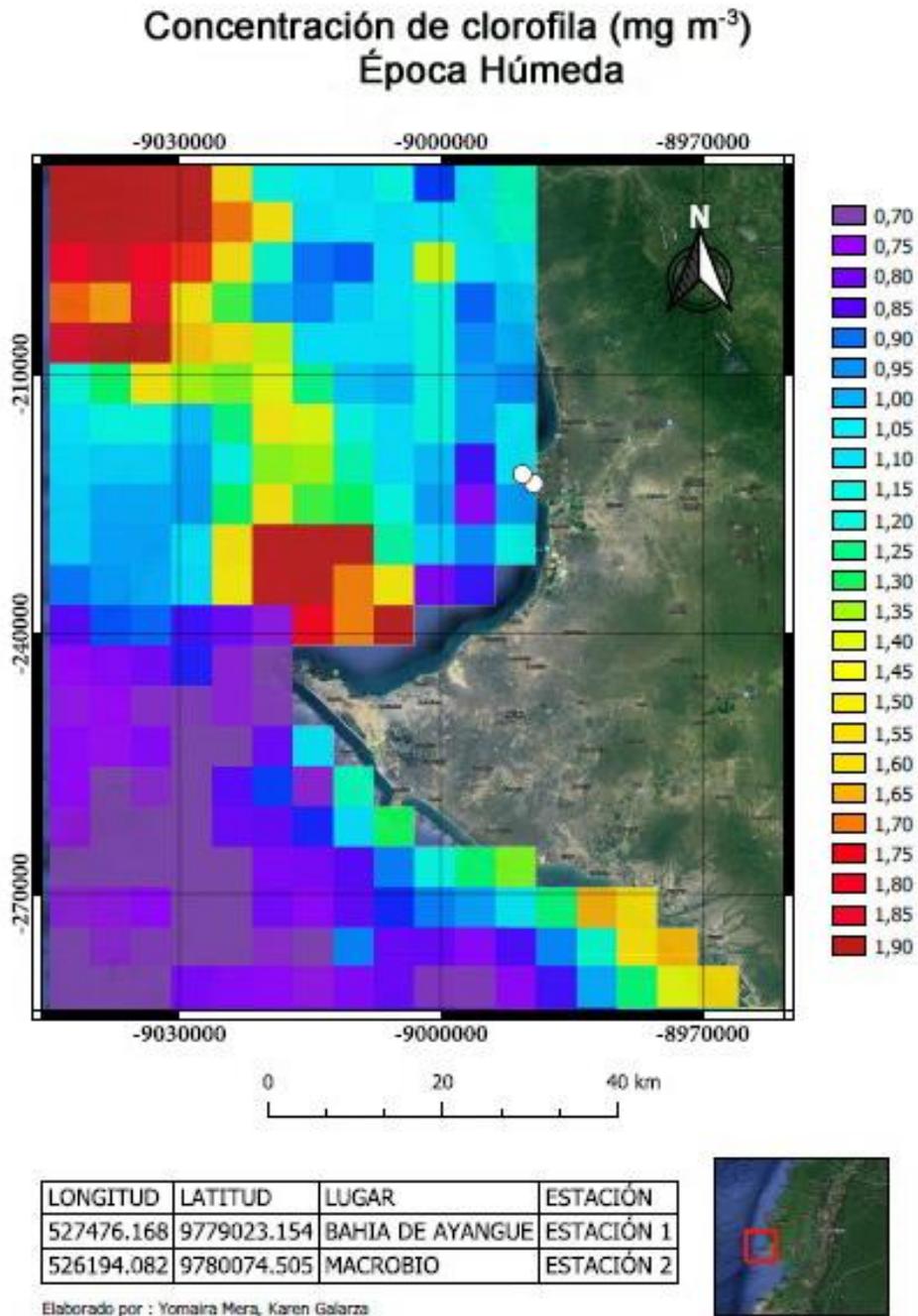
Gráfica 3.22: Clorofila A, Macrobio. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 3.21: Clorofila A, Macrobio. Fuente: Elaboración propia.

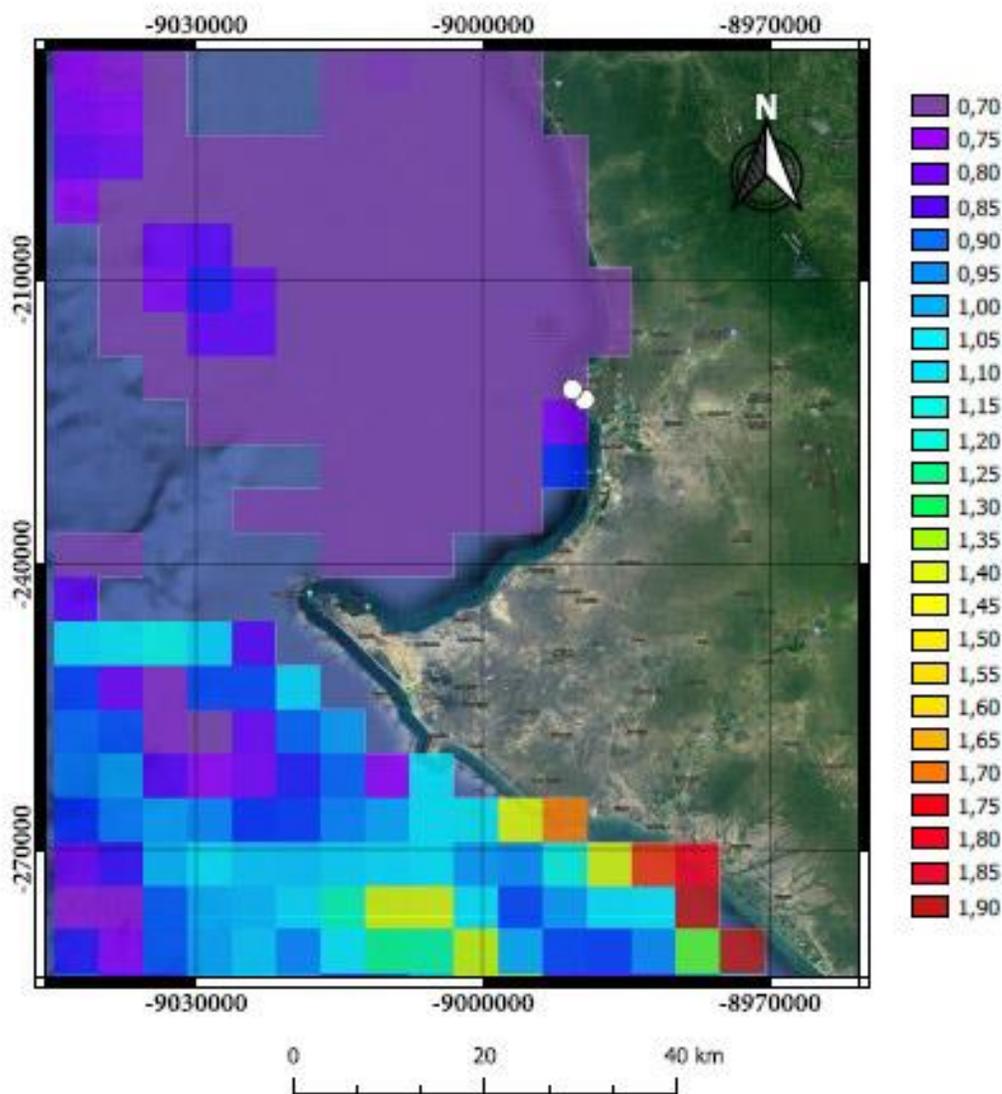
En las gráficas 3.21 y 3.22, se muestra la concentración de clorofila en cada estación, tomando como referencia las dos fases lunares, en la estación 1 se observó para sicigia los valores son de 4.1 mg m⁻³ a nivel superficial y 6.8 mg m⁻³ subsuperficial; para cuadratura fue de 3.1 y 7.9 mg m⁻³ en la superficie y subsuperficie respectivamente. Para la estación 2, se evidenció mayores valores en la fase lunar sicigia con 8.12 mg m⁻³ en la superficie y 8.05 mg m⁻³ subsuperficial y para cuadratura los valores fueron de 7.8 y 5.75 mg m⁻³ para superficie y subsuperficie respectivamente.

3.1.8 Mapas



**Ilustración 3.5: Mapa de clorofila A para época húmeda, Santa Elena.
Fuente: Elaboración propia.**

Concentración de clorofila (mg m⁻³) Época Seca



LONGITUD	LATITUD	LUGAR	ESTACIÓN
527476.168	9779023.154	BAHIA DE AYANGUE	ESTACIÓN 1



Ilustración 3.6: Mapa de clorofila A para época seca, Santa Elena.

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustraciones 3.5 y 3.6 representan la concentración de clorofila A en época seca y húmeda respectivamente, donde se mostró que para época húmeda se registran más valores cercanos a 1.9 mg m^{-3} y en época seca de 1.2 mg m^{-3} .

3.2 Análisis de resultados

Los datos registrados para los perfiles en las gráficas 3.3 y 3.4, para las dos estaciones en las dos fases lunares, permite observar el comportamiento de la temperatura debido a las corrientes. Se evidenció un comportamiento relativamente constante, dependiendo de la posición de la termoclina debido a la influencia de punto de fondo. En la estación 2 Macrobio (ver gráfica 3.4), tiene un cambio abrupto entre los 4-5 m de profundidad en cambio, Ayangue por su ubicación alejada a la costa, su termoclina se ubicó a los 10 m aproximadamente.

Los datos de los perfiles varían debido a las corrientes presentes en la zona de estudio, si se encuentra en la fase lunar sicigia van a ser mareas vivas, por lo que, la tasa de enfriamiento, puede estar condicionada por los procesos de advección debido a los vientos, registró valores de $25\text{-}25.5^{\circ}\text{C}$ para las dos estaciones, en cambio para cuadratura al ser mareas muertas, la variación de temperatura con una intensidad de corriente más baja de lo habitual, presentó valores de $24\text{-}25^{\circ}\text{C}$ teniendo un cambio abrupto a nivel de la termoclina para cada estación.

El comportamiento de los nutrientes, presentó un aumento en la concentración de fósforo y nitrito, lo que indica la presencia de detergentes, que conlleva a contaminación en la estación de Ayangue y Macrobio. Por lo que se puede tener un alto riesgo con las ostras de roca ya que son filtradoras de impurezas del agua.

En la fase lunar cuadratura existe más concentración de nutrientes, esto se debe a que las mareas son muertas y la remoción de sedimentos de fondo es más lenta. Por ende, hace que los nutrientes permanezcan más tiempo y se distribuyan mejor en la columna de agua para que funcionen como medio de sobrevivencia para las especies.

La climatología de albedo registró menor cantidad de material suspendido correspondientes a los meses de septiembre a diciembre, por lo que la turbidez disminuye y la clorofila aumenta; mientras que para los meses de enero hasta abril, el albedo es menor y existe mayor cantidad de material suspendido, la clorofila disminuye.

Los mapas de clorofila A mostraron la concentración que hay debido a la influencia de las corrientes en época seca y húmeda y el punto de afluencia del mismo. Se observó que la concentración es mayor en época húmeda debido a la presencia de la corriente del Norte (Corriente de Cromwell), que al ser una corriente cálida hay muy poca presencia de productividad debido a la temperatura del agua en esos meses y donde se ubique la termoclina. En cambio, para la época seca, esta presente la corriente de Humboldt, el cual es una corriente fría que va trayendo nutrientes de acorde su recorrido que es desde sur del continente hacia la zona ecuatorial, en el mapa de clorofila para época seca se logró observar que en la parte sur de Santa Elena, va entrando una franja roja que muestra altos valores de clorofila.

Las condiciones que debe estar la ostra de roca para su crecimiento y reproducción van de de acuerdo a las épocas del año, donde en el desove, la especie tiene que estar a temperaturas mayores donde las condiciones son similares a la época húmeda. Para el crecimiento se le daría más óptimo que sea cuando haya altos niveles de producción primaria por la presencia de nutrientes esenciales.

CAPÍTULO 4

4.1 Conclusiones

Luego de recopilar la información bibliográfica, realizar trabajo de campo, resultados y su análisis, se concluye lo siguiente:

Se logró determinar la caracterización de las variables oceanográficas presentes en la Bahía de Ayangue, tales como, temperatura, salinidad, corrientes, nutrientes, sólidos suspendidos totales, materia orgánica particulada y clorofila; las cuales son de gran influencia para conocer el estado de los bancos naturales para la repoblación de ostras de roca (*S. prismatica*).

La estación 1 (Ayangue) y la estación 2 (Macrobio) comparten características similares con respecto a la concentración de fosfato y nitrato en la fase lunar cuadratura, ya que se evidenciaron valores mayores, esto se da, porque al estar en condiciones de marea muerta, la remoción de sedimentos de fondo es mínimo, lo que provoca más acumulación de nutrientes en la columna de agua. Las altas concentraciones de nutrientes en un cuerpo de agua como Ayangue al ser una ensenada (estación 1) y frente a los laboratorios de Macrobio (estación 2) son resultado de descargas de afluentes que contienen productos químicos como detergentes que están compuestas de fosfato o nitrato.

Las estaciones 1 y 2, están influenciadas por alta concentración de materia orgánica particulada y sólidos suspendidos totales, esto representa que a mayor turbidez la salinidad tiende a disminuir, estas condiciones se originan por la descarga de residuos urbanos al mar que trae consigo una contaminación y afecta a las ostras de roca, por lo que se requiere un plan de biorremediación para poder efectuar el cultivo. También para la generación de las semillas en laboratorio se requiere un protocolo ambiental que garantice el crecimiento correcto de la especie.

La climatología para Ayangue evidenció un aumento de temperatura a lo largo de los años, ya sea por procesos naturales o antropogénicos, aunque la mayoría de los datos oscilen entre 25 °C y 26 °C. A pesar de esto, las condiciones del lugar coinciden con los rangos admitidos para los procesos biológicos de la ostra de roca, donde la madurez generalmente ocurre durante la época seca y el desove al inicio de la época de lluvias. Esto quiere decir, que en los meses de agosto y septiembre la ostra de roca tendrá más actividad reproductiva debido a las altas temperaturas.

Los perfiles de temperatura mostraron que para la estación 1 (Ayangue) se registran valores entre 24.5 °C y 25.3 °C en ambas fases lunares (salida 1, salida 2); mientras que para la estación 2 (Macrobio) se encuentran en 24.3°C y 25.2 °C. Esto indica que la variación de la temperatura en la columna de agua va a estar altamente influenciada a la profundidad en que se encuentre el cultivo, debido a la posición de la termoclina que para Ayangue tiende a profundizarse al estar más alejado de la costa, mientras que frente al Laboratorio de Macrobio al estar más cercano a la línea de costa su termoclina se encuentra en 4-5 m de profundidad.

La obtención de las gráficas de albedo permitió relacionar a nivel satelital la concentración de sólidos suspendidos totales que se encuentran en el cuerpo de agua del área de investigación; para la época húmeda se evidencia que cuando la reflectancia tiende a disminuir, es porque la concentración del material suspendido total aumenta. También se observó una disminución de clorofila a, debido a que aumenta la turbidez y esto no permite que se refleje tanto el albedo. En cambio, para la época seca se notó un aumento debido al cambio estacional por la ausencia de precipitaciones. Con esto, se afirma que la biología reproductiva de la ostra de roca va ligado a la cantidad de sólidos suspendidos totales y materia orgánica particulada presentes en la zona para la generación de biomasa y esto contribuirá a la alimentación de la especie.

La concentración de clorofila A está altamente relacionado con los datos satelitales para la elaboración de los mapas de concentración de clorofila a, con respecto a la época húmeda se alcanzó valores de 1 mg m^{-3} , mientras que, para la época seca, los valores obtenidos fueron de 0.80 mg m^{-3} , estos resultados muestran que las condiciones son aceptables para la repoblación de ostras de roca, debido a que la cantidad de materia orgánica particulada registrada en campo es aceptable para ser utilizado por la especie. En cambio, los valores que se evidenciaron en la concentración de los nutrientes como nitrato, nitrito y fosfato, a pesar de que sean elevados en fosfato y nitrato, están en el rango aceptable para ser aprovechado por la ostra de roca.

Los valores de velocidades observados en la rosa de vientos, estuvieron alrededor de 0.1 y 0.6 m s^{-1} , mientras que en la determinación de corrientes costa afuera utilizando el método lagrangiano, se tuvieron valores de 0.1 m s^{-1} en la estación 1 (Ayangue), y 0.09 m/s en la estación 2 (Macrobio) para la fase de sicigia; así mismo, 0.1 m s^{-1} en la estación 1 (Ayangue), y 0.05 m s^{-1} en la estación 2 (Macrobio) para la fase de cuadratura, esto significa que existen corrientes ideales para el crecimiento y reproducción de ostra de roca y por ende desarrollar una repoblación óptima sin alterar los procesos naturales de la zona de estudio.

Entonces, al realizar esta investigación y demostrar los aspectos positivos y negativos para una repoblación de ostras de roca, la comuna contará con información eficaz para realizar futuros estudios que fortalezcan el turismo sostenible en la zona y puedan darle una identidad a su comuna.

La teledetección es una herramienta importante para los procesos acuícolas debido a la facilidad de obtención de datos que la mayoría de las veces resulta una tarea difícil registrarlos en campo. A pesar de que los satélites no siempre capturan información en zonas cercanas a la costa, por ello, para obtener un proyecto con resultados confiables y más exactos, es imprescindible el uso de estas herramientas de manera conjunta.

La oceanografía cumple un rol importante en las actividades acuícolas, ya que relaciona la biología de la especie con los procesos oceanográficos del entorno y cómo se comportan entre sí, y garantizar la protección del medio marino y sus recursos para generar una maricultura sostenible.

Se puede realizar una repoblación de ostras de roca en la comuna de Ayangue, debido a que los resultados generales muestran que las condiciones climáticas y oceanográficas de la zona son óptimas para el cultivo controlado. Sin embargo, se debe tener en consideración seguir un riguroso protocolo que permita el cumplimiento de las normativas ambientales por los valores elevados que presentaron ciertos nutrientes.

4.2 Recomendaciones

Con el fin de proporcionar resultados adecuados y precisos en una investigación de tipo experimental e investigativo, se recomienda lo siguiente:

- Es importante tomar en cuenta, la calibración de los equipos, debido a que con esto se garantizará la correcta toma de datos in situ.
- Conocer los procesos biológicos de la ostra de roca, para relacionarlos con los parámetros oceanográficos.
- En el análisis de laboratorio, en el proceso de clorofila, el valor mínimo de filtrado debe ser 1 litro de la muestra, esto ayudará a que se pueda distinguir de mejor manera el pigmento en el espectrofotómetro.
- Para obtener la concentración de nitrato, es necesario, estar pendientes del proceso de llenado en la columna de cadmio, para lograr una mejor filtración de la muestra.

- Colocar las muestras de agua en refrigeración, apenas finalice el trabajo de campo, lo cual evitará la alteración de la composición química de la muestra.
- En el método lagrangiano (veleteo), se debe situar las veletas a pocos metros de la costa, esto permitirá obtener una mejor representación de la trayectoria de la dirección de corrientes superficiales.
- Seleccionar las estaciones de acuerdo a los requerimientos del cliente y las condiciones oceanográficas de la zona, con el fin de evitar realizar trabajos de campo en zonas no favorables para este tipo de investigación.
- La utilización de sensores remotos para determinar la concentración de clorofila de una zona, se debe realizar en una area más amplia para que se logre notar el cambio por efecto de las corrientes y buscar una mejor resolución de los datos para que puedan capturar zonas cercanas a la costa.
- Para mejorar la exactitud de la información oceanográfica de la zona, se requiere la recolección de datos de campo con una temporalidad de 6 a 12 meses para saber los procesos que ocurren de manera actualizada, esto ayudará a que los tomadores de decisiones tengan conocimiento sobre las proyecciones de los resultados a largo plazo.
- Es necesario realizar una depuración de información a los datos descargados de los sensores remotos que permita ordenar la información y eliminar datos erróneos que puedan afectar en los resultados de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Angell, C. (1986). *The Biology and Culture of Tropical Oysters*. USA: International Center for living aquatic resources management.
- Aragón-Noriega, A., Espinosa-Carreón, L., & Pérez-Arvizu, E. (2013). *Variabilidad estacional de la clorofila a y su respuesta a condiciones El Niño y La Niña en el Norte del Golfo de California*. Valparaíso: Scielo - Revista de Biología Marina y Oceanografía.
- Aréchiga Palomera, M. A. (2018). *Diversidad y estructura genética de *Striostrea prismatica* Gray, 1825 (Bivalvia: Ostreidae) en el Pacífico oriental tropical*. Zapopan, Jalisco: Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
- Aréchiga, M. A. (2018). *Diversidad y estructura genética de *Striostrea prismatica* Gray, 1825 (Bivalvia: Ostreidae) en el Pacífico oriental tropical*. Zapopan: Universidad de Guadalajara.
- Casco Lopez, M. G. (2016). *Análisis Ambiental Químico*. Santa Elena: Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas 'Edgar Arellano M'.
- Coello, M. G. (10 de junio de 2012). *Caumas (Confederación Estatal de Asociaciones y Federaciones de Alumnos y Exalumnos de los Programas Universitarios de Mayores)*. Obtenido de Las corrientes marinas: caumas.org/wp-content/uploads/2015/04/LAS-CORRIENTES-MARINAS.pdf
- Consultoría, L. d. (2010). *Medición de turbidez en la calidad de agua*. Jalisco: Laboratorio Clínico Metas.
- Cornejo, M. d., & Enfield, D. (15 de diciembre de 1987). *Propagation and forcing of high-frequency sea level variability along the west coast of South America*. Obtenido de agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/JC092iC13p14323
- DANE. (10 de julio de 2007). *DANE - Laboratorio de Calidad Ambiental*. Obtenido de Sistema de Información del Medio Ambiente: www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/solidos_suspension.pdf
- De Castro, M., Ramis, C., Cotarelo, P., & Riechmann, J. (2005). *Cambio climático: un reto social inminente*. Madrid: Centro de Investigación para la Paz (CIP-Ecosocial).
- ELITTORAL, C. G. (20 de mayo de 2016). *Mapeo Béntico y de Ecosistemas Marinos en seis áreas marinas y costeras y cuatro zonas de posible expansión*. Obtenido de chm.cbd.int/api/v2013/documents/6120BF7A-BD24-5225-9DEF-4D4BE3AD3799/attachments/Conservacion_Mapeo.pdf
- Galantini, J., Landriscini, M., & Hevia, C. (2007). *Contenido y la calidad de materia orgánica particulada en el suelo*. Argentina: Aapresid.

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial-Cantón Santa Elena 2014-2019*. La Libertad: Gob Santa Elena.
- Gonzabay, C. A. (2014). *Incidencia de la pesca artesanal en las poblaciones de la ostra nativa (Cassostrea iridescens) en los arrecifes rocosos de Ayangué, Provincia de Santa Elena*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Hebert Ely Vásquez, R. J. (2007). *Guía para el cultivo de ostras del Pacífico*. El Salvador: Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA).
- Hernández, A. M. (2007). *SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUA SECADOS A 103 – 105 °C*. Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Ihaka, R., & Gentleman, R. (1996). *R: a language for data analysis and graphics*. Journal of Computational and Graphical Statistics 5.
- Lodeiros, C., Marquéz, A., Revilla, J., Rodríguez, D., & Sonnenholzner, S. (2017). *Spat Production of the Rock Oyster Striostrea prismatica (Gray, 1825)*. Santa Elena-Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral, ESPOL, Centro Nacional de Acuicultura e, Investigaciones Marinas (CENAIM), Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente.
- Lodeiros, C., Valentich Scott, P., Chávez Villalba, J., Mazón Suastegui, J. M., & Grijalva Chon, J. M. (2020). *TROPICAL AND SUBTROPICAL OSTREIDAE OF THE AMERICAN PACIFIC: TAXONOMY BIOLOGY, ECOLOGY, AND GENETICS*. México, Manabí, Venezuela: Universidad Técnica de Manabí, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Escuela de Acuicultura y Pesquería Facultad.
- Lloor Ruperti, H., Carroll, D., & Breaker, L. (2016). *Tendencias en la variabilidad de la temperatura superficial del mar en la costa del Ecuador*. Manabí : Revista Técnica de los Agrociencias.
- Márquez, A., Lodeiros, C., Rodríguez, D., Freitas, L., & Jara, F. (2020). *Efecto del tamaño del núcleo en la calidad de las medias perlas (mabé) producidas por la ostra alada Pteria sterna (Gould, 1851), en costas ecuatorianas*. Venezuela, Manabí.: Cenaim, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad Técnica de Manabí, Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Melchor, J. M., Ruiz, A., Terrazas, R., & Acosta, C. (2002). *Mortalidad y crecimiento del ostión de roca, Crassostrea iridescens (Hanley, 1854), en San Ignacio, Sinaloa, México*. México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Moragues, M., Clavero, M., & Losada, M. (2020). *Wave Breaker Types on a Smooth and Impermeable*. Granada: Journal of Marine Science and Engineering.
- NASA. (1 de enero de 2000-2015). *MODIS Aqua*. Obtenido de Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer: modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod43.php

- Natgeo, R. (5 de septiembre de 2010). *National Geographic* . Obtenido de www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/el-aumento-del-nivel-del-mar
- Nowland, S., O' Connor, W. A., Osborne, M., & Southgate, P. (2019). *Current Status and Potential of Tropical Rock Oyster Aquaculture*. Australia: Department of Primary Industry and Resources, Northern Territory Government.
- Paradis, E., & Ahumada, J. A. (2003). *R para Principiantes*. Institut des Sciences de l'Evolution. Universit Montpellier II.
- Quayle, D. (1990). *Ostras Tropicales: Cultivo y Métodos*. Ottawa, Canadá: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
- Rendón Martínez, L. A., Ortega-Salas, A. A., Hurtado Oliva, M. A., Piña Valdez, P., & Nieves Soto, M. (2016). *Cultivation of stone Oyster *Striostrea Prismatica* (Gray) in a water supply channel for shrimp farm in Sinaloa, Mexico*. México: Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Ríos-González, K. G., López-Uriarte, E., Chong-Carrillo, O., Vega-Villasante, F., & Chávez-Villalba, J. (2018). *Rock oyster *striostrea prismatica* (Gray, 1825): Biology, exploitation and conservation*. México: Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. Departamento de Ecología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 2Laboratorio de Acuicultura Experimental, Centro Universitario de la Costa. Centro de Investigaciones Biológicas.
- Robles, J., Cisneros, P., & Siccha-Ramirez, R. (2020). *REPRODUCCIÓN Y CULTIVO DE OSTRAS NATIVAS *Striostrea prismatica* (Gray, 1825). TUMBES, PERÚ*. Tumbes-Perú: Instituto del Mar del Perú, Laboratorio Costero de Tumbes, Zorritos, Perú.
- Rodríguez-Pesantes, D., Lodeiros, C., Marquéz, A., Cevilla, J., & Sonnenholzner, S. (2020). Microalgal diet evaluation in the larval development and substrate selection for settlement in the rock oyster *Striostrea prismatica* (Gray, 1825). *Aquaculture Research*, 1–10.
- Roldán, P. J. (2009). *Evaluación de las energías renovables no convencionales de desarrollarse en el Ecuador*. Quito: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- Schlitzer, R. (02 de Marzo de 2021). *Ocean Data View*. Obtenido de Ocean Data View User's Guide: odv.awi.de/
- Schneider, M. S. (2001). *LA SALINIDAD EN LOS OCÉANOS*. Guatemala: CRAI LANDÍVAR.
- Sonnenholzner, S., & Loor, A. (2014). *Reproductive cycle of the rock oyster, *striostrea prismatica* from two locations on the southern coast of Ecuador*. Guayaquil: CENAIM.
- Tin, B. (5 de septiembre de 2014). *Señor Creativo*. Obtenido de En que te puede ayudar el design thinking: senorcreativo.com/para-que-sirve-el-design-thinking/

- Toro, C. G. (2011). *Monitoreo de la calidad de agua*. Mayaguez, Puerto Rico: Servicio de Extensión Agrícola.
- Vega Moreno, D., & Machín, F. (2017). *Manual Docente de Ocean Data View para Oceanografía*. Gran Canaria: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Villar, S. J. (enero,2012). *Monitoreo de toxinas paralizantes (TPs) en los moluscos bivalvos Chama sordida y striostrea prismatica en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa*. Mazatlán: Universidad Autónoma de México.
- WoRMS. (10 de junio de 2015). *World Register of Marine Species*. Obtenido de Distribución *Striostrea prismatica*: www.marinespecies.org/aphia.php?p=stats

APÉNDICE

APÉNDICE A: TRABAJO DE CAMPO



Ilustración A-1: Obtención de muestras de agua con la botella Niskin. Fuente: Las



Ilustración A-2: Obtención de datos con el CTD. Fuente: Las Autoras.



Ilustración A-3: Registro de datos con el multiparámetro. Fuente: Las Autoras.



Ilustración A-4: Determinación de corrientes. Fuente: Las autoras.



Ilustración A-6: Veletas superficiales y subsuperficiales. Fuente: Las autoras.



Ilustración A-5: Filtración de muestras para clorofila y TSS. Fuente: Las autoras.



Ilustración A-7: Análisis de Nitrato en la columna de cadmio. Fuente: Las autoras.



Ilustración A-8: Conteo y reconocimiento general de fitoplancton. Fuente: Las autoras.

APÉNDICE B: BASE DE DATOS

Mareas

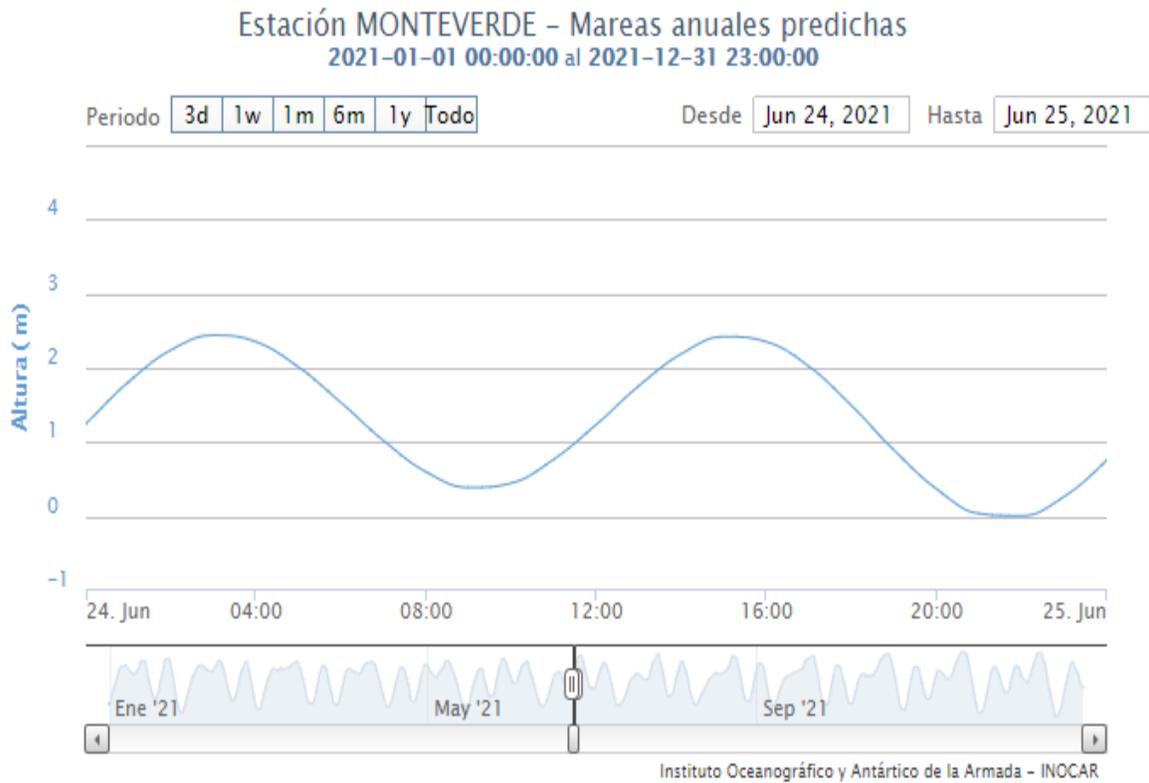


Ilustración B-1: Altura de Ola, mareas. Fuente: INOCAR.

En las salidas de campo correspondientes a las dos fases lunares, se realizó el método lagrangiano, conocido como veleteo. Las veletas superficiales fueron la roja y roja con negro y la veleta verde fue subsuperficial. A continuación, se muestran las tablas que contiene la información mencionada.

1. FASE LUNAR SICIGIA

Tabla B-1: Veleta verde – Ayangue. Fuente: Elaboración propia

VELETA VERDE								
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO								
PROYECTO					MEDICIÓN			
ÁREA	Bahía de Ayangue				FECHA	25/6/2021		
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES
10:49 a. m.	A	526611.2	9780326.5					SIEMBRA
10:59 a. m.	A	526618.9	9780377.3	51.38	600	0.09	81.38	1RA TOMA
11:09 a. m.	A	526633.4	9780425.9	50.72	600	0.08	73.39	2DA TOMA
11:19 a. m.	A	526636.8	9780476.8	51.01	600	0.09	86.18	ERA TOMA
11:29 a. m.	A	526653.4	9780536.5	61.96	600	0.10	74.46	COSECHA
						VELOCIDAD MEDIA	0.09	
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.10	

Tabla B-2: Veleta roja con negra – Ayangue. Fuente: Elaboración propia

VELETA ROJA CON NEGRA								
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO								
PROYECTO					MEDICIÓN			
ÁREA	Bahía de Ayangue				FECHA	25/6/2021		
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES
10:51 a. m.	B	526636.7	9780357.4					SIEMBRA
11:01 a. m.	B	526647.9	9780401.6	45.597	600	0.076	75.78	1RA TOMA
11:11 a. m.	B	526651.2	9780443.6	42.129	600	0.070	85.51	2DA TOMA
11:21 a. m.	B	526654.5	9780488.9	45.420	600	0.076	85.83	3RA TOMA
11:31 a. m.	B	526656.8	9780536.5	47.656	600	0.079	87.23	COSECHA
						VELOCIDAD MEDIA	0.060	
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.079	

Tabla B-3: Veleta roja – Ayangue. Fuente: Elaboración propia

VELETA ROJA								
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO								
PROYECTO					MEDICIÓN			
ÁREA	Bahía de Ayangue				FECHA		25/6/2021	
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES
10:54 a. m.	C	526656.8	9780387.2					SIEMBRA
11:04 a. m.	C	526667.9	9780428.1	42.38	600	0.071	74.82	1RA TOMA
11:14 a. m.	C	526684.6	9780467.9	43.16	600	0.072	67.24	2DA TOMA
11:24 a. m.	C	526706.8	9780508.8	46.54	600	0.078	61.51	3RA TOMA
11:34 a. m.	C	526723.5	9780546.4	41.14	600	0.069	66.05	COSECHA
						VELOCIDAD MEDIA	0.072	
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.078	

Tabla B-4: Veleta verde – Macrobio. Fuente: Elaboración propia

VELETA VERDE								
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO								
PROYECTO					MEDICIÓN			
ÁREA	Macrobio				FECHA		25/6/2021	
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES
9:48 a. m.	A	527412.8	9778844.1					SIEMBRA
9:59 a. m.	A	527436.1	9778841.9	23.40	600	0.039	170.80	1RA TOMA
10:09 a. m.	A	527466.1	9778839.7	30.08	600	0.050	175.81	2DA TOMA
10:19 a. m.	A	527499.5	9778835.2	33.70	600	0.056	172.33	3RA TOMA
10:29 a. m.	A	527520.6	9778831.9	21.36	600	0.036	171.11	COSECHA
						VELOCIDAD MEDIA	0.045	
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.056	

Tabla B-5: Veleta roja con negra – Macrobio. Fuente: Elaboración propia

VELETA ROJA CON NEGRA								
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO								
PROYECTO					MEDICIÓN			
ÁREA	Bahía de Ayangue				FECHA		25/6/2021	
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES
10:51 a. m.	B	526636.7	9780357.4					SIEMBRA
11:01 a. m.	B	526647.9	9780401.6	45.597	600	0.076	75.78	1RA TOMA
11:11 a. m.	B	526651.2	9780443.6	42.129	600	0.070	85.51	2DA TOMA
11:21 a. m.	B	526654.5	9780488.9	45.420	600	0.076	85.83	3RA TOMA
11:31 a. m.	B	526656.8	9780536.5	47.656	600	0.079	87.23	COSECHA
						VELOCIDAD MEDIA	0.060	
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.079	

Tabla B-6: Veleta roja – Macrobio. Fuente: Elaboración propia

VELETA ROJA									
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO									
PROYECTO					MEDICIÓN				
ÁREA	Macrobio				FECHA	25/6/2021			
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES	
9:58 a. m.	C	527489.5	9778878.4					SIEMBRA	
10:08 a. m.	C	527522.9	9778876.1	33.48	600	0.056	176.06	1ERA TOMA	
10:18 a. m.	C	527552.9	9778868.4	30.97	600	0.052	165.60	2DA TOMA	
10:28 a. m.	C	527567.3	9778865.1	14.77	600	0.025	167.09	3RA TOMA	
10:38 a. m.	C	527576.2	9778871.7	11.08	600	0.018	216.56	COSECHA	
						VELOCIDAD MEDIA	0.038		
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.056		

2. FASE LUNAR CUADRATURA

Tabla B-7: Veleta verde- Ayangue. Fuente: Elaboración propia

VELETA VERDE									
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO									
PROYECTO					MEDICIÓN				
ÁREA	Bahía de Ayangue				FECHA	2/7/2021			
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES	
	A	526749	9780122					SIEMBRA	
	A	526751.3	9780197.1	75.14	600	0.1252	268.25	1RA TOMA	
	A	526754.6	9780259	61.99	600	0.1033	266.95	2DA TOMA	
	A	526768	9780318.7	61.19	600	0.1020	257.35	3RA TOMA	
	A	526788	9780372.9	57.77	600	0.0963	249.75	COSECHA	
						VELOCIDAD MEDIA	0.1067		
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.1252		

Tabla B-8: Veleta roja con negro- Ayangue. Fuente: Elaboración propia

VELETA ROJA CON NEGRO									
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO									
PROYECTO					MEDICIÓN				
ÁREA	Bahía de Ayangue				FECHA	2/7/2021			
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES	
	B	526757.9	9780157.3					SIEMBRA	
	B	526766.8	9780228.1	71.36	600	0.119	262.835	1RA TOMA	
	B	526776.9	9780295.5	68.15	600	0.114	261.478	2DA TOMA	
	B	526795.8	9780350.7	58.35	600	0.097	251.099	3RA TOMA	
	B	526829.1	9780392.7	53.60	600	0.089	231.591	COSECHA	
						VELOCIDAD MEDIA	0.105		
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.119		

Tabla B-9: Veleta roja- Ayangue. Fuente: Elaboración propia

VELETA ROJA								
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO								
PROYECTO					MEDICIÓN			
ÁREA	Bahía de Ayangue				FECHA	2/7/2021		
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES
	C	526774.6	9780193.8					SIEMBRA
	C	526784.6	9780257.9	64.875	600	0.108	261.13	1RA TOMA
	C	526801.3	9780320.9	65.176	600	0.109	255.15	2DA TOMA
	C	526820.2	9780360.7	44.060	600	0.073	244.60	3RA TOMA
	C	526852.5	9780403.8	53.860	600	0.090	233.15	COSECHA
						VELOCIDAD MEDIA	0.095	
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.109	

Tabla B-10: Veleta verde – Macrobio. Fuente: Elaboración propia

VELETA VERDE								
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO								
PROYECTO					MEDICIÓN			
ÁREA	Macrobio				FECHA	2/7/2021		
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES
	A	527338.2	9778890.5					SIEMBRA
	A	527341.6	9778949.1	58.70	600	0.098	266.7	1RA TOMA
	A	527348.3	9778958	11.14	600	0.019	233.0	2DA TOMA
	A	527356.1	9779054.1	96.42	600	0.161	265.4	3RA TOMA
	A	527338.3	9779110.5	59.14	600	0.099	107.5	COSECHA
						VELOCIDAD MEDIA	0.094	
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.161	

Tabla B-11: Veleta roja con negro- Macrobio. Fuente: Elaboración propia

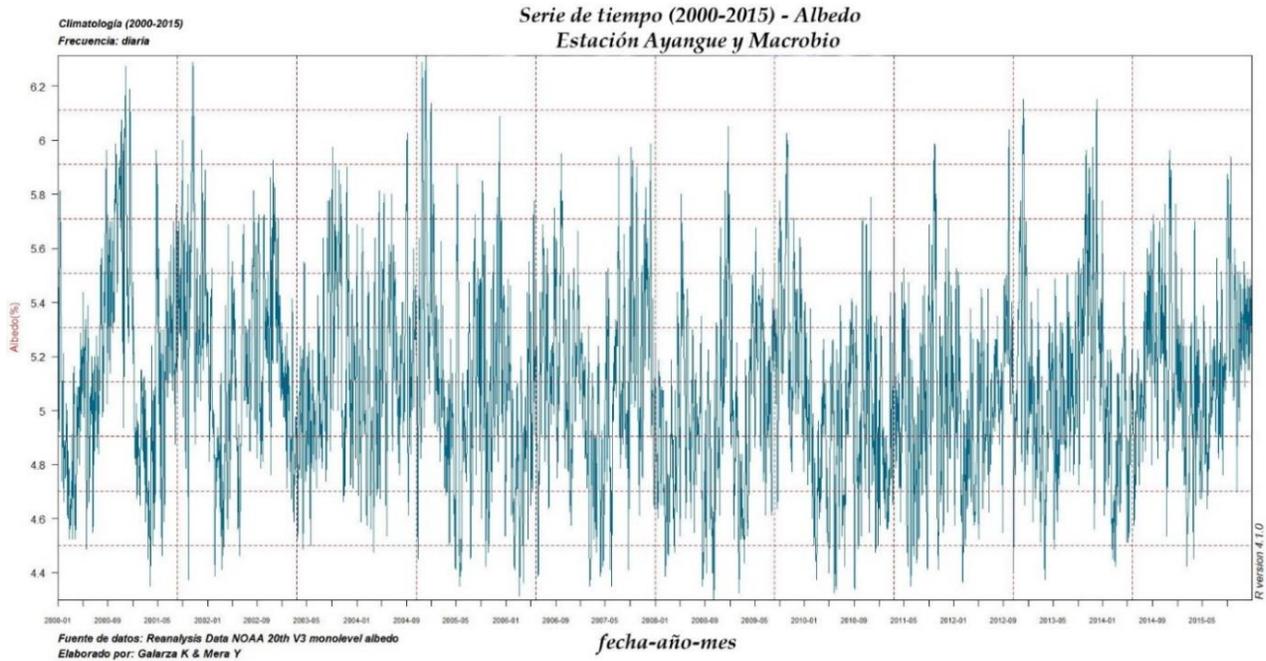
VELETA ROJA CON NEGRO								
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO								
PROYECTO					MEDICIÓN			
ÁREA	Macrobio				FECHA	2/7/2021		
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES
	B	527357.2	9778904.9					SIEMBRA
	B	527360.5	9778960.2	55.40	600	0.092	266.6	1RA TOMA
	B	527365	9779011	51.00	600	0.085	264.9	2DA TOMA
	B	527367.2	9779059.6	48.65	600	0.081	267.4	3RA TOMA
	B	527373.9	9779112.7	53.52	600	0.089	262.8	COSECHA
						VELOCIDAD MEDIA	0.087	
						VELOCIDAD MÁXIMA	0.092	

Tabla B-12: Veleta roja – Macrobio. Fuente: Elaboración propia

VELETA ROJA								
PLANTILLA DE VELETEO MÉTODO LAGRANGIANO								
PROYECTO					MEDICIÓN			
ÁREA	Macrobio				FECHA	2/7/2021		
HORA	VELETA	UTM X	UTM Y	DISTANCIA [m]	TIEMPO [s]	VELOCIDAD [m/s]	DIRECCIÓN [°]	OBSERVACIONES
	C	527363.8	9778923.7					SIEMBRA
	C	527365	9778972.3	48.615	600	0.081	268.59	1RA TOMA
	C	527376.1	9779024.3	53.172	600	0.089	257.95	2DA TOMA
	C	527379.4	9779077.3	53.103	600	0.089	266.44	3RA TOMA
	C	527373.9	9779135.9	58.858	600	0.098	95.36	COSECHA
				VELOCIDAD MEDIA		0.089		
				VELOCIDAD MÁXIMA		0.098		

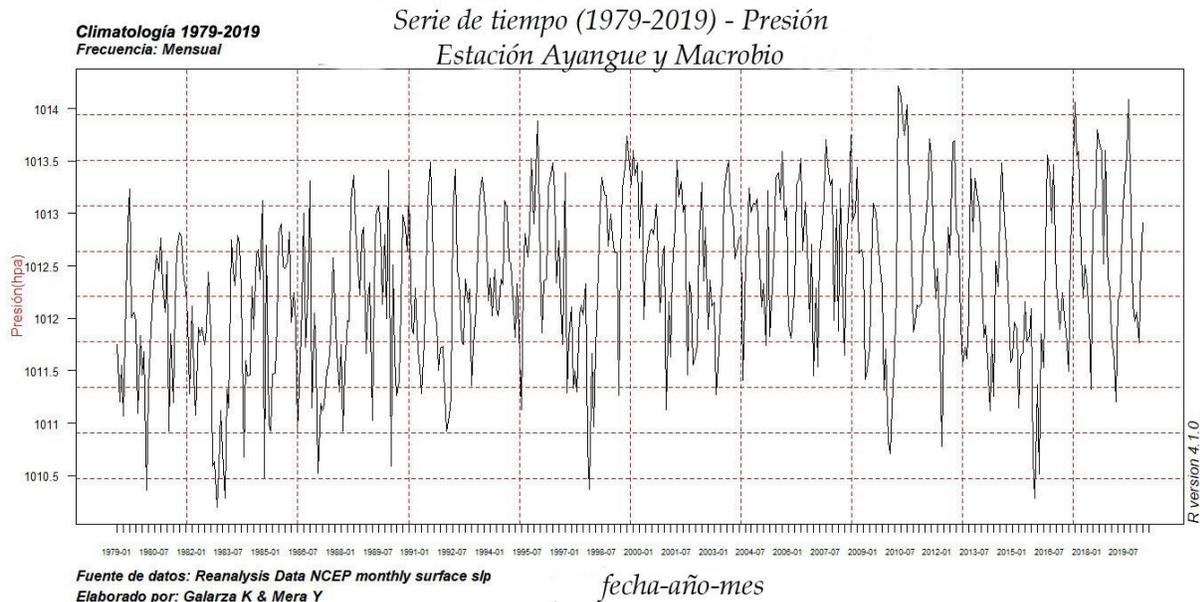
APÉNDICE C: RESULTADOS DE R STUDIO

1. SERIES DE TIEMPO



Gráfica C-1: Albedo Ayangue-Macrobio (2000-2015). Fuente: Elaboración propia

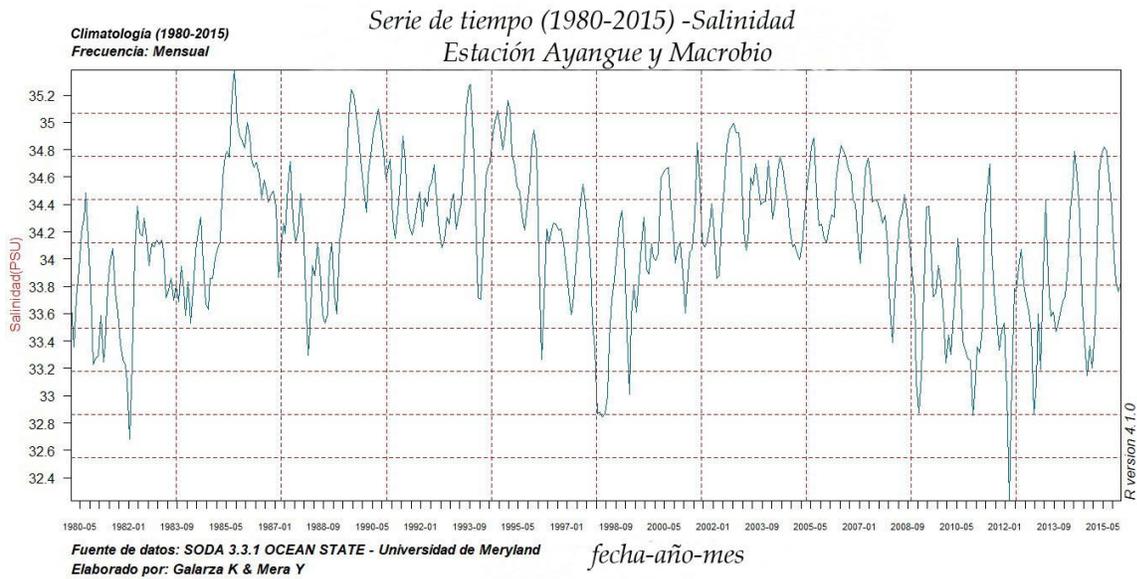
En la gráfica mostrada se observa que los valores mayores ocurren en los años 2000,2001,2004,2009 y 2014 esto significa, que el albedo ha sido reflejado en la superficie marina con un valor de 6.2% por lo que la turbidez tiende a disminuir, mientras que, para los años de 2005,2007,2008 y 2013 el albedo ha disminuido con un valor de 4.4 % y la turbidez está aumentando. Esta variable ha sido relacionada en este proyecto con la concentración de sólidos suspendidos totales (TSS), es decir, que mientras el albedo disminuye existe mayor valor de TSS, en cambio, si el albedo aumenta, los TSS van a disminuir en la zona de estudio.



Gráfica C-2: Presión Ayangue-Macrobio. Fuente: Elaboración propia

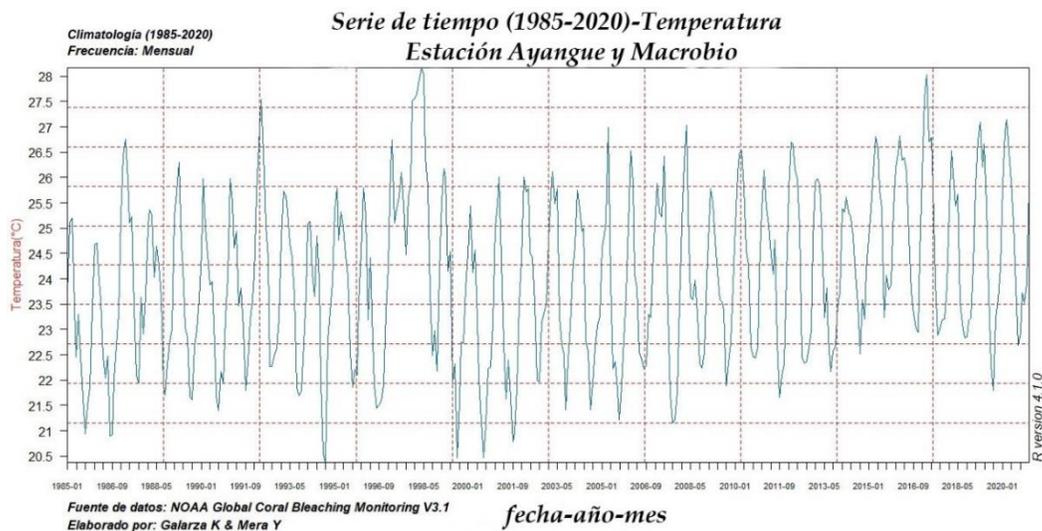
En la gráfica C-2 se tiene la temporalidad de 40 años (1979-2019), se observan los puntos mínimos más representativos en los años 1982,1983,1998 y 2016 con valores de 1010.5 hpa; mientras que los puntos máximos se notan en los años de 1996,2011 ,2018 y 2019 con valores de 1013.5-1014 hpa; estas variaciones bruscas en la precipitación significa que han existidos eventos extremos en esos lapsos de tiempo.

En el año 1982-83 , 1998 y 2016, se observa valores de 1010.5 hpa, esto se refiere al Fenómeno del Niño que ocurrió en aquella época, de igual manera para el año 2010 y 2016. Mientras que para los años 1996,2011,2018 con valores mayores a 1013.5 hpa, esto representa el Fenómeno de la Niña.



Gráfica C-3: Salinidad Ayangue-Macrobio (1980-2015). Fuente: Elaboración propia.

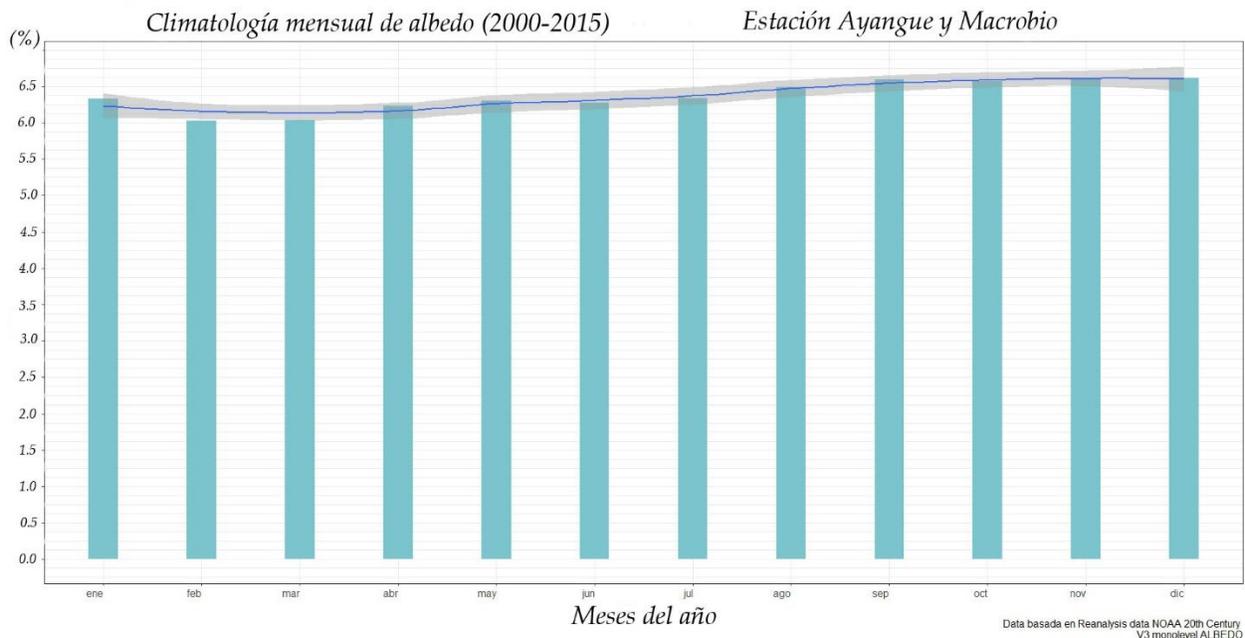
La gráfica C-3 tiene una temporalidad de 35 años (1980-2015), se puede notar los puntos mínimos en los años de 1982,1998 y 2012, con valores de 32.4-32.8 ups; mientras que los puntos máximos se los visualiza en los años 1986,1990,1993,1995 y 2003, con valores de 34.8-35.2, se presume que los valores bajos de salinidad se deben a una intrusión de aguas fluviales y el exceso de precipitaciones en la zona.



Gráfica C-4: Temperatura Ayangue-Macrobio (1985-2020). Fuente: Elaboración propia

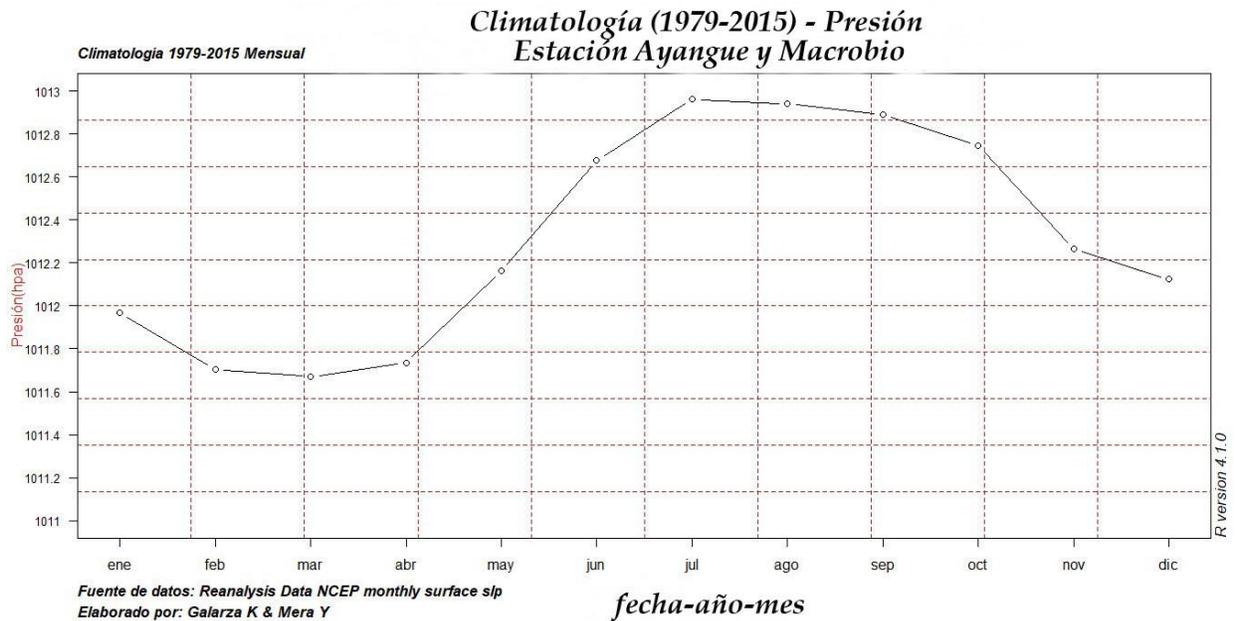
En la gráfica C-4 se tiene la temporalidad de 35 años (1985-2020) con una climatología mensual, se puede notar en los años de 1995, 2000,2001 y a inicios del 2020, los valores de temperatura están en 20-21.5°C; mientras que en los años de 1992,1998 y 2017 la temperatura comienza a aumentar, teniendo valores de 27.5 – 28°C, esto puede representar eventos extremos en la zona de estudio.

2. CLIMATOLOGÍAS



Gráfica C-5: Albedo Ayangue-Macrobio (2000-2015). Fuente: Elaboración propia

En la gráfica C-5 fue realizada con la temporalidad de 15 años (2000-2015) se observa mayor albedo por los meses de septiembre a noviembre con un valor de 6.2% , mientras que desde enero hasta abril disminuye teniendo un valor de 5.8-5.9%; el albedo se lo conoce como la reflectividad de la superficie terrestre o marina, se lo puede asociar con la clorofila y la cantidad de material suspendido.

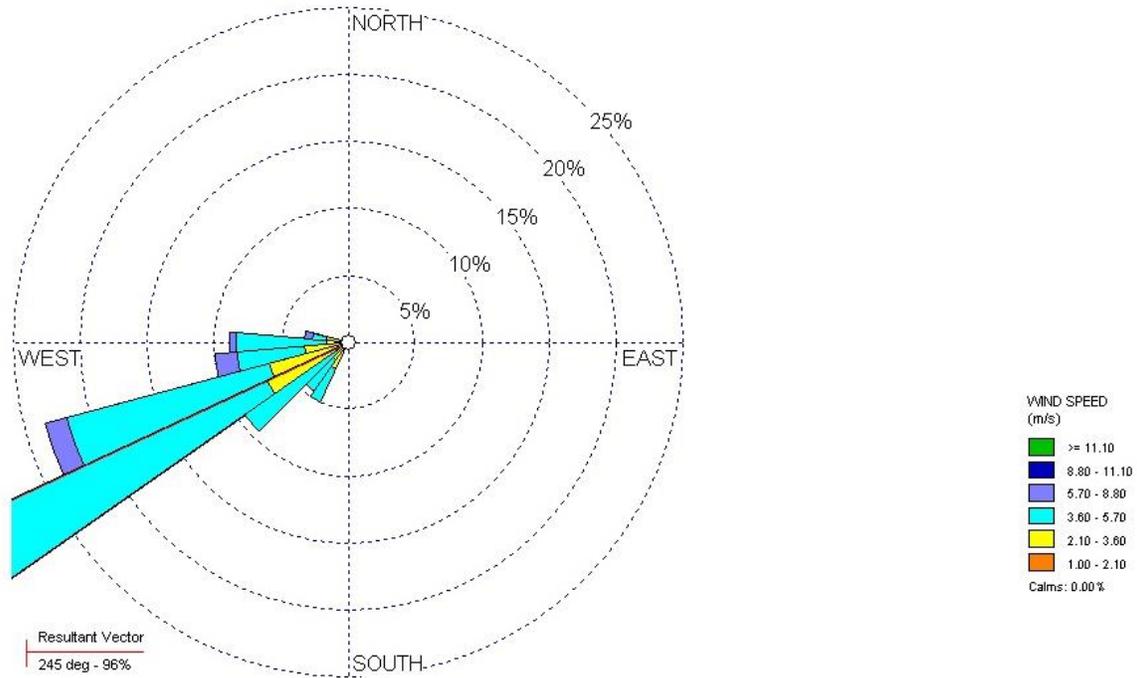


Gráfica C-6: Presión Ayangue-Macrobio (1979-2015). Fuente: Elaboración propia

En la gráfica C-6 se la realizó con una temporalidad de 36 años (1979-2015) con una climatología mensual, se observa que para el mes de enero tiene un valor de 1012 hpa y disminuye a 1011.7 hpa hasta abril, esto significa que ha existido la presencia de lluvias constantes, mientras que en los meses de mayo se nota un aumento con un valor de 1012.2 hpa hasta el mes de octubre con 1012.7 hpa, este resultado se atribuye a que el cielo está despejado, por lo tanto, la tendencia es de pocas lluvias en la zona. Cabe recalcar, que el cambio de presión se observa cuando la elevación aumenta, en este caso, se trabajó sobre en zonas sobre el nivel del mar, por ende, las variaciones de presión son leves.

3. ROSA DE VIENTOS

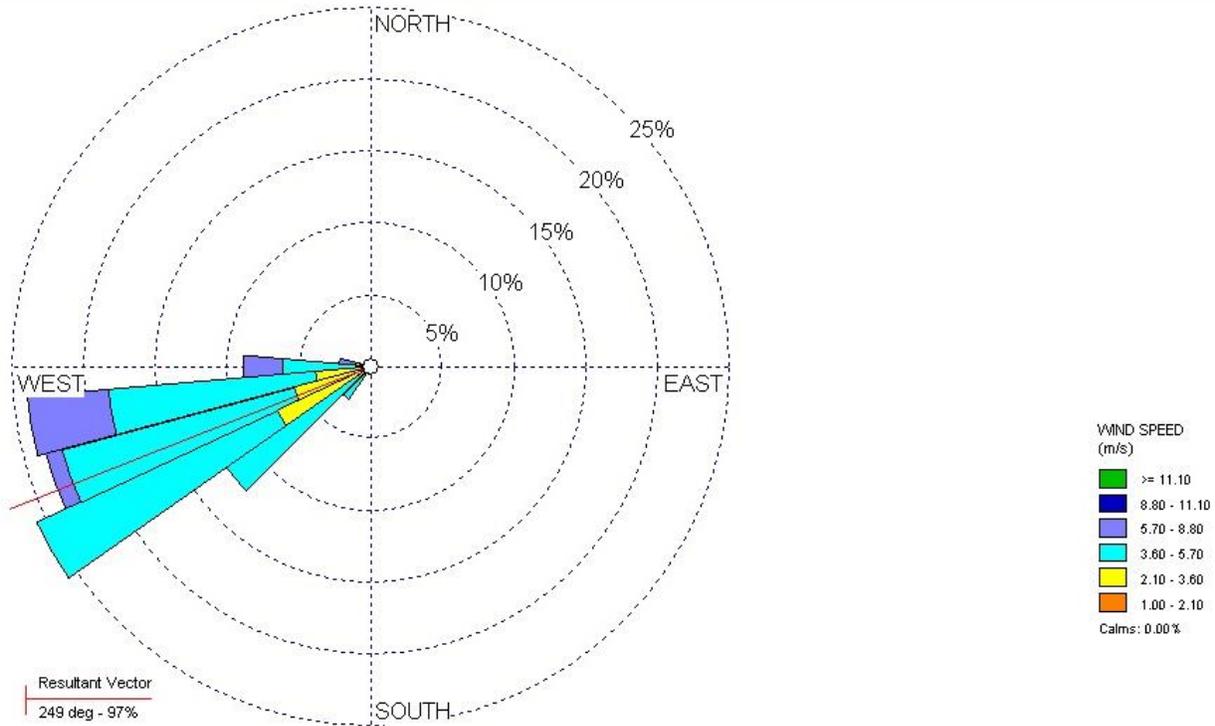
Station # 1 - Época Húmeda Ayangue-Macrobio Dates: 1/1/2006 - 01:00 ... 24/12/2020 - 00:00



Gráfica C-7: Época húmeda (dic-mayo), Ayangue-Macrobio (2006-2020).

Fuente: Elaboración propia

En esta gráfica se ha realizado con una temporalidad de 15 años (2006-2020), se observa la dirección del viento con un valor de 245° y la velocidad del viento entre 3.60 a 5.70 m s^{-1} , mientras que al acercarse a la zona ecuatorial la velocidad está entre 2.10 - 3.60 m s^{-1} . Al observar la rosa de vientos se evidenció que la dirección de las corrientes provienen del suroeste, es decir, desde Perú, esta se denomina corriente fría de Humboldt, la corriente proveniente del golfo de Panamá con aguas de mayor temperatura y la sub-corriente Ecuatorial o de Cromwell provenientes desde el Norte.



Gráfica C-8: Época seca (jun-nov), Ayangue-Macrobio (2006-2020). Fuente: Elaboración propia

Esta gráfica se ha realizado tomando una temporalidad de 15 años (2006-2020), se observa la dirección del viento con un valor de 249° y la velocidad del viento entre 3.60 a 5.70 m s⁻¹. Al observar la rosa de vientos se evidenció que la dirección de las corrientes provienen del suroeste, es decir, desde Perú, esta se denomina corriente fría de Humboldt, la corriente proveniente del golfo de Panamá con aguas de mayor temperatura y la sub-corriente Ecuatorial o de Cromwell provenientes desde el Norte.

La zona ecuatorial está afectada por los vientos alisios que soplan el noreste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur, aunque en gran medida el movimiento de los vientos en el Ecuador se debe a la zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), esta trayectoria coincide con la corriente cálida de Panamá dando como resultado el calentamiento de las aguas superficiales.

Según estudios relacionados por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), la masa de agua que predomina en la zona es ATS hasta los 25 m de profundidad, sin embargo, esto cambia en los meses de abril y mayo donde ATS predomina hasta los 15 m y en los niveles bajos prevalece AESS.

APÉNDICE D: CÓDIGOS

1. CÓDIGO R

<code>library(rgdal)</code>	crear la interfaz de R en las librerías
<code>library(ncdf4)</code>	leer archivo NetCDF
<code>library(raster)</code>	convertir a ráster
<code>directorio<-</code>	buscar el directorio de información
<code>setwd(directorio)</code>	cambiar el directorio de trabajo
<code>carpetas<-list.files()</code>	poner las carpetas en una lista

Especificar cada variable en las carpetas

```
albedo_dir<-paste0
clorofila_dir<-paste0
presion_dir<-paste0
salinidad_dir<-paste0
temperatura_dir<-paste0
zona_estudio_dir<-paste0
```

Para colocar la zona de estudio

```
PUNTOS_estudio<-readOGR(dsn = 'elegir la zona en directorio')
test_reproj<-spTransform(x =PUNTOS_estudio,CRSobj = '+proj=longlat
+datum=WGS84 +no_defs +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0')
test2<-data.frame(test_reproj)
#leyendo coordenadas y nombres
```

```
longitud<-test2$coords.x1
latitud<-test2$coords.x2
nombres<-as.character(test2$LUGAR)
sites <- nombres
zonas_ESTUDIO <- data.frame(sites, latitud, longitud)
```

Para realización de gráficas

Variable albedo

```
dir_alb<-paste0('directorio buscar inf albedo')
setwd(dir_alb)
list.files()
albedo_file<-read.table(file = 'albedo.txt',sep = ',',dec = '.',header = T)
albedo_clim_file<-read.table(file = 'clim_albedo.txt',sep = ',',dec = '.',header = T)
barplot(albedo_clim_file[,2],density = T,)
albedo_clim_file$mes<-factor(albedo_clim_file$fecha,levels =
c(albedo_clim_file$fecha))
ggplot(albedo_clim_file,aes(mes,PLAYA.ROSADA)) +
  geom_bar(stat="identity",fill="cadetblue3",width=0.3) +
  theme_bw()
```

Nota: el código anterior se aplica para todas las variables.

Para la realización de rosa de vientos

```
windRose(tabla_mes, ws ='velocidad' , wd = 'angulo_vientos',ws.int = 0.5, angle = 3,
type = "default", bias.corr = TRUE,
      = c("blue", "red"), grid.line = list(value = 2, lty = 2, col = "Purple"), width = 2, seg
= NULL, auto.text
      = F, breaks = c(0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6), offset = 0, normalise =F , max.freq =
      NULL, paddle = TRUE, key.header = paste0('Velocidad','\n','(m/s)'), key.footer
= paste0('Serie de Tiempo: 2001-2016','\n','Grados con respecto al Norte')
```

2. CÓDIGO MATLAB

Para generar gráficas de perfiles

subplot("elegir la posición que tendrá las gráficas")

Se ingresan los archivos .csv al código

```
plot(AYANGUE2(:,9),AYANGUE2(:,7))
```

```
set(gca,'Ydir','reverse') para invertir el orden
```

```
xlabel(Variable,'FontName','Lucida Bright') cambiar formato
```

```
legend('Sicigia','Cuadratura') leyenda del gráfico
```

```
xlim([24.3 25.4]) valores en x
```

```
xticks([24.3 24.5 24.7 24.9 25.1 25.3 25.5 ]) valores en y
```

Así mismo se elige para las gráficas de las otras variables

APÉNDICE E: RESULTADOS LABORATORIO

Fosfato

Tabla E-1 Datos de laboratorio, fase sicigia (24/06/2021). Fuente: Elaboración propia.

FECHA/ANALISIS	SOLICITANTE	MUESTRA	BLANCO	PATRON	ABS	FOSFATO [μ M]
27-jun-21	MERA - GALARZA	1	0.001	0.172	0.007	1.01
		2			0.006	0.95
		3			0.004	0.84
		4			0.005	0.89

Tabla E-2 Datos laboratorio, fase cuadratura (01/07/2021). Fuente: Elaboración propia.

FECHA/ANALISIS	SOLICITANTE	MUESTRA	BLANCO	PATRON	ABS	FOSFATO [μ M]
27-jun-21	MERA - GALARZA	1	0.002	0.169	0.011	1.23
		2			0.009	1.12
		3			0.013	1.34
		4			0.010	1.17

Nitrito

Tabla E-3: Datos laboratorio en siciya de nitrito. Fuente: Elaboración propia.

FECHA/ANALISIS	SOLICITANTE	MUESTRA	BLANCO	PATRON	ABS	NITRITO [μ M]
23-jun-21		muestra de agua	0.006	0.561	0.026 0.024	
27-jun-21	MERA - GALARZA	1	0	0.704	0.006	1.10
		2			0.003	1.17
		3			0.005	1.12
		4			0.004	1.15

Tabla E-4: Datos en cuadratura de nitrito. Fuente: Elaboración propia.

FECHA/ANALISIS	SOLICITANTE	MUESTRA	BLANCO	PATRON	ABS	NITRITO [μ M]
23-jun-21		muestra de agua	0.006	0.561	0.026 0.024	
27-jun-21	MERA - GALARZA	1	0.006	0.749	0.008	1.05
		2			0.006	1.10
		3			0.005	1.12
		4			0.005	1.12

Nitrato

Tabla E-5: Datos en siciya de nitrito. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	SOLICITANTE	MUESTRA	BLANCO	PATRON	FACTOR	ABS	NITRATO-N [μ M]
13-may-13	MERA - GALARZA	1	0.004	0.749	26.864	0.032	0.75
		2				0.012	0.21
		3				0.020	0.43
		4				0.012	0.21

Tabla E-6: Datos en cuadratura de nitrito. Fuente: Elaboración propia.

FECHA	SOLICITANTE	MUESTRA	BLANCO	PATRON	FACTOR	ABS	NITRATO-N [μ M]
13-may-13	MERA - GALARZA	1	0.005	0.828	24.287	0.074	1.69
		2				0.029	0.60
		3				0.037	0.79
		4				0.057	1.28

Clorofila A

Tabla E-7: Datos en siciya de clorofila a. Fuente: Elaboración propia.

Muestra	Onda [nm]	Volumen medido [L	Volumen filtrado [L	Absorbancia B	Absorbancia A [nr	Chl a (mg L-1)
E1 superficial	665	0.0094	1	0.032	0.017	0.004
E1 subsuperficial	665	0.0094	1	0.038	0.013	0.007
E2 superficial	665	0.0096	1	0.041	0.012	0.008
E2 subsuperficial	665	0.0098	1	0.042	0.014	0.008

Tabla E-8: Datos en cuadratura de clorofila a. Fuente: Elaboración propia.

Muestra	Onda [nm]	Volumen medido [L]	Volumen filtrado [L]	Absorbancia B	Absorbancia A [nr]	Chl a (mg L-1)
E1 superficial	665	0.0094	1	0.017	0.006	0.003
E1 subsuperficial	665	0.0094	1	0.041	0.013	0.008
E2 superficial	665	0.0096	1	0.034	0.007	0.008
E2 subsuperficial	665	0.0098	1	0.027	0.008	0.005

Sólidos Suspendidos Totales

Tabla E-9: Datos en sicigia de TSS. Fuente: Elaboración propia.

SOLICITANTE	ID MUESTRA	MUESTRA	Peso filtro	Filtro 104°K	V3 filtrado (L)	TSS (mg L-1)
MERA - GALARZA	Entrada PIT	E1S	0.0953	273.12	0.5	40.60
		E1SP	0.0956	273.11	0.5	37.00
		E2S	0.0961	273.12	0.5	39.00
	Salida CANAL	E2SP	0.0955	273.11	0.5	37.40
	BLANCO		0	273.00	0.05	

Tabla E-10: Datos en cuadratura de TSS. Fuente: Elaboración propia.

SOLICITANTE	ID MUESTRA	MUESTRA	Peso filtro	Filtro 104°K	V3 filtrado (L)	TSS (mg L-1)
MERA - GALARZA	Entrada PIT	E1S	0.0956	273.12	0.5	40.60
		E1SP	0.0959	273.12	0.5	38.20
		E2S	0.095	273.11	0.5	39.00
	Salida CANAL	E2SP	0.0955	273.12	0.5	40.20
	BLANCO				0.05	

Materia Orgánica Particulada

Tabla E-11: Datos en sicigia de POM. Fuente: Elaboración propia.

N° de filtro	Muestra	Peso inicial [g]	Peso final [g]	Peso total [g]	POM (%)
57	E1 superficial	0.0203	0.1066	0.0863	17.26
6	E1 subsuperficial	0.0185	0.1102	0.0917	18.34
60	E2 superficial	0.0195	0.1117	0.0922	18.44
28	E2 subsuperficial	0.0187	0.1106	0.0919	18.38

Tabla E-12: Datos en cuadratura de POM. Fuente: Elaboración propia.

N° de filtro	Muestra	Peso inicial [g]	Peso final [g]	Peso total [g]	POM (%)
11	E1 superficial	0.0203	0.1111	0.0908	18.16
23	E1 subsuperficial	0.0191	0.11	0.0909	18.18
38	E2 superficial	0.0195	0.1095	0.09	18.00
34	E2 subsuperficial	0.0201	0.1105	0.0904	18.08