UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Recinto Universitario "Rubén Darío"
Facultad De Ciencias e Ingeniería
Departamento de Biología
Ingeniería Ambiental

Monografía para optar al título de Ingeniería Ambiental

Calidad de agua y sedimento en ecosistemas costeros del pacífico centro de Nicaragua, playas Masachapa y San Diego en el período de octubre 2021 a mayo 2022

Autor: Bra. Génesis Raquel Gómez Baltodano

Tutor: Dr. Dimas García Guzmán

Asesora Metodológica: MSc. Gena del Carmen Abarca

Asesora técnica: Dra. Katia Montenegro Rayo

Managua, Nicaragua,
Diciembre, 2023.

Agradecimientos

Mi amado, el dador de la vida y creador del cielo infinito, mi eterno agradecimiento es a él, por el camino recorrido en su tiempo, por su buena y agradable voluntad seguiré creciendo y aprendiendo para ejercer mi labor con excelencia.

A mis padres por su amor, esfuerzos, consejos sabios, su presencia en todas las etapas de mi vida, constante entrega para mi bienestar y desarrollo profesional.

Quiero agradecer a la Maestra Selvia Flores, directora del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos CIRA/UNAN-Managua por darme la oportunidad de realizar este trabajo en tan prestigioso Centro. Asimismo, agradecer a todos los Investigadores por sus aportes y experiencias como elemento base para mi desarrollo profesional al darme la oportunidad de establecer mis prácticas en la institución y participación en el Proyecto de Investigación RLA 7025 “Fortalecimiento de las capacidades en el manejo marino y costero mediante la aplicación de técnicas nucleares e isotópicas”.

A mi tutor Dr. Dimas García Guzmán por su dedicación en tiempo y conocimientos.

A MSc. Gena Abarca por su asesoría metodológica.

A la Dr. Katia Montenegro por compartir sus conocimientos y parte de su tiempo.

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua UNAN-Managua, por mi formación académica en mi profesionalismo y valores éticos orientados al servicio integral como buenos elementos para un cambio en nuestra sociedad y medio ambiente.

Me gustaría expresar un sincero agradecimiento a mis amigas Anielka García y Maraegretta García por estar presentes durante el tiempo transcurrido en la carrera universitaria.

Resumen

En el presente estudio se evaluó la calidad de las aguas y sedimentos de los ecosistemas costeros del pacífico central de Nicaragua, Playas Masachapa y San Diego, en el período de octubre 2021 a mayo 2022. Se colectaron muestras de aguas para la caracterización de parámetros físico-químicos, microbiológicos e hidrobiológicos. De igual manera, se tomaron muestras de sedimento para su caracterización fisicoquímica. Se realizaron cuatro muestreos dos en época seca y dos en época lluviosa, en dos puntos, en cada punto se tomaron dos muestras una a los cinco metros de profundidad y la otra en muestra integral en la zona fótica, y a su vez se tomó una muestra de sedimento. Los muestreos y las determinaciones analíticas fueron realizadas de acuerdo con lo descrito en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Los resultados fisicoquímicos reflejan que los ecosistemas de las playas Masachapa y San Diego en el pacífico centro de Nicaragua poseen agua de buena calidad, ya que la mayoría de los resultados obtenidos estuvieron dentro de los valores permisibles para agua marina. Los índices de eutrofización indican que estos ecosistemas se encuentran en condiciones mesotróficas de acuerdo a los valores obtenidos en fósforos mientras que la clorofila – *a*, indica que es un medio oligotrófico lo que evidencia la presencia de un nivel moderado de nutrientes en el agua (N y P). Asimismo, los resultados microbiológicos evidencian poca contaminación antropogénica. Por otro lado, en lo que respecta a la composición fitoplanctónica se registraron un total de 118 géneros/especies siendo las más abundantes la división de las Bacillariophytas, es importante destacar que se identificó la especie *Pseudonitzschia*, una diatomea considerada tóxica. También se encontraron las especies de *Pyrodinium bahamense y Dinophysis caudata*, que son especies de dinoflagelados que pueden causar florecimientos algales tóxicos. En el caso de los sedimentos, los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos demostraron que estos tienen bajas concentraciones de N, P y materia orgánica, su textura es mayoritariamente franco-limosa. Por lo antes mencionado, se puede decir que la calidad de las aguas y sedimentos de los ecosistemas estudiados, si bien han sido modificados por ciertas actividades naturales o antropogénicas, es buena, evidenciando poca contaminación en el sitio.

Palabras claves: calidad de aguas marinas, eutrofización antropogénica; fitoplancton marino, florecimientos algales nocivos, sedimentos marinos.

Índice

CAPITULO I 10
1.1. Introducción 10
1.2. Planteamiento del problema 11
1.3. Justificación 12
1.4. Objetivos 14
Capítulo II 15
2.1. Marco referencial 15
2.2. Marco Teórico y Conceptual 18
2.3. Marco Legal 32
2.4. Hipótesis 33
CAPITULO III 35
3.1. Tipo de estudio 35
3.2. Área de estudio, población y muestra 35
3.3. Definición y Operacionalización de la variable 37
3.4. Matriz de operacionalización de variables 38
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 39
3.6. Instrumentos y materiales utilizados para la recolección de información en campo ... 40
3.7. Procedimientos para la recolección de Datos e Información 41
3.8. Medición de parámetros fisicoquímicos en el campo 42
3.9. Análisis físico-químicos en sedimentos 44
3.10. Determinación de parámetros fisicoquímicos y biológicos en agua 45
3.11. Análisis físico-químicos en sedimentos 55
3.12. Índice del Estado Trófico (IET o TSI) 58
3.13. Tratamiento estadístico de los Resultados 59
CAPITULO lV 63
4.1.2. Análisis y Discusión de los resultados 63
4.2.3. Dinámica de la comunidad Fitoplanctónica 75
4.2.4. Índices de diversidad 82
4.2.5. Índices de similitud 84
4.3. Análisis Fisicoquímicos en sedimentos 85
Capítulo V 89
5.1. Conclusiones 89

5.2. Recomendaciones 90
5.3.Bibliografía 91
5.4. Anexos 102

Índice de figuras

Figura 1. Localización geográfica de los puntos de muestreos en las playas del pacífico centro de Nicaragua 36

Figura 2. Comportamiento espacial y temporal del pH en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 63

Figura 3. Comportamiento espacial y temporal de conductividad eléctrica de los puntos de muestreos Masachapa y San Diego 2021-2022 64

Figura 4. Comportamiento espacial y temporal de alcalinidad total en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 64

Figura 5. Comportamiento espacial y temporal de la temperatura en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 65

Figura 6. Comportamiento espacial y temporal de los niveles de oxígeno disuelto en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 66

Figura 7. Comportamiento espacial y temporal de sílice reactivo disuelto en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 66

Figura 8. Comportamiento espacial y temporal de Hierro total en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022. 67

Figura 9. Comportamiento espacial y temporal de Nitrógeno total, nitrito, nitrato y nitrógeno amoniacal en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 68

Figura 10. Comportamiento espacial y temporal de fósforo total y fósforo reactivo disuelto en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 69

Figura 11. Comportamiento espacial y temporal de carbono orgánico disuelto en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 70

Figura 12. Comportamiento espacial y temporal de carbono orgánico libre en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 70

Figura 13. Comportamiento espacial y temporal de DBO5 en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 71

Figura 14. Comportamiento espacial y temporal de sólidos totales suspendidos en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 72

Figura 15. Comportamiento espacial y temporal de clorofila -a en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 72

Figura 16. Contribución a la riqueza total de especies identificadas en las muestras de la playa Masachapa en el período de octubre- diciembre 2021 y enero- mayo 2022. 77
Figura 17. Contribución a la riqueza total de especies identificadas en las muestras de la playa San Diego en el período de octubre- diciembre 2021 y enero- mayo 2022..... 78
Figura 18. Abundancias relativas de organismos fitoplanctónicos encontrados en las muestras de aguas colectadas durante los muestreos de 2021 en los puntos 1) Mas 5m oct,2) Mas Zf oct, 3) SD 5m oct, 4) SD Zf oct, 5) Mas 5m dic,6) Mas Zf dic, 7) SD 5m dic, 8) SD 78
Figura 19. Abundancias relativas de organismos fitoplanctónicos encontrados en las muestras de aguas colectadas durante los muestreos de 2022 en los puntos 1) Mas 5m ene,2) Mas Zf ene, 3) SD 5m ene, 4) SD Zf ene, 5) Mas 5m may,6) Mas Zf may, 7) SD 5m may, 8) SD 80
Figura 20. Representación de los Valores de porcentaje de humedad en las muestras en sedimentos marino. 85
Figura 21. Comportamiento de la granulometría en las muestras de sedimentos de Masachapa y San Diego 86
Figura 22. Valores de Materia Orgánica en las muestras de sedimentos 87
Figura 23. Valores obtenidos de Nitrógeno total y fósforo en las muestras de sedimentos. 88

Índice de Tablas

Tabla 1. Legislación vinculada a la protección de ecosistemas marinos en Nicaragua 33

Tabla 2. Matriz de operacionalización de variables 38

Tabla 3. Tipos de recipientes, preservación y transporte de muestras utilizados en los muestreos de las playas del pacífico centro de Nicaragua..... 40

Tabla 4. Puntos y tipos de muestreos realizado durante el 2021-2022 en el monitoreo de las playas del pacífico centro de Nicaragua 43

Tabla 5. Parámetros y métodos analíticos utilizados para la determinación y cuantificación de los resultados en muestras de agua 44

Tabla 6. Métodos físicos y químicos utilizado para determinar las concentraciones de los contaminantes presentes en los sedimentos marinos del pacífico centro de Nicaragua. 45

Tabla 7. Guía de escala de valores de Estado trófico en los cuerpos de agua 59

Tabla 8. Comportamiento espacial y temporal de coliformes termo-tolerantes en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022 73

Tabla 9. Resultados de los valores que se tomó en cuenta para la determinación de IET mediante el modelo de Carlson 74

Tabla 10. Escala de valores Eutróficos obtenidos usando el modelo Aizaki en los sitios de estudios Masachapa y San Diego 75

Tabla 11. Riqueza total de especies de fitoplancton en Masachapa y San Diego en muestras puntuales de 5 m e integrales de zona fótica (ZF) en los períodos de Octubre -Diciembre 2021 y Enero-Mayo 2022. 76

Tabla 12. Abundancia total de fitoplancton en Masachapa (Mas) y San Diego (SD) en muestras de 5m e integral de zona fótica (ZF) en los períodos de Octubre -Diciembre 2021 y Enero – Mayo 2022 80

Tabla 13. Comparación de abundancias estimadas de fitoplancton marino tóxico en muestras de Masachapa y San Diego con límites máximos de referencia de potencial de presencia de biotoxinas marinas (COFEPRIS, 2016)..... 82

Tabla 14. Datos de diversidad de organismos fitoplanctónicos obtenidos en los sitios de muestreos correspondientes a Masachapa y San Diego 5m-ZF de 2021-2022 83

Tabla 15. Datos de similitud de organismos fitoplanctónicos obtenidos en los sitios de muestreos correspondientes a Masachapa y San Diego en muestras puntuales de 5m e integrales ZF de 2021-2022 84
Tabla 16. Porcentaje de humedad en las muestras de sedimento 85
Tabla 17. Valores de granulometría en San Diego y Masachapa 86

CAPITULO I

1.1. Introducción

La calidad de las aguas marinas costeras, al igual que las aguas continentales, se han visto afectadas por las actividades humanas y su impacto en algunos casos conlleva a la contaminación de las aguas sobre todo por las materias orgánicas y nutrientes. En particular, la contaminación por nutrientes trae consigo la eutrofización de los cuerpos de aguas y en algunos casos, fenómenos como las floraciones algales nocivas (FANs). Estos fenómenos naturales son generados por el crecimiento de ciertas microalgas que producen un efecto nocivo o tóxico y su frecuencia ha incrementado globalmente, especialmente en la zona costera de América Latina y el Caribe, causando afectaciones en los ecosistemas acuáticos (REMARCO, 2019).

Por otro lado, las interacciones agua-sedimento marino, varían en sus características físicas, químicas y biológicas dependiendo de cada elemento. Sin embargo, las concentraciones de contaminantes sean disueltas o suspendidas, ya sea por las actividades humanas de las diferentes comunidades que rodean el cuerpo de agua o de origen natural, pueden modificar sus propiedades y afectar a la biota marina (M, 2021).

En las costas del pacífico central de Nicaragua, específicamente en las playas Masachapa y San Diego, que corresponden a los departamentos de Managua y Carazo, son ecosistemas marinos costeros donde existen interrelaciones entre varios de sus componentes de su medio físico-natural como sedimentos, cuencas hidrográficas y la calidad de las aguas, además son sitios donde se han registrado al menos un evento de floraciones algales en los últimos años (Milán, 2012). Por lo anterior, es importante que en Nicaragua se realicen monitoreos ambientales constantemente para conocer en tiempo las variaciones de la calidad de las aguas marinas, así como, la de los eventos de las FANs, y poder contar con la información actualizada para la toma de decisiones pertinentes a fin de mitigar las afectaciones en la biota, (Corena Q. , 2020).

1.2. Planteamiento del problema

Las aguas marinas costeras nicaragüenses son de gran importancia desde el punto de vista ecológico, social y económico, al igual que en otros países, estos enfrentan grandes problemas ambientales. Desde el año de 1987 se han registrado florecimientos algales nocivos (FANs) en el pacífico Mesoamericano. La pérdida de la calidad de las aguas marinas costeras a causa de las actividades humanas que se realizan desde el continente ha provocado impactos negativos como la pérdida o cambio en la diversidad de flora y fauna, la acidificación oceánica y costera (REMARCO, 2019). La contaminación por desechos sólidos (plástico) es un problema mundial que amenaza especialmente a la vida marina y a la seguridad alimentaria humana debido a la ingesta y propagación de contaminantes con potencial de contenidos asociados a plaguicidas y metales. Por eso es muy importante conocer la extensión de la contaminación en los sistemas marinos causados por el uso irracional de los recursos naturales y el uso en exceso de contaminantes en el continente (Molina & Gómez, 2021).

En Nicaragua existen pocos registros o estudios relacionados con la calidad ambiental marino-costeros en el océano Pacífico ya que la mayoría de ellos están enfocados en los recursos marinos como actividad económica. Sin embargo, se han realizado esfuerzos para monitorear la calidad de las aguas, de los sedimento y los eventos de FANs, a través de la colaboración de diferentes instituciones, entre ellos el Ministerio de Salud (MINSA), Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), Instituto Nicaragüense de la Pesca y Acuicultura (INPESCA), Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), Fuerza Naval del Ejército de Nicaragua, Municipalidades y el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN-Managua) (REMARCO, 2020). Teniendo en cuenta que la principal causa del deterioro ambiental de los ecosistemas costeros es la contaminación antropogénica debido al exceso de nutrientes causantes de la eutrofización y en algunos casos de los florecimientos algales nocivos, se hace necesario disminuir el ingreso de nutrientes desde las zonas costeras, mejorando o modernizando las normativas vigentes y las prácticas ambientales, promoviendo estrategias de comunicación, difusión y educación ambiental y de esta manera incentivar a que los involucrados sean parte de la solución.

1.3. Justificación

En la región del pacífico central de las costas nicaragüenses, existe una inquietud científica debido al posible incremento de la contaminación antropogénica en los ecosistemas marinos costeros por las actividades que se realizan desde el continente y que algunas veces causan eventos de floraciones algales, en los que se ven involucrados varios tipos de algas que son nocivas para la fauna marina y ponen en peligro la salud de la población que depende de los recursos marinos para su subsistencia (Ortiz M. , 2021).

Las regiones centrales y pacíficas de Nicaragua son estimadas como las áreas acuíferas más importantes. Sin embargo, se considera que el 10% del territorio donde se ubican estos cuerpos de aguas, están en proceso de erosión severa, siendo la deforestación, la contaminación antropogénica y la degradación del bosque, la principal causa del agotamiento de los recursos hídricos y pérdida de la calidad del agua: Ante esta problemática se pretende que las deducciones adquiridas faciliten una importante información dirigidas a la conservación de la biodiversidad marina del país (primer informe nacional voluntario, 2021).

En Nicaragua, existen pocos registros o estudios de la calidad del agua y sedimentos marinos, por lo que es preciso realizar esfuerzos que conlleven a conocer el estado actual de las aguas de la costa pacífica nicaragüense, para adquirir herramientas que favorezcan en toma de medidas adecuadas de control y prevención de los impactos negativos. En este contexto, el presente estudio pretende evaluar el estado actual de los ecosistemas costeros en las playas del pacífico centro nicaragüense siendo los puntos de interés las playas Masachapa y San Diego, ya que son sitios donde se han presentado eventos de FANs y hay actividad, pesquera, turística y en la cuenca la principal actividad económica es la agroindustria azucarera (Fonseca & Almendarez Téllez, 2022).

Los resultados obtenidos proveerán una valiosa información a los tomadores de decisiones en aras de mejorar la gestión y sostenibilidad de los recursos existentes. De esta manera, la conveniencia, relevancia científica y social de la investigación se centra en el monitoreo para

conocer el estado ambiental actual de los puntos de estudio antes mencionados. Por lo anterior, esta investigación permitirá, mediante la caracterización física, química y biológica, conocer y profundizar en los tipos de impactos negativos de la contaminación en los ecosistemas costeros de las playas Masachapa y San Diego, y su impacto en la salud pública, para así poder tomar las medidas adecuadas de control, prevención y mitigación de los posibles daños.

1.4. Objetivos

General:

Evaluar la calidad de agua y sedimento en los ecosistemas costeros del pacífico centro de Nicaragua usando indicadores físico-químicos y biológicos.

Específicos:

1. Determinar la calidad físico-química de las aguas de los ecosistemas de las playas Masachapa y San Diego en el pacífico centro de Nicaragua.

2. Identificar la composición fitoplanctónica de los ecosistemas de las playas Masachapa y San Diego en el pacífico centro de Nicaragua.

3. Caracterizar los sedimentos en los ecosistemas costeros de las playas Masachapa y San Diego en el pacífico centro de Nicaragua usando indicadores fisicoquímicos.

Capítulo II

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes

El primer informe de muertes por intoxicación paralizante por consumo de mariscos (IPM) toxina producida por especies de dinoflagelado del género *Pyrodinium bahamense*, se produjo en 1793, en la tripulación de barco del Capitán George Vancouver, en la Columbia Británica, y el primer caso de intoxicación amnésica por ingestión de mariscos contaminados (IAM), se documentó en la Isla Príncipe Eduardo (Canadá) en 1987, cuando más de 100 personas enfermaron y muchas murieron por la ingestión de moluscos bivalvos contaminados asociados con las floraciones de algas (Freer & Vargas, 2003).

Según la Comisión Interinstitucional para la Prevención y Control de la Marea Roja en Costa Rica (2010), durante el evento de floración algal tóxica del 2000-2010 se registraron 77 casos de intoxicación por el consumo de invertebrados protóstomos (moluscos contaminados), principalmente el ostión vaco (*Spondylus calcifer),* donde la especie de dinoflagelado responsable fue *P. bahamense var compressa* (Calvo & Arguedas, 2012).

En la actualidad, según el observatorio ambiental de la universidad nacional de Costa Rica (UNA), las floraciones algales son muy comunes en el Golfo de Nicoya, se pueden presentar tanto en la época seca como en la lluviosa, los dinoflagelados son generalmente los responsables de estos eventos, sin embargo, también las diatomeas (*Skeletonema costatum* y *Aulacodiscus* sp.) y las cianobacterias (*Trichodesmiun erythraeum*). El dinoflagelado *C. catenatum* es una especie que generalmente ha formado las FANs en el Golfo. Por ejemplo, en el 2004, 2007, 2010, 2011 y 2012 permaneció por 58, 57, 53, 39 y 95 días respectivamente. Esta especie ha causado problemas a la salud pública, las pesquerías, la maricultura y el turismo (Calvo & Arguedas, 2012).

En Oaxaca, México, se encuentra un antecedente de estudios de florecimientos algales nocivos, realizado por (Alonso Rodríguez y otros, 2015), donde encontró una alta abundancia de *Pyrodinium bahamense* mediante el método de Sedgewick-Rafter y la concentración de toxinas paralizantes y perfil tóxico en tejido blando del molusco en

muestras compuestas de cada zona por el método de cromatografía líquida de alta resolución. Los niveles de toxinas paralizantes fueron superiores al límite permisible para consumo humano, en Santiago Astuta en noviembre, diciembre, enero, febrero y junio; en la zona de Puerto Escondido, en diciembre y junio dando por concluido que los niveles de toxinas representaron riesgo para la salud pública en la zona donde se hizo el estudio.

En Costa Rica existe un estudio titulado, “Las floraciones algales en Costa Rica” (Freer & Montero, 2003), en el cual describe que los fenómenos de FANs han aumento en los últimos años, en especial en la costa Pacífica del país. El fitoplancton tiene una especial relevancia para las especies marinas, porque constituye el nivel trófico primario en los ecosistemas acuáticos, es la fuente fundamental de alimento para los organismos filtradores (mejillón, almeja, piangua, etc.) y algunas especies tienen efectos nocivos para los bivalvos y peces, lo que frena su desarrollo y las hacen tóxicas para el consumo humano (Freer & Vargas, 2003).

En Nicaragua, existe un antecedente sobre investigación de floraciones algales nocivas, realizado por (CIRA /UNAN-Managua,) en el cual se hizo un registro de los eventos de FANs que han ocurrido en el país, especificando que en Nicaragua ha habido eventos de floraciones algales, los cuales se localizan en la Costa Pacífica Norte de Nicaragua, uno frente al puerto de Corinto y tres en el Golfo de Fonseca. De estos casos registrados, el más grave fue el evento ocurrido en Corinto, causado por la floración de *Pyrodinium bahamense* (CIRA /UNAN-Managua, 2021).

La comisión conformada por el Instituto Nicaragüense de la Pesca y Acuicultura (INPESCA), el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) y el Ministerio de la Salud (MINSA), informaron que la Fuerza Naval detectó en aguas del pacífico el denominado fenómeno natural Marea Roja, el avistamiento fue presenciado en la costas de El Tránsito y playa San Diego, alertando a las comunidades aledañas de los riesgos que provoca la presencia del fenómeno, se recomendó por las autoridades evitar el consumo de especies marinas, cancelando las actividades de pesca y turísticas en las aguas de las áreas afectadas por el fenómeno natural durante el tiempo estipulado como medidas preventivas (Fuerza Naval de Nicaragua, 2018).

La contaminación antropogénica en Nicaragua ha sido una preocupación entre la población, el informe de estado ambiental realizado en la región del Pacifico describe que la calidad de las aguas presenta un grave riesgo de contaminación por la gran actividad económica que se ejerce en esa región, cuenta con una alta concentración de población e industrias y una fuerte actividad agropecuaria. Debido a las diversas actividades que se desarrollan, en ríos de bajos caudales están siendo contaminados principalmente con aguas residuales domésticas y los vertidos de industrias pequeñas (MARENA, 2001).

2.2. Marco Teórico y Conceptual

2.2.1. Ecosistemas costeros del pacífico centro de Nicaragua

Los ecosistemas costeros del pacífico central proveen recursos que ayudan al bienestar de la población. Los servicios o ventajas generados por estos ecosistemas resultan vitales para los seres humanos y el desarrollo.

En Nicaragua el conocimiento de Manejo de Zonas Costeras surge a raíz de la necesidad de atender una zona de transición compleja de interrelaciones múltiples y de concentración de amenazas e impactos, cuyo control y mitigación trasciende las competencias de enfoques específicos (Zuñiga Vanegas, 1999). La zona marino-costera del pacífico tiene una extensión de 11954.5 km² en la parte terrestre que equivalen al 9 % del territorio nacional y 100456.5 km² de plataforma continental. Posee 835 km de litoral, constituyendo el 13 % de las costas litorales de Centroamérica, tiene una extensión de manglares de 749.8 km², 1 400 km² de lagunas costeras y estuarios y más de 250 cayos e islas. También están representados los ecosistemas marinos tropicales con extensas áreas de pastos marinos y 454 km de arrecifes de Coral, siendo considerados los mejores conservados de Centroamérica (MARENA, 2001).

Los ecosistemas costeros del Pacífico central nicaragüense son menos diversos con respecto a la fragmentación de los sistemas y sus ecosistemas. La diversidad de fauna silvestre también es menos diversa en comparación con el Atlántico. En términos de recursos marinos, la mayoría de las especies tienen vidas relativamente cortas, las poblaciones son típicamente mayores en número de individuos y con menor diversidad (Montenegro, 2021).

2.2.2. Problemática ambiental de los ecosistemas costeros del pacífico centro de Nicaragua

Aguas residuales

Existe poco registro sobre el uso de las aguas residuales en el país, aquellos desechos que resultan de la utilización de actividades domésticas, comerciales, industriales, agrícolas y la

mezcla de ellos, alteran o modifican su calidad presentando características físicas, químicas o biológicas que puedan afectar los cuerpos receptores en donde se vierten (SICA,FOCARD-APS-Cooperacion Suiza en AC, 2013) .

Actividad agroindustrial

El potencial agroindustrial de la región del pacífico central depende de actividades que pueden abarcar la gama de la agroindustria, centralizándose en la producción de azúcar, algodón y por ende su producción de semilla, principalmente por el aumento en el rendimiento de los suelos. Se estima que el desarrollo de estas actividades incide en los cuerpos de aguas acelerando la degradación en los ecosistemas en sentido de servicio inadecuado (Sandoval, 2022).

Residuos sólidos

Una de las principales problemáticas que enfrentan los ecosistemas costeros del pacífico nicaragüense es la contaminación por plásticos, la cual puede causar alteraciones físicas y químicas a especies que entran en contacto con estos, provocando atrapamientos, sofocación, ingestión y la muerte (El Nuevo Diario, 2010).

En el año 2019, investigadores del CIRA/UNAN elaboraron un estudio de identificación y cuantificación de microplásticos en la arena de tres playas (dos urbanas y una rural) de la Costa del Pacífico de Nicaragua (San Juan del Sur, Masachapa y El Ostional). Los resultados de esta investigación concluyeron que la playa menos contaminada fue la de la Bahía El Ostional, en donde no se encontraron microplásticos, y la más contaminada fue la Bahía de San Juan del Sur, en donde se encontraron alrededor de 304 piezas por metro cuadrado (4.97 g de microplásticos por metro cuadrado). En la bahía de Masachapa se identificaron principalmente fragmentos de polietileno expandido, en promedio 50 piezas de plástico por metro cuadrado de área (0.5 g de plástico por metro cuadrado) (Domínguez & Sarria, 2019).

Contaminación antropogénica

La polución de las aguas superficiales se ha convertido en una amenaza para el buen funcionamiento de los ecosistemas por la interacción antropogénica, el desborde de letrinas

durante la temporada, mal uso de residuos sólidos son indicativos de posibles contaminaciones antropogénicas en las zonas de estudios (Arana, 2016)

2.2.3. Fuentes de contaminación de las aguas costera del pacífico central de Nicaragua Masachapa y San Diego

San Rafael del Sur, es considerada la localidad costera más importante del departamento de Managua, con las concurridas playas de Masachapa**,** Montelimar y Pochomil, los cuales son centros turísticos en verano. Las principales fuentes de contaminación proceden de las actividades de los procesos industriales comunitarios, la mala gestión de los recursos naturales en conjunto con las formas ineficientes de tratar los residuos sólidos y líquidos, el crecimiento desproporcionado de los sectores económicos, social e industrial son factores que repercuten en la contaminación y la degradación del medioambiente, afectando directa o indirectamente las cuencas hidrográficas del municipio de San Rafael del Sur (Castillo & Calderón, 2006).

También, una de las principales fuentes de contaminación de las playas de Masachapa y San Diego, es la producción de cal, piedras canteras y algunos ingenios azucareros de la zona, cuyo vertedero final suelen ser los ecosistemas marinos o ríos de bajos caudales (Iglesias, 2010).

2.2.3. Elementos que influyen la calidad de las aguas y sedimentos de las costas del pacífico Central de Nicaragua

Existen diferentes elementos que pueden influir en la calidad de las aguas y sedimentos de las costas del pacífico nicaragüense, estos pueden ser elementos físicos, químicos y biológicos.

Un factor que puede intervenir en la composición de aguas y sedimentos es el vertimiento de descargas de aguas grises, industriales y vertidos de desechos sólidos que son transportados por algunos ríos que desembocan en las costas del pacífico central. Otro factor

que incide negativamente en estos cuerpos de agua es que parte de sus cuencas son terrenos planos dedicados a cultivos intensivos de caña de azúcar lo que ha influido de manera progresiva en sus caudales y la posible contaminación por plaguicidas. Además, en algunos casos los ríos son utilizados para riego y uso recreativo como segundo fin (Ongley, 1997).

- **Elementos Fisicoquímicos**

El pH es una medida proporcionada de la alcalinidad y la acidez producida por CO_2 en un cuerpo de agua. Su valor puede variar desde 4.5 entre 8.9 unidades de pH los más bajos de 4.5 unidades son debidos a la acidez mineral, en la escala del pH es exponencial, lo que significa una disminución de una unidad representa una reducción de diez veces (Flores Sotil, 2017).

La conductividad depende de capacidad que tienen cualquier sustancia de conducir la corriente eléctrica, en cuanto a los sistemas marinos varía según sus condiciones de conductividad en el medio, comúnmente tiene 50 ms/cm (50 000) a 20°c; es decir es proporcional a las sales disueltas en el agua (Perez, 2013).

La Temperatura se utiliza este parámetro importante porque ayuda a predecir o confirmar otras condiciones del agua, la temperatura tiene influencias directas en otros factores en la calidad de agua tales como: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el oxígeno disuelto por tanto al aumentar la temperatura disminuye el OD y la supervivencia de algunas especies biológicas, en temperaturas altas puede afectar la reproducción de algunas especies acuáticas es decir en cambios repentinos de temperaturas pueden causar un choque térmico en algunas especies y causarles la muerte (Solórzano & Zamora, 2020).

El Oxígeno disuelto (OD) actúa como el principal indicador del estado de contaminación de una masa de agua, pues la materia orgánica utiliza el OD para degradarse; además aumenta su solubilidad cuando disminuye la temperatura. El OD en los ecosistemas marinos está en los valores de 5 a 6 mg/L, sin embargo, concentraciones menores causan la desaparición de la vida acuática (Orozco, 2005).

El potencial de óxido-reducción (potencial redox) es una medida química muy útil que expresa la actividad de los electrones y determina las cargas eléctricas si están o no en equilibrio por tanto si el potencial redox es cero quiere decir que hay un perfecto equilibrio en el caso que el valor sea positivo significa que hay una oxidación es decir que el factor de oxidación es más fuerte que el reductor, mientras tanto en condiciones de aguas saladas debe ser de 400 mV permitiendo el flujo del ecosistema (Bertran, 2013).

La salinidad el agua de los océanos es salada, debido a que en ellos se acumulan los minerales arrastrados por los ríos desde los continentes desde el curso que tenían antes de su manipulación; principalmente acumulaciones de cloro, sodio, magnesio, azufre, calcio, potasio, sílice y bromo. La salinidad media de los mares es de 36 ‰, pero varía según la latitud, el clima, las sales y otras sustancias afectan la calidad del agua, también influyen en la biota acuática de cada organismo que tolera una gama de valores de conductividad (Dumailo, 2003).

Sílice reactiva disuelto se encuentra en todas las aguas naturales en forma de minerales disueltos (García J. , 2023).

El Hierro total participa en numerosos procesos biológicos, pero normalmente se acumulan en forma de óxidos que pueden ser utilizados por los organismos inmediatamente para convertir el hierro en una forma soluble que son captados por el fitoplancton e interviene en la formación de la clorofila (Cordis, 2011).

Nitrito se encuentra presente de manera natural en el agua, es consecuencia del nitrógeno es decir las alteraciones de ese ciclo tendrán una modificación como resultado en la presencia y concentración de dichos iones en el ambiente (ATSDR, 2017)

Nitrato es un compuesto químico formado por un átomo de nitrógeno y tres de oxígeno se encuentran disueltos naturalmente en el medioambiente al igual que otros nutrientes, se desplazan en lugares donde poco disponibles para los organismos llamados sumideros (rocas

y sedimentos) disponibles para las plantas que pueden ser absorbidos dentro del medio (Solórzano & Zamora, 2020)

Nitrógeno amoniacal es un compuesto químico gaseoso de nitrógeno NH_3 se produce de manera natural cuando se descompone la materia orgánica, al accionar de las bacterias se presenta disuelto en el agua en forma de iones de amonios NH4, puede ser tóxico para la vida acuática y generar malos olores en menor proporción (García D. E., 2018).

Nitrógeno total los valores promedios es la suma de todas las formas de nitrógeno presentes en el agua incluidos el amoniaco y el nitrógeno enlazados orgánicamente, el nitrito y el nitrato, el NT es uno de los principales causantes de la contaminación (AEMA, 2018).

Fósforo total funciona como el principal factor de la eutrofización, el cual a veces depende de la formación de organismos en el agua, el fósforo y el nitrógeno influyen primordialmente sobre los productores primarios (Margalef, 2005).

Fósforo reactivo disuelto se asume como una concentración del fósforo biológicamente utilizable y por ende la calidad del cuerpo de agua, no todo el fosforo disuelto está realmente disponible para los organismos la presencia del elemento depende de algunos factores incluyendo las especies presentes y las concentraciones de ellas (Sánchez de Fuentes, 2001).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) representa la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer biológicamente la materia orgánica. Se determina en laboratorio a una temperatura de 20° C y en 5 días de incubación (Holdins, 2005).

Carbono orgánico disuelto es la concentración de carbono que queda en una muestra de agua después que todo el carbono particulado ha sido eliminado por filtración y todo el carbono inorgánico ha desaparecido por acidificación (Alquiletta & B, 2014).

Dióxido de carbono libre el (CO_2) es un gas importante que atrapa el calor, o gas de efecto invernadero, que proviene de la extracción y quema de combustibles fósiles (como carbón,

petróleo y gas natural), de incendios forestales y de procesos naturales como erupciones volcánicas por otra parte el aumento de CO_2 en la atmosfera tiene impacto en los océanos aumentando la acidificación de ellos afecta al océano a través de cambios en las concentraciones de iones de carbonato, bicarbonato y el pH, también podrían afectar los arrecifes de coral, y al resto del océano, así como para la vida marina y la población humana (Hale, 2018).

Sólidos suspendidos totales: Este es un parámetro de rutina comúnmente utilizado, los SST miden la presencia de materiales sedimentables de tamaño mayor que unos 10^{-3} milímetros en las evaluaciones de calidad del agua superficial en ambientes costeros sus aspectos hidrológicos y geomorfológicos; en este último el aporte de materiales disueltos y suspendidos procedentes de su profundidad y es el responsable de las modificaciones geográficas tempranas (Solórzano & Zamora, 2020).

- **Elementos Biológicos: Coliformes y Fitoplancton**

Bacterias Coliformes Termotolerantes

Las bacterias Coliformes consecutivamente han sido calificadas como "organismos indicadores" porque reflejan la presencia potencial de bacterias causantes de enfermedades diarreicas en el agua. La presencia de bacterias Coliformes en el agua no garantiza que beber el agua cause una enfermedad, más bien, su representación indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.) y el suministro de agua. Las enfermedades pueden ser causadas de manera bacteriológica y a través de esta vía de suministro entrar en el sistema (Swistock & Sharpe, 2016).

El grupo de microorganismos Coliformes, adecuado como indicador de contaminación fecal, debido a que estos forman parte de microbiota normal del tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales homeotermos y están presentes en grandes cantidades, estos microorganismos constituyen un grupo heterogéneo de amplia diversidad en términos de género y especie (Gianolí y otros, 2018).

Los Coliformes totales son un grupo de microorganismos que comprende varios géneros de la familia *enterobacteriaceae,* se encuentran ampliamente difundidas en la naturaleza, agua, suelo, y además es habitante normal del tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente; no forman esporas y son capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas a 35° centígrados en un tiempo máximo de 48 hora reflejado en el Análisis de Coliformes Totales y Fecales en aguas (Truque, 2005).

Por otro lado, **los Coliformes Termotolerantes (fecales)** soportan temperaturas de hasta 45°C, en su mayoría se representan por *Escherichia Coli*, la presencia de Coliformes fecales, son fuertes indicadores de una dudosa higiene con respecto al agua, puesto que indica existencia de contaminación fecal humana o animal. La presencia de esta bacteria es causa importante de ciclos diarreicos en los lactantes particularmente, está se adhiere a la mucosa gastrointestinal, provocando diarrea acuosa en algunas ocasiones se pueden encontrar de forma menos notable las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoinae*. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos) ocasionalmente forman parte del microbiota normal (Flores Sotil, 2017).

Floraciones Algales Nocivas (FANs)

Un florecimiento algal nocivo (FANs): es un incremento masivo en el número de células fitoplanctónicas que puede consumir el oxígeno o los nutrientes del agua, los cuales son indispensables para otros organismos, afectando a la biota acuática. También pueden ocasionar daños físicos a otros organismos (obstrucción de branquias) o causar intoxicaciones a través de la producción de sustancias químicas (toxinas), alterando la fisiología de los organismos afectados (Smayda, 1997).

Según diversos estudios (Hallegraeff, 2003) (Sar y otros, 2002) realizados en las últimas décadas, el problema de las proliferaciones o floraciones algales nocivas ha adquirido una posición preminente dentro de las prioridades científicas. En sentido estricto, las «mareas rojas» son descoloraciones del agua visibles a simple vista y debidas a proliferaciones de

microorganismos planctónicos pigmentados (microalgas, ciliados, bacterias) que alcanzan concentraciones del orden de 10^6 cel$\cdot^{-1}$ (Hallegraeff, 2003).

En sentido amplio, el término «Floraciones Algales Nocivas» (en inglés «Harmful Algal Blooms» o su acrónimo HAB) ha sido acuñado por la COI (Comisión Oceanográfica Intergubernamental) de la UNESCO (2020) para designar las apariciones de un heterogéneo grupo de microorganismos que son percibidas como dañinas por el hombre por sus efectos adversos en la salud humana, en las explotaciones de acuicultura y turísticas de zonas costeras y en las poblaciones naturales de organismos marinos (Sar y otros, 2002). Asimismo, Marampouti, Buma, & de Boer, (2020) describen que: "las floraciones de algas nocivas (FAN) son principalmente floraciones de fitoplancton, que tienen efectos ambientales y socioeconómicos perjudiciales".

Es debido a los impactos nocivos que estos florecimientos tienen sobre el medioambiente, la economía y la salud humana lo que hace importante contar con información precisa, siendo las actividades antropogénicas y el cambio climático considerados como los principales contribuyentes de las invasiones exóticas (Sar y otros, 2002).

Las proliferaciones algales son fenómenos naturales que ocurren en la naturaleza, y que contribuyen a la productividad de los sistemas acuáticos. Un cambio que se ha observado con mayor frecuencia a través del tiempo ha sido el aumento de los florecimientos algales nocivos, (FANs), esto es, el aumento de estos eventos por organismos que ocasionan impactos en el ecosistema marino, a la economía y a la salud, cuando las especies Fitoplanctónicas de que se trata son productoras de toxinas (Baylón y otros, 2019).

Los grupos más importantes formadores de FANs son los dinoflagelados, las diatomeas, los crisófitos y las cianobacterias, especialmente de agua dulce. Las especies productoras de las sustancias más tóxicas y con mayor variedad pertenecen al grupo de los dinoflagelados, afortunadamente, se trata de un número reducido de especies entre ellas*: Alexandrium catenella*, *Alexandrium excavata*, *Alexandrium tamarense*, *Lingulodinium polyedrum*,

Alexandrium monilatum, *Gymnodinium catenatum, Pyrodinium bahamense,* y *Karenia brevis* (Vargas & Arguedas, 2012).

En los últimos años, se han realizado muchas investigaciones de FANs que han documentado que los dinoflagelados, es uno de los grupos del fitoplancton que contienen especies nocivas que producen bio-toxinas, poseen estadios de ciclos de vida que les permite sobrevivir en condiciones ecológicas no apropiadas, como es el estado de enquistamiento (Hallegraeff, 2003). La estrategia reproductiva de dinoflagelados permite que de unas pocas células lleguen a producir una floración masiva. Se ha evidenciado incremento de "bloom" algales durante las últimas décadas, las posibles explicaciones varían desde mecanismos naturales como corrientes por actividades humanas hasta el agua de lastre de los buques y plásticos flotantes en el mar (Marampouti y otros, 2020).

2.2.4. Fitoplancton

El fitoplancton es el productor primario dentro de la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos, sirve de alimento a seres vivos de igual o mayor tamaño (zooplancton) los cuales son consumidos por peces y en otros casos por ballenas en el océano, el ser humano ejerce su función como el primer eslabón en la cadena trófica al consumir los mariscos que se incorporan al mercado de las industrias pesqueras (Aboal Sanjurjo, 2012).

La importancia del fitoplancton radica en ser la base de la cadena trófica del ecosistema acuático, aporta alimento a organismos microscópicos, peces, crustáceos y otros tipos de seres vivos marinos siendo uno de los mayores productores de oxígeno en el mundo ya que consumen dióxido de carbono y liberan oxígeno en cantidades considerables. (Enciclopedia de Biologia, 2019).

Phyllum es una categoría en taxonomía situada entre el reino y la clase. Es usada en los reinos Animalia y Protista, y en los dominios Bacteria y Archaea. Los principales Plyllum son: Phaeophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta Dynophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Chrophyta y las Pyrrhophyta que son principalmente marinas e incluyen los dinoflagelados.

División Bacillariophyta son organismos unicelulares coloniales y libres que poseen pigmentos de clorofila a y c su tamaño oscila entre 2 a 4 milímetros constituida por dos valvas que encajan entre sí, su forma puede ser diversa: alargada, elíptica, esferoidal, cúbica, estrellada, etc. que integran el fitoplancton marino y agua dulce (Polomino, 2023).

División Dinophyta en el fitoplancton marino los dinoflagelados (dinophyta) son el segundo grupo de protistas por su importancia cuantitativa, biomasa, diversidad y distribución, solo después del grupo de las diatomeas; en términos de diversidad se estima que existen actualmente aproximadamente cerca de 2000 especies (Ebodio, 2013).

División Cyanophyta al igual que otras bacterias tienen células poco complejas, son organismos procariotas, fotosintéticos es decir son buenos productores de O_2, y capaces de fijar nitrógeno atmosférico con capaces de convertir el N_2 en amonio, puede adaptarse a vivir en aguas pobres en contenido de nitrógeno distribuyéndolo a las células vecinas. Algunas Cyanophyta producen toxinas que pueden afectar al zooplancton, invertebrados marinos e incluso a los seres humanos, ésta asociando a los grandes crecimientos de Blooms liberados en el medio (Cubas, 2008).

División Silicoflagelados son un grupo amplio de protistas muchas de ellas capaces de realizar la fotosíntesis, sus poblaciones se distribuyen en función de la temperatura, salinidad y profundidad del agua, algunos pueden emitir luz a través de la bioluminiscencia, otros son responsables de las mareas rojas y floraciones algales nocivas (Cruz, 2014)

División Charophyta son una división de algas verdes, existen alrededor de 1500 especies casi todas marinas, comprende tan sólo tres especies de agua dulce, son más comunes en partes de bajas temperaturas (Montiel, 2015).

2.2.5. Eutrofización

El término de eutrofización es el proceso por el cual un cuerpo de agua es enriquecido con nutrientes que limitan al fitoplancton principalmente fósforo, nitrógeno, en algunas situaciones silicio, potasio o hierro, el cual promueve el crecimiento en exceso de algas su

acumulación obstruye el oxígeno disponible agotando lentamente el ecosistema, provocando turbidez en los cuerpos de agua, condiciones anóxicas y como resultado la fuerte y descomposición de la flora y fauna acuática (García Lozano, 2023).

Estado trófico: este representa el grado de eutrofización el cual es originado a partir del enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes y también estimula el desarrollo de las plantas, algas y cianobacterias en el los ecosistemas (Orquera & Cabrera, 2019).

Índices de estado trófico (IET)

El estado trófico de un cuerpo de agua permite evaluar su calidad a través de modelos matemáticos denominados índices de estado tróficos. A continuación, se describen los utilizados para el desarrollo de esta investigación:

Modelo de Carlson (1997)

Ha sido uno de los primeros índices compuestos para los sistemas lacustres basado en la utilización de los valores de disco Secchi en un cuerpo de agua determinando el nivel de refracción de la luz mediante la turbidez, también se utilizan los valores de P total y Cl-*a* (Orquera & Cabrera, 2019).

Modelo de Aizaki

Es una modificación al índice de Carlson a través de la inclusión coeficientes específicos para cada elemento integrante en la composición del estado trófico cuantificando la biomasa a través de la clorofila. (Orquera & Cabrera, 2019).

2.2.6. Riqueza y taxonomía

La actividad taxonómica proporciona información relevante para evaluar y cuantificar los componentes de la biodiversidad organísmicas y ecológicas existentes en el medio mediante la riqueza de especies y su distribución espacial, el número de especies endémicas, y su rango taxonómico (Iriondo, 2000).

Abundancia total y relativa de un ecosistema

Se refiere a la proporción que presentan los individuos de una especie particular respecto al total de individuos de la comunidad, la abundancia relativa de una especie puede estimarse en base a los individuos genéticamente distintos a la biomasa (Humboldt, 2000).

2.2.7. Índices de diversidad

Para estimar los índices biológicos se utilizaron tres modelos de indicadores que tengan relación con la gestión de recursos hídricos por lo que para este trabajo se utilizaron los siguientes estos índices: Dominancia de Simpson, índice de diversidad Shannon Wiener y Margalef; y los índices de similitud de porcentaje PSC, B2 y Sørensen.

El índice de Margalef: es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Moreno C. E., 2001).

El índice de Simpson (DSi) es una forma de medir la dominancia más que diversidad y presenta la probabilidad de dos individuos escogidos al azar pertenezcan a la misma especie entonces mientras más alta es esta probabilidad menos diversa es la comunidad (Moreno C. E., 2001).

El índice de Shannon- Wiener (H´): Se basa en la teoría de la información, refleja el grado de incertidumbre asociado al hecho de predecir la especie de un individuo tomado al azar de una comunidad, tomando en cuenta el número de especie y la abundancia relativa de cada especie (Moreno C. E., 2001).

El índice de Pielou (J´): se expresa como el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre especies. Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies (Moreno J. , 2021).

2.2.8. Índices de similitud

Expresa el grado de semejanza que existe en dos muestras por las especies presentes en ellas los índices de similitud calculados en este estudio fueron: Sorensen, porcentaje de PSC, Pinkham and Pearson's (B_2) (Alvarado E. , 2001).

El índice de Sørensen es denominado como uno de los índices de tipo cualitativo más utilizados para el análisis de dos comunidades mediante presencia/ausencia de especies en cada una de ellas (Moreno C. E., 2001).

El índice de PSC mide la similitud de las comunidades señalando las diferencias estructurales-funcionales entre ellas (Alvarado E. , 2001).

Índice de B_2: es semejante al índice de PSC mide la similitud existente entre las comunidades a diferencia de este que está orientado a los cambios de especies raras donde, el PSC no es muy sensible (Alvarado E. , 2001).

2.2.9. Sedimentos

El litoral pacífico central tiene una extensión de 410 km, en las que encontramos playas que se caracterizan por su diversidad en amplitud que van desde 20 hasta los 200 m (González I. , 1997). Entre los factores que pueden influir en la producción de sedimentos, se encuentran: Suelos (erosión), clima (precipitación), condiciones geológicas (inestabilidad de taludes, cañones de los ríos y quebradas), topografía (generación de crecientes rápidas con alta carga de sedimentos) y vegetación (deforestación por cultivos agrícolas) (Caballero, 2022).

Estos ambientes sedimentarios se forman en áreas continentales por encima del nivel del mar teniendo en cuenta que cada año los grandes estuarios de los ríos transportan grandes cantidades de sedimentos al océano. Estos sedimentos marinos se depositan lejos del estuario y se distribuyen en las profundidades de los océanos, sus procesos y vías de transporte en este sentido teniendo efectos sobre el medioambiente y la evolución de los paisajes marinos, es por ello que un sedimento contaminado ocasiona una disminución en la diversidad de organismos bénticos (Escobar, 2002).

Cabe señalar que la continua sedimentación de partículas orgánicas e inorgánicas ocasiona un efecto selectivo que repercute en la ecología de los cuerpos de agua, las materias grasas suelen mezclarse con las arenas, limos y arcillas en suspensión dando lugar a sedimentos de tipo asfáltico en el caso de una continua sedimentación de partículas es posible que genere un enterramiento de los organismos bénticos y así la asfixia de los mismos por disminución del oxígeno y muerte por fricción (Martínez & Vammen, 2014).

Los sedimentos se clasifican según su tamaño y textura, para definirlos desde el pequeño hasta el tamaño más grande entre ellos están: limo, arena, arcilla hasta roca (rocas sedimentarias) se forman a partir de procesos de sedimentación compuestas de pequeñas partículas de suelos, donde el viento y otras fuentes naturales las transportan al océano y se hunden (Johnson y otros, 2023).

2.3. Marco Legal

La Política ambiental en Nicaragua es un plan o medida adoptada por un gobierno o una organización pública o privada en relación con los efectos de las actividades humanas sobre el medio ambiente para la protección de los recursos naturales como: la contaminación del aire y del agua, la gestión de los desechos, la gestión de los ecosistemas, el mantenimiento de la biodiversidad, la vida silvestre y las especies en peligro de extinción. En esta sección (tabla 1) se analizan las regulaciones ambientales para los sistemas marino-costeros del pacífico centro del país.

Tabla 1

Legislación vinculada a la protección de ecosistemas marinos en Nicaragua.

N° de la Ley o Decreto	**Nombre de la Ley o Decreto**	**Número de Gaceta**	**Fecha de publicación**	**Artículo de Referencia**
Ley n°.290	Ley de organización, competencia y procedimientos del poder ejecutivo. Ordenanza municipal número 01-2019	Gaceta, diario oficial N°. 06	13 de enero de 2020	artículos 1-5
(LEY No. 690 LEY PARA EL DESARROLLO DE LAS ZONAS COSTERAS, 2009)	Ley para el desarrollo de las zonas costeras	La Gaceta, diario oficial N°. 141	29 julio 2009	artículo 1 artículo 2
Decreto n°.1/07	Reglamento de areas protegidas	La gaceta, diario oficial N°. 08	08 enero 2007	artículo 20
(LEY N". 217, "LEY GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE CON SUS REFORMAS INCORPORADAS, 1996)	Ley general del medio ambiente con sus reformas incorporadas	La gaceta, diario oficial N°. 105	6 junio 1996	artículos del 98 al 100
Ley.40	Ley de los minicipios ,con sus reformas incorporadas	La gaceta, diario oficial N°. 06	14 enero 2013	capitulo único artículo 6 artículo 7(1)
NTON 05 014-02	Norma técnica obligatoria nicaragüense ambiental para la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos y el reciclaje	La gaceta, diario Oficial N°. 96	24 mayo 2002	Capitulo16 (16.4.4)

2.4. Hipótesis

H1: ***Hipótesis de investigación***

El estado actual de los ecosistemas costeros de las playas de Masachapa y San Diego, pacífico central de Nicaragua, han sido modificados por la contaminación antropogénica que llega desde el continente.

H2: ***Hipótesis nula***

El estado actual de los ecosistemas costeros de las playas de Masachapa y San Diego, pacífico central de Nicaragua, no han sido modificados por la contaminación antropogénica que llega desde el continente.

CAPITULO III

Diseño Metodológico

En este apartado se dará a conocer el diseño metodológico empleado para la obtención de los resultados obtenidos a partir de los objetivos de la investigación.

3.1. Tipo de estudio

El trabajo de investigación tiene un enfoque analítico-descriptivo, es decir que las variables utilizadas para comprobar la hipótesis son cualitativas y cuantitativas. El estudio es de corte espacial y temporal con el fin de entender los procesos y cambios que ocurren en las playas a lo largo de las épocas: seca y lluviosa (Manterola y otros, 2022).

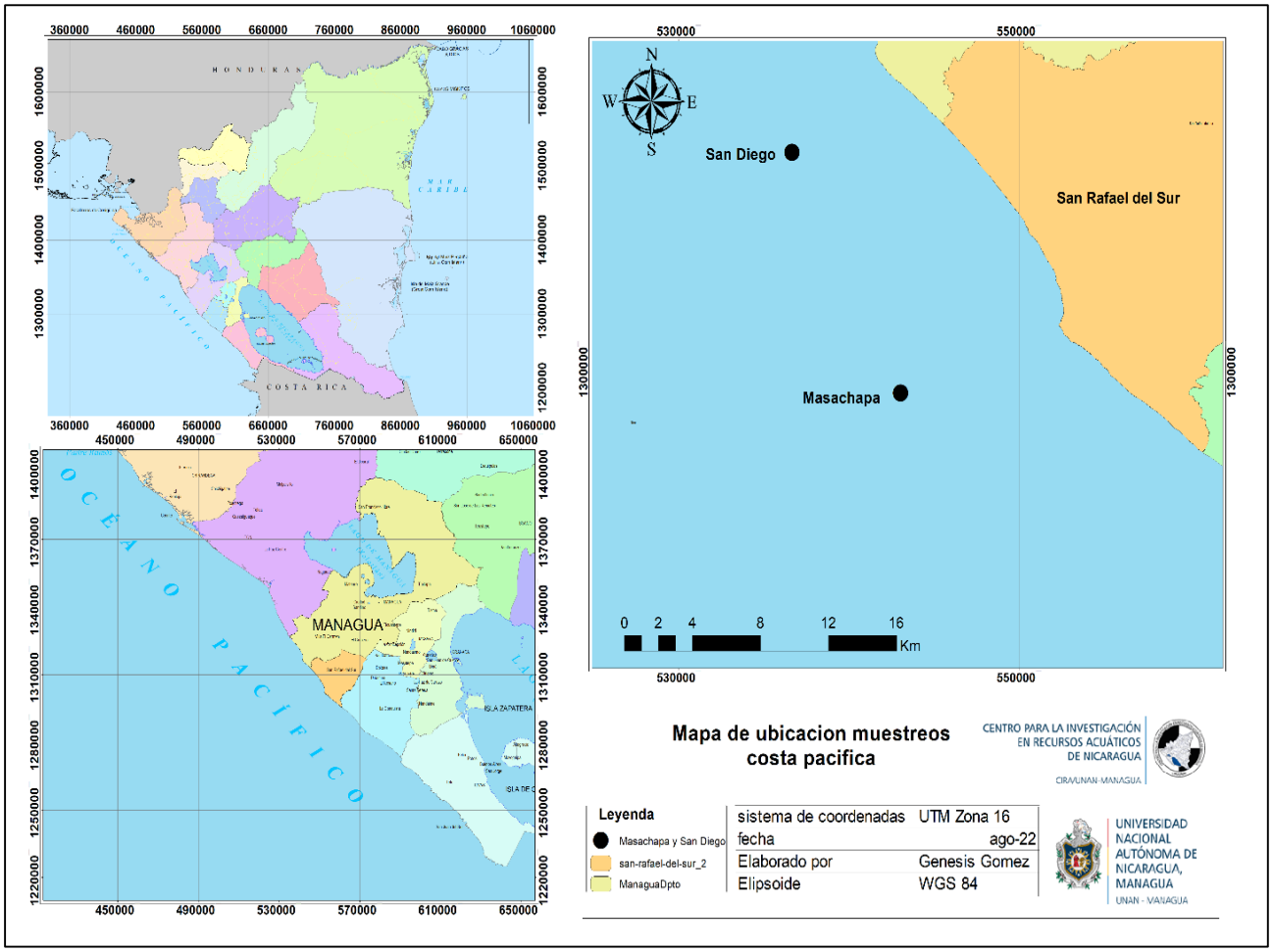
3.2.Área de estudio, población y muestra

El área de estudio corresponde a la parte central del océano pacífico de Nicaragua, en el municipio de San Rafael del Sur, a 47 km de la ciudad de Managua, limita al norte con los municipios de Managua y Villa el Carmen, al sur con el municipio de Diriamba y el océano pacífico, al este con el municipio de San Marcos y al oeste con el océano pacífico.

La población está representada por las playas del océano pacífico central de Nicaragua; San Diego y Masachapa. La muestra correspondió a dos puntos en las playas de San Diego y Masachapa con coordenadas geográficas de 1311406N 536640E y 1298752N 543025E, respectivamente, ambas situadas en municipio de San Rafael del Sur (Fig. 1).

Figura 1

Localización geográfica de los puntos de muestreos en las playas del pacífico centro de Nicaragua



3.3. Definición y Operacionalización de la variable

Se dispone del uso dos series de variables así poder conocer las variables que están relacionadas a través de la expresión simbólica representativa de un elemento, constituido por variables, que pueden sustituirse unas a otras denominado como universo de variables. Es decir, porque varían, cuya variación es observable y medible al operacionalizar una variable, significa hacerla manejable al nivel del dato, y se derivan de la unidad de análisis y están contenidas en la hipótesis y en el título de la investigación (Lopez, 2000).

3.3.1. Variables cualitativas

Las variables cualitativas nos permiten la expresión e identificación de características concretas, pero que no permiten cuantificarlas. Este tipo de variable únicamente nos informaría de la existencia o inexistencia de dicha característica o la presencia de alternativas. Son meramente nominales, expresando igualdad y/o desigualdad. Sin embargo, no quiere decir que no puedan observarse o que no resulten elementos altamente relevantes en la investigación (Westreicher & Morales Coll, 2021).

3.3.2. Variables cuantitativas

Se trata del uso de la derivación de variables con las que no es posible realizar operaciones matemáticas, pero que resultan más avanzadas que las meramente cualitativas. Expresan una cualidad y a la vez permiten organizarla y establecer un orden taxonómico o jerárquico, aunque no de manera exacta (Pérez & Merino, 2021).

3.4. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 2

Matriz de operacionalización de variables.

Objetivos	Variable	Tipo de variable	Variable Conceptual	Sub variables o Dimensiones	Variable Operativa	Indicador	Técnicas de Recolección de Datos e Información
Objetivo específico 1: Determinar la calidad físico-química de las aguas de los ecosistemas de las playas Masachapa y San Diego en el pacífico centro de Nicaragua.	Fisicoquímico	Cuantitativa	Calidad física del agua. Calidad química de las aguas.	Parámetros físicos Parámetros químicos. Calidad de los ecosistemas en las playas	Medición de los parámetros físico-químicos a cinco metros y en muestras integradas con respecto a la zona fótica.	Concentraciones (mg/L) o unidades.	Muestreo: Captación de las muestras de aguas Análisis fisicoquímicos en el laboratorio.
Objetivo específico 2: Identificar la composición fitoplanctónica de los ecosistemas de las playas Masachapa y San Diego en el pacífico centro de Nicaragua.	Hidrobiológico	Cuantitativa Cualitativa	Composición fitoplanctónica de los ecosistemas marinos del pacífico central de Nicaragua	Poblaciones de microalgas existentes en los ecosistemas costeros	Identificación de las especies fitoplanctónicas existentes en las aguas marinas	Número de Especies en las muestras. Cantidad de células/L	Captación de las muestras de agua Análisis de laboratorio del fitoplancton: cualitativo y cuantitativo. Análisis de Cl-a
Objetivo específico 3: Caracterizar los sedimentos en los ecosistemas costeros de las playas Masachapa y San Diego en el pacífico centro de Nicaragua usando indicadores fisicoquímicos	Fisicoquímico	Cuantitativa	Calidad físico-química en sedimentos de los ecosistemas marinos.	Parámetros fisicoquímicos y su composición fisicoquímica sedimentaria en sus ecosistemas	Medición del grado de contaminantes existentes en los sedimentos marinos	Concentración y unidades	Muestras de sedimentos. Análisis de laboratorio: Granulometría Fósforo total, Nitrógeno total, Materia orgánica, Porcentaje de Humedad.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se emplearon para la recolección de datos en esta investigación fueron: la observación directa in situ, ya que se obtuvo información en campo mediante la percepción intencionada y selectiva es decir con alcance para manejar las variables.

Se recolectó información científica basada en la importancia, impacto y desarrollo de los ecosistemas marino-costeros en el pacífico centro de Nicaragua, considerando los estudios existentes; y se utilizó la base de datos bibliográficos del sistema académico en la biblioteca virtual de la universidad (UNAN-Managua). Por otro lado, todos los parámetros de campo y de resultados de laboratorios se registraron en una base de datos electrónica de Excel 2013.

Existe una gran diversidad de modelos de calidad de agua que van, desde aproximaciones sencillas de parámetros concentrados, hasta modelos complejos cuya calibración requiere una gran cantidad de factores (Espinal, 2000). En este caso se utilizaron índices para determinar la calidad de aguas marinas y costeras del ecosistema acuático.

Una vez realizados todos los análisis y recopilados todos los datos, se trabajaron con las ecuaciones que a continuación se mencionan, los resultados numéricos se darán de la forma media.

a) La media $\bar{x}$ representada por la ecuación: $\bar{x}=\frac{\sum xi}{n}$……***Ecuación 1***

b) Donde x_i es cada uno de los valores y n el número de valores.

c) La desviación estándar S es un indicador de la dispersión de las variables, representada por la ecuación**:** $S=\sqrt{\sum(xi-\bar{x})/(n-1)}$……***Ecuación 2***

3.6. Instrumentos y materiales utilizados para la recolección de información en campo

- Sonda Multiparamétrica Water Quality YSI model 45 Thermo Scientific
- Envases de plástico y vidrio de diferentes volúmenes para recolección de muestras
- Draga Van Veen para recolección de sedimentos, capacidad de 5 kg
- Hielera portátil para almacenamiento de las muestras.
- Botella de Van Dorn vertical
- Balde
- Guantes
- Gabachas
- Lapiceros
- Libreta de anotación
- Cámara fotográfica, GPS (*ver Anexos)*

Por otro lado, en la Tabla 3, se muestran el tipo de recipientes que se utilizaron para la captación de las muestras, volumen y preservación de las mismas.

Tabla 3

Tipos de recipientes, preservación y transporte de muestras utilizados en los muestreos de las playas del pacífico centro de Nicaragua.

Tipo de análisis	Tipo de recipiente	Volumen mínimo de muestra (ml)	Preservación (≤ 6 °C)
pH	P,V	50	Refrigerar
Conductividad	P, V	500	Refrigerar
Nitrato	P, V	500	Analizar lo antes posible, refrigerar
Nitrito	P, V	500	Analizar lo antes posible, refrigerar
Fosfato	P, V	100	Analizar el mismo día o almacenar en lo oscuro hasta 24 h; refrigerar
Sílice reactiva disuelto	P	200	Refrigerar, no congelar
DBO_5	P	1000	Refrigerar
Sólidos Suspendidos Totales	P	1000	Refrigerar
Alcalinidad total	P, V	100	Refrigerar
Amonio	P, V	500	Analizar tan pronto como sea posible o agregar H_2SO_4 1 ml/l de muestra hasta pH < 2, refrigerar

Nitrógeno Total	P, V	500	Refrigerar
Fósforo Total	P	500	Refrigerar
Hierro Total	P, V	500	Agregar 1 ml de HNO_3 por cada litro de muestra hasta pH <2, refrigerar
Dióxido de Carbono libre	V	200	Refrigerar
Carbono Orgánico disuelto	V	500	Refrigerar
Coliformes termo - tolerantes	P	1000	Refrigerar
Clorofila-*a*	P	100	Refrigerar
Fitoplancton Cualitativo	P	100	Refrigerar
Fitoplancton Cuantitativo	P	500	Agregar 3 ml de reactivo Lugol Refrigerar

3.7. Procedimientos para la recolección de Datos e Información

Para determinar las causas y efectos de los problemas ambientales existentes en los cuerpos de agua, se integró la información recibida por medio del diagnóstico de la contaminación y su influencia en la actividad biótica de ambas playas vinculado con información de trabajo de campo enfatizando los temas relacionados con las acciones que se llevaron a cabo. De acuerdo a los datos del diagnóstico se puede indagar en los problemas ambientales, que están influyendo negativamente sobre la vida acuática.

La fase de investigación envuelve la toma de muestras en dos sitios, dichos muestreos se efectuaron en el centro de las costas pacíficas, durante esta actividad se captaron 32 muestras de agua marina para los análisis físico-químicos y biológicos y dos muestras de sedimentos. las muestras son colectadas con el objetivo de encaminarlas al análisis físico-químicos de acuerdo a lo establecido en los Manuales de Procedimientos Operativos del Control de Calidad de los Laboratorios del CIRA/UNAN-Managua, basados en las recomendaciones descritas en el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF, 2012).

Se realizaron muestreos de agua en dos sectores del centro de la costa pacífica de nuestro país, con la intención de recolectar las muestras de especies de microalgas (fitoplancton) potencialmente tóxicas, nocivas, la identificación de las especies en una lista taxonómica mediante la microscopía de luz. Los hallazgos se compararon con la bibliografía, así como los métodos de análisis en el laboratorio.

Tal como se estableció en la metodología, el plan de monitoreo de las playas del pacífico centro se llevó a cabo en dos etapas: la primera correspondió a la estación seca y la segunda a la estación lluviosa, esto con el fin de determinar el estado actual de los ecosistemas costeros del Pacífico central de Nicaragua que han sufrido el impacto de la contaminación antropogénica que llega desde el continente. Los datos recopilados en ambas estaciones, tantos físicos y biológicos, fueron ingresados en una tabla general de resultados por sitio de muestreo.

3.8. Medición de parámetros fisicoquímicos en el campo

Para establecer el desarrollo del monitoreo, primero se verificará que los equipos estén debidamente calibrados, luego se dispondrán los parámetros a utilizarse durante el suministro de las aplicaciones de los mismos durante el tiempo establecido para cada punto de muestreo, durante la aplicación se utilizaron guantes para no contaminar las muestras y por consiguiente evitar alteraciones en los resultados de las muestras a recolectar. En concreto, la información que se recolectaron durante el momento de la medición, ya que el análisis es meramente in situ utilizando la sonda multiparamétrica HANNA HI9828 para pH, también se utilizó el disco Secchi para medir la transparencia a cinco metros y para medir la integral de zona fótica (Anexo, Foto1).

3.8.1. Medición de parámetros fisicoquímicos y biológicos en el laboratorio

Referente a los análisis de parámetros se realizaron utilizando los equipos indicados para cada parámetro. Después que se hizo la toma de muestras, en frascos propiamente esterilizados con el uso correcto de guantes para contrarrestar efectos indeseables considerando que cada uno de estos estarán previamente rotulado con los datos como: punto de muestreo, fecha y hora de muestreo ya preservados, seguido de esto se transportaron en los termos para poder ejercer su almacenamiento, realización de análisis y manipulación en cada laboratorio (Tabla 4).

Tabla 4.

Puntos y tipos de muestreos realizado durante el 2021-2022 en el monitoreo de las playas del pacífico centro de Nicaragua.

Identificación del punto	Fecha de muestreo	Tipo	
		Puntual (m)	Integral
Masachapa	2021/10/01	*	La muestra es integrada de acuerdo con el valor de transparencia obtenido usando el disco Secchi multiplicado por tres, el valor obtenido corresponderá a la zona Fótica de la columna de agua.
San Diego	2021/10/01	*	
Masachapa	2021/12/03	*	
San Diego	2021/12/03	*	
Masachapa	2022/01/28	*	
San Diego	2022/01/28	*	
San Diego	2022/05/27	*	
Masachapa	2022/05/27	*	

3.8.2. Procedimientos analíticos

Los análisis fisicoquímicos, hidrobiológicos y microbiológicos fueron realizados en los laboratorios del CIRA/UNAN-Managua, de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WEF, 2017) (Tabla 5).

Tabla 5

Parámetros y métodos analíticos utilizados para la determinación y cuantificación de los resultados en muestras de agua

Parámetros	Métodos analíticos	Referencias[1]
pH	Potenciometría	4500-H B
CE	Conductimetría	2510 B
Alcalinidad total	Potenciometría	2320.B
Nitrógeno Total	Segunda derivada de espectroscopia UV	Segunda Derivada
Nitrato	Cromatografía Iónica	4500-NO_3.B
Nitrito	Espectrofotometría UV-Vis	4500-NO_2.B
Amonio	Método del Fenato	4500 NH_3.F
Fósforo total	Ácido Ascórbico	4500-P B.E
Fósforo reactivo disuelto	Ácido Ascórbico	4500-P.B1-E
Hierro Total	Espectrofotometría UV-Vis	3500-Fe B
SST	Gravimetría	2540.D
Sílice reactiva disuelta	Espectrofotometría UV-Vis	4500-SiO_2C
DBO_5	Prueba de 5 días	5210.B
Dióxido de Carbono libre	Potenciometría	4500-CO_2 C
Carbono orgánico disuelto	Espectrofotometría UV-Vis	UV 254 nm
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100ml	9221 B
Clorofila-a	Espectrofotometría UV-Vis	10200 Cl-A
Fitoplancton cualitativo y cuantitativo	Método de Observación directa y Método de Abundancia Numérica y Biomasa Peso-Húmedo (Biovolumen)	10200 – Plancton[2]

[1]Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater (2017).

[2](Procedimiento Operativo Normalizado para el Análisis Cualitativo del Fitoplancton por el Método de Observación Directa, 2016)

[2](Procedimiento Operativo Normalizado para el Análisis Cuantitativo del Fitoplancton: Abundancia Númerica y Biomasa Peso-Húmedo, 2018)

3.9. Análisis físico y químico en sedimentos

Los sedimentos varían según la ubicación geográfica donde se recogerán las muestras los siguientes tipos: franco arenoso, franco limoso, arcilloso, en el mar esto dependerá del punto de la playa, correspondiendo a la parte frente a Masachapa y frente a San Diego en el punto a muestrearse. En el caso de la muestra de sedimentos se recolectaron de tres a cinco libras. Con una sola muestra se realizaron los análisis de: Granulometría, Materia Orgánica, Nitrógeno total, Fósforo total y Porcentaje de Humedad (Tabla 6). Las muestras fueron recolectadas y transportadas

según los Procedimientos Operativos Normalizados (PON) del laboratorio de Radioquímica Ambiental del CIRA/UNAN-Managua.

Tabla 6

Métodos físicos y químicos utilizados para determinar las concentraciones de los contaminantes presentes en los sedimentos marinos- costeros del pacífico centro de Nicaragua.

Parámetro	Método	Límite o rango de detección
Porcentaje de Humedad	Gravimétrico[1]	0.1 % a 99 %
Granulometría	Norma Austriaca L - 1061 – 88[2]	0. % 100 %
Materia orgánica	Pérdida por Ignición [3]	0.1 % a 13.13 %
Fósforo total	Ácido Ascórbico[4]	0.01 mg.g
Nitrógeno total	Kjeldhal[5]	0.028 %

[1]**(Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Porcentaje de Humedad en Suelos y Sedimentos mediante el Método Gravimétrico, 2013)**
[2] **(Procedimiento Operativo Normalizado para Análisis de Granulometría de Suelos y Sedimentos según la Norma Austriaca L- 1061 - 88, 2008)**
[3]**(Procedimiento Operativo Normalizado para la Determinación de Materia Orgánica a través de Pérdida por Ignición en Suelos y Sedimentos, 2022)**
[4] **(Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Fósforo Total en Sedimentos mediante el Método del Ácido Ascórbico , 2011)**
[5]**(Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Nitrógeno Total en suelos y sedimentos por el método Kjeldahl , 2011)**

3.10. Determinación de parámetros fisicoquímicos y biológicos en agua

Se anotaron algunas características o condiciones del sitio bajo muestreo. A continuación, se describen los parámetros ambientales que determinan la calidad del agua y su análisis para cada uno de los parámetros.

- **pH**

Método Potenciométrico: Mide una diferencia potencial electrónica de milivoltios entre un electrodo de referencia que lleva en su interior una (solución de referencia) y otro electrodo habitualmente de vidrio que se muestra sensible a los H^+ de la solución que pasan a través de una membrana de vidrio especial de 1,1 de diámetro.

Equipo: pH-metro portátil marca OAKON modelo Test R30. Este instrumento tiene una medición de exactitud para usarse para cualquier procedimiento de prueba.

En el potenciómetro los dos electrodos están incorporados en uno solo; la parte externa es la sensible y la parte interna es la de referencia, este electrodo este combinado con el fin de medir el rango de pH.

Procedimiento: Calibrar el electrodo con las soluciones buffers de pH 4.00, 7.00 y 10.00 unidades. Una vez calibrado, sumergir el electrodo, unos 2 centímetros, en la muestra de agua.
Esperar a que la lectura de pH se estabilice, una vez estabilizada la lectura que aparece en pantalla del aparato, anotar el valor.

- **Conductividad eléctrica**

Método: Conductimetría: Está basado en la medición de la conductividad eléctrica, se utiliza para estimar la molaridad de una determinada solución por su carga iónica o salínica entre los dos puntos
Equipo: Conductímetro marca Termo Orion modelo 150 A + el instrumento es muy útil por que determina el grado de contaminación en el cuerpo de agua y sus corrientes, también determina el nivel de sales a la valoración por conductimetría correspondientes a la reacción de un ácido y la fuente de base.

- **Alcalinidad**

Método Potenciométrico: La técnica provee una facilidad para el análisis**,** Las aplicaciones de ella alcanzan a casi todos los iones inorgánicos y ofrece una buena selectividad, sensibilidad y precisión.
Equipo: pH metro es un instrumento fundamental para un resultado eficaz y permite determinar su valoración, también es altamente sensible por tal razón debe ser de considerable cuidado su manipulación.
Procedimiento: Tomar alrededor de 100 mL de muestra en un Erlenmeyer de forma que el electrodo quede cubierto por la muestra.
Titulación potenciométrica:
Calibrar el electrodo con las soluciones buffers de pH 4.00, 7.00 y 10.00 unidades.
Sumergir el electrodo dentro de la muestra.

Titular con la solución estándar de ácido sulfúrico que corresponda según el gasto esperado Agitar la muestra con agitador magnético durante la valoración. Si el pH original de la muestra es mayor que 8,3 unidades de pH, registrar el gasto de ácido consumido hasta ese valor de pH deseado y seguir valorando.

Valorar hasta que la medida de pH sea 4.5 unidades, registrar el gasto de ácido.

- **Alcalinidad total**.

Método Potenciométrico: es un método analítico de Potenciometría directa la medición que realiza el instrumento, de un electrodo indicador que se relaciona con la concentración del contenido en estudio.

Equipo: pH metro es un elemento utilizado generalmente por la química para evaluar la acidez o alcalinidad de una sustancia de manera usual en su estado líquido. Se entiende por acidez la capacidad de una sustancia para aportar a una disolución acuosa iones de hidrógeno, hidrogeniones al medio.

Procedimiento: agregar 0.1 mL de indicador verde de bromocresol a la muestra contenida en el vaso de precipitados. Titular con solución estándar de ácido sulfúrico que corresponda según el gasto esperado. Agitar la muestra durante la valoración, se recomienda utilizar agitador magnético. Valorar hasta el viraje de color azul a verde según el reactivo indicador utilizado, registrar el gasto de ácido.

Alcalinidad correspondiente a pH 8.3 unidades determinadas por viraje de fenolftaleína: agregar dos gotas del indicador de fenolftaleína a la muestra contenida en el Erlenmeyer. Titular con solución de ácido sulfúrico valorado 0.02 N hasta viraje de color rosado a incoloro, registrar el gasto de ácido. Agitar la muestra durante la valoración, se recomienda utilizar agitador magnético.

- **Nitrógeno total (NT):**

Método de la Segunda Derivada con digestión previa: es un método de determinación de nitrógeno total, es un procedimiento fácil y rápido y la concordancia del nitrógeno dependerá de que el material no varíe de muestra en muestra.

Equipo: Espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo Lambda 365. Es un software de la espectrofotometría que está compuesto por tres programas: SCAN – WAVELENGTH –

QUANTIFICATION en sus características generales, en la obtención de nuestros datos de lectura solo se hará uso de los dos programas SCAN – QUANTIFICATION. (7-214, 2019)

Procedimiento: Agregar 10 ml de la muestra en un tubo de ensayo de 25 ml con tapones de rosca y teflón.

Agregar 0.5 ml de NaOH 1N a la muestra. Agregar 1.5 ml de reactivo oxidante de persulfato de potasio al 6 % a todos los tubos (antes de digestar). Cerrar y agitar los tubos y colocarlos en autoclave hasta alcanzar una temperatura de 120 °C y una presión entre los 247-250 °F. Dejar enfriar las muestras para leerlas al siguiente día.

Después de que las soluciones estén frías, acidificar con 0,2 ml de HCl concentrado y mezclar bien.

Encender el espectrofotómetro Perkin Elmer modelo Lambda 365 y seleccionar el método de SCAN y seguidamente el archivo de N-Total.

- **Nitrito (NO_2^-)**

Método colorimétrico: permiten calcular mediante la medida de la variación de absorbancia de una muestra a determinada longitud de onda, calcular la concentración de los analitos de interés.

Equipo utilizado: Espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo Lambda 365 es un programa que se utiliza para satisfacer las necesidades de analíticas en procedimientos estándares y métodos de cumplimientos normativos.

Procedimiento: Pipetear 50 ml de cada estándar de la curva de calibración y depositar en un Erlenmeyer de 125 ml. Agregar 2ml de reactivo de color y se mezclar. Dejar reaccionar entre 15 minutos y 2 horas como máximo después de adicionar el reactivo. Efectuar la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 543 nm con un trayecto de luz de 1 cm como mínimo para obtener la lectura de Nitrito.

- **Amonio (NH_4^+):**

Método del Fenato: Es aplicable para aguas marinas así también para agua dulce.

Equipo: Espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo Lambda 365.

Procedimiento: Ajustar el pH de la muestra entre 7.6 y 7.8 unidades con NaOH 0.1N o H_2SO_4 0,1 N, según se requiera. Pipetear 25 ml de la muestra y verter en un Erlenmeyer de 50 ml. Colocar el Erlenmeyer en un agitador para que la muestra se mezcle completamente con los reactivos.

Agregar 1 ml de la solución alcohólica de fenol. Seguidamente se agregar 1 ml de la solución de Nitroprusiato de sodio. Finalmente, se agregar 2,5 ml de la solución oxidante. Cubrir el Erlenmeyer con parafina. Dejar desarrollar el color a temperatura ambiente protegido de la luz, por una hora. Efectuar la lectura en el espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 365 a 640 nm de longitud de onda.

- **Fósforo total (PT)**

Método Ácido ascórbico: es útil en los procedimientos de fosfato/fósforo de rangos bajos (hanna, 2019).

Equipo: Espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo Lambda 365.

Pre-tratamiento de la muestra: Digestión Ácido Nítrico-Ácido Sulfhídrico.

Para determinar el fósforo total, agregar 50 ml. Adicionar 1 ml de H_2SO_4 y 5 ml de HNO_3, ambos concentrados a la muestra.

Procedimiento: Colocar los Erlenmeyer en platos de calentamiento (bajo campana). Dejar hasta que la solución se decolore por la remoción de HNO_3 (producción de vapores blancos).

Dejar enfriar y agregar 5 ml de agua destilada. Agregar 0.05 ml de Fenolftaleína y NaOH 6N hasta producir un color rosado débil. Titular con H_2SO_4 y agitar a la vez. Agregar agua destilada hasta la marca de 50 ml.

Análisis colorimétrico: Verter la muestra digestada y neutralizada en tubos Nessler de 50 ml hasta la marca y agregar 8 ml de reactivo combinado. La muestra tomará un color azul.

- **Fósforo reactivo disuelto (PO_4^{3-})**

Método: Método del ácido ascórbico.

Equipo: Espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo Lambda 365.

Procedimiento: Verter las muestras filtradas en un tubo Nessler de 50 ml hasta la marca. Añadir 8 ml de reactivo combinado. Colocar los tapones de hule y mezclar invirtiendo el tubo de 2 a 3 veces.

- **Hierro total (Fe tot)**

Método de la Fenantolina: consiste en dar un tratamiento a la muestra el cual reduce el hierro a estado ferroso, por ebullición con ácido clorhídrico, la fenantolina es utilizada para obtener un balance en el pH.

Equipo: Espectrofotómetro UV-Vis

Procedimiento: Mezclar bien la muestra y medir 50 ml en un matraz Erlenmeyer de 125 ml. Agregar 2 ml de HCl concentrado y 1 ml de solución NH_2OH HCl. Agregar unas cuantas perlas de vidrio y calentar hasta que hierva. Para asegurar la disolución de todo el hierro, continuar hirviendo hasta que el volumen se reduzca a 15 o 20 ml. (Si la muestra está reducida a cenizas, recoja el residuo en 2 mL de HCl concentrado y 5 mL de agua.) Dejar enfriar a temperatura ambiente y transferirla a un matraz volumétrico de 50 o 100 ml o a un tubo Nessler. Agregar 10 ml de NH, C, H, O, solución tampón y 4 ml de solución de fenantolina y diluir hasta la marca con agua. Mezclar bien y esperar un mínimo de 10 minutos para que se desarrolle el color al máximo.

Para la medición fotométrica, seleccionar la trayectoria de luz adecuada a 510 nm. Leer los estándares contra el agua ajustada a absorbancia cero y trazar una curva de calibración, incluido un blanco. En lugar de agua, usar los blancos preparados para ajustar el fotómetro a absorbancia cero y leer cada muestra revelada con fenantolina contra el blanco correspondiente sin fenantolina. Traducir las lecturas observadas del fotómetro en valores de hierro por medio de la curva de calibración.

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Método Gravimetría: (mecánica o simple) Este método gravimétrico es en esencia físico: se basa en técnicas de separación de mezclas. A través del uso de filtros o tamices se recolectan los sólidos de una fase líquida, y se pesan directamente para determinar su composición sólida como: el porcentaje de arcilla, residuos fecales, plásticos, arena, insectos, de una corriente de agua.

Procedimiento: Agitar a muestra con un agitador magnético hasta obtener una muestra homogénea. Mientras se agita, pipetear un volumen medido sobre el filtro de fibra de vidrio asentado.

Lavar el filtro con tres volúmenes sucesivos de 10 ml de agua de grado reactivo, permitiendo un drenaje completo entre lavados y continúe aspirando durante aproximadamente 3 minutos después de que se ha completado la filtración.

Las muestras con alto contenido de sólidos disueltos pueden requerir lavados adicionales. Retire con cuidado el filtro del aparato de filtración y transfiéralo a un plato de pesaje de aluminio como soporte. Alternativamente, retirar el crisol. Secar durante al menos 1 hora entre 103 y 105 ° C en un horno, enfriar en un desecador para equilibrar la temperatura y pesar. Repita el ciclo de secado, enfriamiento, desecación y pesaje hasta obtener un peso constante o hasta que la probabilidad de peso sea menor al 4 % del peso anterior o 0.5 mg, lo que sea menor.

- **Sílice reactiva disuelta (SRD)**

Método: Espectrofotometría UV-Vis; el uso de esta técnica para el control en términos de calidad ambiental suele ser frecuentes para determinar parámetros fisicoquímicos como: la demanda bioquímica de oxígeno (DQO) fósforo, fosfato, nitritos, nitratos, nitrógenos entre otros. Su uso es común también para medir la cantidad de algunos de estos compuestos y elementos químicos en aguas residuales y en aguas marinas, o bien para determinar la cantidad de nitrógeno kjendahl en suelos, sedimentos y lodos.

Equipo: Espectrofotómetro UV-Vis; son equipos ópticos que permiten evaluar la luz que es absorbida o reflejada por un material sólido o líquido para cada longitud de onda, estos equipos se componen de un sistema de iluminación, un monocromator y un detector.

Procedimiento: Mida 50 ml de la muestra filtrada a analizar en el tubo Nessler de forma alta de 50 ml. Si la concentración de la muestra está por encima del rango de trabajo del método, realice una dilución tomando una alícuota de la muestra y aforando hasta la marca con agua destilada. Agregue 1,0 ml de HCl (1+1). Agregue 2,0 ml de Heptamolibdato de amonio y mezcle por inversión 6 veces. Deje reposar de 5 a 10 minutos, 7 minutos exactos en el laboratorio. Seguidamente agregue 2,0 ml de ácido oxálico y mezcle por inversión dos veces. Todas las muestras se deben de leer después de 2 min., pero antes de 15 minutos. El tiempo es medido a partir de la adición del ácido oxálico.

Nota: El tiempo debe ser medido con cronómetro debido a que el color se degrada con el tiempo. Efectuar la lectura espectrofotométrica a una longitud de onda de 410 nm con un trayecto de la serie z de 1 cm como mínimo.

Para la lectura de las muestras poner con agua destilada la celda de referencia y la celda de muestras para realizar la línea base del equipo en cero. Proceda a leer todas las muestras con su blanco de reactivo, control y recobro.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)**

Método Titrimétrico con reflujo cerrado: El método se puede utilizar en muestras con alta turbidez y color residual después de la digestión con dicromato. El método colorimétrico, en cambio, que requiere mayor homogeneidad de la muestra, asegurando un resultado más preciso.

Equipo: Reactor para DQO; es un calentador de tubos de ensayos de fácil manipulación, posee una capacidad de 25 viales y una sondad de temperatura de referencia.

Procedimiento: Calentar el bloque de digestión, hasta que alcance la temperatura de 150 ± 2 °C. Preparar las muestras, para luego agregarlas en los tubos de dirección de 2.5 ml, y agregar 1.5 ml de dicromato de potasio y luego verter 3.5ml del reactivo de ácido sulfúrico.

Una vez concluido el tiempo de digestión, dejar enfriar las muestras a temperatura ambiente. Verterlas en Erlenmeyers de 50 ml. Agregar 2.5 ml de agua destilada, 1.5 ml de solución de dicromato y 3.5 ml de ácido sulfúrico. Digestar las muestras, para ser finalmente tituladas. A Agregar 0.05 a 0.1 ml (1 a 2 gotas) de indicador de ferroína y titular con FAS 0.1 M. la solución virara de un color azul verde a café rojizo.

- **Dióxido de carbono libre**

Método de Potenciometría: es un método analítico electroquímico basado en la medida de la diferencia de potencial entre electrodos sumergidos en una solución, La medida de los potenciales de electrodo permite obtener de forma directa la concentración de una sustancia o seguir su evolución a lo largo de una reacción química.

Equipo: Medidor electroquímico avanzado marca Thermo Orion Modelo Versa Star.

Procedimiento: Cambio de color; Seleccione el tamaño de la muestra y la normalidad del titrante de acuerdo con los criterios de 2310B.le. Ajuste la muestra a temperatura ambiente, si es necesario, y con una pipeta descargue la muestra en un matraz Erlenmeyer, manteniendo la punta de la pipeta cerca del fondo del matraz. Si hay cloro residual libre, agregue 0,05 ml (1 gota) de solución de Na_2S_2O3 0,1 M, o destruya con radiación ultravioleta. Agregue 0,2 ml (5 gotas) de solución indicadora y titule sobre una superficie blanca hasta un cambio de color persistente característico del punto de equivalencia. Se pueden usar soluciones indicadoras comerciales o sólidos designados para el rango de pH apropiado (3.7 u 8.3). Verifique el color en el punto final agregando la misma concentración de indicador que se usó con la muestra a una solución tampón al pH designado.

Titulación potenciométrica a pH 3,7 u 8,3: Prepare la muestra y el conjunto de titulación como se especifica en (I - cl) anterior. Titular hasta el punto final de pH preseleccionado (2310B.1b) sin registrar los valores de pH intermedios. A medida que se acerca el punto final, haga adiciones más pequeñas de álcali y asegúrese de que se alcance el equilibrio de pH antes de realizar la siguiente adición.

- **Carbono orgánico disuelto**

Método: Espectrofotometría UV-Vis

Equipo: Espectrofotómetro UV-Vis

Procedimiento: Filtrar aproximadamente 100 ml de la muestra, utilizando un filtro de fibra de vidrio Whatman 934 AH de 1.5 µm y depositar en un frasco de vidrio color ámbar, para protegerlo de la luz. Cerrar cuidadosamente.

Efectué la lectura en el espectrofotómetro inmediatamente a una longitud de onda de 254nm.

- **Coliformes Termo tolerantes (CTT)**

Método de Número más probable: estrategia de variable cuantitativa.

Equipo: Cabinas de Seguridad Biológica LABCONCO 36204/36205M Type A/B3, Unidad de Filtración Sartorius, Incubadoras Precisión/Lab-line/ Imperial

Procedimiento: Envíe todos los tubos de fermentación presuntiva de botellas que muestren cualquier cantidad de gas, crecimiento o acidez dentro de las 48 horas posteriores a la incubación a la prueba de coliformes fecales.

1. Agite o gire suavemente los tubos o botellas de fermentación que muestren gas, crecimiento o acidez. Con un asa estéril de 3 o 3,5 mm de diámetro o un aplicador de madera estéril, transfiera el crecimiento de cada tubo o botella de fermentación presunta al caldo EC.
2. Incubar los tubos de caldo EC inoculados en un baño de agua dentro de los 30 minutos posteriores a la inoculación. Mantenga una profundidad de agua deficiente en la profundidad del agua en la incubadora de baño de agua para sumergir los tubos hasta el nivel superior del medio.

- **Clorofila-a**

Método: Espectrometría UV-VIS

Equipo: Espectrofotómetro UV-Visible

Procedimiento: La clorofila-a contenida en las células algales es concentrada por filtración (filtros de fibra de vidrio) a partir de un volumen conocido de muestra y extraída con etanol (96%) por un período de 6 a 24 horas. La muestra es agitada, centrifugada y decantada. El extracto clarificado es medido espectrofotométricamente a 665 nm y 750 nm antes y después de la etapa de acidificación.

Debemos tener en cuenta que las muestras depositadas en los tubos de ensayos determinados deben estar estrictamente protegidas por la luz en cada una de las etapas del procedimiento, dado la alta sensibilidad de los pigmentos fotosintéticos de la misma.

- **Fitoplancton**

Análisis Cualitativo del fitoplancton

Método de observación directa: El método proporcionará la identificación directa de organismos de fitoplancton bajo un microscopio compuesto y con el buen uso de las claves taxonómicas adecuadas y actualizadas (Confederación hidrográfica del Ebro, 2000).

Equipo: Microscopio compuesto, Las muestras serán obtenidas mediante el uso de redes de mallas finas.

Procedimiento: ponga una gota de la muestra concentrada de fitoplancton en un portaobjeto y cúbralo con un cubreobjeto, coloque la muestra sobre la platina del microscopio compuesto para su observación directa e identificación, utilice los objetivos de menor a mayor magnificación (16x, 25x, 40x y 100x) si decide utilizar el último objetivo, aplique una gota de aceite de inmersión y límpielo con alcohol puro después de finalizar la actividad. Evite que los objetivos de menor magnificación se impregnen con aceite de inmersión.

Prepare los montajes que sean necesarios, hasta que no aparezcan nuevos taxones que quieran ser identificadas.

Identifique el microorganismo al nivel más bajo posible, utilizando claves y guías actualizadas que contengan fotos, dibujos e información ecológica.

- **Análisis cuantitativo del fitoplancton.**

Método Biovolumen: consiste en aproximar la estimación de la abundancia numérica de las células de cada especie a través de la combinación del volumen de una o más figuras geométricas tridimensionales que, en conjunto, sean lo más similares posible a dichas células. Identificando muchas células en cada muestra es posible obtener con cierta precisión un volumen representativo de la especie. Procediendo del mismo modo con cada especie, obtendríamos el biovolumen de toda la comunidad fitoplanctónica

Equipo: Microscopio invertido

Procedimiento: Una vez cumplido el tiempo de sedimentación de la muestra, traslade con cuidado la cámara de sedimentación al microscopio invertido, cuente los microorganismos contenidos en el transepto, desplazando de arriba-abajo- y derecha-izquierda considere los microorganismos que cruzan la línea derecha con menos de la mitad, a la mitad y más de la mitad de su cuerpo, no así los microorganismos que cruzan la línea izquierda.

Esta actividad debe ser realizada para cada experimento o grupo de muestra con la finalidad de responder a las diferencias en el tamaño de las células como consecuencia de la variación estacional, interanual, espacial y a los ciclos de vida del fitoplancton.

3.11. Análisis fisicoquímicos en sedimentos

- **Porcentaje de humedad**

Método Gravimétrico: es un método de análisis cuantitativo que consiste en la medición gravimétrica de la masa de una sustancia que ha sido previamente separada del resto de los componentes de la muestra original.

Equipo: Tamiz de 0.200 mm, es generalmente requerido para asegurar que la acción de tamizaje manual sea uniforme y con resultados eficientes.

Procedimiento: determinar la masa de las cápsulas de porcelana, limpias y secas. Pesar 20 g de sedimento.

Colocar la capsula con la muestra en un horno a 105°C durante 24 horas. Sacar del horno utilizando pinzas y colocarlas dentro de un desecador. Esperar a que se enfríe. Pesar la cápsula con la muestra en una balanza analítica a peso constante.

Llevar nuevamente al horno por un periodo de 6 horas a 105°C, repetir el procedimiento y calcular el porcentaje de humedad por diferencia de peso.

- **Granulometría**

Método de Norma Austriaca L - 1061 – 88: consisten en la determinación del porcentaje de las arenas (arena gruesa, limo, arcilla) con la estrategia del pipeteo de Köhn, llevando el proceso final de sedimentación.

Equipo: Tamices de 0.60 mm, 0.20 mm y 0.063 mm, Pipeta Köhn

Procedimiento: El método consiste en determinar el porcentaje de arena gruesa, media y fina usando tamices, así como determinar las fracciones de limo grueso, medio, fino y arcillas por medio de la pipeta Köhn, en donde se lleva a cabo un proceso de sedimentación determinando el tipo de partícula en función de su velocidad de sedimentación.

Pesar 10 g de la muestra de sedimento en un beaker de 600 ml, humedecer con agua desionizada. Agregar 50 ml de Peróxido de Hidrogeno 15% lentamente, evitando la formación de espuma. Evaporar a 80°C a baño María, hasta sequedad. Añadir 25 ml de Pirofosfato de Sodio decahidratado. Dejar reposar toda la noche.

Agitar la muestra con un agitador de partículas por 3 minutos, reposar 1 minuto y agitar nuevamente por 3 minutos. Pasar la muestra por tamices de 0.600, 0.200 y 0.063 mm. Para medir el porcentaje de limo grueso, medio, fino y arcilla se utiliza la pipeta Kohn

Pipetear 3 veces 50 ml de la muestra, y colocarlas en capsulas. Llevar al horno una noche.

Realizar los cálculos.

- **Materia orgánica**

Método Walkley-black: En el estudio de la cuantificación de la materia orgánica en suelos por el método Walkley-Black el fin de evaluar los parámetros de calidad en el cual el suelo se oxida con una solución de dicromato de potasio estandarizada. (Johnbrynner, 2005)

Equipo: Erlenmeyers, campana extractora de gases, bureta. Están diseñadas para el uso moderado de humos, calor o vapor poco corrosivos, o el uso ocasional de humos y vapores moderadamente corrosivos. Con un exterior de acero con pintura en seco, estas campanas de sobremesa, altura y una profundidad total menores que las de las campanas tradicionales, lo que permite utilizarlas en

zonas con cielorraso. Hay modelos a prueba de explosiones disponibles para aplicaciones que involucran altas concentraciones de solventes inflamables.

Procedimiento: El método consiste en la oxidación de la materia orgánica con dicromato de potasio en una solución ácida.

Pesar 0.5 g de la muestra de sedimento y trasladarlas a un Erlenmeyer de 500 ml, añadir 10 ml de dicromato de potasio 1N.

Bajo campana, añadir 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y agitar.

La función del dicromato de potasio y el ácido sulfúrico es oxidar la materia orgánica presente en el sedimento.

Dejar reposar 30 minutos

Añadir 200 ml de agua destilada, 10 ml de ácido fosfórico concentrado y 0.2 g de fluoruro de sodio.

Valorar la solución con Sulfato ferroso amoniacal, utilizando una bureta de 50 ml, mientras la muestra está en agitación.

Agregar 1 ml de indicador de Difenilamina, las muestras cambiaran de color anaranjado a azul oscuro.

Valorar nuevamente hasta que la muestra vire de color azul oscuro a verde oscuro.

Se toma el porcentaje gastado en ml del Sulfato ferroso amoniacal, proceder a realizar los cálculos.

- **Nitrógeno total**

Método Kjeldahl, también llamado digestión Kjeldahl, es un proceso de análisis químico que se usa para la determinación del contenido de nitrógeno en diferentes muestras, tiene aplicaciones en algunas ramas industriales y científicas. Un ejemplo importante es su uso en la industria alimentaria, en la que se aplica para determinar el contenido de proteínas en alimentos.

Equipo: Digestor, Destilador, prepara la muestra (de un peso conocido) en un tubo de digestión, añadiendo a la muestra ácido sulfúrico y un catalizador, que contiene sulfato acelerando el proceso de digestión.

Procedimiento: La determinación del Nitrógeno total Kjeldahl se desarrolla en tres etapas:

Digestión: Consiste en la destrucción de la materia orgánica por medio del ácido sulfúrico, produciéndose la mineralización del nitrógeno mediante la transformación del Nitrógeno orgánico en Nitrógeno amoniacal (Sulfato de Amonio).

Pesar una alícuota de 0.5 g de sedimento secado y molido, agregar 0.01 g de mezcla de Se radioactivo y 15 ml ácido Sulfúrico 1:1N

Llevar a digestión durante 7 horas en un digestor para nitrógeno total.

Destilación: Se realiza con Hidróxido de Sodio (NaOH) 32%, mediante el cual el Sulfato de Amonio de destila como amoníaco y se recibe en una solución de Ácido Bórico.

Colocar la muestra en un destilador. Recoger el hidróxido de amonio en un matraz Erlenmeyer sobre 50 ml de ácido bórico y 4 gotas de indicador mixto.

Valoración: Se titula con ácido clorhídrico 0.1 N hasta que la solución vire de color verde a rosado. Posteriormente se valora la solución con H2SO 4 0.02 N hasta que cambie de color verde esmeralda a rosa bajo. Realizar el cálculo.

- **Fósforo total**

Método: Ácido Ascórbico

Equipo: Espectrofotómetro UV-Visible

Este se basa en la extracción de las formas de fósforo fácilmente solubles por medio de una solución extractante de bicarbonato de sodio 0.5 N. Posteriormente se filtra la muestra para la separación del suelo del extracto donde se encuentra el fosforo. La cuantificación se lleva a cabo por colorimetría con ácido ascórbico.

Procedimiento: Pesar una alícuota de 2.5 g de sedimento, seco y molido en un Erlenmeyer de 125 ml, agregar 50 ml de NaHCO3 0.5 N. Agitar mecánicamente durante 30 minutos, filtrar inmediatamente en un Erlenmeyer de 50 ml. Agitar antes de verter sobre el filtro.

Agregar 15 ml de reactivo de molibdato de amonio y ácido ascórbico, agitar para expulsar el CO2. Leer en el espectrofotómetro UV-Vis a una longitud de onda de 880nm.

3.12. Índice del Estado Trófico (IET o TSI)

Carlson (1977), propuso este índice considerado uno de los más utilizados en los cuales sus productos varían entre 0 y 100 es decir, de Oligotrófico a Hipereutrófico. Se obtiene a través de la transparencia determinada con el disco de Secchi (DS). El mismo índice puede determinarse a partir de otros parámetros, como la concentración de clorofila *a* (Cl-*a*) y fosforo total (Pt), cuya relación con la transparencia deducida previamente. Las fórmulas que están en la (Tabla 7),

corresponden a la propuesta de Carlson (1977) y a la modificación realizada por Aizaki (1981) (López & Rodriguez, 2020).

Tabla 7.

Guía de escala de valores de Estado trófico en los cuerpos de agua

Estado de eutrofia	TSI	D-secchi (m)	P total (mg/m^3)	Cl- a (mg/m^3)
	0	64	0.75	0.04
Oligotrófico (TSI < 30)	10	32	1.5	0.12
	20	16	3	0.34
	30	8	6	0.94
	40	4	12	2.6
Mesotrófico (30 < TSI < 60)	50	2	24	6.4
	60	1	48	20
	70	0.5	96	56
Eutrófico (60 < TSI < 90)	80	0.25	192	156
	90	0.12	384	427
Hipereutrófico (90 < TSI < 100)	100	0.06	768	1183

Fuente: Modificado de Carlson 1977; Aizaki et al. 1981.

3.13. Tratamiento de los Resultados

3.13.1. Modelos utilizadas para determinar los índices de estado trófico

El IET ha sido uno de los primeros índices propuestos para sistemas lacustres; la utilización del Índice de Estado Eutrófico es un procedimiento muy utilizado para establecer el estado de eutrofia en un cuerpo de agua; para su determinación, se utilizaron los siguientes parámetros: fósforo total y clorofila-*a* (Moreno Franco y otros, 2010).

Modelo de Carlson (1997)

Los datos brutos se transformaron mediante las ecuaciones apropiadas para determinar el índice de estado trófico distribuidos por puntos de estudios:

La determinación del IET basado en el **Fósforo total** (p Tot) según la ecuación 3, relaciona la cantidad del fósforo total con el índice de estado trófico:

$$\text{TSI Pt} = 14.42\text{Ln (Pt)} + 4.15$$ **Ecuación 3**

El IET basado en la concentración de **Clorofila – a** se determinó con la ecuación 4:

$$\text{TSI clorof a} = 9.81\text{Ln(clorof a)} + 30.6$$ **Ecuación 4**

Modelo de Aizaki

Se considera un modelo modificado al índice de estado trófico propuesto por Carlson con tres elementos que integran la ecuación para la determinación de estado trófico (Moreno Franco y otros, 2010).

Fósforo total (P Tot) se utilizó la ecuación 5 para la determinación de IET.

$$IETpt = 10x\left(2.46 + \frac{6.68 - 1.15\ln(P\ tot)}{\ln(2.5)}\right)^{\cdot}$$ **Ecuación 5**

Se utilizó la ecuación 6 para determinar IET de la Clorofila – a:

$$TSI\ clorof\ a = 10x\left(2.46 + \frac{\ln(clorf\ a)}{ln2.5}\right)^{\cdot}$$ **Ecuación 6**

3.13.2. Modelos para determinar los índices de diversidad

Un índice de diversidad es una medida cuantitativa que refleja el número de especies diferentes y la distribución uniforme de los individuos entre esas especies; en su determinación se utilizaron los siguientes los índices de diversidad presentados con sus ecuaciones correspondientes (Moreno C. E., 2001):

El índice de Margalef

Para el cálculo del índice de Margalef se utilizó la ecuación 7:

$$DMg = \frac{s-1}{In\ N}$$ **Ecuación 7**

Donde: S = número de especies N= número total de individuos.

Si se utiliza S-1 en lugar de S, D_{Mg} es igual a cero (0) cuando hay una sola especie.

Supone una relación entre el número de especies y el número total de individuos. Si esto no es cierto, entonces el índice varía con el tamaño de la muestra de forma desconocida.

El índice de dominancia Simpson

Considera la probabilidad que dos individuos de la población seleccionados al azar sean de la misma especie. Indica la relación existente entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie, la cual fue calculada con la ecuación 8 (Moreno C. E., 2001).

Su expresión es: $\mathrm{DSi} = \sim [\mathrm{n} \sim (\mathrm{n\ i} - 1)] / [N(N - 1)$ **Ecuación 8**

Donde: l: igual a la proporción entre ni y N ni: número de individuos de la especie i.

El índice de Shannon- Wiener (H´)

Este índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas presente en la muestra. Además, mide la uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies. Adquiere valores entre 0 cuando hay una sola especie y el logaritmo neperiano de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos y determinada mediante la ecuación 9 (Moreno C. E., 2001).

$H = \sum_{i=1}^{S} pilog2pi$ **Ecuación 9**

Donde:

S: Número de especies

Pi: Proporción de individuos de la especie

El índice de Pielou (J´)

Este se determinó mediante la ecuación 10:

$\mathrm{J}' = \mathrm{H}'/\mathrm{H}'\mathrm{max}$ **Ecuación 10**

H´: es el dato obtenido en el índice de diversidad de Shannon-Wiener

H′ max: es el número de especies. Este valor se obtiene mediante la sumatoria de la frecuencia de relatividad y la dominancia relativa según la ecuación 11 (Whittaker, 1952):

$Dominancia\ relativa = x100 = \frac{\text{Dominancia de las especies}}{\text{Dominancia de todas las spp}} * 100$ **Ecuación 11**

En muchos casos no es posible contar e identificar a cada uno de los individuos de una comunidad. En estas instancias se hace necesario tomar una muestra al azar de individuos de todas las poblaciones de las especies presentes.

Fórmulas para determinar la similitud

En el índice de similitud de Sorensen se determinó mediante la ecuación 12 (Moreno C. E., 2001):

Índice de Sorensen

$$\text{Is} = \frac{2\text{C}}{(A+B)}$$ **Ecuación 12**

Donde:

Is: índice de sorensen

C: Número de especies en común para las dos comunidades

A: Número de especies de la comunidad 1

B: Número de especies de la comunidad 2

El porcentaje de similitud (PSC) se determinó mediante la ecuación 13 (Whittaker, 1952) :

$$\%PCS = 100 - 0.5 \sum_{i=1}^{K} |a - b|$$ **Ecuación 13**

a y b son, una especie dada, porcentajes de las muestras totales que representa esa especie.

El valor absoluto de su diferencia se suma sobre todas las especies.

K, es el número de especies en común.

Pinkham and Pearson's (B2) con su fórmula de cálculos expresada por la ecuación 14 (Whittaker, 1952):

$$B_2 = \frac{1}{K} \sum \frac{\min(XiaXib)}{\max(XiaXib)} = \left[\frac{\left(\frac{Xia}{Na} * \frac{Xib}{Nb}\right)}{2} \right]$$ **Ecuación 14**

X_{ia} y $X_{ib,}$ son el número de individuos en común de cada sitio.

N_a y N_b, es el número total de individuos de cada sitio.

K, es el número de especies en común.

CAPITULO IV

Análisis y Discusión de los resultados

4.1. Análisis fisicoquímicos en agua

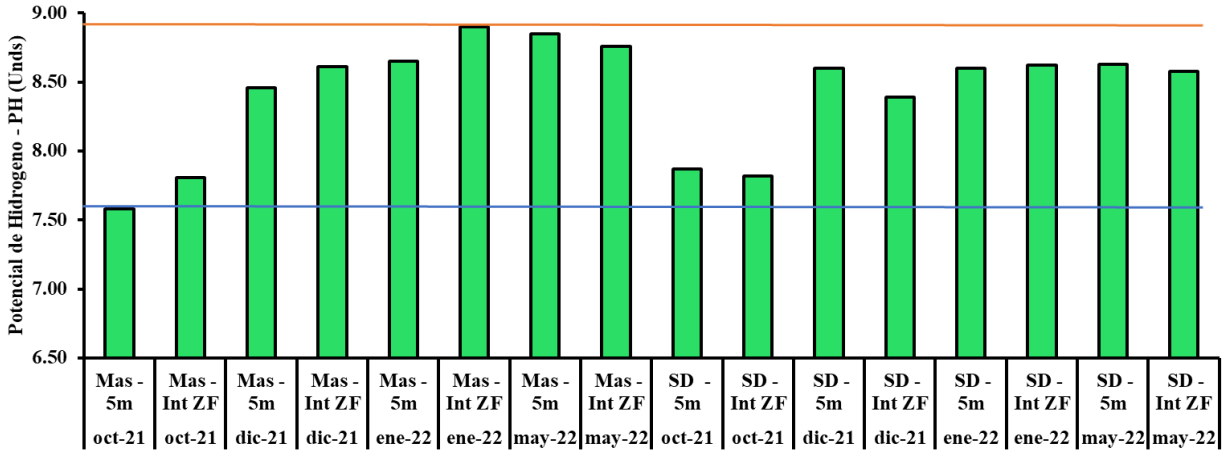
Para la evaluación de la calidad de las aguas costeras de Masachapa y San Diego se utilizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos con valores guías establecidos para la determinación de la calidad de las aguas costeras (Anexo tabla 14) además del fitoplancton cualitativo y cuantitativo Los resultados corresponden a cada una de las muestras colectadas que se dieron en diferentes épocas (seca y lluviosa), (ver anexo tabla 15).

Potencial de Hidrógeno (pH)

Los valores de pH registrados oscilaron entre 7.58 y 8.90 unidades en Masachapa 5m (oct-21) y Masachapa ZF (ene-22), respectivamente. En la Fig. 2 muestra que los valores de pH estuvieron dentro del valor normal de 7.5 a 8.9 unidades establecidos para aguas marina (Wetzel, 2001). Sin embargo, se evidencia una heterogeneidad en el tiempo en lo que respecta a las épocas y entre los puntos de muestreo, como se observa en época lluviosa se registraron los menores valores en ambos puntos y en ambas profundidades esto debido a las precipitaciones.

Figura 2.

Comportamiento espacial y temporal del pH en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022



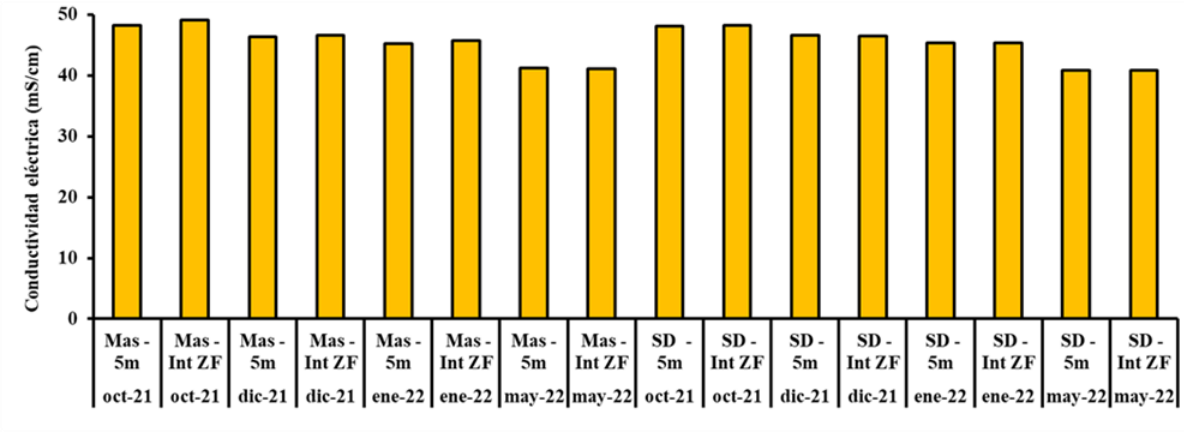
Conductividad Eléctrica (CE)

Los valores de conductividad eléctrica registrados oscilaron 40.7 y 49.12 mS/cm en San Diego ZF (may-22) y Masachapa ZF (oct-21), respectivamente. La Fig. 3 muestra que los valores de

conductividad eléctrica estuvieron cercanos al valor límite establecido para agua de mar que es 50 mS/cm (Juárez & Gómez, 2014). Sin embargo, se evidenció una heterogeneidad en el tiempo y que se muestra claramente en mayo-2022.

Figura 3.

Comportamiento espacial y temporal de conductividad eléctrica de los puntos de muestreos Masachapa y San Diego 2021-2022

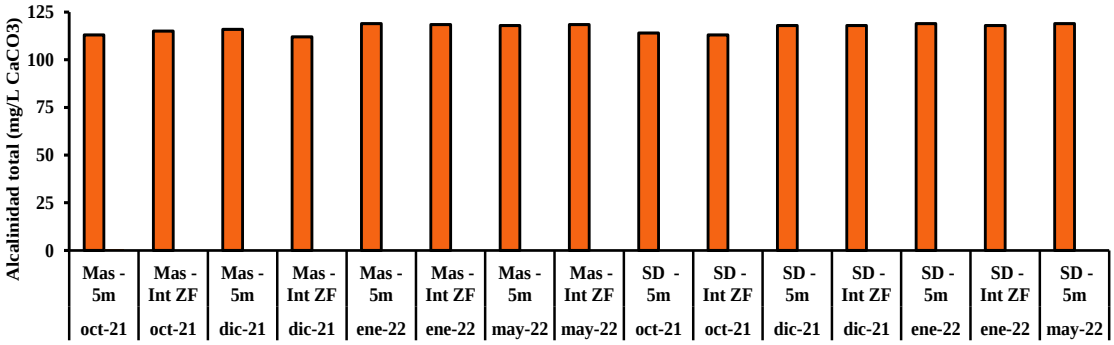


Alcalinidad Total (CaCO3)

Los valores de alcalinidad total registrados oscilaron entre 112 a 119 mg/L en Masachapa ZF (dic-21) y San Diego 5m (may-22), respectivamente. En la Fig. 4 se muestra que (ene-22) en Masachapa 5m y San Diego 5m se registró el máximo de alcalinidad total de 119 mg/L, cabe señalar que los valores aquí registrados están en el rango normal establecido para agua marina de 110 a 125 mg/L (Cifuentes & Torres, 1986). Cuanto mayor es la alcalinidad del agua tiene mayor resistencia a los cambios en el potencial de hidrógeno debido a su capacidad para neutralizar el ácido (Pallé, 2019).

Figura 4.

Comportamiento espacial y temporal de alcalinidad total en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022

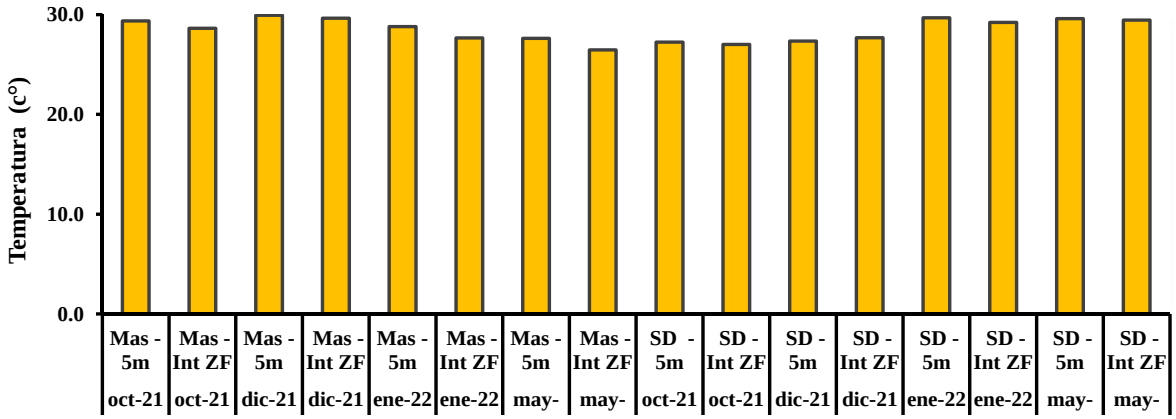


Temperatura

Los resultados de temperatura registrados oscilaron entre 26.5 y 30.0 ºC, San Diego ZF (ene-22) y Masachapa 5m (ene-22), respectivamente. En la Fig. 5 se muestra que hay una homogeneidad las temperaturas. Los valores obtenidos se consideran normales entre los rangos establecidos que están entre 20 y 30 ºC (Cifuentes & Torres, 1986). Sin embargo, se evidencia una heterogeneidad en el tiempo en lo que respecta a la temperatura en las épocas y entre los puntos de muestreo.

Figura 5.

Comportamiento espacial y temporal de la temperatura en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022

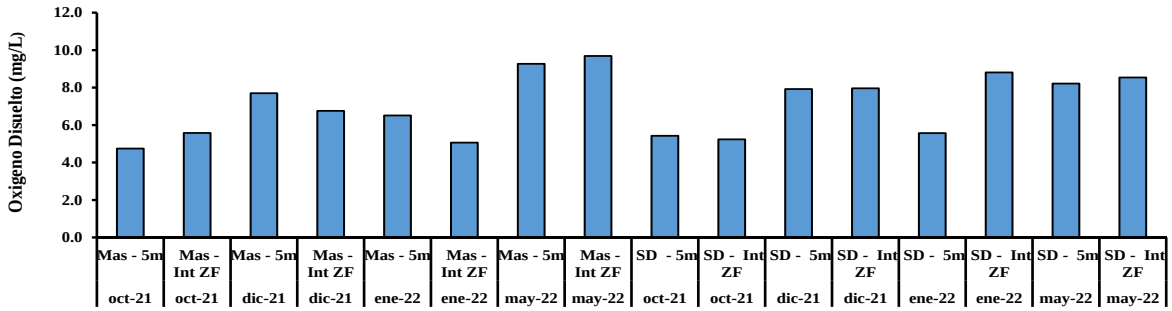


Oxígeno Disuelto (OD)

Los valores de oxígeno registrados oscilaron entre 4.8 y 9.7 mg/L en Masachapa 5m (oct-21) y Masachapa ZF (may-22), respectivamente. En la Fig. 6 se muestra que en San Diego ZF y 5m las concentraciones registradas son menores que el valor de oxígeno establecidos para la vida acuática considerado como valor permisible > 5 mg/L establecido en la Norma Técnica n°. NTON 05 007-98 (Asamblea Nacional, 2000). Estas bajas concentraciones de OD indican que este está siendo consumido por los procesos de oxidación de la materia orgánica que llega a través de las escorrentías de las primeras lluvias desde el continente. Sin embargo, el valor medio obtenido de 7.1 mg/L es mayor que el valor permisible, por lo cual podemos considerar que es apto para la vida acuática.

Figura 6.

Comportamiento espacial y temporal de los niveles de oxígeno disuelto en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022

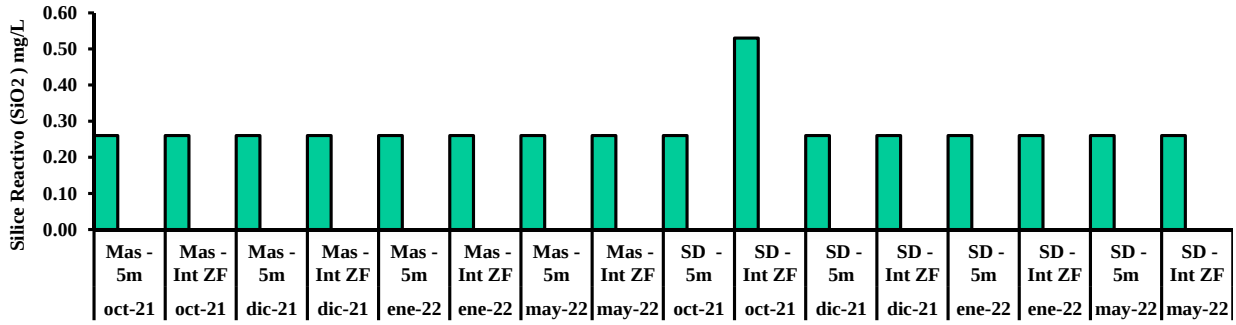


Sílice reactiva disuelta (SiO_2)

Las concentraciones de sílice reactiva registrados fue 0.26 mg/L con excepción del muestro de octubre-21 e San Diego ZF donde registro un valor diferente de 0.53 mg/L (Fig. 7). Los valores obtenidos mantienen su límite establecido para aguas naturales donde su concentración pude ser de 10 a 80 mg/l (Guillen Bolaños, 2014).

Figura 7.

Comportamiento espacial y temporal de sílice reactivo disuelto en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022

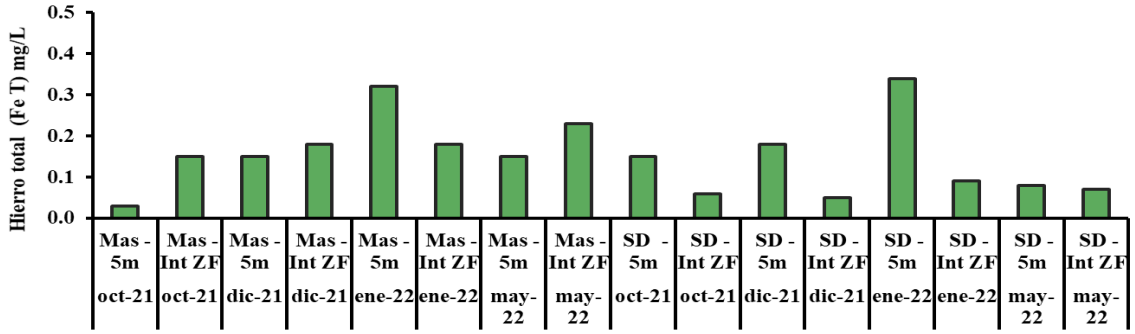


Hierro Total (Fe T)

Los valores de hierro total registrados oscilaron entre 0.03 y 0.34 mg/L en Masachapa 5m (oct-21) y San Diego 5m (ene-22), respectivamente (Fig. 8). Los valores de las concentraciones hierro total son menores que el valor máximo establecido para agua de mar que es de 3 mg/L (Armstrong & F.A, 1957). Se evidencia una heterogeneidad en el tiempo en lo que respecta a las épocas y entre los puntos de muestreo.

Figura 8.

Comportamiento espacial y temporal de Hierro total en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego,



Nutrientes: Nitrógeno y fósforo

Nitrógeno total

Está compuesto por el nitrógeno amoniacal en unión de nitrógeno orgánico, se puede constituir en otras formas que correspondan al nitrato, nitrito y amonio (Baird & Cann, 2014). Los valores de nitrógeno total registrados oscilaron entre 2.7 y 10.7 mg/L en Masachapa 5m (may-22) y San Diego ZF (dic-21), respectivamente (Fig. 9). Los resultados obtenidos no son superiores al valor establecido para agua de mar de 11.5 mg/L (Carmago & Alonso, 2007). Sin embargo, estas concentraciones de nitrógeno pueden favorecer el crecimiento masivo de algas.

Nitrato

Los valores de Nitrato registrados oscilaron de 0.06 a 0.54 mg/L en San Diego 5m y ZF (ene-22) y Masachapa, San Diego ZF (oct-21), respectivamente (Fig. 9). Los valores de Nitrato estuvieron en el rango normal según las pautas para la calidad del agua indicando que la concentración promedio para proteger la vida acuática marina es de 3.7 mg/L (Nordin & Pommen, 2009). Por otro lado, se evidencia una heterogeneidad en el tiempo en lo que respecta a las épocas y entre los puntos de muestreo.

Nitrito

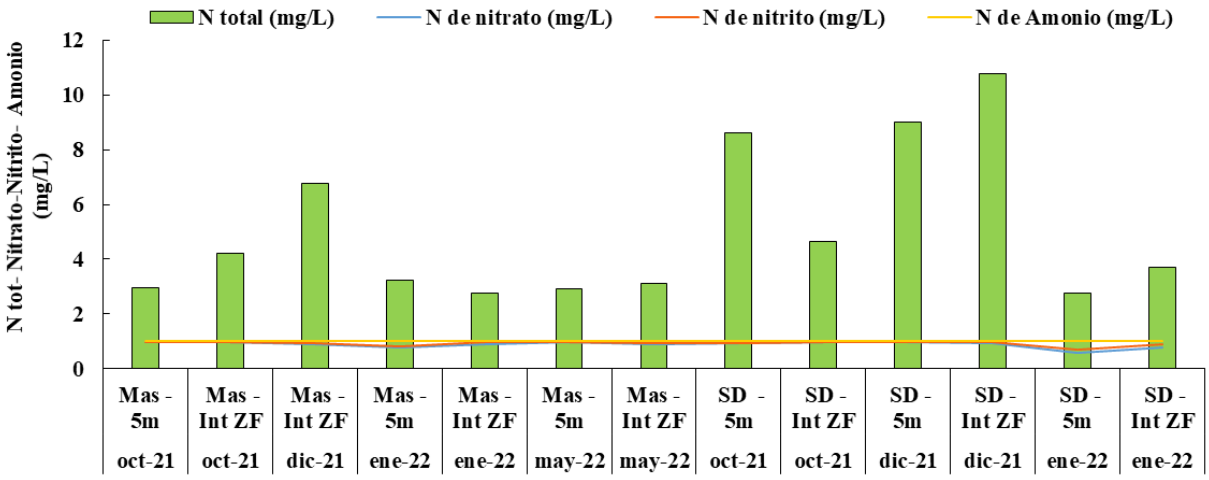
Los valores de nitrito registrados durante las estaciones de muestreos tanto en temporada lluviosa como temporada seca fueron constantes de 11.5 (µg/L) como valor equivalente a 0.015 en mg/L, no se registraron variaciones por mes ni por zonas durante los muestreos. En la Fig. 9 se muestra que los valores de nitrito estuvieron dentro los rangos de concentraciones seguras que se estiman 0.5 mg/L para la exposición de organismos marinos al nitrito (Darce, 2004)

Nitrógeno Amoniacal NH_3

Los valores de NH_3 registrados oscilaron entre 0.01 y 0.04 mg/L en Masachapa 5m y ZF (oct-ene 21) y San Diego (oct-ene 22) y en Masachapa 5m y San Diego ZF (may-2022), respectivamente (Fig. 9). Los resultados aquí obtenidos son menores que la concentración normal establecida para la vida acuática que es de 0.08 mg/l (Falcon, 2008).

Figura 9.

Comportamiento espacial y temporal de Nitrógeno total, nitrito, nitrato y nitrógeno amoniacal en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022



Fósforo Total (P Tot)

Los valores de fósforo total registrados oscilaron entre 6 y 64 µg/L en San Diego 5m y ZF, Masachapa ZF (oct-21) y Masachapa 5m (dic-21), respectivamente (Fig. 10). El valor más alto se registró diciembre del 202, sin embargo, no excedió el rango aceptable para los sistemas marino-costeros es de 0.031mg/L - 0.093mg/L equivalente a 31 µg/L - 93 µg/L (Dominguez, 2008). Sin embargo, se observa una heterogeneidad en el tiempo en lo que respecta a las épocas y entre los puntos de muestreo en sus concentraciones moderadas para peces y no tóxicos para los microorganismos (Caiafa, 2017).

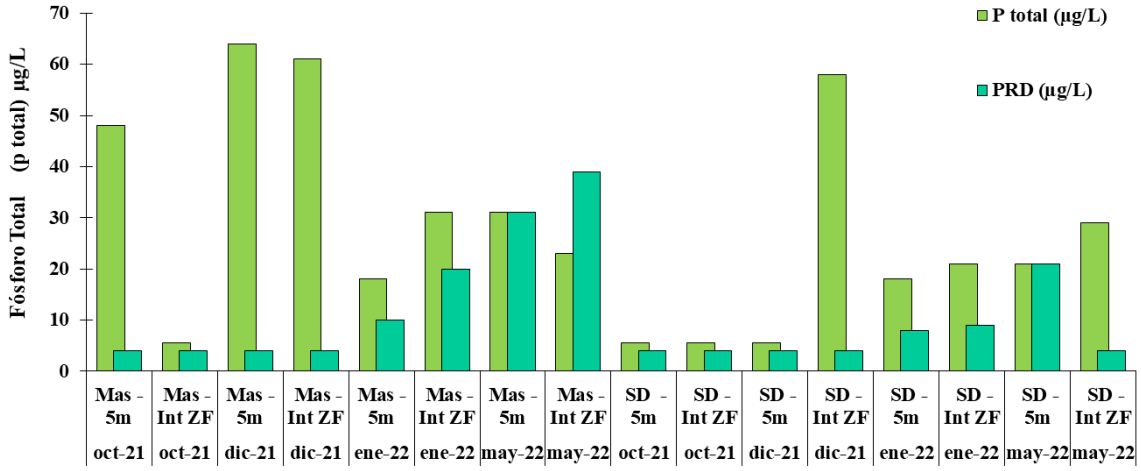
Fósforo Reactivo Disuelto (PRD)

Los valores de fósforo reactivo disuelto registrados oscilaron entre 1.6 y 16.8 µg/L en San Diego 5m, ZF (oct, dic-21), Masachapa ZF (oct-21) y Masachapa 5m (dic-21), respectivamente (Fig. 10). Los valores reportados no fueron superiores al valor máximo establecido para aguas marinas que

es 0.017 mg/L en su equivalencia a 17 µg/L (Falcon, 2008). Sin embargo, se evidencia una heterogeneidad en el tiempo en lo que respecta a las épocas y entre los puntos de muestreo, es importante reconocer las actividades en las regiones de cultivo de maíz, y caña de azúcar donde posiblemente interfieren aportes de organofosforados en el medio marino, que se dan principalmente por el escurrimiento proveniente de estas áreas de cultivos específicamente durante el periodo de lluvias (Arboleda & Solano, 2000).

Figura 10.

Comportamiento espacial y temporal de fósforo total y fósforo reactivo disuelto en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022

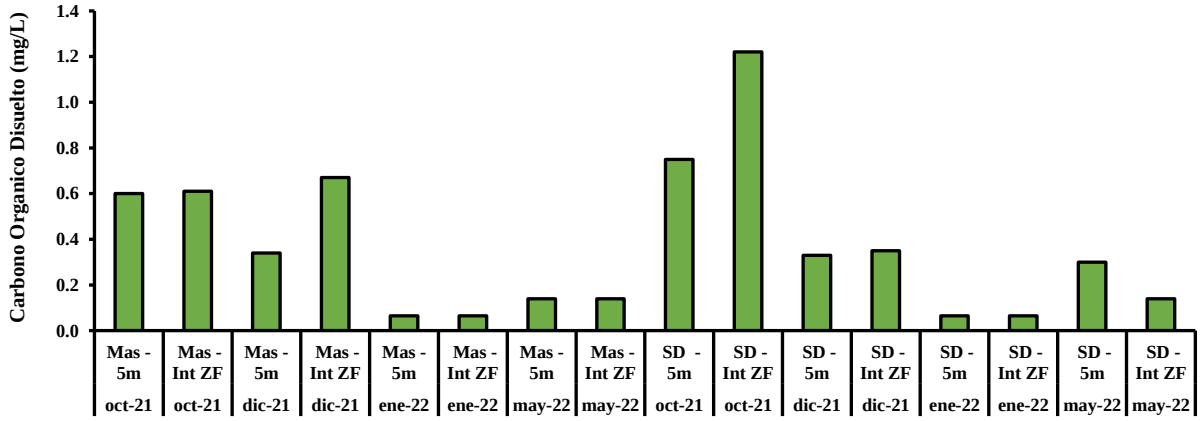


Carbono Orgánico Disuelto (COD)

Los valores de carbono orgánico disuelto registrados oscilaron entre 0.1 y 1.2 mg/L en Masachapa, San Diego 5m y ZF (ene, mayo-22) el dato mayor en San Diego ZF (oct-21) respectivamente. En la Fig. 11 se muestra que solamente en octubre del 2021 incremento un dato sin alterar las normas que se han establecido para la determinación de la calidad de las aguas marinas, el rango normal reportado de 100 mg/L (Díaz & Realpe, 2013). Sin embargo, se evidencia una heterogeneidad en el tiempo en lo que respecta a las épocas y entre los puntos de muestreo, como se observa en época lluviosa se registraron los mayores valores en ambos puntos y en ambas profundidades esto debido a las precipitaciones.

Figura 11.

Comportamiento espacial y temporal de carbono orgánico disuelto en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022

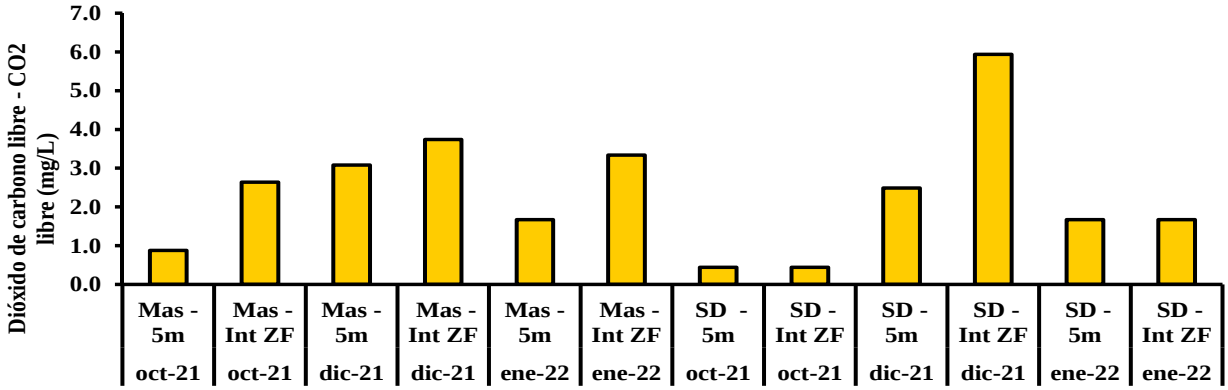


Dióxido de Carbono Libre (CO2 libre)

Los valores de dióxido de carbono libre registrados oscilaron entre 0.4 y 5.9 mg/L en San Diego 5m, ZF (oct-21) y San Diego ZF (dic-22), respectivamente (Fig. 12). El dióxido de carbono libre existente en el agua está en cantidades menores dentro del límite establecido de 32.0 mg/L (Ambiental-IHA, 2018). Sin embargo, se evidencia una heterogeneidad en el tiempo en lo que respecta a las épocas y entre los puntos de muestreo, por lo que en grandes cantidades de dióxido de carbono en ella puede crear condiciones ácidas.

Figura 12.

Comportamiento espacial y temporal de carbono orgánico libre en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022

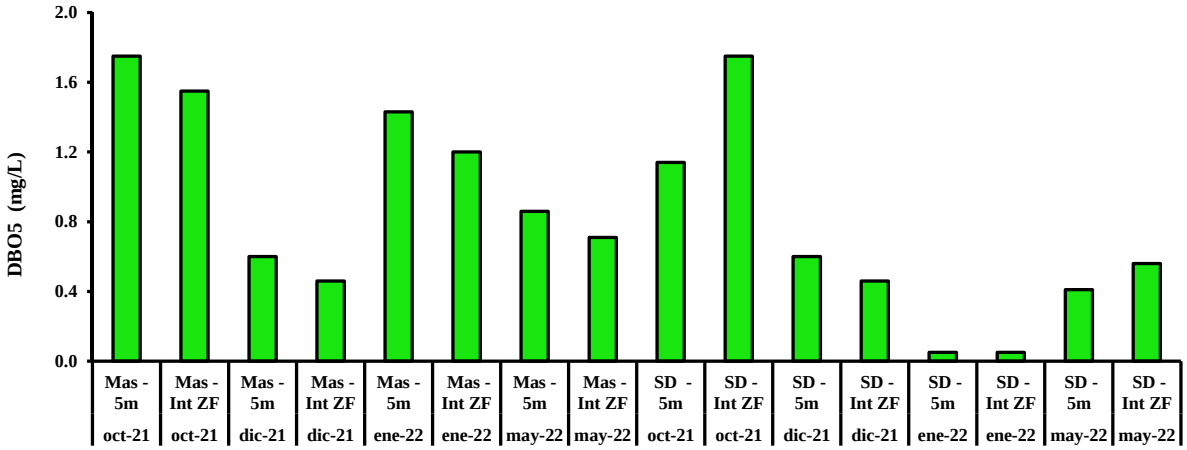


Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)

Los valores DBO_5 registrados oscilaron entre 0.1 y 1.8 mg/L en San Diego 5m –ZF (ene-22) y Masachapa 5m (oct-21), respectivamente. En la Fig. 13 se muestra los valores obtenidos para DBO_5 en una heterogeneidad en tiempo y espacio sin sobrepasar los rangos límites establecidos para el buen mantenimiento de un ecosistema acuático que requiere como concentraciones de DBO_5 es 2 mg/L (Wetzel, 2001). Por otra parte, se considera que los valores de DBO_5 superiores a 10 mg/L son características de aguas contaminadas e inferiores a 3 mg/l son Indicativos de baja contaminación por materia orgánica como en este caso.

Figura 13.

Comportamiento espacial y temporal de DBO5 en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022

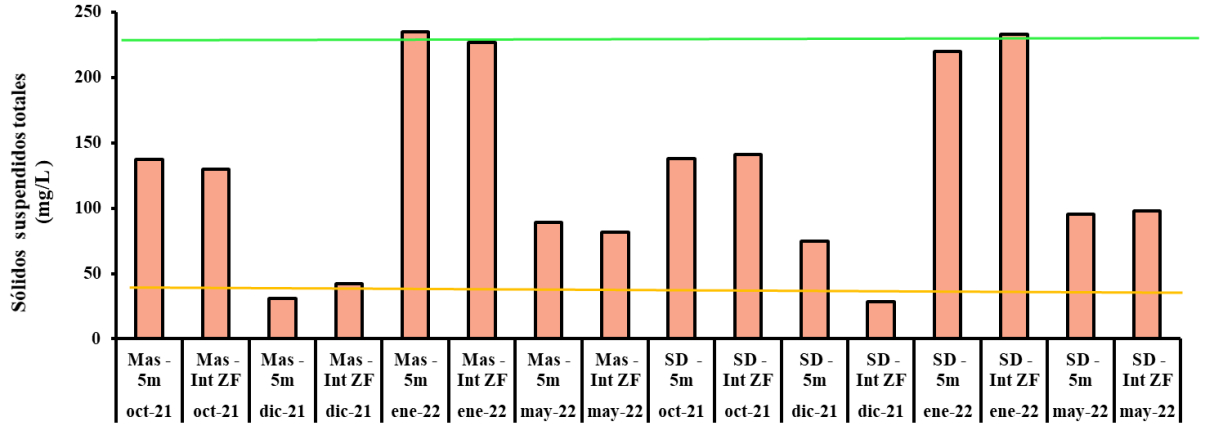


Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los valores de SST registrados oscilaron entre 28 y 235 mg/L en San Diego ZF (dic-21) y Masachapa 5m (enero-22), respectivamente. En la Fig. 14 se evidencia una heterogeneidad en el tiempo en lo que respecta a las épocas y entre los puntos de muestreos, encontrándose dentro del el valor límite permisible según las normas ecuatorianas que propone 250 mg/L para aguas marinas (Tapia, 2005). Por tanto, estas concentraciones facilitan el paso de la luz en el cuerpo de agua a favor de la vida acuática (valor medio de disco Secchi). Señalar, que las altas concentraciones de SST pueden disminuir la actividad fotosintética y aumentar la temperatura superficial del agua, reduciendo así el oxígeno liberado por las plantas acuáticas y causando la muerte de peces y otros animales de agua dulce (Riad & Triatmadja, 2022).

Figura 14.

Comportamiento espacial y temporal de sólidos totales suspendidos en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022

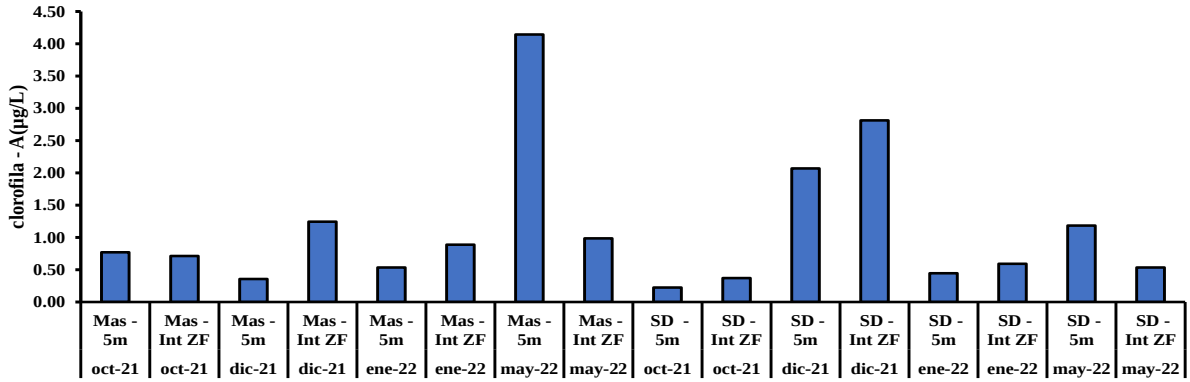


Clorofila – *a*

Los valores clorofila -*a* registrados oscilaron entre 0.2 y 4.1 µg/L (oct-21) San Diego (oct-21) y (may-22) respectivamente (Fig. 15). Los resultados aquí fueron menores que el rango óptimo de 10 a 20 µg/L para aguas marina (Stauber & Chariton, 2017)**.** Sin embargo, se evidencia una heterogeneidad en el tiempo en lo que respecta a las épocas y entre los puntos de muestreo, la concentración de clorofila–*a* corresponden a las condiciones predominantes, relacionadas principalmente con la buena circulación del agua y la abundancia de productores primarios de fitoplancton en las zonas estudiadas

Figura 15.

Comportamiento espacial y temporal de clorofila -a en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022



Coliformes Termo-tolerantes

Los valores de coliformes termo-tolerantes registrados oscilaron entre 9.00E-01 y 4.90E+01 NMP/100 ml, respectivamente. En la tabla 8, se muestran los comportamientos de CCT en los puntos muestreados estuvieron dentro de los rangos permitidos según norma técnica obligatoria nicaragüense norma para la clasificación de los recursos hídricos que establece 1000 NMP por cada 100 ml para agua de tipo dos (Normas Técnica de Nicaragua, 2000). La presencia de bacterias coliformes en un cuerpo de agua es indicio de que el suministro puede estar contaminado con aguas residuales domésticas u otro tipo de desechos en descomposición.

Tabla 8.

Comportamiento espacial y temporal de coliformes termo-tolerantes en los puntos de muestreos Masachapa y San Diego, 2021-2022

Fecha	Sitio de muestreo	CTT NMP/100ml
oct-21	Mas - 5m	9.00E-01
oct-21	Mas - ZF	9.00E-01
dic-21	Mas - 5m	9.00E-01
dic-21	Mas - ZF	9.00E-01
ene-22	Mas - 5m	7.80E+00
ene-22	Mas - ZF	6.10E+00
may-22	Mas - 5m	1.70E+01
may-22	Mas - ZF	1.30E+01
oct-21	SD - 5m	9.00E-01
oct-21	SD - ZF	9.00E-01
dic-21	SD - 5m	1.70E+01
dic-21	SD - ZF	4.90E+01
ene-22	SD - 5m	2.00E+00
ene-22	SD - ZF	9.00E-01
may-22	SD - 5m	9.00E-01
may-22	SD - ZF	9.00E-01
Mínimo		**9.00E-01**
Máximo		**4.90E+01**

4.1.2. Índice de Estado Trófico (IET)

Modelo de Carlson

En los sitios de estudios con base en los valores medios de concentración de fósforo total y clorofila - *a*, indica que las condiciones de ambas playas son mesotróficas.

En la tabla 9, se muestra el (IET) mediante la determinación con el modelo de Carlson los resultados obtenidos en ambos sitios en estudios en el año 2021-2022 tomando en consideración el promedio de fósforo total y clorofila – *a*, que va de 28 hasta 52 mg/m^3**,** respectivamente, para el índice de estado trófico Carlson, indican que es un medio mesotrófico según la escala de grados de 30 < IET < 60. Asimismo, se ubica también a las playas en condiciones oligotróficas con el valor obtenido de clorofila- a.

Tabla 9.

Resultados de los valores que se tomó en cuenta para la determinación de IET mediante el modelo de Carlson

punto	Fecha	P tot (mg/m^3)	Clorofila –a (mg/m^3)
Mas 5M	oct-21	60.0	28.0
Mas ZF	oct-21	28.8	27.3
Mas 5M	dic-21	64.1	15.8
Mas ZF	dic-21	63.4	20.9
Mas 5M	ene-22	45.8	20.4
Mas ZF	ene-22	53.7	32.7
Mas 5M	may-22	53.7	37.7
Mas ZF	May 22	49.4	40.7
promedio		**52.4**	**28.0**
Estados de Eutrofia		**Mesotrófico** (30 < IET< 60)	**Oligotrófico** (30 < IET)
SD 5M	oct-21	28.7	24.4
SD ZF	oct-21	28.7	29.4
SD 5M	dic-21	28.7	22.6
SD ZF	dic-21	62.7	25.5
SD 5M	ene-22	45.8	24.4
SD ZF	ene-22	48.1	32.3
SD 5M	may-22	48.1	30.5
SD ZF	may-22	57.7	44.6
promedio		**43.6**	**29.2**
Estados de Eutrofia		**Mesotrófico** (30 < IET < 60)	**Oligotrófico** (30 < IET)

Modelo de Aizaki

En la tabla 10, se muestra el (IET) según el modelo de Aizaki en las tablas de comparación y su obtención de promedios para fósforo total con base en el fósforo total se consideran mesotrófico y con relación a la clorofila- a se presentan como oligotrófico.

Tabla 10.

Escala de valores Eutróficos obtenidos usando el modelo Aizaki en los sitios de estudios Masachapa y San Diego

punto	Fecha	P tot (mg/m^3)	Clorofila-a (mg/m^3)
Mas 5M	oct-21	42.8	21.8
Mas ZF	oct-21	70.0	20.9
Mas 5M	dic-21	39.2	8.2
Mas ZF	dic-21	39.8	13.8
Mas 5M	ene-22	55.1	13.3
Mas ZF	ene-22	48.3	27.0
Mas 5M	may-22	48.3	32.5
Mas ZF	may-22	52.1	35.9
promedio		**49.4**	**21.7**
Estado de Eutrofia		**Mesotrófico** (30 < IET< 60)	**Oligotrófico** (30 < IET)
SD 5M	oct-21	70.0	17.7
SD ZF	oct-21	70.0	23.3
SD 5M	dic-21	70.0	15.7
SD ZF	dic-21	40.4	18.9
SD 5M	ene-22	55.1	17.7
SD ZF	ene-22	53.2	26.4
SD 5M	may-22	53.2	24.4
SD ZF	may-22	49.1	40.1
Promedio		**57.6**	**23.0**
Estado de Eutrofia		**Mesotrófico** (30 < TSI < 60)	**Oligotrófico** (30 < IET)

4.2. Dinámica de la comunidad Fitoplanctónica

La dinámica temporal y espacial de la comunidad fitoplanctónica se estimó a partir de los resultados de muestreos puntuales de 5 m e integrales de zona fótica (ZF) en las playas San Diego (sitio de referencia), Masachapa (sitio contaminado) y de parámetros estructurales obtenidos a

partir del análisis de fitoplancton cualitativo y cuantitativo en los períodos octubre -diciembre 2021 y enero-mayo 2022.

La dinámica temporal y espacial de la comunidad fitoplanctónica se estimó a partir de los resultados de muestreos puntuales de 5 m e integrales de zona fótica (ZF) en las playas San Diego (sitio de referencia) y Masachapa (sitio contaminado); y de parámetros estructurales obtenidos a partir del análisis de fitoplancton cualitativo y cuantitativo en los períodos octubre -diciembre 2021 y enero-mayo 2022.

4.2.1. Riqueza total

En las Tabla 11 se muestran las divisiones algales identificadas en agua de las playas de Masachapa y San Diego correspondientes a las fechas establecidas en época seca y época lluviosa. Se registraron un total de 117 géneros/especies pertenecientes a cinco divisiones: Bacillariophyta (15-31 taxones), Dinophyta (1-36 taxones), Cyanophyta (1-3 taxones), Silicoflagelados (1-3 taxones) y Charophyta (1) (ver anexo, tabla 17).

Tabla 11.

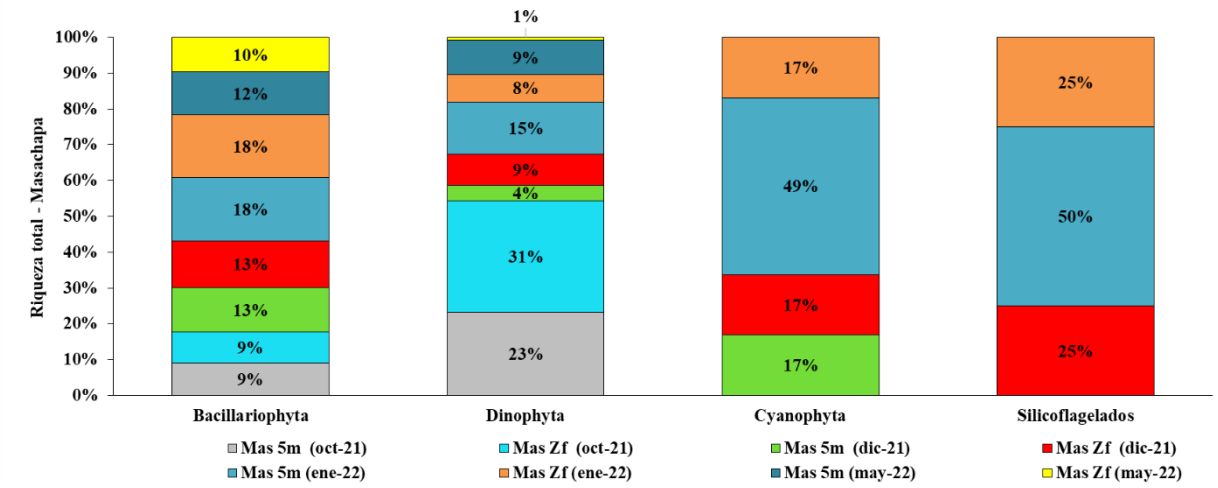
Riqueza total de especies de fitoplancton en Masachapa y San Diego en muestras puntuales de 5 m e integrales de zona fótica (ZF) en los períodos de octubre -diciembre 2021 y enero-mayo 2022.

			2021			
Punto de muestreo	**Bacillariophyta**	**Dinophyta**	**Cyanophyta**	**Silicoflagelados**	**Charophytas**	**Total**
Mas 5m (oct)	16	27				43
Mas ZF (oct)	15	36				51
SD 5m (oct)	22	8	1			31
SD ZF (oct)	19	9				28
Mas 5m (dic)	22	5	1			29
Mas ZF (dic)	23	10	1	1		35
SD 5m (dic)	30	12	2	3		47
SD ZF (dic)	18	15	1	1		35
			2022			
Mas 5m (ene)	31	17	3	2		53
Mas ZF (ene)	31	9	1	1		42
SD 5m (ene)	28	13	3	2	1	47
SD ZF (ene)	29	8	2		1	40
Mas 5m(may)	21	11				32
Mas ZF (may)	17	1				18
SD 5m (may)	22	4	1	1		28
SD ZF (may)	22	7	1	1		31

En la figura 16 se puede observar la contribución relativa de taxones de las diferentes divisiones algales identificadas en Masachapa, notándose que las *Bacillariophyta* (9% -18%) y *Dinophyta (1-31%)* fueron reportados en todos los muestreos en Masachapa, en cambio las *Cyanophyta* (17% - 49%) fueron reportados en diciembre 2021 y enero 2022 y *Silicoflagelados* (25% - 50%) tuvieron casi el mismo comportamiento que los que las *Cyanophyta* excepto que no fueron identificadas en Masachapa 5m en dic-21 en Masachapa ZF, diciembre 2021 y enero 2022, Masachapa 5m y Zf.

Figura 16.

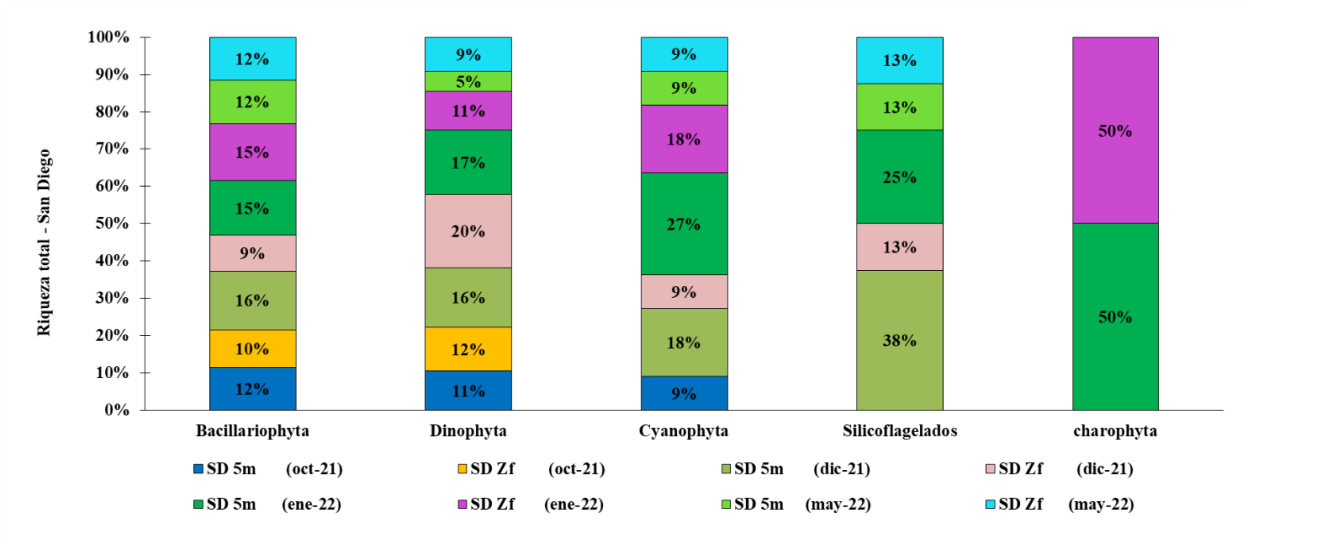
Contribución a la riqueza total de especies identificadas en las muestras de la playa Masachapa en el período de octubre- diciembre 2021 y enero- mayo 2022.



En la figura 17 se observa la contribución relativa de taxones de las diferentes divisiones algales identificadas en San Diego, notándose que las *Bacillariophyta* son las que presentan al porcentaje más representativo de taxones (9% -16%) estuvieron presentes en todos los puntos de muestreos, , seguido del grupo algal *Dinophyta* (5% - 20%) mientras tanto; se observa que los grupos algales Cyanophyta (9% - 27%) no se evidenció en San Diego Zf (oct-21) y Silicoflagelados (13% - 38%) no se presentó en los puntos San Diego 5m y Zf (ene-21,oct-22) cabe destacar que se encontró la división Charophyta solamente mostraron los porcentajes (50%) correspondientes a los puntos de muestreos San Diego 5m y Zf (ene-22) en época seca, presentes en los sitios de investigación.

Figura 17.

Contribución a la riqueza total de especies identificadas en las muestras de la playa San Diego en el período de octubre- diciembre 2021 y enero- mayo 2022.

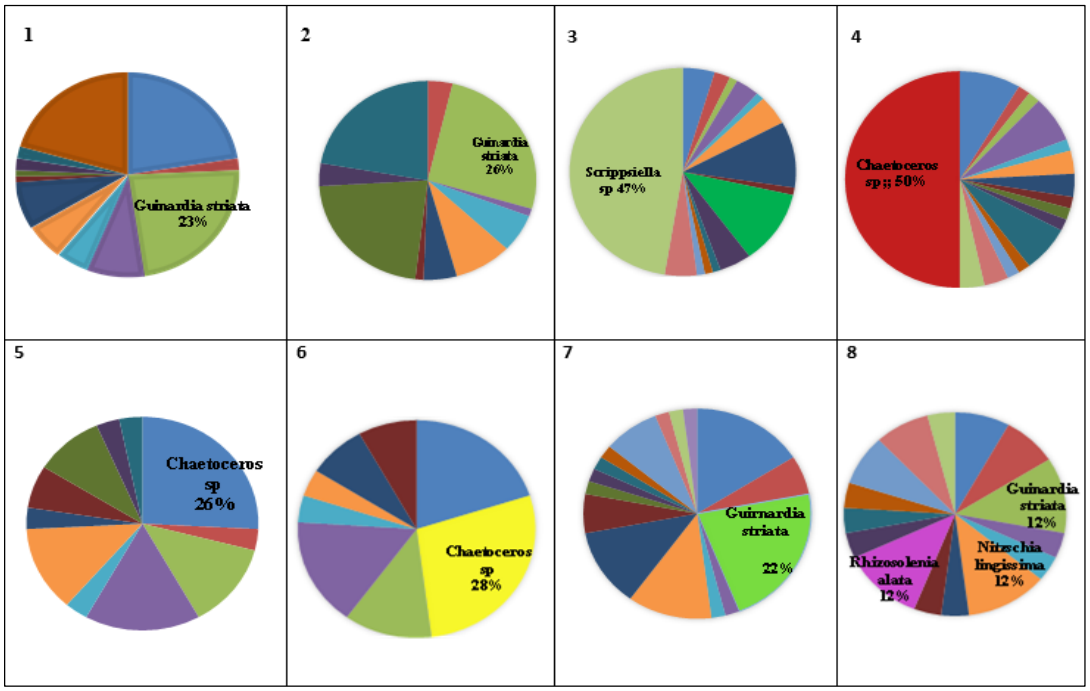


4.2.3. Abundancia relativa

La abundancia relativa estuvo representada en su mayoría por individuos pertenecientes al grupo Bacillariophytas, en Figura 18, se muestran las abundancias relativas de las muestras de fitoplancton examinadas de los sitios de las playas Masachapa y San Diego de los muestreos realizados en época lluviosa y seca (oct-dic) en 2021 y (ene- may) del 2022.

Figura 18.

Abundancias relativas de organismos fitoplanctónicos encontrados en las muestras de aguas colectadas durante los muestreos de 2021 en los puntos 1) Mas 5m oct,2) Mas Zf oct, 3) SD 5m oct, 4) SD Zf oct, 5) Mas 5m dic,6) Mas Zf dic, 7) SD 5m dic, 8) SD Zf dic



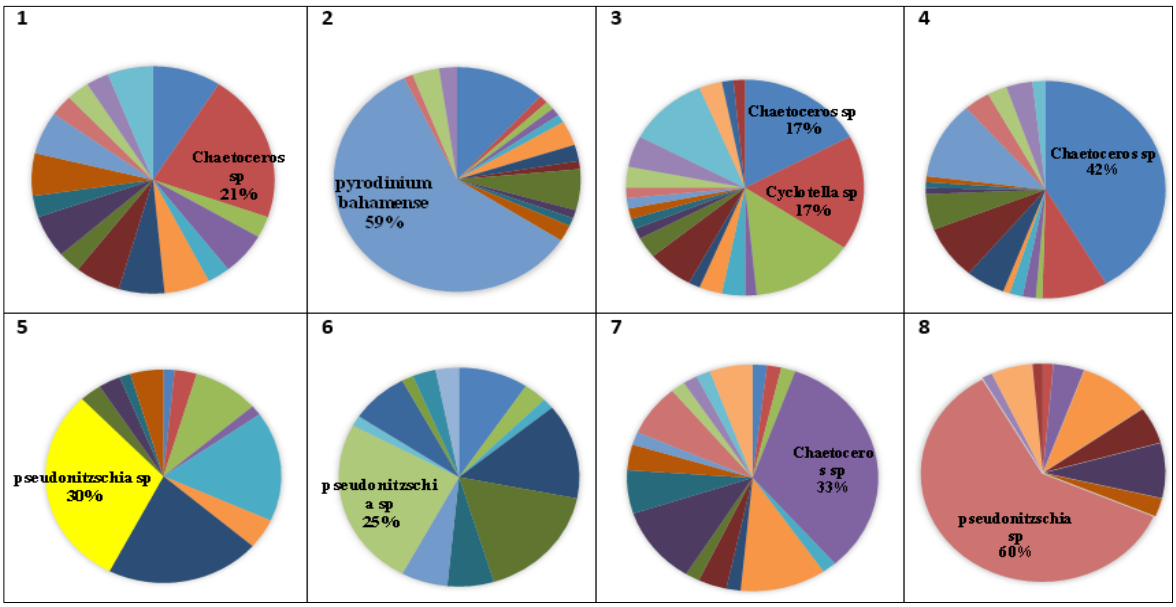
En cuanto a los organismos de fitoplancton encontrados en los sitios muestreados en el año 2021, la mayor abundancia fue representada por la especie *Chaetoceros sp* (50%), en el punto SD Zf. Respecto al muestreo de diciembre 2021, la especie más predominante fue *Chaetoceros sp* con 28% como especie dominante, es importante mencionar, que esta especie puede provocar eventos no tóxicos de afloramientos algales, pero si nocivos para peces e invertebrados. Cabe señalar que en el punto de San Diego ZF (Dic), predominaron tres especies: *Nitzschia longíssima, Rhizosolenia alata, Guinardia striata* (17%) cada una*;* en relación a estas diatomeas se entiende que al proliferar en un espacio limitado dañan las branquias de los peces, causándoles hemorragias, infecciones y eventualmente la muerte, por otro lado, en el fondo marino su presencia indica que sus aguas son ricas en nutrientes (Zingone & Enevoldsen, 2000).

En la Figura 19, se presentan las abundancias relativas de las especies fitoplanctónicas en los muestreos correspondientes al año 2022. En el mes de enero la especie más predominante fue *Pyrodinium bahamense* (59%) en el punto de Masachapa 5m, con respecto al mes de mayo, se registraron abundancias relativas para *Pseudonitzschia sp* tanto en Masachapa 5m y San Diego ZF reportándose su mayor dominancia en el punto de SD ZF (60%), esta especie es de especial preocupación ya que es productora de ácido domóico, causantes de intoxicación amnésica

presentes en los mariscos (Suárez & Méndez, 1998).

Figura 19.

Abundancias relativas de organismos fitoplanctónicos encontrados en las muestras de aguas colectadas durante los muestreos de 2022 en los puntos 1) Mas 5m ene,2) Mas Zf ene, 3) SD 5m ene, 4) SD Zf ene, 5) Mas 5m may,6) Mas Zf may, 7) SD 5m may, 8) SD Zf may



4.2.2. Abundancia total

En la Tabla 12, se muestran las abundancias totales del fitoplancton en las muestras de agua colectadas en el período de muestreos estudiados que estuvieron en el rango de 10 050 a 45 438 cel/L. En el año 2021 la mayor abundancia total se estimó en Masachapa (43 027 cel/L) durante el mes de octubre y la mínima en San Diego Zf (10 050 cel/L) en diciembre. En el año 2022 para el mes de enero la mayor abundancia total que se dio fue de 45 438 cel/L en San Diego Zf, y la mínima en el mismo mes con 13 267 cel/L en Masachapa 5m.

Tabla 12.

Abundancia total de fitoplancton en Masachapa (Mas) y San Diego (SD) en muestras de 5m e integral de zona fótica (ZF) en los períodos de octubre -diciembre 2021 y Enero – mayo 2022

Fecha	Sitio	Abundancia Total
Oct-21	Mas-5m	43 027
Oct-21	Mas-Zf	32 571

Oct-21	SD-5m	35 177
Oct-21	SD-Zf	23 320
Dic-21	Mas-5m	12 464
Dic-21	Mas-Zf	10 052
Dic-21	SD-5m	20 104
Dic-21	SD-Zf	10 050
Ene-22	Mas-5m	13 267
Ene-22	Mas-Zf	34 178
Ene-22	SD-5m	25 732
Ene-22	SD-Zf	45 438
May-22	Mas-5m	33 178
May-22	Mas-Zf	32 173
May-22	SD-5m	27 326
May-22	SD-Zf	36 698
Mínimo		100 50
Máximo		45 438

Cabe señalar que prácticamente en todos los muestreos realizados se detectaron especies del género *Pseudonitzschia*, una diatomea considerada tóxica, en los sitios de muestreo correspondientes a Masachapa - 5m (10 054 cel/L), Masachapa - ZF (8 043 cel/L) y San Diego ZF (22 119 cel/L) También se encontraron *Pyrodinium bahamense* que son especies de dinoflagelados que puede causar florecimientos algales tóxicos (Sar & Reguera, 2002) y *Dinophysis caudata* y sp estas especies sólo se observaron en cualitativo, pero no en cuantitativo es decir que se encontraron en cantidades muy pequeñas que no fue posible medir en el análisis cuantitativo. Es conocida por ser la responsable de las mareas rojas estas pueden tener efectos negativos pueden dañar a los organismos acuáticos y afectar la calidad del agua (Sar & Sunsen, 2010) (ver tabla 13).

Sin embargo, la mayor parte de las abundancias no sobrepasan los límites máximos de referencia ante la presencia de biotoxinas marinas establecidos por la Comisión federal para la protección contra riesgos sanitarios de México (COFEPRIS, 2016) para las especies antes mencionadas, a excepción de *Pyrodinium bahamense* en el sitio de Masachapa Zf y San Diego Zf (ene-22) presentado una abundancia total de 20 106 y 5 228 cel/l respectivamente superando los criterios establecidos que sugieren un 5 000 cel/l, en este caso su detección sirve de alerta para la detección de posibles eventos de floraciones algales y causar intoxicaciones severas e incluso la muerte.

Tabla 13.

Comparación de abundancias estimadas de fitoplancton marino tóxico en muestras de Masachapa y San Diego con límites máximos de referencia de potencial de presencia de biotoxinas marinas (COFEPRIS, 2016).

Especie	Sitio	Fecha	Abundancia Total (cel/l)	Límite permisible (COFEPRIS)
Pyrodinium bahamense	Mas - 5 m	ene-22	804	5 000 cel/l
Pyrodinium bahamense	Mas - ZF	ene-22	**20 106**	5 000 cel/l
Pyrodinium bahamense	SD - 5 m	ene-22	804	5 000 cel/l
Pyrodinium bahamense	SD - ZF	ene-22	**5 228**	5 000 cel/l
Pyrodinium bahamense	Mas - ZF	may-22	1 005	5 000 cel/l
Pseudonitzschia sp	Mas - 5 m	oct-21	2 413	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	Mas - ZF	oct-21	2 815	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	SD - 5 m	oct-21	1 608	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	SD - ZF	oct-21	402	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	Mas - 5 m	dic-21	804	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	Mas - ZF	dic-21	804	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	SD - 5 m	dic-21	2 413	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	SD - ZF	dic-21	402	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	Mas - 5 m	ene-22	804	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	Mas - ZF	ene-22	2 011	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	SD - 5 m	ene-22	402	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	SD - ZF	ene-22	2 413	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	Mas - 5 m	may-22	10 052	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	Mas - ZF	may-22	8 043	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	SD - 5 m	may-22	1 686	50.000 cel/l
Pseudonitzschia sp	SD - ZF	may-22	22 119	50.000 cel/l

4.2.4. Índices de diversidad

En la tabla 14, se presentan los valores de los índices de diversidad de Simpson (1/D), Shannon-Wiener (H´) y Margalef, calculados a partir de los datos obtenidos de abundancia también de riqueza de las comunidades Fitoplanctónicas encontrados en los puntos de Masachapa y San Diego en 5 m y en Zona fótica respectivamente, durante los muestreos de octubre y diciembre de 2021 seguido de enero y mayo de 2022.

El punto con mayor diversidad en diciembre 2021 fue San Diego Zf, según los datos obtenidos en los índices de similitud en Simpson (1/D), Shannon-Wiener (H´) y Margalef con valores de 12.3, 2.6, 1.52 los cuales fueron los mayores según se muestra en la tabla 13.

Con respecto al muestreo realizado en Masachapa Zf (dic-21), se observa que, según Margalef expresa que este sitio tiene una diversidad relativamente baja en el ecosistema con el valor de 0.76 sin embargo, Shannon-Wiener (H´) con 1.9 indica que su diversidad biológica es moderada y Simpson presenta un valor de 5.7 indicando una alta dominancia lo que significa que hay una especie o grupo de especies dominando en el medio lo que resulta una menor diversidad biológica.

En el muestreo correspondiente al mes de mayo (2022), el punto con mayor diversidad fue San Diego 5m con 10.9, 2.9 y 1.66 según Simpson (1/D), Shannon-Wiener (H´) y Margalef, ya que fueron los valores más altos.

En el muestreo de mayo 2022, Simpson (1/D) y Shannon-Wiener (H´) señalan que el punto con menor dominancia con valores de 0.1 y 1.2 indica alta diversidad. Sin embargo, Margalef muestra que el más diverso es San Diego 5m (ene-22) con un valor de 1.87.

De los cuatro muestreos realizados, Simpson (1/D) revela los valores de 0.1 indicando baja dominancia en los puntos Masachapa y San Diego ZF (ene-22) Masachapa 5m y San Diego ZF (may-22) pero comunidades diversas. Por otro lado, Shannon-Wiener (H´) nos da unos dos valores de 1.2 en Masachapa 5m (ene-22) también en (may-22) valores que son indicativos de existe una alta diversidad en las comunidades.

Tabla 14.

Datos de diversidad de organismos fitoplanctónicos obtenidos en los sitios de muestreos correspondientes a Masachapa y San Diego 5m-ZF de 2021-2022

		Diversidad		
Sitio	**Fecha**	**1/D**	**H'**	**Margalef**
Mas-5m	1-oct-21	6.0	2.0	1.03
SD -5m	1-oct-21	3.9	1.5	1.34
Mas- Zf	1-oct-21	3.9	2.0	0.93
SD- Zf	1-oct-21	3.5	1.9	1.49
Mas-5m	3-dic-21	6.9	2.1	1.06
SD -5m	3-dic-21	8.3	2.4	1.51
Mas- Zf	3-dic-21	5.7	1.9	**0.76**
SD- ZF	3-dic-21	**12.3**	**2.6**	1.52
Mas-5m	28-ene-22	0.9	**1.2**	**1.69**
SD -5m	28-ene-22	0.2	2.1	**1.87**

Mas- Zf	28-ene-22	0.1	1.5	1.44
SD- Zf	28-ene-22	0.1	2.1	1.49
Mas-5m	27-may-22	0.1	1.2	1.01
SD -5m	27-may-22	**10.9**	**2.9**	**1.66**
Mas- Zf	27-may-22	0.2	1.8	1.16
SD- Zf	27-may-22	**0.1**	2.0	0.86
Mínimo		0.1	1.2	0.76
Máximo		12.3	2.9	1.87

4.2.5. Índices de similitud

En la tabla 15, se muestran los valores de los índices de similitud PCS, Sorensen, B2 calculados para los organismos de fitoplancton calculados de los puntos muestreados en el 2021-2022 la mayor similitud se presentó en el punto Masachapa y San Diego ZF(ene-22) (99.8, 0.61, 0.15) según PCS y Sorensen nos dice que son comunidades muy similares, aunque B2 presenta un valor menor que nos dice que es disímil en el mes de enero 2022, se puede considerar el sitio de Masachapa y San Diego (octubre-21) como una comunidad símil por el valor obtenido en PSC, Sorensen, B2 (98.5, 0.52, 0.14) aunque B2 diga lo contrario. Entendemos que la menor similitud estuvo en Masachapa y San Diego ZF (dic-21) con sus valores (96.5, 0.52, 0.15).

Cabe señalar, que los puntos comparados en los cuatros sitios muestreados el % PSC y Sorensen nos proporciona una confiabilidad en los datos de las composiciones de especies en comparaciones simultáneas, aunque B2 sugiera lo contrario, las comunidades son muy similares entre sí.

Tabla 15.

Datos de similitud de organismos fitoplanctónicos obtenidos en los sitios de muestreos correspondientes a Masachapa y San Diego en muestras puntuales de 5m e integrales ZF de 2021-2022

		Índice de Similitud		
Sitio	**Fecha**	**Sorensen**	**Psc**	**B2**
Mas-SD 5m	1-oct-21	0.52	98.5	0.14
Mas-SD Zf	1-oct-21	0.44	97.5	0.10
Mas-SD 5m	3-dic-21	0.52	97.5	0.14
Mas-SD Zf	3-dic-21	**0.52**	**96.5**	**0.15**
Mas-SD 5m	28-ene-22	0.38	98.5	0.09
Mas-SD Zf	28-ene-22	**0.61**	**99.8**	**0.15**
Mas-SD 5m	27-may-22	0.60	97.0	0.15
Mas-SD Zf	27-may-22	0.61	98.5	0.10

4.3. Análisis Fisicoquímicos en sedimentos

Los sedimentos marinos son el depósito final de las sustancias producidas en las aguas superficiales y de aquellas introducidas al mar por procesos naturales y antrópicos. Entre estas sustancias se encuentran los compuestos orgánicos persistentes, metales pesados, combustibles y nutrientes sin importar el destino de la sedimentación toma como piso y destino final el mar (Valdés & Castillo, 2014).

4.3.1. Porcentaje de humedad

En la figura 20, se muestran los resultados del porcentaje de humedad en los sedimentos, se observa que tienen una cantidad moderada en contenido de humedad, el valor mínimo corresponde al punto de San Diego (dic-2021) con 6.13% de humedad y el máximo correspondió al punto Masachapa (dic-21) con 62.9% de humedad (tabla 16).

Figura 20.

Representación de los Valores de porcentaje de humedad en las muestras en sedimentos marino.

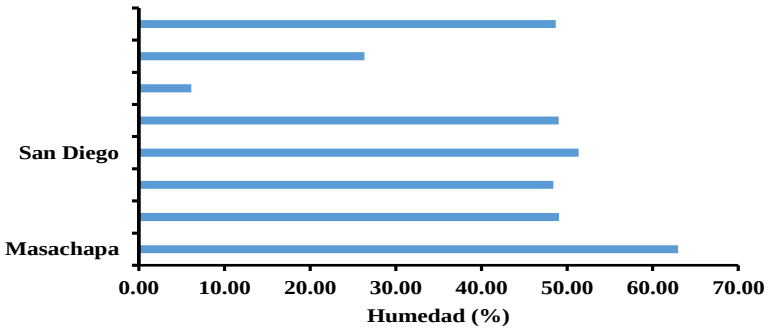


Tabla 16.

Porcentaje de humedad en las muestras de sedimento

Sitio	Fecha	Contenido de Humedad (%)
Masachapa	Dic-21	62.97
San Diego	Dic-21	51.35
Masachapa	Ene-22	49.04
San Diego	Ene-22	49.03
San Diego	Ene-22	6.13
San Diego	Ene-22	26.36

San Diego	May-22	48.69
Masachapa	May-22	48.40

4.3.2. Granulometría

La granulometría de los puntos estudiados en Masachapa demostró que la textura predominante fue franco limoso. Respecto al punto de San Diego la textura más predominante fue franco (63%) seguido de franco limosa (55%). Se evidencia un mayor impacto en el punto de San Diego.

Figura 21.

Comportamiento de la granulometría en las muestras de sedimentos de Masachapa y San Diego

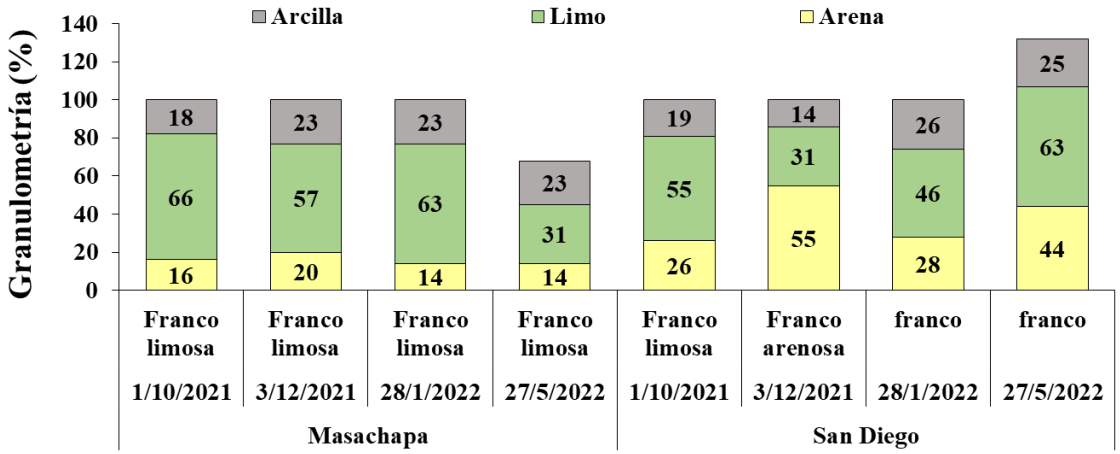


Tabla 17.

Valores de granulometría en San Diego y Masachapa

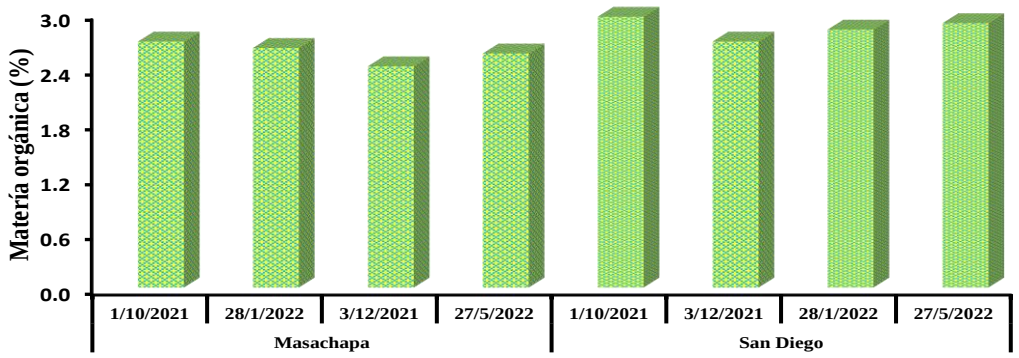
Sitio	Fecha	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
Masachapa	01oct 2021	16	66	18	Franco limosa
San Diego	01oct 2021	26	55	19	Franco limosa
Masachapa	03 dic 2021	20	57	23	Franco limosa
San Diego	03 dic 2021	55	31	14	Franco arenosa
Masachapa	28 ene 2022	14	63	23	Franco limosa
San Diego	28 ene 2022	28	46	26	franco
Masachapa	27 may 2022	14	31	23	Franco limosa
San Diego	27 may 2022	44	63	25	franco

4.3.3. Materia orgánica

En la figura 22 se muestran los valores reportados de materia orgánica de 2.41 a 2.68% en Masachapa y en San Diego fueron 2.68 a 2.95%. Los contenidos de materia orgánica varían entre 0,5 y 20% como rangos normales en ambientes marinos (Pineda, 2015), el porcentaje de materia orgánica en sedimentos marinos estuvo entre los 2.4 a 2.9% de acuerdo a estos valores indica hay bajo contenido de materia orgánica en los sedimentos y por ende no indica contaminación en el sitio.

Figura 22.

Valores de Materia Orgánica en las muestras de sedimentos



4.3.4. Nitrógeno total y Fósforo total

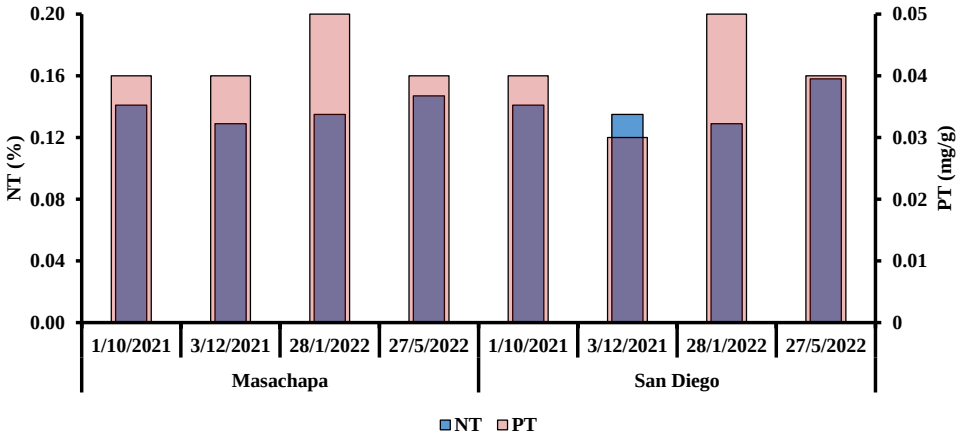
Los valores de nitrógeno total en los sedimentos variaron de 0.13 a 0.15% en Masachapa y San Diego entre 0.13 y 0.16%, el valor más bajo se reportó en el sitio de Masachapa (Dic-2021) seguido de San Diego (enero-22) y el más alto en el sitio de San Diego (mayo-2022), *(ver anexo, Tabla 16).*

Mientras que, las concentraciones de fósforo total en los sedimentos estuvieron en el rango de 0.04 y 0.05 mg/g en Masachapa y de 0.03 mg/g a 0.05 mg/g. Cabe señalar que la concentración más baja se registró en San Diego (dic-21). En la Figura 23, se evidencia un comportamiento heterogéneo de los nutrientes en tiempo y espacio, indican que los sedimentos que llegan a las playas en los sitios de estudios no están afectando, ya que los valores reportados son bajos al límite

establecido en las aguas superficiales del océano en zonas costeras es 10-20 mg/g para fósforo y 0.1 y 2% para nitrógeno total en sedimentos marinos (Scasso, 2023).

Figura 23.

Valores obtenidos de Nitrógeno total y fósforo en las muestras de sedimentos



Capítulo V

5.1. Conclusiones

1. Se determinó que la calidad de las aguas de los ecosistemas de las playas Masachapa y San Diego en el pacífico centro de Nicaragua es óptima, ya que los análisis fisicoquímicos y biológicos analizados, cumplen con los valores admisibles o están dentro del rango permisible de las normas ambientales para los ecosistemas marinos. En el mismo sentido, los índices de estado trófico demostraron que los puntos de estudio se encuentran en condiciones mesotróficas, lo cual indica que hay presencia de nutrientes, pero en una cantidad adecuada, sin embargo, esto es una alerta a que las condiciones puedan variar en un futuro, debido a las actividades antrópicas que se realizan desde el continente.

2. El análisis de composición fitoplanctónica permitió identificar 117 taxones, siendo estos pertenecientes a la división Bacillariophyta, también, se registró la presencia especies de diatomeas tóxicas como *Pseudonitzschia*, *Pyrodinium bahamense*, *Dinophysis caudata* y *sp*, las cuales son indicadoras de proliferaciones algales tóxicas o nocivas conocidas como mareas rojas.

3. Excelente característica analítica de los sedimentos en los puntos estudiados refleja que las concentraciones de nitrógeno, fósforo total y materia orgánica son bajas, por lo tanto, indican que los sedimentos que llegan a las playas del pacífico central de Nicaragua, Masachapa y San Diego.

4. Teniendo en cuenta la influencia de los contaminantes físicos, químicos y biológicos, se puede afirmar que la calidad de agua y sedimento en los ecosistemas costeros de las playas de Masachapa y San Diego, pacífico central de Nicaragua, han sido levemente modificada por la contaminación antropogénica que llega desde el continente, comprobando la hipótesis planteada.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio y a la vulnerabilidad de los sistemas marino costero antes los problemas ecológicos presentes (presencia de especies tóxicas y contaminación antropogénica) se recomienda en la medida de lo posible, lo siguiente:

Tomando en cuenta la presencia de especies diatomeas tóxicas encontradas en los ecosistemas acuáticos se recomienda implementar medidas de monitoreo y control de calidad del agua, además, es importante informar a las autoridades competentes para promover la educación sobre los riesgos asociados a las especies para garantizar la seguridad de las personas y el medio ambiente.

A los agricultores se les recomienda identificar los productos químicos que son utilizados para el desarrollo de sus actividades en las comunidades e industrias de comercio para disminuir su uso para evitar que los escurrimientos en época lluviosa lleguen a los cuerpos de aguas.

A la alcaldía de San Rafael del sur; se le recomienda elaborar un plan de estrategias dirigidas al manejo de los residuos sólidos, y monitoreo en los cuerpos de aguas en sus diferentes fines de uso también se le sugiere de la educación ambiental para generar conciencia sobre el impacto de las acciones de índole antropogénica, para la mejora del estado de salud ambiental.

5.3. Bibliografía

Aboal Sanjurjo, M. (2012). *organismos fitoplanctónicos.* Madriz. ecologiaverde.com2023: https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=341366

AEMA. (21 de mayo de 2018). Eliminación del nitrógeno en aguas residuales. *Iagua*, 4.

Alonso Rodríguez, R., Mendoza Amézquita, E., Velásquez López, S. A., Andreas Seim, J., & Martínez Rodríguez, V. M. (2015). Florecimientos algales nocivos producidos por Pyrodinium bahamense en Oaxaca, México (2009-2010). *Salud Publica México*, 343-351.

Alonso-Rodríguez, R., Mendoza-Amézquita, E., Velásquez-López, S. A., Andreas Seim, J., & Martínez-Rodríguez, V. M. (2015). Florecimientos algales nocivos producidos por Pyrodinium bahamense en Oaxaca, México (2009-2010). *Salud pública de México, 57*(4), 343-351.

Alquiletta, R., & B, A. J. (12 de oct de 2014). *Solubilidad de compuestos orgánicos.* ww.ncel.noaa.gov.

Alvarado, E. (2001). *Impacto de los vertidos de tenerías sobre la calidad físicoquímica y la integridad biológica del sedimento del Río Chiquito, León.* México.

Alvarado, O. E. (2019). *Impactos de vdertidos de tenerías.* Leon.

Ambiental-IHA, I. d. (2018). *Informe técnico, Monitoreo de la calidad del agua.*

Ambiental-IHA, I. d. (2018). *informe tecnico, monitoreo de la ccalidad del agua.*

Amercan Public Health Associaion, American Water Works Association, Water Enviroment Federation. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Vol. 23). Washington D.C, Washington D.C, Estados Unidos: American Public Health Association.

Arana, I. J. (2016). *Efecto de la calidad del agua y del sustrato blando sobre la macrofauna bentónica de la zona intermareal en la Playa Pochomil, San Rafael del Sur.* monografía, Managua.

Arboleda, J. P., & Solano, J. (2000). *Reducción de escurrimientos de plaguicidas.* Bogotá.

Armstrong, J., & F.A. (1957). *the iron content of sea water.* Great Britain.

Arturo, T. (2006). *TripodArturo.com*. Análisis de silice.

Asamblea Nacional. (19 de 11 de 1986). *Constitución Política de Nicaragua.* Managua, Nicaragua, Nicaragua: La Gaceta Diario Oficial. https://www.lagaceta.gob.ni/

Asamblea Nacional. (1996). *LEY N". 217, "LEY GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE CON SUS REFORMAS INCORPORADAS.* Managua, Nicaragua: La Gaceta Diario Oficial. https://www.lagaceta.gob.ni/

Asamblea Nacional. (01 de Enero de 2000). Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense sobre los niveles de calidadexigibles de los cuerpos de aguas. *NTON 05 007-98*. Nicaragua, Nicaragua.

Asamblea Nacional. (2009). *LEY No. 690 LEY PARA EL DESARROLLO DE LAS ZONAS COSTERAS.* Managua, Nicaragua: La Gaceta Diario Oficial. https://www.lagaceta.gob.ni/

Asamblea Nacional de Nicaragua. (11 de 02 de 2000). Normas Técnica de Nicaragua. *NTON 05 007-98 Clasificación de los recursos hidricos*. Managua, Nicaragua.

ATSDR. (julio de 2017). *Agencias para suatancias tóxicas y registro de enfermedades.* ASTDR: https://wwwn.cd.gob/TSP/toxprofiles.aspx?:1452&tid:258

Baird, C., & Cann, M. (2014). *Química ambiental*. Barcelona: Reverté ,S.A.

Band Schmidt, C., Bustillos Guzmán, J. J., López Cortés, D. J., Núñez Vázquez, E., & Hernández Sandoval, F. E. (2011). El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México. *Hidrobiológica*, 382-412.

Baylón, M., Advíncula, O., Loyola, O., Norabuena, Á., & Hernández-Becerri, D. (2019). Variación espacial y temporal del fitoplancton con énfasis en las floraciones algales frente a la playa de pescadores artesanales de Chorrillos / Lima / Perú. *Ecología aplicada*, 133-143.

Bertran, P. (2013). Ciencia: potencial redox. *Cienciaplus*, 5.

biblioteca.cenicafe.org. (12 de abril de 2017). *paperport.12*.

Boyd, C. E. (2004). *toxicidad de nitrito afectada por la susceptibilidad de las especies en condiciones ambientales.*

Boyd, C. E. (2023). *Global SeaBood*.

Caballero, Y. (20 de 06 de 2011). Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Nitrógeno Total en suelos y sedimentos por el método Kjeldahl . *Procedimiento Operativo Normalizado-RQA-07 CIRA/UNAN-Managua*. Managua, Managua, Nicaragua: Aseguramiento y Control de la Calidad CIRA/UNAN-Managua.

Caballero, Y. (16 de 07 de 2022). Procedimiento Operativo Normalizado para la Determinación de Materia Orgánica a través de Pérdida por Ignición en Suelos y Sedimentos.

Procedimiento Operativo Normalizado-RQA-13 CIRA/UNAN-Managua. Managua, Managua, Nicaragua: Área Técnica, Aseguramiento y Control de Calidad CIRA/UNAN-Managua.

Caiafa, M. (2017). *Determinación de fósforo total en aguas.*

Calero, S. (19 de 05 de 2011). Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Fósforo Total en Sedimentos mediante el Método del Ácido Ascórbico . *Procedimiento Operativo Normalizado-RQA-06 CIRA/UNAN-Managua*. Managua, Managua, Nicaragua: Aseguramiento y Control de Calidad CIRA/UNAN-Managua.

Calvo, V. E., & Arguedas, R. M. (2012). *Muestreo de las Floraciones Algales Nocivas (FANs) en el Golfo de Nicoya.* Universidad Nacional,Puntarenas Costa Rica, Estación de Biología Marina, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad, Costa Rica. http://www.una.ac.cr

Calvo, V. E., & Arguedas, R. M. (2012). *Muestreo de las Floraciones Algales Nocivas (FANs) en el Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica.* San José: UNA.

Campo, A. M. (2014). *Diversidad y valor de importancia para la conseravcion de la vegetacion natural.* Argentina: universidad nacional del sur.

capitulo20. (26/4/03). Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. En *INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL EN AGUAS* (pág. 6).

Carmago, J., & Alonso, A. (2007). Contaminacio enn los ecosistemas . *Ecosistemas* , 16.

Castillo, H. E., & Calderón, P. H. (2006). *Situación de los recursos hídricos en Nicaragua.* Managua.

Chow, N. (2016). *Procedimiento Operativo Normalizado para el Análisis Cualitativo del Fitoplancton por el Método de Observación Directa.* Área técnica, Aseguramiento y Control de Calidad CIRA/UNAN-Managua.

Chow, N. (2018). *Procedimiento Operativo Normalizado para el Análisis Cuantitativo del Fitoplancton: Abundancia Númerica y Biomasa Peso-Húmedo.* Área Técnica, Aseguramiento y Control de Calidad CIRA/UNAN-Managua.

Cifuentes, J. L., & Torres, P. L. (1986). *El Oceáno y sus Recursos, capitulo 2.* México.

COMTEC. (s.f.). *Servicio técnico en todo Chile*.

Confederación hidrográfica del Ebro, c. d. (2000). *Metodología para el eçstablecimiento al estado ecológico.*

confederacion hidrografica del Ebro, c. d. (s.f.). *metodologia para el eestablecimiento al estado ecologico* .

copyright. (2023). *copyright.*

Cordis. (2011). organicos que se unen. *CORDIS*, 2.

Corena, A. Q. (2020). *Diagnóstico de la calidad fisicoquímica y biológica del agua en el Golfo de Fonseca, la Unión, El Salvador, Propuesta para el Desarrollo Sostenible.* el salvador: S.E.

Corena, Q. (2020). *Diagnóstico de la calidad fisicoquímica y biológica del agua en el Golfo de Fonseca, la Unión, El Salvador, Propuesta para el Desarrollo Sostenible.* San salvador: S.E.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. CORTOLIMA. (2011). *CORTOLIMA.* CORTOLIMA: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom__coello/diagnostico/l211.pd

Cruz, P. L. (2014). *Los silicoflagelados de los sedimentos* . México.

Cubas, P. (2008). Algae,Cyanobacteria. En L. Graham, & W. L.

Darce, C. (2004). *Calidad de agua de consumo en la comarca Chacraceca.* Monografía, UNAN-LEON, León, Nicaragua.

Deevey, E. (1968). *Limnology and oceanography.* chicago.

Díaz, C. M., & Realpe, I. (2013). Flujo de carbono orgánico. *Ingienerías universidad de Medellín*, 14.

Díaz Domínguez, J. M., & Sarria Sacasa, K. d. (21 de 11 de 2019). Microplásticos en las costas del Pacífico de Nicaragua. *COMPROMISO SOCIAL. Revista de la UNAN-Managua, Extensión Universitaria, 1*(2), 51-59.

Dominguez, F. O. (2008). *Estándares Nacionales de la Cálidad para agua.* Lima.

Dumailo, S. (2003). *EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL POR MEDIO DEL ESTUDIO DE ALGUNOS ASPECTOS DE SEDIMENTACIÓN Y CONTAMINACIÓN EN LA LAGUNA DE BLUEFIELDS, RAAS, NICARAGUA.* Nicaragua.

Dunnivant, F. (2012). *Oxígeno disuelto en agua.*

Edvardsen, B., Dittami, S., Groben, R., Brubak, S., & Escalera , L. (2012). Molecular probes and microarrays for the detection of toxic algae in the genera Dinophysis and Phalacroma

(Dinophyta). *MOLECULAR TOOLS FOR MONITORING HARMFUL ALGAL BLOOMS*, 6734-6750.

Ebodio, M. (2013). Especies de dinoflagelados de las costas de chiapas sur. *Scielo.org*.

EL MÉTODO KJELDAHL: USOS, FUNCIONAMIENTO Y EQUIPOS. (2022 de 06 de 02).

El Nuevo Diario. (10 de Julio de 2010). Colapsa muelle de Masachapa. *El Nuevo Diario*, pág. 1.

Enciclopedia de Biologia. (2019). Grudemi.

Equipos y Laboratorio de Colombia . (2021- 2022).

Escobar, J. (15 de enero de 2002). *Lacontaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar.* Santiago, Chile. IAEA.

Espinal, S. R. (2000). *Evaluación de la calidad del agua en zonas costeras.*

Espinoza, C. I. (2019). *Medidas de alpha diversidad.*

(2001). *Estado del ambiente de Nicaragua.*

Falcon, D. (31 de junio de 2008). categoría 4. *Estandares Nacionales de la calidad de agua ambiental*. Peru, Lima, peru.

FAO. (1996). *El estado actual de la peqeña agroindustria en América Latina.* Santiago,Chile.

FAO. (2005). *Biotoxinas marinas* . Romma, Italia: Gestión de las Publicaciones de la Dirección de Información de la FAO.

Flores Sotil, H. D. (2017). *ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BACTERIOLÓGICA (COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES) EN EL LAGO DE MORONACOCHA.* UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.

Fonseca, G. I., & Almendarez Téllez, L. E. (2022). La pesca artesanal y su relación con el medio ambiente en el Pacífico central de Nicaragua (Masachapa y Casares). *Terrón universitario*, 8.

Freer, E., & Montero, M. V. (2003). Floraciones algales nocivas en la costa pacífica de Costa Rica: toxicología y sus efectos en el ecosistema y salud pública. *Scielo*.

Freer, E., & Vargas, M. (octubre de 2003). Floraciones algales nocivas en la costa pacífica de Costa Rica: toxicología y sus efectos en el ecosistema y salud pública. *Scielo*, 4.

Fuerza Naval de Nicaragua. (12 de 06 de 2018). Fenómeno Marea Roja afecta el Pacífico de Nicaragua. Managua, Nicaragua.

García Lozano, M. (2023). Eutrofización: una visión general. *CienciAcierta*. http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/

García, D. E. (2018). *Agua, Amonico y Guerra*. https://www.iagua.es/blogs/eduardo-garcia-dominguez/agua-amoniaco-y-guerra

García, J. (2023). Silice en agua. *Silice en agua*.

GEOHAB. (2012). *Ecología global y océanografia de las floraciones algales nocivas.* Paris,Francia: IOC y SCOR.

Gianolí, A., Hung , A., & Shiva, C. (2018). Relación entre coliformes totales y termotolerantes con factores fisicoquímicos del agua en seis playas de la bahía de Sechura-Piura 2016-2017 . *Salud tecnología, 2*(2), 62-71. https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.20453/stv.v6i2.3460

González, I. (1997). *Diagnóstico ecólogico de las zonas costeras de Nicaragua.* MARENA, Managua.

González, L. p. (2019). *Diagnóstico ecológico de las zonas costeras de Nicaragua.* Managua.

Guillen Bolaños, A. (marzo de 2014). *UNIDAD ACADÉMICA MULTIDISCIPLINARIA REYNOSA - AZTLÁN.* UNIDAD ACADÉMICA MULTIDISCIPLINARIA REYNOSA - AZTLÁN.

Guillen Bolaños, A. (Marzo de 2014). Unidad Académica Multidisciplinaria Reynoza - AZTLÁN. *Detección de sílice en agua*. México, México. Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa - AZTLÁN.

Gutiérrez, E. I., López Huembes, Z. I., & Barrios Mairena, N. A. (2015). *Incidencia ambiental, cultural y socioeconómica de las empresas aglomeradas en el clúster turístico, en el casco urbano del municipio de San Juan del Sur- Rivas, Septiembre 2014 – Abril 2015.* Tesis, UNAN-Managua, Rivas, Managua.

H, G. W. (1982). *Diversity,biotic and similarity indices.* Australia.

Hale, G. (2018). Cómo el dióxido de carbono está cambiando los océanos. *cheemMatters*, 25.

Hallegraeff, G. (2003). Floraciones de algas nocivas: una visión global. *Manual sobre microalgas marinas nocivas*, 1-22.

hanna, i. (14 de 06 de 2019). Fósforo: Comprender los diferentes tipos y los métodos utilizados para medir. *Metodología a Medida Ortofosfato (fosfato / Fósforo): el aminoácido, Molibdovadadadate, y Métodos de ácido ascórbico*.

Harper, M. (2016). *Ecológia general.*

Herrera, D. (28 de 10 de 2013). Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Porcentaje de Humedad en Suelos y Sedimentos mediante el Método Gravimétrico.

Procedimiento Operativo Normalizado-RQA-01 CIRA/UNAN-Managua. Managua, Managua, Nicaragua: Aseguramiento y Control de Calidad CIRA/UNAN-Managua.

Holdins, U. (2005). *normas para la calidad de las aguas mario-costeras.*

Humboldt, V. A. (2000). *Manual de métodos para el análisis de diversidad* . Colombia.

IEA-MARENA. (2001). *Ecosistemas Marino Costeros.* Managua: S.E. mapas.centrogeo.org.

Iglesias, B. (2010). *Diagnóstico Infraestructura Escolar e Institucional San Rafael del Sur.* San Rafael del sur.

INETER. (2000). list de eventos registrados. *INETER*, 2.

Iriondo, J. (2000). *Taxonomía y Conservación: Dos aproximaciones a un mismo dilema.* Madriz.

Jaramillo, Á. O. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales.* Medellín, Colombia: Comunicación SIN ESQUEMAS.

Johnbrynner, G. G. (2005). *QUALITY PARAMETERS EVALUATION FOR ORGANIC CARBON DETERMINING IN SOILS.* Colombia, Bogotá.

Johnson, C., Affolter Matthew, D., kenbrand, P., & Cam, M. (15 de enero de 2023). Entornos deposicionales. *LibreTex,Español*, 14. IAEA.

Juárez, D., & Gómez, R. (2014). *Aplicación de métodos Analíticos Normalizados para determinar Hierro total (Fe), Cloruro (Cl-) y Nitritos (NO2) en muestras de agua Potable del pozo de la UNAN_Managua y abastecida por ENACAL en el periodo agosto- diciembre 2013.* Monografía, UNAN-MANAGUA, Managua, Nicaragua.

Kulczewski, V. (2022). *Calidad de agua vertida al mar: coliformes fecales.*

Lopez. (2000). *Operacionalización de Variables.*

López, O., & Rodriguez, S. (2020). *Estado actual de eutrofización utilizando el modelo matemático IET.*

luis pedroza, c. v. (2013). *Titulacion condumetrica, ácido base.* colombia.

M, E. J. (2021). *LOS NUTRIENTES. GENERALIDADES Y SU MODELADO.*

Manterola, C., Hernández, M. J., Otzen, T., Espinosa, Elena, M., & Grande, L. (2022). Estudios de corte transversal,un diseño de investigación a considerar en Ciencias Morfologicas. *Scielo*, 13. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022023000100146

Mapa Nacional de Turismo. (2016-2022). *Cultura de San Rafael del sur*. Cultura de San Rafael del sur: https://www.mapanicaragua.com/cultura-de-san-rafael-del-sur.com.

Marampouti, C., Buma, A., & de Boetr, K. (2020). Floraciones de algas nocivas exóticas mediterráneas: orígenes e impactos. *Investigación en ciencias ambientales y contaminación*.

MARC.org. (2021). *Mid América Regional Council*. Mid América Regional Council: www.mac.org/environment/water

MARENA. (2001). *Ecosistema Marino-costeros.* Managua, Managua.

MARENA. (2001). *Ecosistemas Mrino-costeros.* MARENA, Managua, Managua.

MARENA. (2001). *IEA-MARENA.* MARENA, Nicaragua.

MARENA. (2001). *Informe de Estado Ambiental.* MARENA, MANAGUA. NICARAGUA: IMPRIMATUR, Artes Gráficas.

Margalef, R. (2005). *Ecologia.* España: omega s.a.

Martinez, V. (11 de 07 de 2008). Procedimiento Operativo Normalizado para Análisis de Granulometría de Suelos y Sedimentos según la Norma Austriaca L- 1061 - 88. *Procedimiento Operativo Normalizado-RQA-03 CIRA/UNAN-Managua* . Managua, Managua, Nicaragua: Aseguramiento y control de Calidad CIRA/UNAN-Managua.

Martínez, V., & Vammen, K. (julio de 2014). Flujo Cronológico de Metales en sedimentos y la Sedimentación en la Bahía de Bluefields,Nicaragua. *Agua y conocimiento*, 14.

ME, J. M. (2021). *LOS NUTRIENTES. GENERALIDADES Y SU MODELADO.*

Milán, J. A. (2012). *Cambioclimático.* Managua.

Miranda, E. (2002). *Sistema de Gestión para el Medio Ambiente.* san salvador: S.E.

Molina, C., & Gómez, W. J. (2021). Contaminación marina por desechos plásticos. *polo del conocimiento*, 21.

Montenegro, K. (2021). Diversidada marino-costera. *REMARCO*, 2.

Montiel, R. (2015). Flitoplcton-primario. *monografias.cpm SA*, 4. monografias.com SA.

Moreno Franco , D. P., Quintero Manzano , J., & Lopéz Cueva , A. (2010). *Métodos para identificar, diagnósticar y evaluar el grado de eutrofia.*

Moreno, C. E. (2001). *Método para medir la Biodiversidad* (Vol. 1). Zaragoza: M&T–Manuales y Tesis SEA.

Moreno, J. (2021). Indice de Estado Trófico-IET. México city.

Nordin, R., & Pommen, L. (2009). *pautas para la calidad del agua para nitrogeno,nitratro,nitrito,amoniaco.*

noticias12. (9 de junio de 2022). masachapa. *masachapa*. managua, masachapa, nicaragua.

Ongley, E. (1997). *Lucha contra la contaminación agrícola.* Burlington.

Orozco, Á. (2005). Bioingeniería de aguas residuales. En Á. Orozco, *Bioingeniería de aguas residuales* (págs. 21-22). Bógota: Comunicación Sin Esquemas.

Orozco, Á. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales.* Bogotá: Comunicación Sin Esquemas.

Orquera, E., & Cabrera, M. (2019). *CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA DE YAMBO.* https://doi.org/https://doi.org/10.18359/rcin.1430

Ortiz, A. O. (14 de Diciembre de 2020). *medioambiente.nexos.com.* medioambiente.nexos.com.: https://medioambiente.nexos.com.

Ortiz, M. (2021). *CIRA/UNAN-Managua y paso pacífico analizan suelos oceánicos de Masachapa y San Diego.* Managua.

Pallé, C. (2019). *El dióxido de carbono como forma sostenible de reducir el pH del agua.* www.tecnoaqua.es

Perevochtchikova, M. (2012). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y Política Pública*, 283-311.

Perez, E. (2013). Conductividad . *OCEANOGRAFIA*, 11.

Pérez, p., & Merino, M. (2021). *Variable cuantitativa.*

Pilar, V. c. (2010). *Muestreo de las Floraciones Algales Nocivas (FANs) en el.* costa Rica.

Pineda, V. (2015). *Granulometríia y Geoquímica de los sedimentos.*

Polomino, M. (2023). *Scribdcompamy.* Scribdcompamy.

REMARCO. (07 de Octubre de 2019). *remarco.org*. remarco.org: https://remarco.org/floraciones-algales-nocivas-fan/

REMARCO. (2020). Nicaragua realiza los últimos muestreos del proyecto RLA 7/025 en seis ecosistemas costeros del Pacífico. *REMARCO*.

Rentería, J. X., & Clavijo, M. A. (2016). *Estudio de la calidad del agua de la quebrada Acuata en Tocaima Cundinamarca, mediante la relación de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos.* . Tocaima: Universidad de Cundinamarca.

Riad, A., & Triatmadja, R. (28 de Diciembre de 2022). *Atlantispress.* Atlantispress: https://www.atlantis-press.com/proceedings/icoseat-22/125981466

Sánchez de Fuentes, J. (2001). *V-100 parámetro crítico de la calidad de agua.* venezula.

Sandoval, R. K. (2022). *Análisis de viabilidad de una planta procesadora y comercialización de pescados en el municipio de Diriamba.* Diriamba. https://repositorio.unan.edu.ni/19369/1/19369.pdf

Sar, E. A., Ferrario, M. E., & Reguera, B. (2002). *FLORACIONES ALGALES NOCIVAS EN EL CONO SUR AMERICANO.* Madrid, España: Instituto Español de Oceanografía.

Sar, E. F., & Reguera, B. (2002). *Floraciones algales nocivas en el cono sur americano.* España.

Sar, E., & Sunsen, I. (2010). Dinophysis sp asociada a la detección de toxinas diarreicas en moluscos e intoxicaciones en humanos. *Scielo*, 5.

Scasso, A. R. (2023). *Grupo fosfatos agrominerales*.

Santalla Peñaloza, Z. d. (2003). *Guia para elaboración de reportes de investigación.* Caracas: Universidad Catolica Andrés Bello.

7-214. (2019). *MANUAL DE USO DEL ESPECTROFOTÓMETRO.* Andalucia-España.

SICA,FOCARD-APS-Cooperacion Suiza en AC. (2013). *Gestion de excretas y aguas residuales.* Nicaragua.

Smayda. (1997). BLOOM´S. *SCIENCE*.

Solórzano, M. E., & Zamora, A. (2020). *Evaluación de la capacidad de biodegradación de las aguas en laguna de Tiscapa.* Managua.

Solórzano, M. M., & Zamora, P. A. (2020). *Evaluación de la capacidad de biodegradación de las aguas de la laguna de tiscapa.* COLEGIOS OFICIALES DE BIÓLOGOS DE MADRID Y CASTILLA LA MANCHA, Managua.

standardizacion, C. c. (2006). *water quality-guiance standart.*

Stauber, J., & Chariton, A. (10 de Junio de 2017). chaptener. En J. Stauber, & A. Chariton. Australia.

Suárez, B., & Méndez, L. (1998). *FAN´s.* Chile.

Swistock, B., & Sharpe, W. (2016). Bacterias coliformes. *pennstate extention*.

Tapia, N. (29 de marzo de 2005). TULSMA. En ú. Tapia, & E. E. 270 (Ed.), *El libro VI del texto unificado de legislación secundaria.* Ecuador, Quito.

(2021). *Técnicas_Bloque _condu.* Barceló.

tn8. (2020). *pesca fuente de empleo.* managua: migration accunt.

Travelguide. (2018). *Travelguide*. Travelguide.com.

Truque, P. A. (2005). *Armonización de los estándares de agua potable de las Américas.* https://www.oas.org/dsd/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf

Valdés, J., & Castillo, A. (2014). Evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos. *Scielo*, 17.

Vammen, K. (2003). *EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.* Managua.

Vargas, C. E., & Arguedas, R. M. (2012). Muestreo de las Floraciones Algales Nocivas (FANs) en el Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. *Observatorio Ambiental*, 5-13.

Vivas-Aguas, L. J., Obando Madera, P. S., Córdoba Meza, T. L., Castillo Viana, M. J., & Espinosa Díaz, L. F. (2021). *Boletín Indice de Calidad de las Aguas Marinas y Costeras – ICAM Reporte año 2020.* Santa Martha: INVEMAR.

Westreicher, G., & Morales Coll, F. (2021). *Variable cualitativa.*

Wetzel. (2001). *Calidad ambiental, capitulo 5.* España.

Whittaker, R. H. (1952). A study of summer foliage insect communities in the great smoky mautains. *Ecológical Monographs , 22*, 1-44.

Zingone, B., & Enevoldsen. (2000). *Proliferación de Algas.*

Zoraida. (17 de enero de 2006). *metodos potenciometricos*.

Zuñiga Vanegas, F. (1999). Programa de manejo integral de zonas costeras de Nicaragua. *Red de repositorios latinoamericanos*, 15.

5.4. Anexos

Instrumentos utilizados para la recolección de información

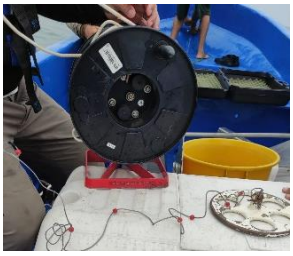
Anexo foto 1. Multiparamétrica

Anexo foto2. Envases para la recolección de muestras.

Anexo foto 3. Hielera (termos)

Anexo foto 4. Cinta métrica

Anexo foto 5. Disco Secchi



Anexo foto 6. Botella de Van-Dorn

Anexo foto 7. GPS

Anexo foto 8. Envases para la recolección de fitoplancton y cl-a

Tabla 1.

Valores de pH en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022

Fecha	sitio de muestreo	pH (Unds)
oct-21	Mas - 5m	7.58
oct-21	Mas - ZF	7.81
dic-21	Mas - 5m	8.46
dic-21	Mas - ZF	8.61
ene-22	Mas - 5m	8.65
ene-22	Mas - ZF	8.90
may-22	Mas - 5m	8.85
may-22	Mas - ZF	8.76
oct-21	SD - 5m	7.87
oct-21	SD - ZF	7.82
dic-21	SD - 5m	8.60
dic-21	SD - ZF	8.39
ene-22	SD - 5m	8.60
ene-22	SD - ZF	8.62
may-22	SD - 5m	8.63
may-22	SD – 5m	8.58

Tabla 2.

Datos de Conductividad Eléctrica en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022.

Fecha	sitio de muestreo	CE (mS/cm)
oct-21	Mas - 5m	48.21
oct-21	Mas - ZF	49.12
dic-21	Mas - 5m	46.30
dic-21	Mas - ZF	46.60
ene-22	Mas - 5m	45.17
ene-22	Mas - ZF	45.66
may-22	Mas - 5m	41.16
may-22	Mas - ZF	41.09
oct-21	SD - 5m	48.05
oct-21	SD - ZF	48.19
dic-21	SD - 5m	46.59
dic-21	SD - ZF	46.48
ene-22	SD - 5m	45.36
ene-22	SD - ZF	45.39
may-22	SD - 5m	40.88
may-22	SD - ZF	40.78

Tabla 3.

Datos de Sílice Reactivo Disuelto Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022

Fecha	sitio de muestreo	Sílice reactiva mg/L
oct-21	Mas - 5m	0.26
oct-21	Mas - ZF	0.26
dic-21	Mas - 5m	0.26
dic-21	Mas - ZF	0.26
ene-22	Mas - 5m	0.26
ene-22	Mas - ZF	0.26
may-22	Mas - 5m	0.26
may-22	Mas - ZF	0.26
oct-21	SD - 5m	0.26
oct-21	SD - ZF	0.53
dic-21	SD - 5m	0.26
dic-21	SD - ZF	0.26
ene-22	SD - 5m	0.26
ene-22	SD - ZF	0.26
may-22	SD - 5m	0.26
may-22	SD - ZF	0.26

Tabla 4.

Datos de Nitrógeno total, Nitrato, Nitrito, Amonio en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022.

Fecha	Sitio de Muestreo	Nitrógeno total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Amonio (mg/L)
oct-21	Mas - 5m	3.0	0.50	0.0035	0.01
oct-21	Mas - ZF	4.2	0.54	0.0035	0.01
dic-21	Mas - 5m	3.2	0.34	0.0035	0.03
dic-21	Mas - ZF	2.8	0.38	0.0035	0.03
ene-22	Mas - 5m	8.6	0.14	0.0035	0.01
ene-22	Mas - ZF	4.6	0.18	0.0035	0.01
may-22	Mas - 5m	2.7	0.45	0.0035	0.04
may-22	Mas - ZF	2.9	0.45	0.0035	0.03
oct-21	SD - 5m	20.2	0.47	0.0035	0.01
oct-21	SD - ZF	6.8	0.54	0.0035	0.01
dic-21	SD - 5m	2.9	0.41	0.0035	0.02
dic-21	SD - ZF	3.1	0.43	0.0035	0.03
ene-22	SD - 5m	9.0	0.07	0.0035	0.01
ene-22	SD - ZF	10.8	0.07	0.0035	0.01
may-22	SD - 5m	3.7	0.47	0.0035	0.02
may-22	SD - ZF	2.8	0.43	0.0035	0.04

Tabla 5.

Datos Hierro total en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022

Fecha	sitio de muestreo	Fe total (mg/L)
oct-21	Mas - 5m	0.0
oct-21	Mas - ZF	0.2
dic-21	Mas - 5m	0.2
dic-21	Mas - ZF	0.2
ene-22	Mas - 5m	0.3
ene-22	Mas - ZF	0.2
may-22	Mas - 5m	0.2
may-22	Mas - ZF	0.2
oct-21	SD - 5m	0.2
oct-21	SD - ZF	0.1
dic-21	SD - 5m	0.2
dic-21	SD - ZF	0.1
ene-22	SD - 5m	0.3
ene-22	SD - ZF	0.1
may-22	SD - 5m	0.1
may-22	SD - ZF	0.1

Tabla 6.

Datos de Fósforo Total y Fósforo Reactivo Disuelto en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022.

Fecha	sitio de muestreo	fósforo(µg/L)	PRD(µg/L)
oct-21	Mas - 5m	48	12.63
oct-21	Mas - ZF	6	1.58
dic-21	Mas - 5m	64	16.84
dic-21	Mas - ZF	61	16.05
ene-22	Mas - 5m	18	4.74
ene-22	Mas - ZF	31	8.16
may-22	Mas - 5m	31	8.16
may-22	Mas - ZF	23	6.05
oct-21	SD - 5m	6	1.58
oct-21	SD - ZF	6	1.58
dic-21	SD - 5m	6	1.58
dic-21	SD - ZF	58	15.26
ene-22	SD - 5m	18	4.74
ene-22	SD - ZF	21	5.53
may-22	SD - 5m	21	5.53
may-22	SD - ZF	29	7.63

Tabla 7.

Datos de Demanda Bioquímica de Oxígeno en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022

Fecha	sitio de muestreo	**$DBO_{5(mg/L)}$**
oct-21	Mas - 5m	1.8
oct-21	Mas - ZF	1.6
dic-21	Mas - 5m	0.6
dic-21	Mas - ZF	0.5
ene-22	Mas - 5m	1.4
ene-22	Mas - ZF	1.2
may-22	Mas - 5m	0.9
may-22	Mas - ZF	0.7
oct-21	SD - 5m	1.1
oct-21	SD - ZF	1.8
dic-21	SD - 5m	0.6
dic-21	SD - ZF	0.5
ene-22	SD - 5m	0.1
ene-22	SD - ZF	0.1
may-22	SD - 5m	0.4
may-22	SD - ZF	0.6

Tabla 8.

Datos de Carbono Orgánico Disuelto en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022

Fecha	sitio de muestreo	**Carbono Orgánico Disuelto (mg/L**
oct-21	Mas - 5m	0.6
oct-21	Mas - ZF	0.6
dic-21	Mas - 5m	0.3
dic-21	Mas - ZF	0.7
ene-22	Mas - 5m	0.1
ene-22	Mas - ZF	0.1
may-22	Mas - 5m	0.1
may-22	Mas - ZF	0.1
oct-21	SD - 5m	0.8
oct-21	SD - Int ZF	1.2
dic-21	SD - 5m	0.3
dic-21	SD - ZF	0.4
ene-22	SD - 5m	0.1
ene-22	SD - ZF	0.1
may-22	SD - 5m	0.3
may-22	SD - ZF	0.1

Tabla 9.

Datos de CO_2 libre en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022

Fecha	sitio de muestreo	Dióxido de Carbono Libre (CO_2libre)
oct-21	Mas - 5m	0.9
oct-21	Mas - ZF	2.6
dic-21	Mas - 5m	3.1
dic-21	Mas - ZF	3.7
ene-22	Mas - 5m	1.7
ene-22	Mas - ZF	3.3
oct-21	SD - 5m	0.4
oct-21	SD - ZF	0.4
dic-21	SD - 5m	2.5
dic-21	SD - ZF	5.9
ene-22	SD - 5m	1.7
ene-22	SD - ZF	1.7

Tabla 10.

Datos de Temperatura en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022.

Fecha	sitio de muestreo	Temperatura (C^0)
oct-21	Mas - 5m	29.4
oct-21	Mas - ZF	28.6
dic-21	Mas - 5m	27.3
dic-21	Mas - ZF	27.0
ene-22	Mas - 5m	30.0
ene-22	Mas - ZF	29.7
may-22	Mas - 5m	29.2
may-22	Mas - ZF	29.7
oct-21	SD - 5m	28.8
oct-21	SD - ZF	27.7
dic-21	SD - 5m	29.5
dic-21	SD - ZF	26.48
ene-22	SD - 5m	27.6
ene-22	SD - ZF	26.5
may-22	SD - 5m	27.7
may-22	SD - ZF	27.4

Tabla 11.

Datos de Oxígeno Disuelto en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022

Fecha	sitio de muestreo	OD (mg/L)
oct-21	Mas - 5m	4.8
oct-21	Mas - ZF	5.6
dic-21	Mas - 5m	7.7
dic-21	Mas - ZF	6.8

ene-22	Mas - 5m	6.5
ene-22	Mas - ZF	5.1
may-22	Mas - 5m	9.3
may-22	Mas - ZF	9.7
oct-21	SD - 5m	5.4
oct-21	SD - ZF	5.2
dic-21	SD - 5m	7.9
dic-21	SD - ZF	8.0
ene-22	SD - 5m	5.6
ene-22	SD - ZF	8.8
may-22	SD - 5m	8.2
may-22	SD - ZF	8.5

Tabla 13.

Datos de Clorofila – a en Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022

Fecha	sitio de muestreo	Clorofila - a µg/L
oct-21	Mas - 5m	0.8
oct-21	Mas - ZF	0.7
dic-21	Mas - 5m	0.4
dic-21	Mas -ZF	1.2
ene-22	Mas - 5m	0.5
ene-22	Mas - ZF	0.9
may-22	Mas - 5m	4.1
may-22	Mas - ZF	1.0
oct-21	SD - 5m	0.2
oct-21	SD - ZF	0.4
dic-21	SD - 5m	2.1
dic-21	SD - ZF	2.8
ene-22	SD - 5m	0.4
ene-22	SD - ZF	0.6
may-22	SD - 5m	1.2
may-22	SD - ZF	0.5

Tabla 14.

Tabla Resumen de los parámetros tomados en las playas de Masachapa y San Diego 2021-2022, con el valor permisible

Parámetros	**Valor permisible**	**Descripción**
pH	7.5 a 8.9 unidades	
Conductividad Eléctrica	50 mS/cm	
Alcalinidad total	110 a 125 mg/L	parámetros fisicoquímicos
Temperatura	20 ºC y 30 ºC	
OD	> 5 mg/L	

Nitrógeno Total	11.5 mg/L	Determinantes del impacto ambiental en los sitios de estudios
Fósforo total	31 µg/L - 93 µg/L	
DBO_5	2 mg/L	
Nitrato	3.7 mg/L	Nutrientes
Nitrito	10 mg/L a 1000 mg/L	
Amonio	0.08 mg/l	
Hierro Total	3 mg/L	Fosfatos
Fósforo reactivo disuelto	17.000 µg/L	
Dióxido de Carbono libre	32.0 mg/L	
Sílice reactivo disuelto	10 a 80 mg/l	Sólidos en suspensión
Carbono orgánico disuelto	100 mg/L	
SST	250 mg/L	
Coliformes Termo tolerantes	1000 NMP	Parámetros biológicos
Clorofila-a	10 a 20 µg/L	

Tabla 15.

Muestras tomadas según las épocas en las Playas Masachapa y San Diego 5m, ZF 2021-2022

Punto	Fecha	Época
Mas - 5m	oct-21	lluviosa
Mas - ZF	oct-21	lluviosa
Mas - 5m	dic-21	seca
Mas -ZF	dic-21	seca
Mas - 5m	ene-22	seca
Mas - ZF	ene-22	seca
Mas - 5m	may-22	lluviosa
Mas - ZF	may-22	lluviosa
SD - 5m	oct-21	lluviosa
SD - ZF	oct-21	lluviosa
SD - 5m	dic-21	seca
SD - ZF	dic-21	seca
SD - 5m	ene-22	seca
SD - ZF	ene-22	seca
SD - 5m	may-22	lluviosa
SD - ZF	may-22	lluviosa

Figura 24.

Muestra la relación entre factores gradientes de diversidad y similitud obtenidos en los sitios de muestreos Masachapa y San Diego 5m y Zf correspondientes a las fechas 2021-2022

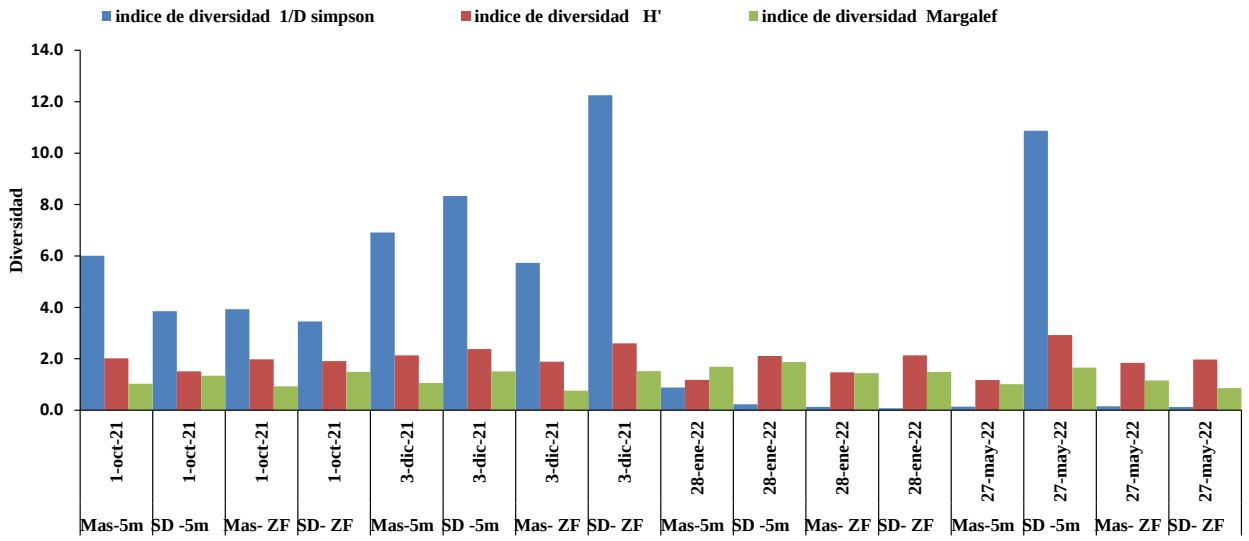


Figura 25.

Representación gráfica de valores tróficos obtenidos según el modelo de Carlson

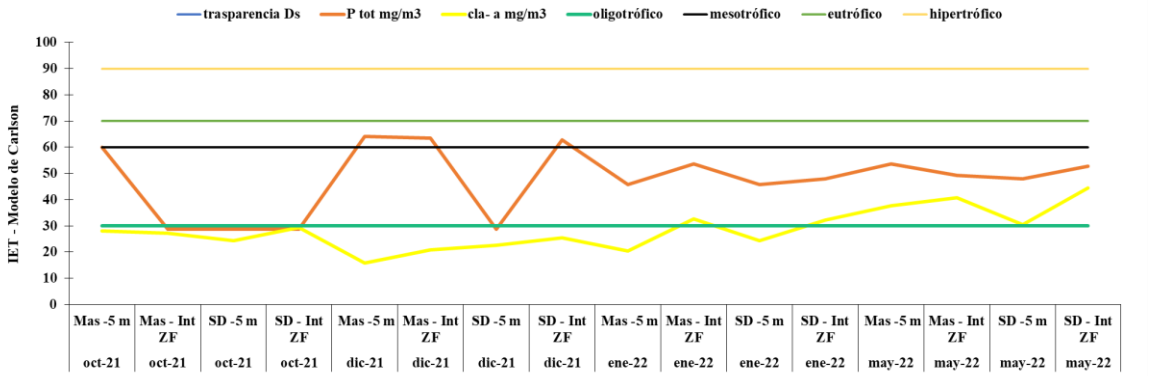


Figura 26.

Comportamiento de los estados tróficos en la utilización del método Aizaki

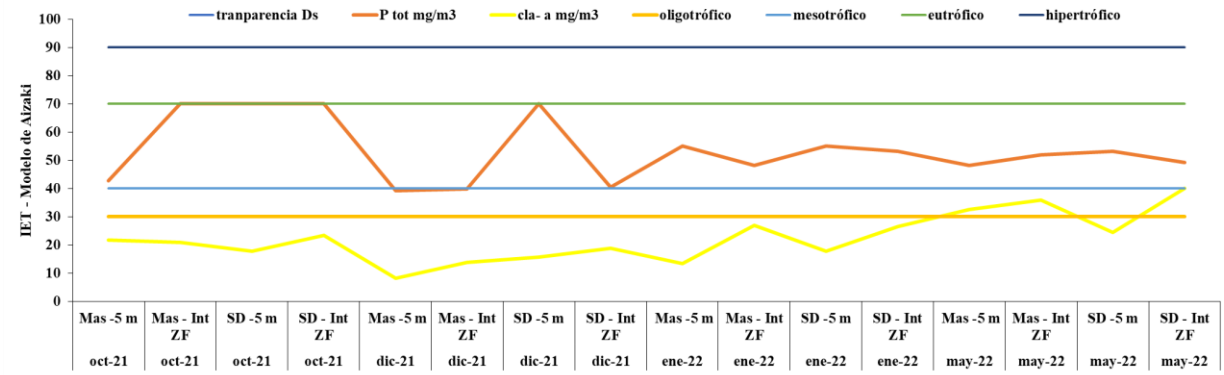


Tabla 16

Valores obtenidos de sedimentos en los sitios de muestreos en Masachapa y San Diego 2021-2022

Sitio	**Fecha**	**MO**	**NT**	**PT**
Masachapa	1/10/2021	2.68	0.141	0.04
San Diego	1/10/2021	2.95	0.141	0.04
Masachapa	3/12/2021	2.41	0.129	0.04
San Diego	3/12/2021	2.68	0.135	0.03
Masachapa	28/1/2022	2.61	0.135	0.05
San Diego	28/1/2022	2.81	0.129	0.05
San Diego	27/5/2022	2.88	0.158	0.04
Masachapa	27/5/2022	2.55	0.147	0.04

Tabla 17.

Lista de taxones de fitoplancton marino evidenciadas en los sitios correspondientes a Masachapa y San Diego en muestras puntuales de 5m e integrales Zf realizados en oct-dic 2021 a ene-mayo 2022.

	División Género /especies	Mas-oct-21		SD-oct-21		Mas-dic-21		SD-dic-21		Mas-ene-22		SD-ene-22		Mas-may-22		SD-may-22	
		5m	Zf	5m	Zf	5m	Zf	5m	Zf	5m	Zf	5m	Zf	5m	Zf	5m	Zf
	División Bacillariophyta (Diatomeas)																
1	*Bacteriastrum hyalinum*	*		*										*			
2	*Actynoptychus splendens*					*											
3	*Amphora sp*							*		*							
4	*Asterionelopsis glacialis*							*						*			
5	*Asteromphalus heptactis*														*		
6	*Asteromphalus sp*								*			*					
7	*Bacteriastrum delicatula*			*							*	*	*				
8	*Bacteriastrum hyalinum*														*		
9	*Bacteriastrum sp*			*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*
10	*Cerataulina bergonii*									*							
11	*Chaetoceros affinis*			*			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*
12	*Chaetoceros borealis*			*			*	*		*			*	*			
13	*Chaetoceros curvisetus*						*	*	*	*	*	*	*				
14	*Chaetoceros decipiens*			*		*	*		*	*		*	*	*		*	*
15	*Chaetoceros didymus*	*	*	*		*	*			*	*				*	*	*
16	*Chaetoceros laciniosus*															*	
17	*Chaetoceros laevis*	*		*	*									*	*	*	*
18	*Chaetoceros peruvianus*					*	*	*	*	*		*	*	*		*	*
19	*Chaetoceros sp*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
20	*Cheatoceros borealis*							*									
21	*Climacodium frauenfeldianum*	*				*	*	*	*	*	*					*	
22	*Corethron hytrix*									*	*						*
23	*Coscinodiscus sp*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	
24	*Cyclotella sp*								*	*		*					
25	*Ditylum brightwelli*							*									
26	*Eucampia cornuta*											*					
27	*Fragilaria sp*						*	*				*					
28	*Guinardia flaccida*	*	*		*			*	*	*	*	*	*		*		*
29	*Guirnardia striata*	*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*
30	*Gyrosigma sp*				*	*		*	*	*	*	*	*	*			*
31	*Helicotheca tamesis*							*			*						
32	*Hemiaulus hauckii*				*							*	*	*	*	*	*
33	*Hemiaulus membranaceus*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
34	*Hemiaulus sinensis*					*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
35	*Lauderia borealis*		*								*	*	*	*			
36	*Leptocylindrus danicus*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*
37	*Meuniera menbranacea*										*			*		*	
38	*Navicula distans*								*		*						
39	*Navicula sp*															*	
40	*NItzschia longuissima*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*		*	*	
41	*Nitzschia sigmoidea*												*				
42	*Nitzschia sp*		*	*	*			*				*	*				
43	*Nitzschia* sp_1					*	*		*	*	*						
44	*Nitzschia sp2*									*							
45	*Nitzschia* sp_3					*											
46	*Nitzschia* sp_4					*	*										
47	*Odontella mobiliensis*										*						

48	*Odontella regia*							*	*				*				
49	*Planktonella sol*		*			*	*		*								
50	*Planktonella sp*										*						
51	*Pseudonitzschia sp*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
52	*Rhizosolenia alata*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
53	*Rhizosolenia bergonii*									*	*	*	*				*
54	*Rhizosolenia calcar avis*					*	*	*	*	*	*	*	*			*	*
55	*Rhizosolenia imbricata*					*	*		*	*	*						
56	*Rhizosolenia robusta*			*						*	*	*	*	*			
57	*Rhizosolenia setigera*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*		*	*	*
58	*Rhízosolenia sp*											*	*				
59	*Rhizosolenia styliformis*	*		*	*			*						*	*	*	*
60	*Schroredella delicatula*					*	*		*	*	*		*				
61	*Skeletonema costatum*		*	*	*			*				*					
62	*Stephanopyxis turris*	*			*												*
63	*Surirella sp*				*			*									*
64	*Thalassionema nitzschioides*			*	*				*	*		*	*				
65	*Thalassionema sp*													*			
66	*Thalassiosira sp*								*					*			
67	*Thalassiosira subtilis*							*	*								
68	*Thalassiothrix delicatula*									*			*				
69	*Triceratum favus*										*						
	total de taxones	**16**	**15**	**22**	**19**	**22**	**23**	**30**	**18**	**31**	**31**	**28**	**29**	**21**	**17**	**22**	**22**
	División Dinophyta (Dinoflagelados)																
70	*Ceratium breve*	*								*		*	*				
71	*Amphisolenia bidentata*												*				
72	*Ceratium biceps*									*		*					
73	*Ceratium carriense*								*								
74	*Ceratium delicatulum*							*	*								
75	*Ceratium furca*	*		*			*		*	*		*	*	*		*	
76	*Ceratium fusus*	*		*	*		*	*	*	*			*				
77	*Ceratium humile*						*			*		*					
78	*Ceratium macroceros*							*	*								
79	*Ceratium sp*	*	*		*	*		*								*	*
80	*Ceratium trichoceros*						*	*		*		*					
81	*Ceratium tripos*			*													
82	*Dinophysis caudata*							*	*								
83	*Diplopsalis sp*							*	*	*							
84	*Dynophysis sp*		*	*		*	*										
85	*Gonyaulax sp*	*			*		*		*	*							
86	*Ornithrocercus magnificus*						*										
87	*Oxytoxum sp*	*	*														
88	*phalacroma rotumdata*													*			*
89	*Phyrophacus sp*							*									
90	*Podolampas palmipes*	*			*	*	*			*				*			
91	*Prorocentrum gracile*	*	*	*	*									*			
92	*Prorocentrum micans*	*	*	*						*		*		*		*	
93	*Protocentrum sigmoides*	*					*				*	*					
94	*Prorocentrum sp*							*		*	*	*	*				
95	*prorocetrum micans*		*		*												
96	*Protoperidinium conicum*							*	*								

97	*protoperidinium divaricatum*									*		*		*		
98	*protoperidinium leonis*										*			*		
99	*Protoperidinium oblongum*								*							*
100	*Protoperidinium pellucidum*								*	*	*			*		*
101	*protoperidinium pyriforme*									*	*	*				
102	*protoperidinium robustum*										*		*			
103	*Protoperidinium sp*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*		*		*
104	*Protoperidinium sp₁*	*							*							
105	*Protoperidinium sp₂*								*							
106	*pyrodium bahamense*						*	*	*	*	*	*	*	*		*
107	*Pyrophacus sp*	*														
108	*Scrippsiella sp*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
109	*Scrippsiella spinifera*				*											
	total de taxones	**27**	**36**	**8**	**9**	**5**	**10**	**12**	**15**	**17**	**9**	**13**	**8**	**11**	**1**	**4**	**7**
	División Cyanophyta																
110	*Anabaena sp*			*		*	*	*	*	*		*					
111	*Trichodesmium sp*							*		*							*
112	*Planktolynbya sp*									*	*	*	*				
113	*Spirulina sp*											*	*				
114	*Trichodesmium erythraeum*															*	
	total de taxones			**1**		**1**	**1**	**2**	**1**	**3**	**1**	**3**	**2**			**1**	**1**
	División silicoflagelados																
115	*Dictyocha fibula*						*	*		*	*	*					
116	*Dictyocha californica*							*	*			*				*	*
117	*Dictyocha octonaria*							*		*							
	total de taxones						**1**	**3**	**1**	**2**	**1**	**2**				**1**	**1**
	Divicion Charophyta																
118	*closterium sp*											*	*				
	total de taxones											**1**	**1**				