



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 sedimentos en ecosistemas costeros de las playas Punta San José y El Chorro, en el periodo de septiembre 2021 a mayo 2022.

Autor: Bra. Anielka Junieth García Mercado

Tutor: Dr. Dimas García Guzmán

Asesor Metodológico: MSc. Gena Abarca

Asesor Técnico: Dra. Katia Montenegro Rayo

Managua, Nicaragua.

Diciembre, 2023

Dedicatoria

El presente trabajo es dedicado a nuestro Padre Celestial, quien con su inmensa sabiduría me ha guiado por este sendero del aprendizaje, haciéndome cada día una persona con calidad y calidez, permitiéndome culminar con éxito la carrera de Ingeniería Ambiental.

A mi madre que cada día luchó para que a mí no me faltara nada y que pudiera terminar mi carrera, a mi esposo por su apoyo incondicional y por estar en cada momento presente, que han sido de ayuda y ejemplo a seguir.

Agradecimientos

Primeramente, gracias a Dios por esta etapa de mi formación de profesional, por permitirme que mis decisiones sean las adecuadas y por acompañarme todos los días de mi vida.

A mi madre, a mi esposo por su apoyo incondicional, por sus sabios consejos, comprensión, amor, a mi hermano y demás familiares.

A la Universidad UNAN-Managua por formarme como profesional, agradezco a cada docente que hizo parte integral de mi proceso de formación.

Me gustaría expresar el sincero agradecimiento al Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua CIRA/UNAN-Managua, por el financiamiento y logística brindada para hacer posible esta investigación y a los profesores y trabajadores del CIRA, en especial a los profesores MSc. Jairo López y MSc. Yader Caballero por su apoyo incondicional.

A mi tutor Dr. Dimas García Guzmán por la paciencia que me brindó por ayudarme con sus conocimientos y estar en cada etapa de este proceso.

A la Dr. Katia Montenegro por sus enseñanzas brindadas y por su tiempo.

A mi Asesora metodológica MSc. Gena Abarca y técnica la Lic. Marjorie Hernández, quien me instruyó en el mundo del fitoplancton.

A mi amiga Jessenia Vallejos, Maraegretta García y Génesis Gómez por su apoyo y palabras y por estar en este proceso.

Resumen

La calidad de las aguas y de los sedimentos en el Golfo de Fonseca se ha visto afectada por la contaminación antropogénica, debido a las aguas residuales no tratadas provenientes de las industrias camaroneras ya que poseen altas concentraciones de materias orgánicas y contaminantes (Nitrógeno y Fósforo). El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la calidad ambiental de los ecosistemas costeros de las playas Punta San José y El Chorro en el pacífico norte de Nicaragua usando indicadores físico-químicos y biológicos. El tipo de estudio fue experimental y analítico con enfoque cuali-cuantitativo, se realizaron cuatro muestreos dos en época seca y dos en época lluviosa, se tomaron muestras puntuales a 5m y muestras integradas en la zona fótica en los meses de septiembre y noviembre del 2021, enero y mayo de 2022. Los resultados demostraron que la mayoría de los parámetros están en el rango permisible para el desarrollo de la vida acuática, los índices de estado trófico de Carlson y Aizaki clasificaron los puntos en estado mesotróficos, en la composición fitoplanctónica la taxa más predominantes fueron las Bacillariophytas, encontrándose especies tóxicas como *Pseudonitzschia*, *Pyrodinium bahamense* y *Dinophysis*. Por otro lado, los análisis de sedimentos revelaron que hay impacto antropogénico en el punto El Chorro. Finalmente, se comprobó que la calidad de agua y sedimentos son aptas aun para el desarrollo de la vida acuática a pesar de evidenciarse una ligera contaminación por las actividades antropogénicas, por lo cual se recomienda mantener un monitoreo constante de las mismas para prevenir afectaciones en la flora y fauna marina y por ende el ser humano.

Palabras clave: Clorofila, Floración algal, Fitoplancton.

Índice

Dedicatoria	11
Agradecimientos	1
Resumen	1
Capítulo I.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
Capítulo II	5
2.1. Marco referencial	5
2.1.1. Antecedentes	5
2.1.2. Marco Teórico y Conceptual.....	7
2.1.3 Marco legal	20
2.2. Hipótesis.....	21
Capítulo III.....	22
3.1. Diseño Metodológico	22
3.1.1. Tipo de estudio.....	22
3.1.2. Área de estudio	22
3.1.3. Población y muestra	22
3.1.4. Definición y Operacionalización de la variable.....	24
3.1.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.1.6. Equipos y Materiales utilizados para la recolección de información.....	26
3.1.7. Procedimientos para la recolección de datos e Información	27
3.6. Procedimientos analíticos	29
3.6.1. Metodologías usadas para los análisis físicos, químicos y biológicos en agua	30

3.6.2. Análisis físico-químicos en sedimentos	39
3.7. Tratamiento estadístico de los Resultados	42
• Índice del Estado Trófico (IET o TSI).....	42
Capítulo IV	45
4.1 Análisis y discusión de resultados	45
4.1.1. Análisis fisicoquímicos en agua.....	45
4.1.2. Índice de Estado Trófico	55
4.1.3. Riqueza de fitoplancton.....	57
4.1.4. Análisis Fisicoquímicos en sedimentos	63
Capítulo V	67
5.1. Conclusiones	67
5.2 Recomendaciones.....	68
5.3 Bibliografía	69
5.4 Anexos: Tablas, Figuras, Fotos.....	77

Índice de tablas

Tabla 1. Leyes y Decretos relacionadas con las aguas marinas costera.....	20
Tabla 2. Localización geográfica de los puntos muestreados en Punta San José y El Chorro en el pacífico norte de Nicaragua	22
Tabla 3. Matriz de Operacionalización de variable.....	25
Tabla 4. Fechas de monitoreo y tipos de muestreo realizado en los puntos Punta San José y El Chorro en las playas del pacífico norte de Nicaragua.....	27
Tabla 5. Tipos de recipientes, preservación y transporte de muestras a utilizar en el muestreo..	28
Tabla 6. Análisis y métodos analíticos utilizados para la determinación y cuantificación de los parámetros de los análisis de interés.	29
Tabla 7. Métodos físicos y químicos usados para la caracterización de los sedimentos.	30
Tabla 8. Escala de valores de estado trófico en los cuerpos de agua.	42
Tabla 9. Fórmulas para estimar el estado trófico aplicando los indicadores de eutrofia.	42
Tabla 10. Resultados de coliformes termotolerantes de 2021-2022.	54
Tabla 11. Comparación de nutrientes y DBO5	55
Tabla 12. Resultados de IET calculados por el método de Carlson 2021-2022.....	56
Tabla 13. Resultados de IET calculados por el método de Aizaki 2021-2022.	57
Tabla 14. Abundancia total de fitoplancton en Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) en muestras puntuales de 5m e Integral de (IZf) en los periodos de septiembre-diciembre 2021 y enero-mayo 2022.....	59
Tabla 15. Especies que sobre pasaron el límite de referencia de cel/l.	60
Tabla 16. Índices de Diversidad y parámetros estructurales de Punta San José y El Chorro en muestras puntuales de 5m y IZF (2021-2022).	62
Tabla 17. Valores de similitud de comunidades fitoplanctónica en muestras puntuales de 5m eIZF en Punta San José y El Chorro en 2021-2022.....	63
Tabla 18. Valores de porcentaje de humedad de sedimentos en las muestras de Punta San José y El Chorro.....	64

Índice de figuras

Figura 1. Localización de los puntos de muestreos	23
Figura 2. Resultados de pH en los puntos de muestreos 2021-2022.	45
Figura 3. Resultados de Conductividad Eléctrica en los puntos muestreados 2021-2022.....	46
Figura 4. Resultados de la Alcalinidad total en los puntos muestreados en el 2021-2022.....	46
Figura 5. Resultados de temperatura y oxígeno disuelto en los puntos muestreados 2021-2022.	47
Figura 6. Resultados de sílice reactivo en los puntos muestreados en 2021 y 2022.....	48
Figura 7. Resultados de Hierro total mg/L de los puntos muestreados en 2021-2022.	48
Figura 8. Resultados de N total y sus formas de los puntos muestreados 2021-2022.	49
Figura 9. Resultados de fósforo total y fósforo reactivo disuelto en los puntos muestreados 2021-2022.....	50
Figura 10. Resultados de carbono orgánico disuelto en los puntos muestreados 2021-2022.....	51
Figura 11. Resultados de Dióxido de carbono libre en los puntos muestreados 2021-2022.	51
Figura 12. Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno en los puntos muestreados 2021-2022.	52
Figura 13. Resultados de sólidos suspendidos totales mg/L de los puntos muestreados 2021-2022.	53
Figura 14. Resultados de Clorofila-a µg/L de los puntos muestreados 2021-2022.....	53
Figura 15. Riqueza total de taxones de fitoplancton en Punta San José (PSJ) y El Chorro (Ch) en muestras puntuales de 5m e integrales de zona fótica (Zf) en los periodos de septiembre-diciembre 2021 y enero-mayo 2022.	58
Figura 16. Abundancias relativas de fitoplancton dominante en muestras provenientes de PSJ 5m(A, E), PSJ IZF (B, F) CH 5m(C, G), CH IZF (D, H) para el mes de Septiembre y Diciembre 2021.....	60
Figura 17. Abundancias relativas de fitoplancton dominante en muestras provenientes de PSJ 5m (A, E), PSJ IZF (B, F) CH 5m (C, G), CH IZF (D, H) para el mes de enero y mayo 2022.	61
Figura 18. Comportamiento de la granulometría en la muestra de sedimentos de Punta San José y El Chorro.....	65
Figura 19. Valores de Materia orgánica de sedimentos en El Chorro y Punta San José.	66
Figura 20. Valores de NT (%) y PT (mg/L) en muestras de sedimentos en El Chorro y Punta San José.....	66

Capítulo I

1.1. Introducción

En Nicaragua en la zona costera del Pacífico, la mayoría de las investigaciones y estudios están relacionados con actividades de la explotación de los recursos pesqueros, entre los cuales se encuentran: Diagnóstico de la actividad pesquera en el Estero Real (2008), Programa de monitoreo y seguimiento a la actividad extractiva del Pepino del mar, Monitoreo del Camarón costero, etc. La zona costera del pacífico norte presenta una buena alternativa para el turismo debido a las diversas opciones que ofrece: Mar (Pesca deportiva), playas y esteros con su verdor y riquezas biológicas (Quintanilla Corena, 2020).

Sin embargo, poco se ha estudiado la calidad de las aguas y sedimentos de las playas del Golfo de Fonseca, como Punta San José y El Chorro. Este tipo de estudio son de mucha importancia para la protección de las costas y de los ecosistemas circundantes, también, desde el punto de vista ecológico desempeña un papel fundamental para las especies animales cuyo ciclo reproductivo depende directamente de la existencia de la formación vegetal de manglares, que únicamente se encuentran en ecosistemas de esta clase. Estos sitio es considerado un área crítica por el efecto de la recepción de aguas contaminadas provenientes de la parte alta de la cuenca, por transformación del humedal en granjas camarónicas y extracción de mangle, por lo que es necesario asegurar un uso racional de los recursos para mantener las funciones naturales, biológicas, ecológicas e hidrológicas, garantizando de esta manera la conservación de la cuenca del sistema estuario del Golfo de Fonseca que es un sitio transnacional (RAMSAR, 2015).

Por otro lado, desde el año 1987 se han registrados florecimientos algales nocivos (FANs) en el Pacífico Mesoamericano, los cuales han aumentado en los últimos 20 años, principalmente por el incremento de nutrientes en el mar producto de las actividades humanas, estos eventos pueden generar intoxicaciones alimentarias en la salud humana por consumo de especies marinas contaminadas (REMARCO, 2019).

1.2. Planteamiento del problema

La Problemática de las zonas costeras del Golfo de Fonseca en las playas Punta San José y El Chorro es la contaminación debido a las actividades antropogénicas que se realizan en la zona, esto provoca daños a la flora, fauna marina y a la comunidad aledaña, con consecuencias tales como la muerte de especies de importancia pesquera y el peligro de la inseguridad alimentaria de los pobladores, debido a las aguas no tratadas provenientes de las camaroneras que aumentan con el paso del tiempo. Por lo antes mencionado, es necesario asegurar un uso racional de los recursos para mantener las funciones naturales, biológicas, ecológicas e hidrológicas, garantizando de esta manera la calidad del agua.

Tomando en cuenta que uno de los principales problemas en las playas del Golfo de Fonseca es la contaminación provocada por las actividades industriales de las camaroneras y pesqueras, es necesario realizar una evaluación de la calidad de las aguas y de los sedimentos de estos sitios mediante monitoreo de calidad física, química y biológica, para determinar el impacto que han tenido estas actividades en los ecosistemas costeros.

Desde el punto de vista industrial y turístico se le ha prestado muy poca atención a este problema de contaminación ambiental. Por lo cual es necesario evaluar el estado del medio ambiente costero y plantear estrategias de gestión para los efluentes de la industria pesquera y camaronera, que con lleve a la implementación de una política ambiental que lleve a la recuperación de ecosistemas costeros del pacífico norte de Nicaragua.

Finalmente, conociendo que la contaminación antropogénica es la principal causa de la eutrofización y en algunos casos de los florecimientos algales nocivos se hace necesario disminuir el ingreso de nutrientes a las zonas costeras, modernizando las normativas vigentes y mejorando las prácticas ambientales. En este contexto, es necesario realizar estudios de la calidad de agua y de los sedimentos que sirvan a los tomadores de decisiones como insumo para implementar estrategias de comunicación y educación a la población sobre los impactos negativos de contaminación en las zonas costeras, y con ello contribuir en la solución de esta problemática ambiental.

1.3. Justificación

En la región mesoamericana, existe una preocupación científica debido al incremento de la frecuencia e intensidad de estos eventos de floraciones algales en los que se ven involucrados varios tipos de algas que son nocivas para la fauna marina y la salud humana. Los resultados obtenidos aportaran a la prevención y mitigación de los impactos que las floraciones causan al medio acuático debido a la disminución del oxígeno disuelto en el agua y las toxinas que se producen provocando la muerte de la fauna marina, así como la pérdida de la flora debido a la deforestación masiva de bosque de manglar.

En Nicaragua debido a la poca información existente de la calidad de las aguas y de los sedimentos marinos costeros se hace necesario realizar estudios que conlleven a conocer el estado actual de los ecosistemas marinos costeros en la zona del pacífico norte en las playas Punta San José y El Chorro del Golfo de Fonseca ya que en este sitio se han presentado eventos muy severos de Floraciones Algas Nocivas (FANs), que provocaron grandes consecuencias a los ecosistemas y la salud humana, por el consumo de mariscos contaminados. Es importante mencionar que es posible que se vuelvan a presentar estos eventos debido al incremento de la industria camaroneras y con ello la concentración de nutrientes.

El presente trabajo pretende proporcionar insumos sobre el estado de las aguas y sedimentos mediante la caracterización física, química y biológica en los ecosistemas costeros del pacifico norte de Nicaragua y las afectaciones a la salud pública y de esta manera tomar las medidas adecuadas para la conservación y utilización de los mares y océanos, prevenir y controlar la contaminación ambiental de los ecosistemas costeros y de esa forma contribuir en la protección de ambas playas.

1.4. Objetivos

General:

Evaluar la calidad de agua y sedimentos de los ecosistemas costeros de las playas Punta San José y El Chorro en el pacífico norte de Nicaragua usando indicadores físico-químicos y biológicos.

Específicos:

- Definir la calidad físico-química de las aguas de los ecosistemas costeros en las playas Punta San José y El Chorro mediante el uso de indicadores físico-químicos.
- Caracterizar la estructura y abundancia fitoplanctónica de los ecosistemas costeros en las dos playas del pacifico norte de Nicaragua.
- Analizar el impacto de los contaminantes en los sedimentos de los ecosistemas costero del pacifico norte de Nicaragua.

Capítulo II

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes

En Guatemala para el mes de diciembre de 2018 ocurrió un FAN en la costa Pacífico de Guatemala. La Comisión Nacional para la Vigilancia y el Control de la Marea Roja Tóxica recolectó muestras biológicas e identificó la presencia de 3,000 cel/L del dinoflagelado *Pyrodinium bahamense*. Indica concentraciones de saxitoxina de 8,236 UR/100 g y 6,559 UR/100 g, para los días 20 y 27 de diciembre, respectivamente. Estas concentraciones no han sido reportadas previamente en Guatemala, y pueden ser potencialmente tóxicas para la salud pública. Se recomienda mantener un monitoreo de FAN para prevenir impactos negativos en la salud pública y ambiental

En aguas costeras y oceánicas de Chile se han observado fenómenos de “marea roja” desde principios del siglo pasado. En efecto, los primeros registros datan de 1827 cuando el naturalista alemán Poëppig observó una intensa descoloración de agua frente a la costa de Valdivia; y en 1835, cuando el naturalista británico Charles Darwin observó otros dos fenómenos, frente a las costas de Concepción y Valparaíso. Desde entonces se han informado sobre un centenar de nuevos fenómeno floraciones fitoplanctónicas que en los últimos años han afectado a la salmonicultura. Los organismos causantes son flagelados, tales como: *Heterosigma akashiwo* y *Chrysochromulina polylepis* que han estado asociados a severas mortandades de peces en Escandinavia, Japón, Canadá y Chile. Representantes de los géneros *Chatonella*, *Fibrocapsa*, *Aureococcus*, *Phaeocystis* y *Prymnesium* han producido floraciones masivas, en diferentes lugares del mundo, asociadas a mortandades de peces en estado natural y en cautiverio (Avaria y otros, 1999).

A nivel mesoamericano, existe un estudio sobre Florecimientos Algales Nocivos (FANs), titulado “El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México”, en el estudio se da a conocer el estado de los florecimientos algales nocivos en el ámbito marino de México identificando líneas no abordadas y proponiendo mejoras en las actividades de monitoreo e investigación que puedan aumentar el conocimiento sobre la complejidad de las floraciones algales en las costas mexicanas (Schmidt et. Al, 2011). El análisis demostró que había un avance significativo en el estudio de FANs en México, si bien la manera de abordar su estudio ha sido

individualizada y dispersa. Se obtendría un mayor avance si se coordinaran los esfuerzos entre los diversos investigadores e instituciones para optimizar los recursos disponibles para el estudio de los FANs.

En Nicaragua hay un antecedente sobre investigación de floraciones algales, específicamente ha habido eventos en las costas del pacifico de Nicaragua uno frente al puerto de corinto (noviembre 2005) y tres en el golfo de Fonseca (marzo del 2012 por dinoflagelados desnudos, marzo 2016, enero 2018) el más grave fue el evento ocurrido en Corinto, causado por la floración de *Pyrodinium bahamense* por el cual hubo pérdidas humanas (CIRA /UNAN-Managua, 2021).

2.1.2. Marco Teórico y Conceptual

2.1.2.1. Ecosistemas marinos del pacífico Norte de Nicaragua

Los ecosistemas marinos y costeros se encuentran en el área establecida como Zona Costera definida en 1997 por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) en el Plan de Acción para el Manejo Integrado de las Zonas Costeras de Nicaragua en él se define la Zona Costera como “el área de transición entre la tierra y el mar, con límite terrestre variable de acuerdo a la influencia de la marea y los humedales costeros y el límite marino definido por las 12 millas náuticas (22 km) a partir de la costa” (IEA-MARENA, 2001).

La zona marino costera tiene una extensión de 11 954,5 km² en la parte terrestre que equivalen al 9% del territorio nacional y 100 456,5 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, de lagunas costeras y estuarios 1 400 km² 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 estos los mejores conservados de Centroamérica (IEA-MARENA, 2001). La Costa Pacífica Norte de Nicaragua incluye los departamentos de León y Chinandega, y los Municipios de Puerto Morazán, Somotillo, Chinandega, El Viejo, El Realejo, Corinto, León, La Paz Centro y Nagarote, y en el litoral Pacífico se encuentra el Golfo de Fonseca, el cual es compartido con El Salvador y Honduras.

El Golfo de Fonseca es una profunda entrada del océano Pacífico en el istmo centroamericano, con una boca al mar de 31 km y se extiende a una profundidad 50 km y a 70 km a lo ancho su espejo total es de aproximadamente 2 000 km² de los cuales 1 200 km² corresponden al cuerpo central y los 800 km² restantes están distribuidos en cuatro bahías y otros esteros. Su costa occidental pertenece a Salvador, la entrada sureste a Nicaragua y las orillas del interior central a Honduras. En general el golfo es poco profundo, cinco ríos mayores descargan sus aguas, entre ellos el Río Choluteca (Honduras), el Río Nacaome, el Río Goascorán (El Salvador), el Río Negro y Estero Real que pertenecen a la cuenca nicaragüense y es utilizado por las poblaciones aledañas para pesca, transporte, recreación y comercialización de productos con los países vecinos (El Salvador y Honduras) (Gonzalez, 1997).

2.1.2.2. Problemática ambiental de las aguas costeras del pacífico Norte de Nicaragua

La problemática ambiental de las zonas costeras del Golfo de Fonseca, son las aguas contaminadas provenientes de las industrias camaroneras que poseen concentraciones de contaminantes de Nitrógeno y Fósforo , la expansión de las industrias de camarones cerca de las costas está asociada a la deforestación de los manglares por el movimiento de sedimentos hacia el estero para la construcción de estanque para la cría de camarones ha provocado una degradación ambiental de las costas de este sitio la cual puede causar alteraciones físicas y químicas en el agua y también a especies que entran en contacto con estos, provocando atrapamientos, sofocación, ingestión y la muerte. Por otro lado, las artes de pesca inadecuada, como la de arrastre, practicada por parte de extranjeros que cruzan la línea fronteriza o pescadores locales la cual arrasa con especies que no son objetivo de pesca (González Bermúdez y otros, 2016).

2.1.2.3. Zonas de pesca en el norte de Nicaragua

La mayoría de los pescadores de las comunidades del sector nor-occidental del municipio de El Viejo, pescan en el área marina. Los pescadores de Potosí, visitan sitios en todas las playas del Golfo de Fonseca incluyendo Punta Ñata, Farallones y Punta Cosigüina. Los pescadores de Mechapa, Jiquilillo, Aserradores y Corinto pescan en la faja marina entre Punta Ñata y Poneloya, aproximadamente a una distancia de la costa no mayor de 10 millas. Los pescadores de Padre Ramos y Los Zorros pescan frente a Jiquilillo y en sitios del interior de los esteros.

2.1.2.4. Flora y fauna del Golfo de Fonseca

La flora y fauna en el Golfo de Fonseca es variada, se pueden encontrar especies de aves como: Alza olita, Chorlito semipalmado, Bobo patas azules, Gaviota reidora entre otras, estas se han adaptado a las diversas condiciones oceanográficas. En esta franja de substrato duro mezclado con sedimentos blandos habita una serie de organismos importantes para la pesca y “marisqueo”. El golfo de Fonseca presenta ecosistemas propios del trópico del Pacífico Bosque Seco Tropical,

incluyendo las Áreas Naturales Protegidas del lugar y Manglares del golfo de Fonseca, caracterizados por presentar menor altura en comparación con los de bahía de Jiquilisco o Barra de Santiago, como adaptación a menores precipitaciones y mayor salinidad entre ellos tenemos: Mangle rojo, Botoncillo y Istateén (Barraza y otros, 2014).

2.1.2.5. Fuentes de contaminación de las aguas costera del pacífico central de Nicaragua en Punta San José y El Chorro.

La principal fuente de contaminación de las aguas en el Golfo de Fonseca es la acuicultura, derivada de la sobre explotación de los recursos. En las zonas marinos costeras de Punta San José y El Chorro ha habido una sobre explotación de peces, por parte de los pescadores de la zona, lo que ha causado la disminución de estos, afectando así la subsistencia de los pescadores cada año. Por otro lado, la calidad de agua es muy baja, debido a la contaminación por nutrientes, agroquímicos, desechos sólidos y líquidos provenientes de las actividades industriales. La cobertura vegetal de la zona ha disminuido considerablemente, debido al aumento de las áreas de pasto y los cultivos intensivos, las camaroneras y salineras, y el aumento de la pesca excesiva en estos ecosistemas (Quintanilla Corena, 2020)

El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. La agricultura, la ganadería y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Cabe señalar, que los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia orgánica consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos (Quintanilla Corena, 2020)

A pesar de la gran riqueza natural, el área se ubica en una región sumamente vulnerable dentro del corredor seco centroamericano. Los medios de vida, las comunidades y personas que habitan en el área de conservación dependen directamente de los recursos naturales y de las condiciones

climáticas, por lo que están siendo impactadas por los cambios en el clima (Quintanilla Corena, 2020)

2.1.2.6. Elementos físicos y químicos que influyen la calidad de las aguas

- **Elementos físicos**

Temperatura: es una de las variables físicas de mayor interés en el estudio de agua de mar esta constante sirve para la caracterización de calor y juega un rol muy importante en la solubilidad de gases tales como el oxígeno disuelto el cual es más soluble a menores temperaturas.

Oxígeno Disuelto (OD): El oxígeno es un elemento necesario para todas las formas de vida. Los torrentes naturales para los procesos de purificación requieren unos adecuados niveles de oxígeno para proveer para las formas de vida aeróbicas (COBCLM, 2015).

pH: es una medida relativa de la acidez o alcalinidad del agua. La acidez natural es producida principalmente por el CO₂ y ocurren cuando el pH está entre 4.5 y 8.5 unidades. La alcalinidad natural es producida por carbonatos y bicarbonatos y puede llevar los valores de pH hasta 8.3 (Orozco Jaramillo, 2005).

Potencial redox: dentro de una reacción redox siempre existe una sustancia que se oxida y otra que se reduce, lo que implica una transferencia de electrones entre las mismas. La reacción redox va acompañada por un intercambio de energía química, ya sea que se libere o que se almacene en los compuestos químicos implicados en el proceso (Albarrán Zabala, 2008).

Conductividad eléctrica: es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica (APHA, 2017). Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición, la corriente eléctrica es transportada por iones en solución, por lo tanto, el aumento de la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad.

La salinidad: Se define como una medida de la masa de sales disuelta en una masa dada de solución (APHA, 2017). En el agua de mar esta propiedad es fruto de la combinación de diferentes sales siendo las principales los cloruros, los carbonatos y los sulfatos (Medcllic, 2021).

- **Elementos químicos**

Alcalinidad: representa la habilidad del agua para neutralizar a los ácidos. La alcalinidad también es una medida de la capacidad buffer del agua, que le permite mantener el pH ante el agregado de un ácido o una base (APHA, 2017).

Sílice reactiva disuelta: La sílice es el nombre dado al dióxido de silicio, SiO_2 . El silicio (Si), es el elemento más abundante en la corteza terrestre. El silicio nunca se encuentra en su forma elemental en la naturaleza. En su forma cristalizada solamente reacciona bajo condiciones de temperaturas extremadamente altas. El agua y el vapor de agua tienen una pequeña influencia en la solubilidad, debido a que se forma rápidamente una capa protectora de dióxido de silicio. El silicio se une a otros elementos para formar varias especies de sílice y silicatos. Las concentraciones de las moléculas de sílice solubles son muy importantes en acuicultura ya que pueden influir (y limitar) en el crecimiento de las diatomeas (HANNA, 2022).

Hierro total: El hierro es el elemento metálico más importante de los ecosistemas marinos, ya que, entre otras cosas, desempeña un papel vital en la fotosíntesis y el crecimiento del fitoplancton aireación (López Benito, 1965)

Nitrógeno: es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales. (Tapia, 2022) Debido a la importancia del N en las plantas, junto al fósforo (P) y al potasio (K) se lo clasifica como macronutriente. Es, además, el nutriente que en general más influye en el rendimiento y calidad del producto a obtener en la actividad agropecuaria (Perdomo, 2001).

Las formas inorgánicas incluyen el nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), el amoníaco (NH_4^+) ionizado, no incluye el amoníaco no ionizado (NH_3), y gas del nitrógeno (N_2). El contenido de Nitrógeno

orgánico en un agua incluye el Nitrógeno de aminoácidos, aminas, polipéptidos, proteínas y otros compuestos orgánicos del Nitrógeno. Todas las formas de Nitrógeno son inofensivas a los organismos acuáticos excepto el amoníaco no ionizado y el nitrito, que puede ser tóxico para los peces. El nitrito no es generalmente un problema en los cuerpos de agua, sin embargo, si hay bastante oxígeno disponible en el agua para que se oxide, el nitrito puede ser convertido fácilmente a nitrato (Sofia, 2022).

Fósforo: es un nutriente esencial para los organismos vivientes; en aguas frescas y sistemas marinos está sujeto a procesos de transformación continua que incluyen consumo o desprendimiento del elemento en sus diferentes formas o especies. Es considerado como un parámetro crítico en la calidad de aguas debido a su influencia en el proceso de eutrofización, de ahí la importancia de disponer de las técnicas analíticas y de muestreo adecuadas para la determinación de la concentración de las diferentes especies que pueden estar disueltas en el agua, adsorbidas sobre partículas o asociadas con organismos acuáticos (Sánchez, 2001).

El Fósforo reactivo disuelto (PRD) es el fósforo biológicamente disponible y por ende de la calidad del cuerpo de agua. No todo el fósforo disuelto está realmente disponible para los organismos; la disponibilidad biológica del elemento depende de muchos factores, incluyendo las especies presentes y sus concentraciones (Sánchez, 2001).

Demanda bioquímica de oxígeno: Es una medida de la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para lograr degradar la materia orgánica presente en una muestra de agua. La información obtenida en la prueba corresponde a la materia orgánica con características biodegradables (Gil & Albeiro, 2009). Una DBO alta significa la disminución del oxígeno disuelto en el agua, lo que ocasiona afectaciones a la fauna y flora acuática (LEÓN GIL, 2009)

Carbono orgánico disuelto: es un parámetro global de la química del agua que se utiliza para caracterizar y controlar el contenido de carbono disuelto en el agua (dulce, salobre o marina) o la contaminación orgánica, el contenido de carbono orgánico disuelto en el agua de mar se define como la concentración de Carbono que queda en una muestra de agua de mar después de que todo

el carbono particulado ha sido eliminado por filtración y todo el carbono inorgánico ha sido eliminado por acidificación y aireación (Magalhães y otros, 2008)

Dióxido de carbono libre: El oxígeno y el dióxido de carbono están involucrados en los mismos procesos biológicos en el océano, se disuelve en el agua del mar, donde forma ácido carbónico. Esta reacción provoca un aumento de la acidez del agua, lo que puede afectar a muchas formas de vida marina. El ácido carbónico también puede disolver calcio y otros minerales de los corales, lo que puede debilitarlos y hacer que se disuelvan (Webb, s.f.)

Sólidos totales suspendidos: Los sólidos en suspensión SST es el material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas, y que causa en el agua la propiedad de turbidez (Nivelo Nivelo, 2015)

Clorofila a: La concentración de clorofila-*a* oceánica permite una estimación de la concentración de fitoplancton y, por lo tanto, de la actividad biológica. En los medios acuáticos, la medida de la clorofila **a** se utiliza como indicador de la biomasa fitoplanctónica, ya que representa el pigmento indispensable para el proceso de fotosíntesis de todos los organismos autótrofos (Costas Salgado, 2007).

- ***Elementos Biológicos***

Los ecosistemas acuáticos presentan problemas debido a los vertidos de aguas domésticas, residuales que impacta en la calidad de los recursos acuáticos y causa serios problemas a los ecosistemas (CONCYTEC, 2021).

Bacterias Coliformes Termotolerantes: Los microorganismos indicadores de contaminación son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos (concentración y reacción frente a factores ambientales y barreras artificiales), pero son más rápidos, económicos y fáciles de identificar. Una vez se ha evidenciado la presencia de grupos indicadores, se puede inferir que los patógenos se encuentran presentes en la misma concentración y que su comportamiento frente a diferentes factores como pH, temperatura, presencia de nutrientes, tiempo de retención.

Las bacterias Coliformes incluyen un gran grupo de muchos tipos de bacterias que se encuentran en todo el medio ambiente. Son comunes en el suelo y el agua superficial e incluso pueden aparecer en la piel. También se pueden encontrar grandes cantidades de ciertos tipos de bacterias coliformes en los desechos de humanos y animales. La mayoría de los tipos de bacterias coliformes son inofensivas para los humanos, pero algunas pueden causar enfermedades leves y algunas, transmitidas por el agua, pueden provocar enfermedades graves (swistock, 2020).

Los coliformes termotolerantes (CTT), denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos) y solo ocasionalmente forman parte del microbiota normal. Por esto algunos autores plantean que el término de coliformes fecales, comúnmente utilizado, debe ser sustituido por coliformes termotolerantes.^{34, 35} Los coliformes termotolerantes integran el grupo de los coliformes totales y su intervalo de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45 °C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y agua (Larrea Murrel y otros, 2012).

2.1.2.7. Fitoplancton

El fitoplancton son los seres vivos de origen vegetal que viven flotando en la columna de agua, y cuya capacidad natatoria no logra nunca superar la inercia de las mareas, las olas, o las corrientes. Son organismos autótrofos capaces de realizar la fotosíntesis. Su importancia es fundamental dado que son los productores primarios más importantes en el (Costas, 2019)

Los principales organismos del fitoplancton de los diferentes mares del mundo son especies que se incluyen dentro de los siguientes grupos de seres vivos, todos ellos fotosintéticos:

- Diatomeas: *Actinella Brasilliensis Lewis*, *Amphipleura kutzing*, *Achnanthes bory*, *Anphora ovalis*, *Asterionella hassall*.
- Dinoflagelados: *Ceratium furca*, *Peridinium depressum*, *Noctiluca scintillans*.
- Algas verdeazuladas (cianófitos): *Rivularia bullata*, *Chroococcus turgidus*, *Anabaena spp.*, *Oscillatoria spp.*

- Algas verdes: *Chaetomorpha aerea*, *Cladophora fascicularis*, *Phycodrys ovifolia*, *Petaloniafascia*.
- Algas pardas: *Synura spp.*, *Stephanophyxis palmeriana*, *Rhizosolenia calcaravis*.
- Las algas fitoplanctónicas consisten de miles de especies distribuidas principalmente entre los phyla Pyrrophyta, Euglenophyta, Chlorophyta, Heterokontophyta y Cyanophyta. Las Pyrrophyta son principalmente marinas e incluyen los dinoflagelados.

Especies potencialmente nocivas o tóxicas

Las floraciones algales nocivas o mareas rojas son descoloraciones del agua del mar causadas por elevadas concentraciones de microorganismos fitoplanctónicos pigmentados. Se dividen en Floraciones Algales Inocuas y Floraciones Algales Potencialmente Tóxicas (IMARPE, 2015).

Los grupos más importantes formadores de Floraciones Algales Nocivas (FANs) son los dinoflagelados, las diatomeas, crisófitas 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* (Calvo Vargas & Arguedas Rodríguez, Muestreo de las Floraciones Algales Nocivas (FANs) en el Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica, 2012).

Por otro lado, los moluscos bivalvos acumulan ficotoxinas a través de su proceso de alimentación por filtración y las transfieren a diferentes niveles de la cadena trófica, incluyendo al ser humano, por lo que estos son los vectores más importantes. Según cortes Páez (1998) la exposición a una floración algal nociva puede ocasionar dermatitis, conjuntivitis, gastroenteritis, entre otras (Calvo Vargas & Arguedas Rodríguez, Muestreo de las Floraciones Algales Nocivas (FANs) en el Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica, 2012).

Floraciones Algales Nocivas (FANs)

Las Floraciones Algales Nocivas (FAN, en inglés HAB = Harmful Algal Blooms), es un término adoptado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO y aceptado internacionalmente para denominar cualquier proliferación de microalgas (independientemente de su concentración). Las FANs es un fenómeno que se produce por un aumento de la población de algún tipo de microalga, debido a diferentes factores oceánicos como temperatura, luminosidad, salinidad, corrientes y por otros factores como la contaminación producida por (Alvarenga Carbajal & Ortega Sanchez, 2014) el ser humano y que finalmente es eliminada en el mar.

En los últimos años, son numerosos los ejemplos del cultivo a escala industrial de algunas de estas microalgas, para acuicultura (Zafra Trelles y otros, 2017), o como materia prima para fines comerciales (Hernández-Pérez & Labbe, 2014).

- **Índice de Estado Trófico**

Eutrofización: La eutrofización se define como un proceso de deterioro de la calidad del recurso agua, se origina por el enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, condicionando la utilización de estos y ejerciendo grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional (Ledesma, et al., 2013). La palabra eutrófico significa rico en nutrientes y la eutrofización proviene del griego eu “bien” y trophein “nutrido” que significa bien nutrido, autores lo definen como consecuencia de un desequilibrio a la multiplicación de materia vegetal, que al descomponerse provoca daños como la disminución del oxígeno disuelto, tan necesario para la vida acuática (García Miranda & Miranda Rosales, 2018).

Estado trófico: El Índice del Estado Trófico (TSI) tiene como finalidad clasificar cuerpos de agua en diferentes estados tróficos, de forma confiable, este índice ha sido uno de los más ampliamente utilizados para la clasificación de lagos y reservorios. El índice toma como variables, la profundidad de visión del disco de Secchi (TSIDs) y las concentraciones superficiales de fósforo total (TSIPt) y clorofila a (TSIclorf a) (Osorio López y otros, 2020).

Índice de Carlson: El modelo de Carlson propuesto en 1977 emplea el Disco de Secchi para determinar la transparencia del agua y, en conjunto con la concentración de fósforo total, se obtiene la ecuación que determina el Índice de Estado Trófico IET (Orquera & Cabrera, 2019).

Modelo de Aizaki: El modelo de Aizaki et al (1981) resulta una modificación al IET propuesto por Carlson donde incluye coeficientes específicos para los elementos que integran la ecuación de estado trófico (Orquera & Cabrera, 2019).

- ***Estructura de las comunidades de fitoplancton***

Riqueza total: La riqueza de las especies es simplemente el recuento de todas las especies dentro de la comunidad, pero la cuantificación de la riqueza de las especies no es tarea sencilla. De hecho, es improbable que el número total de especies que habitan cualquier comunidad de la tierra sea conocido. (Smith & Smith, 2007).

Abundancia total: Dentro del conjunto de especies que componen la comunidad, no todas son igualmente abundantes. Podemos descubrir esta característica si contamos a todos los individuos de cada especie en una serie de muestras dentro de la comunidad y determinamos que porcentaje de cada uno contribuye al número total de individuos de todas las especies. Esta medida se conoce como abundancia relativa (Smith & Smith, 2007).

- **Índices de diversidad**

Índice de Simpson: Es un que se utiliza para medir la diversidad de una comunidad. Comúnmente se usa para medir la biodiversidad, es decir, la diversidad de seres vivos en un lugar determinado. Sin embargo, este índice también es útil para medir la diversidad de elementos como escuelas, lugares (Smith & Smith, 2007).

Índice de Shannon: Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver derivado de la teoría de información como una medida de la entropía. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad (Smith & Smith, 2007).

Índice de Margalef: Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre

el número de especies y el número total de individuos. Tiene en cuenta únicamente la riqueza de especies, pero de una forma que no aumente al aumentar el tamaño de la muestra. $D_{Mg} = (S - 1) / \ln N$. Dónde S es el número total de especies presentes, y N es el número total de individuos (Smith & Smith, 2007).

- **Índices de Similitud**

El índice de Sorensen: El índice está basado en la presencia o ausencia de las especies. Se utiliza una lista de especies de los dos sitios o parcelas de muestreo que serán comparadas, y el índice se calcula. El valor del índice oscila entre 0, cuando las dos comunidades no poseen especies en común, 1,0, cuando la composición de las especies de las dos comunidades son idénticas (todas las especies en común) (Smith & Smith, 2007).

El índice de PCS: Brock (1977) afirma que PSC fue el "índice original" utilizado para la similitud de la comunidad y fue discutido por Whittaker (1952) y utilizado por Whittaker y Fairbanks (1958) para comparar comunidades de copépodos de pequeños lagos y estanques. El índice es donde a y b son, para una especie dada, porcentajes de las muestras totales A y B que representa esa especie. El valor absoluto de su diferencia se suma sobre todas las especies (WASHINGTON, 1992).

El índice de B₂: mide los cambios en números de especies raras mientras que PSC no es muy sensible (WASHINGTON, 1992).

2.1.2.8. Elementos químicos y físicos en los Sedimentos marinos

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. Independiente de cuáles y cómo llegan estas sustancias a las aguas costeras, los procesos sedimentarios hacen que su destino final sea el piso marino y dependiendo de las variaciones físicas y químicas del ambiente de depósito, los sedimentos de fondo permiten evaluar la condición de los ambientes marinos y reconocer eventuales perturbaciones derivadas de la acumulación de sustancias antrópicas y naturales que puedan constituir riesgos para la salud del ecosistema. Este conocimiento permite además aplicar medidas apropiadas y realistas que no pongan en riesgo la

salud de estos ambientes ni el desarrollo socioeconómico de las comunidades costeras (Valdes & Castillo).

Porcentaje de Humedad: El porcentaje de humedad es la cantidad de agua contenida en una muestra orgánica, al ser obtenida de materia viva, la muestra orgánica contiene ciertos niveles de agua. Entonces, el porcentaje de humedad es el valor porcentual del peso total de la muestra que corresponde a la concentración de agua presente (QuimiNet, 2012)

Granulometría: La granulometría, es la composición, en porcentaje, de los diversos tamaños de agregado en una muestra. Esta proporción se suele indicar de mayor a menor tamaño, por una cifra que representa, en peso, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición (Toirac Corra, 2012)

Materia orgánica: El material orgánico acumulado en los sedimentos marinos puede registrar en su estructura y composición las fluctuaciones de la productividad primaria, las variaciones del contenido de oxígeno disuelto de la columna de agua, la materia orgánica presente en la columna de agua y que finalmente es acumulada en los sedimentos marinos, está compuesta por material orgánico autóctono y alóctono que es sometido a una intensa degradación durante su descenso por la columna de agua y sólo una pequeña fracción (< 10%) alcanza el piso marino (Guíñez y otros, 2010)

2.1.3 Marco legal

En la Tabla 1, se muestra el marco legal están las constituciones políticas de Nicaragua leyes y decretos y normas que rigen sobre la calidad de las aguas del pacífico norte.

Tabla 1.

Leyes y Decretos relacionadas con las aguas marinas costera.

N° de la Ley o Decreto	Nombre de la Ley o Decreto	Número de Gaceta	Fecha de publicación
Constitución política de Nicaragua 1986.	Derechos sociales	16	22 de enero de 1948
LEY N°217	Ley general del medio ambiente con sus reformas incorporadas 1996.	105	27 de marzo de 1996
LEY N°690	Ley para el desarrollo de las zonas costeras, 2009	180	24 de septiembre de 2009
DECRETO A.N. N°.8773	Tratado de límites entre la republica de Nicaragua y la republica de Honduras en el mar Caribe y aguas afuera del Golfo de Fonseca.	201	29 de octubre de 2021
DECRETO N°. 324	Habilitase al comercio exterior el puerto de Potosí, Golfo de Fonseca.	199	22 de septiembre de 1944
NORMA TÉCNICA N°. NTON 03 045 – 09	Norma técnica obligatoria nicaragüense de artes de y métodos de pesca.	231	02 de diciembre del 2010

2.2. Hipótesis

H1: Hipótesis de investigación

La calidad de las aguas y sedimentos de los ecosistemas costeros de las playas Punta San José y El Chorro del Pacífico Norte de Nicaragua han sido afectada debido a la presencia de contaminantes físico, químico y biológicos producido por actividades humanas.

H2: Hipótesis nula

La calidad de las aguas y sedimentos de los ecosistemas costeros de las playas Punta San José y El Chorro del Pacífico Norte de Nicaragua no han sido afectada debido a la presencia de contaminantes físico, químico y biológicos producido por actividades humanas.

Capítulo III

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio es experimental y analítico con enfoque mixto de corte espacial y temporal.

3.1.2. Área de estudio

El área de estudio es el pacífico norte, en el municipio de El Viejo, departamento de Chinandega que comprende dos puntos de muestreo ubicados en El Golfo de Fonseca que limita al noroeste con El Salvador, al Este con Honduras y al Sur con Nicaragua (Fig. 1).

3.1.3. Población y muestra

La población está representada por las 15 playas de la costa del pacífico norte de Nicaragua y la muestra correspondió a los puntosa Punta San José y el Chorro del municipio de El Viejo, departamento de Chinandega, en los cuales se seleccionaron dos puntos para la toma de muestra de agua y sedimento, para determinar variables físicas, químicas y biológicas en el agua y sedimentos (Tabla 2). Cabe señalar que para evaluar la contaminación en el punto El chorro se escogió como punto de referencia o no contaminado al punto conocido como Punta San José (aproximadamente a 30 km de distancias).

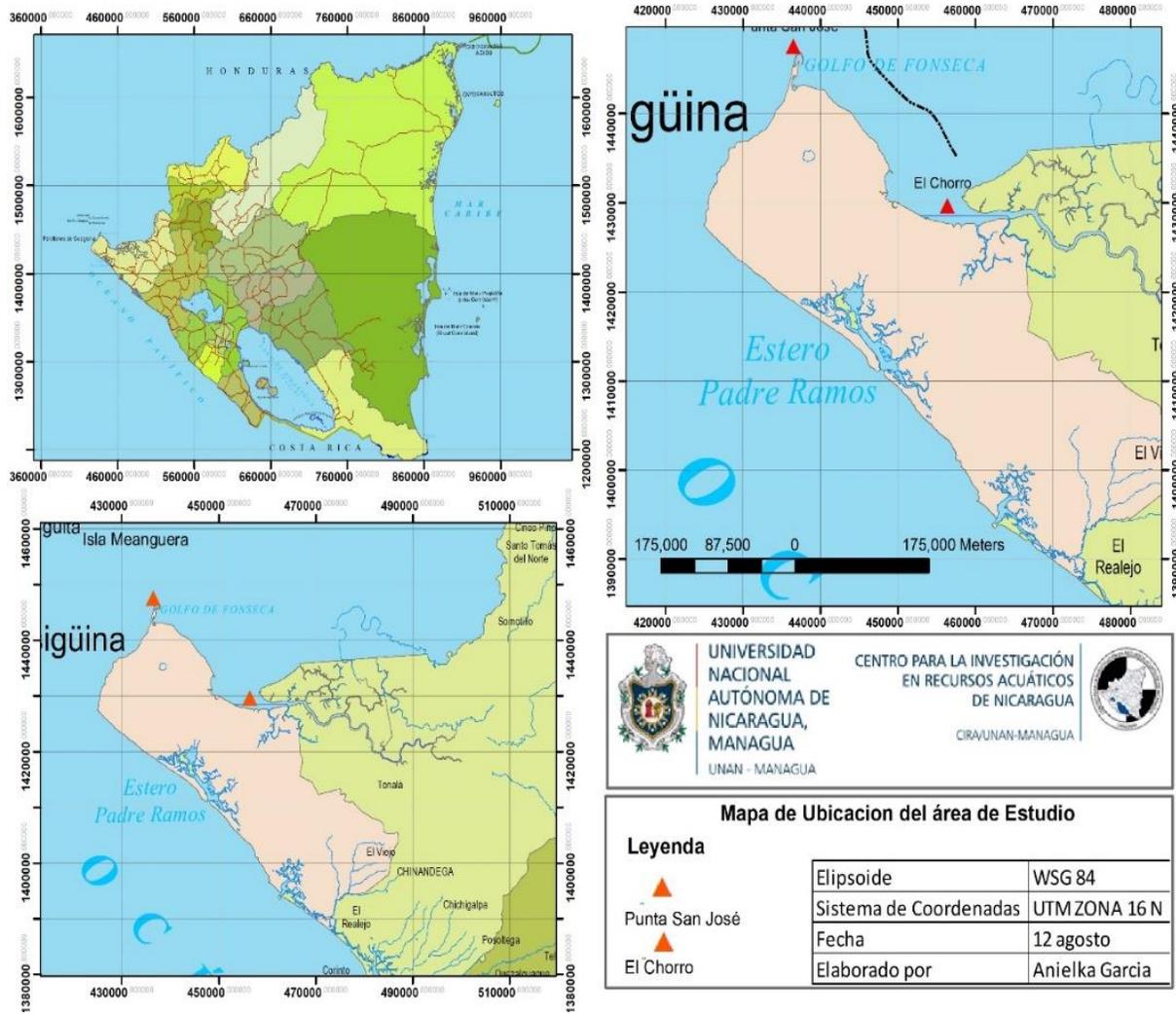
Tabla 2.

Localización geográfica de los puntos muestreados en Punta San José y El Chorro en el pacífico norte de Nicaragua

Punto	Norte (UTM)	Este (UTM)
Punta San José	1447564	436526
El Chorro	1429648	456423

Figura 1

Localización de los puntos de muestreo



3.1.4. Definición y Operacionalización de la variable

Una variable es operacionalizada con la finalidad de convertir un concepto abstracto en uno empírico, susceptible de ser medido a través de la aplicación de un instrumento, la Operacionalización de las variables es el proceso a través del cual el investigador explica en detalle la definición que adoptará de las categorías y/o variables de estudio, tipos de valores (cuantitativa o cualitativos) que podrían asumir las mismas y los cálculos que se tendrían que realizar para obtener los valores de las variables cuantitativas (Moreno Galindo, 2013). También es importante señalar que para la selección de los puntos tuvieron como base los criterios de inclusión que se refieren a las características de la población que la hacen elegible para participar en el estudio (localización geográfica y el diseño ya que se requería y punto alejado de las posibles fuentes de contaminantes y un punto cerca de ello) y los criterios de exclusión por su parte se refieren al caso contrario.

3.1.4.1. Matriz de Operacionalización de variable

Tabla 3.

Matriz de Operacionalización de variable

Objetivos Específicos	Variable	Tipo de Variable	Variable Conceptual	Subvariables o Dimensiones	Variable Operativa	Indicador	Técnicas de Recolección de Datos e Información
Objetivo específico 1: Definir la calidad física-química de las aguas de los ecosistemas costeros en las playas Punta San José y El Chorro mediante el uso de indicadores físicos-químicos.	Físico-químico	Cuantitativa	Calidad fisicoquímica de las aguas de los ecosistemas de Punta San José y El Chorro del pacifico norte de Nicaragua.	Calidad Físico-química de las aguas de los ecosistemas.	Medición de los parámetros físicos - químicos de las aguas de los ecosistemas.	Concentraciones o unidades de medición de los parámetros fisicoquímicos de las aguas. -unidades de PH -µS/cm - mg/L	<ul style="list-style-type: none"> Muestreo Toma de datos de parámetros Análisis de laboratorio. <p>pH, conductividad eléctrica, Alcalinidad, Nitrato total, Nitrito, Hierro, Fósforo total, PRD, CTT, DBO₅, Sólidos suspendidos totales.</p>
Objetivo específico 2: Caracterizar la estructura y abundancia fitoplanctónica de los ecosistemas costeros en las dos playas Pacifico norte de Nicaragua.	Hidrobiológico	Cuantitativa	Composición fitoplanctónicas de los ecosistemas marinos en las dos playas del pacifico de Nicaragua.	Poblaciones de microalgas de los ecosistemas marinos.	Identificación de las Especies fitoplanctónicas existente en las aguas marinas.	-Cantidad de especies en la muestra. -Cantidad de células/L - mg/L	<ul style="list-style-type: none"> Muestreo Análisis de fitoplancton: cualitativo y cuantitativo <p>Análisis de Cl-a</p>
Objetivo específico 3: Analizar el impacto de los contaminantes en los sedimentos de los ecosistemas marinos de ambas playas	Fisicoquímico	Cuantitativa	Impacto de los contaminantes en los sedimentos de los ecosistemas marinos de ambas playas.	Comparabilidad de los resultados de los análisis de laboratorio.	Medición del grado de contaminantes existentes en los sedimentos marinos.	Concentraciones o unidades de medición de los parámetros físico químicos. Tipo de textura % Humedad Granulometría % Materia orgánica % Nitrógeno total % Fósforo total mg/g	<ul style="list-style-type: none"> Muestreo Análisis de laboratorio: Granulometría Porcentaje de Humedad <p>Fósforo total, Nitrógeno total,</p>

3.1.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para realizar los análisis físicos químicos e hidrobiológicos se hicieron cuatro visitas de campo, en función de las épocas climatológicas del año, donde en cada año se realizaron dos muestreos en época seca y dos en época lluviosa.

Una de las técnicas empleadas fue la observación, ya que es una técnica que consiste en “el uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que se necesitan para resolver la problemática ambiental”. Los resultados se analizaron mediante el uso de la hoja de Excel tanto para los análisis físicos químicos y biológicos.

3.1.6. Equipos y Materiales utilizados para la recolección de información

- Sonda Multiparameter Water Quality YSI model 45 Thermo Scientific
- Envases de plástico y vidrio para recolección de muestras
- Draga Van Veen para recolección de sedimentos
- Hielera portátil para almacenamiento de las muestras
- Botella de Van Dorn
- Balde
- Guantes
- Gabachas
- Lapiceros
- Libreta de anotación
- Cámara fotográfica
- Portaobjeto
- Cubreobjeto
- Beaker's
- Pipeta
- Microscopio
- Tamiz
- Pizeta

3.1.7. Procedimientos para la recolección de datos e Información

El proceso de investigación incluyó la toma de muestras en dos puntos, dichos muestreos se realizaron en las playas del pacífico norte Punta San José y El Chorro, durante esta actividad se recolectaron 14 muestras de agua marina para los análisis físico-químicos y biológicos, asimismo, se recolectaron dos (2) muestras de sedimentos para análisis físico-químicos. Las muestras fueron recolectadas 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 Métodos for Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF, 2012).

Para la recolección de datos e información en ambos sitios se hicieron visitas a las playas Punta San José y El Chorro para determinar la problemática ambiental. Las muestras se recolectaron en frasco de vidrio y de plástico boca ancha, con sus tapones bien ajustados, identificados con el punto, hora, fecha, y con que están preservados luego se guardaron en hieleras portátiles con abundante hielo para su posterior análisis en los laboratorios de CIRA/UNAN (Tabla 4).

Tabla 4.

Fechas de monitoreo y tipos de muestreo realizado en los puntos Punta San José y El Chorro en las playas del pacífico norte de Nicaragua.

Identificación del punto	Fecha de muestreo	Tipo
		Puntual (5 m) Integral
Punta San José	30/09/2021	* La muestra se integró de acuerdo con el valor de transparencia obtenido usando el disco Secchi
El Chorro	30/09/2021	* multiplicado por tres, el valor obtenido correspondió a la zona fótica de la columna de agua.
Punta San José	02/12/2021	*
El Chorro	02/12/2021	*
Punta San José	27/01/2022	*
El Chorro	27/01/2022	*
Punta San José	17/05/2022	*
El Chorro	17/05/2022	*

En la tabla 5, se describen los frascos y materiales que se utilizaron para el transporte y preservación de las muestras.

Tabla 5.

Tipos de recipientes, preservación y transporte de muestras a utilizar en el muestreo.

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 reactivo 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 ₂ SO 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 Lugol Refrigerar

3.6. Procedimientos analíticos

Los análisis físico-químicos, hidrobiológicos y microbiológicos se realizaron en los laboratorios del CIRA/UNAN-Managua, de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WEF, 2017).

Tabla 6.

Análisis y métodos analíticos utilizados para la determinación y cuantificación de los parámetros de los análisis de interés.

Análisis	Métodos
pH	4500-H B ¹
CE	2510 B ¹
Alcalinidad total	2320.B ¹
Nitrógeno Total	Segunda Derivada ³
Nitrato	4500-NO ₃ .B ¹
Nitrito	4500-NO ₂ .B ¹
Amonio	4500 NH ₃ .F ¹
Fósforo total	4500-P B.E ¹
Fósforo reactivo disuelto	4500-P.B1-E ¹
Hierro Total	3500-Fe B ¹
SST	2540.D ¹
Sílice reactivo disuelto	4500-SiO ₂ C ¹
DBO ₅	5210.B ¹
Dióxido de Carbono libre	4500-CO ₂ C ²
Carbono orgánico disuelto	UV 254 nm ⁴
Coliformes Termo tolerantes	9221 E ¹
Clorofila-a	Espectrofotometría UV-Vis
Fitoplancton cualitativo y cuantitativo	Método de Observación directa (Microscopia), Método Utermohl y Método de Abundancia Numérica ⁵ .

¹ (Standard Methods for the Examination of water and Wastewater, 2017)

² (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 2012)

³ (Nitrate an organic N análisis with second- derivate spectroscopy, 1992)

⁴ (Estimating Dissolved Organic Carbon in Natural Water by UV absorbance (254 nm), 1996)

⁵ (Biologische Methodenfur die praxis der gewasseruntersuchung, der Gewasseruntersuchung , 1975)

En el caso de la muestra de sedimentos se recolectaron de 1.5 a 2.5 kg, con una draga Van Veen. Los parámetros a medir fueron: porcentaje de humedad, granulometría, materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total (Tabla 7). Las muestras recolectadas fueron transportadas según los Procedimientos Operativos Normalizados (PON) del laboratorio de Radioquímica Ambiental del CIRA/UNAN-Managua.

Tabla 7.

Métodos físicos y químicos usados para la caracterización de los sedimentos.

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

¹ (Standard Metods for the Examination of water and Wastewater, 2017)
² (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 2012)
³ (Nitrate an organic N análisis with second- derivate spectroscopy, 1992)
⁵ (Biologische Methodenfur die praxis der gewasseruntersuchung, der Gewasseruntersuchung , 1975)

3.6.1. Metodologías usadas para los análisis físicos, químicos y biológicos en agua

Los análisis físicos, químicos y microbiológicos se realizaron según lo indica por el Standard Methods for Water and Wastewater 2012 y 2017. A continuación, se hace una breve descripción de los procedimientos analíticos.

- **pH 4500-H B.** (APHA, 2017)

Método: Potenciométrico

Equipo: pH-metro marca OAKON modelo Test R30

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 dos 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 2510 B** (APHA, 2017)

Método: Conductimetría

Equipo: Conductímetro marca Termo Orion modelo 150 A +

Procedimiento: Encender el conductímetro y esperar 5 minutos para que se estabilice y después proceder a su calibración con una solución de KCl 0.01N. El conductímetro está calibrado cuando leemos, 1419 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Una vez calibrado, sumergir el electrodo en la muestra de agua y esperar a que se estabilice, una vez estabilizada, la lectura aparece en la pantalla. Registrar el valor

- **Alcalinidad 2320 B** (APHA, 2017)

Método: Potenciométrico

Equipo: pH metro

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.

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 registrar el gasto de ácido consumido hasta ese valor de pH y seguir valorando.

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

Alcalinidad total: 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 determinada 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) Segunda Derivada** (Crumpton y otros, Nitrate an organic N análisis with second- derivate spectroscopy, 1992)

Método: Método de la Segunda Derivada con digestión previa.

Equipo: Espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo Lambda 365.

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 digerar). 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.

- **Nitrato (NO_3^-) 4500- NO_3 . B** (APHA, 2012)

Método: Cromatografía iónica con supresión química.

Equipo: Cromatógrafo de iones Thermo Scientific Dionex Modelo ICS 900.

Procedimiento: Establecer el equilibrio del sistema del cromatógrafo de iones. Bajo este principio calibrar el equipo e inyectar las muestras.

- **Nitrito (NO_2^-) 4500- NO_2 . B** (APHA, 2017)

Nombre del método: Método colorimétrico.

Equipo utilizado: Espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo Lambda 365.

Procedimiento: Pipetear 50 ml de cada estándar de la curva de calibración y depositar en un Erlenmeyer de 125 ml.

Agregar 2 ml de reactivo de color y 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^+) 4500-NH₃ F (APHA, 2017)**

Método: Método del Fenato.

Equipo: Espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo Lambda 365.

Procedimiento: Ajustar el pH de la muestra entre 7.6 y 7.8 unidades con NaOH 0.1 N o H₂SO₄ 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, agregar 1 ml de la solución de Nitroprusiato de sodio. Finalmente, 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 4500-P.B.E (APHA, 2012)**

Método: Ácido ascórbico.

Equipo: Espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo Lambda 365.

Pretratamiento de la muestra: Digestión Ácido Nítrico - Ácido Sulfúrico.

Para determinar el fósforo total, A 50 ml de muestra. Adicionar 1 ml de H₂SO₄ y 5 ml de HNO₃, ambos concentrados.

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 4500-P.B1.E** (APHA, 2012)

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. Realizar la lectura.

- **Hierro total 3500-Fe B** (APHA, 2017)

Método: Método de la Fenantrolina

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 $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$. 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 fenantrolina 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 fenantrolina contra el blanco correspondiente sin fenantrolina. Traducir las lecturas observadas del fotómetro en valores de hierro por medio de la curva de calibración.

- **Sólidos Suspendidos Totales 2540-D** (APHA, 2012)

Nombre del método: Gravimetría

Procedimiento: Agite 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 transféralo 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 4500-SiO₂C** (APHA, 2017)

Método: Espectrofotometría

Equipo: Espectrofotómetro UV-Vis

Procedimiento: Medir 50 ml de la muestra filtrada a analizar en el tubo Nessler de 50 ml.

Nota: Si la concentración de la muestra está por encima del rango de trabajo del método, realizar una dilución tomando una alícuota de la muestra y aforando hasta la marca con agua destilada.

Agregar 1,0 ml de HCl (1+1)

Agregar 2,0 ml de Heptamolibdato de amonio y mezclar por inversión 6 veces. Dejar reposar de 5 a 10 minutos, 7 minutos exactos en el laboratorio.

Seguidamente, agregar 2,0 ml de ácido oxálico y mezclar por inversión dos veces. Todas las muestras se deben de leer después de dos 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 luz 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.

Proceder a leer todas las muestras con su blanco de reactivo, control y recobro.

- **Demanda Química de Oxígeno 5210** (APHA, 2012)

Método: Titrimétrico con reflujo cerrado.

Equipo: Reactor para DQO

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

Poner al digestor por dos horas, una vez concluido el tiempo de digestión, dejar enfriar las muestras a temperatura ambiente. Verterlas en Erlenmeyers de 50 ml.

Agregar 0.05 a 0.1 ml (1 a 2 gotas) de indicador de ferroína y titular con FAS 0.1 M. la solución virará de un color azul verde a café rojizo.

- **Dióxido de carbono libre 4500-CO₂** (APHA, 2017)

Método: Potenciometría

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 2310.B. 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 Na₂S₂O₃ 0,1 M, o destruya con radiación ultravioleta. Agregue 0,2 ml (4 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 - 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 - 8,3: Prepare la muestra y el conjunto de titulación como se especifica en el 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 UV 254 nm** (Bransletter y otros, 1996)

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 254 nm.

- **Coliformes Termo tolerantes 9221 E** (APHA, 2017)

Método: Número más probable

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 h 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** (Nush & Palme, Biologische Methodenfur die praxis der gewässeruntersuchung, 1975)

Método: Espectrometría UV-VIS

Equipo utilizado: 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 (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005)

Método: Método de observación directa.

Equipo: Microscopio compuesto.

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 aparezca nuevas taxa 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** (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005) (Utermoehl, 1958)

Método: Biovolumen

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.

3.6.2. Análisis físico-químicos en sedimentos

- **Porcentaje de humedad** (SERMANAT, 2000)

Método: Gravimétrico

Equipo: Tamiz de 0.200 mm

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

Colocar la cápsula 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 peso.

- **Granulometría**

Nombre del método: Norma Austriaca L - 1061 – 88

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

Procedimiento: 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 cápsulas. Llevar al horno una noche.

Realizar los cálculos.

- **Materia orgánica (Materia oxidable)** (SERMANAT, 2000)

Método: Walkley-black

Equipo: Erlenmeyers, campana extractora de gases, bureta.

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 cambiarán 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** (SERMANAT, 2000)

Nombre del método: Kjeldahl

Equipo: Digestor, Destilador

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 radiactivo 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 se 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 H_2SO_4 0.02 N hasta que cambie de color verde esmeralda a rosa bajo.

Realizar el cálculo.

- **Fósforo total** (SERMANAT, 2000)

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 0.5N. 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 $NaHCO_3$ 0.5N.

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 CO_2 . Leer en el espectrofotómetro UV-Vis a una longitud de onda de 880nm.

3.7. Tratamiento estadístico de los Resultados

Todos los parámetros de campo y los resultados de los análisis de laboratorio fueron registrados en una base de dato en Excel 2013. Una vez realizados todos los análisis y recopilados todos los datos se trabajaron con ecuaciones.

- **Índice del Estado Trófico (IET o TSI)**

Carlson (1977) propuso este índice, es uno de los más utilizados varían entre 0 y 100 es decir, de oligotrófico a hipereutrófico (Tabla 8). 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 fósforo total (Pt), cuya relación con la transparencia se ha deducido previamente. Las fórmulas que descritas en Tabla 9, corresponden a la propuesta de Carlson (1977) y a las modificadas por Aizaki et al (1981) (Moreno Franco y otros, 2010).

Tabla 8.

Escala de valores de estado trófico en los cuerpos de agua.

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

Fuente: Modificado de Carlson (1977; 1980)

Tabla 9.

Fórmulas para estimar el estado trófico aplicando los indicadores de eutrofia.

Fuente: Modificado de Carlson (1977; 1980) y Aizaki et al. (1981)

Parámetro de eutrofización	Carlson (1977; 1980)	Aizaki et al. (1981)
Claridad del agua (D _s)(m)	$TSI_{D_s} = 60 - 14.41 \ln(D_s)$	$TSI_{D_s} = 10 \times (2.46 + 3.76 - 1.57 \ln(D_s) / \ln 2.5)$
Fosforo total (P _t) (mg/l)	$TSI_{P_t} = 14.42 \ln(P_t) + 4.15$	$TSI_{P_t} = 10 \times (2.46 + 6.68 - 1.15 \ln(P_t) / \ln 2.5)$
Clorofila a (Cl - a) (mg/m ³)	$TSI_{Cl - a} = 9.81 \ln(Cl - a) + 30.6$	$TSI_{Cl - a} = 10 \times (2.46 + \ln(Cl - a) / \ln 2.5)$

- **Ecuaciones para determinar los índices de diversidad y similitud**

Los índices de diversidad se calcularon usando las ecuaciones de Simpson, Shannon y Margalef para ver cuál es el punto más diverso.

El Índice de Simpson se calculó de acuerdo con la ecuación 1:

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

D: Índice de Simpson

n: Número total de organismos de una especie

N: Número total de organismos de todas las especies

El Índice de Shannon se calculó de acuerdo con la ecuación 2:

$$H = \sum_i^s = p_i \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

i: Cada especie

s: Número total de especies

P_i: Abundancia relativa de cada especie en la comunidad

El Índice de Margalef se calculó de acuerdo con la ecuación 3:

$$D = \frac{S}{\ln N} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

S: Número de especies.

N: Número total de individuos.

Ecuaciones de los Índices de similitud

Los índices de similitud se calcularon para ver qué tanta similitud hay entre los puntos muestreados

El índice de Sørensen se calculó de acuerdo con la ecuación 4:

$$CC = (A + B) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

C: Número de especies en común para las dos comunidades

A: Número de especies de la comunidad A

B: Número de especies de la comunidad B

El índice de % PSC se calculó de acuerdo con la ecuación 5:

$$\%PSC = 100 - 0.5 \sum_{i=1}^K |a - b| \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

a y b son para una especie dada, porcentajes de las muestras totales.

a y b representa esa especie.

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

El índice de Pinkham and Pearson's (B2) se calculó de acuerdo con la ecuación 6:

$$B_2 = \frac{1}{K} \sum \frac{\min(X_{ia}X_{ib})}{\max(X_{ia}X_{ib})} = \left[\frac{\left(\frac{X_{ia} \cdot X_{ib}}{N_a \cdot N_b} \right)}{2} \right] \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

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

Capítulo IV

4.1 Análisis y discusión de resultados

4.1.1. Análisis fisicoquímicos en agua

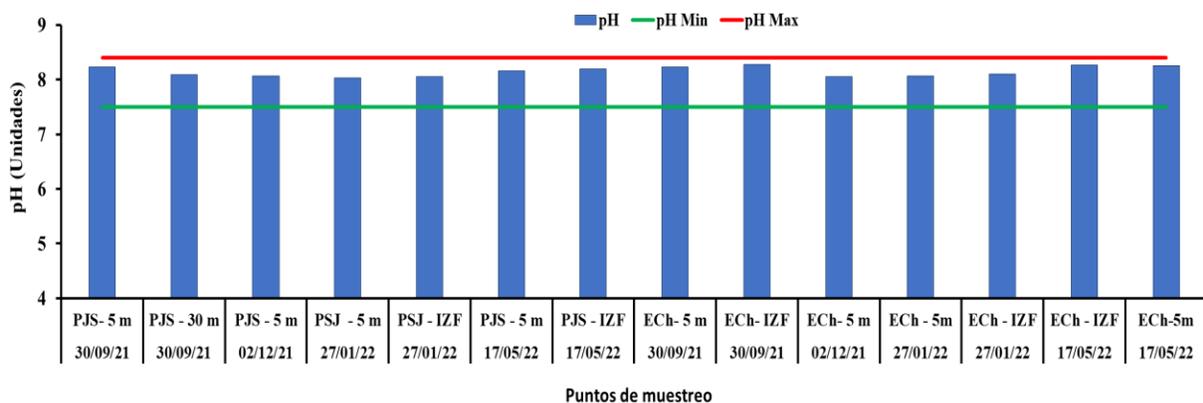
En el contexto del estudio el Punto de referencia corresponde a Punta San José y el punto contaminado El Chorro (Fig. 1), donde evaluaremos que tanto es la influencia antropogénica en El Chorro, tomado como punto de referencia o contaminado por las actividades humanas al punto conocido como Punta San José (aproximadamente a 30 km de distancias).

pH (in situ)

En la Figura 2, se muestra el comportamiento de los valores de pH en los puntos muestreados los cuales estuvieron en el rango de 8.03 a 8.28 unidades, el valor más bajo se reportó en Punta San José - 5m (enero-2022) y el más alto en El Chorro Integral ZF (septiembre-2021). Los valores de pH aquí reportado están en el rango óptimo de 7.4 a 8.4 unidades lo que significa que son aceptables para el desarrollo de la vida acuática (HANNA, 2022) (Anexo, Tabla 1).

Figura 2

Resultados de pH en los puntos de muestreos 2021-2022.



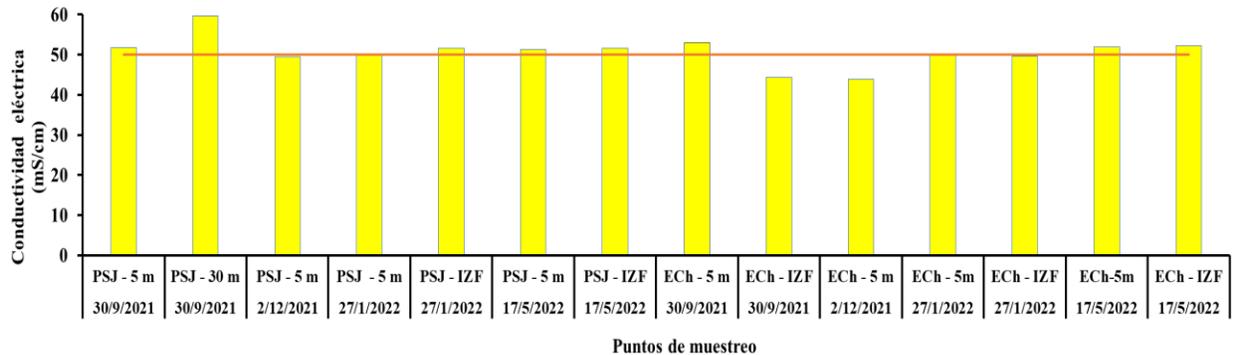
Conductividad eléctrica (in situ)

En la figura 3, se muestra el comportamiento de la conductividad eléctrica, los cuales estuvieron en el rango de 43.90 a 59.60 mS/cm, el valor más bajo se reportó en El Chorro - 5m (diciembre-2021) y el más alto en Punta San José 30m (septiembre 2021). El valor medio reportado fue de 50 mS/cm, por lo cual se puede decir que los puntos de estudiado tienen valores normales de

conductividad ya que para el agua de mar se estima un valor de alrededor de 50 mS/cm (Water quality standards, 2007) (Anexo, tabla 2).

Figura 3

Resultados de Conductividad Eléctrica en los puntos muestreados 2021-2022.

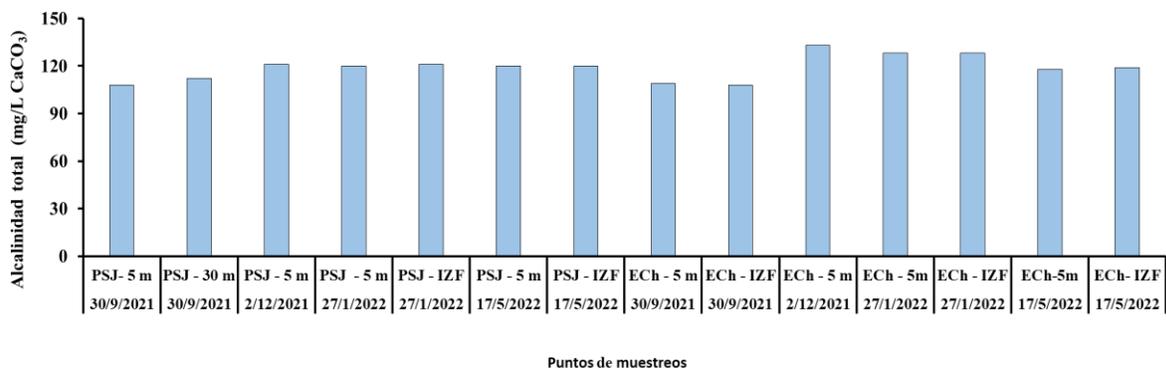


Alcalinidad total

En la figura 4, se muestran el comportamiento de los valores de alcalinidad total los cuales estuvieron en un rango de 108 a 133 mg/L, los valores más bajo se reportaron en Punta San José 5m y en el Chorro Integral ZF (septiembre 2021) y el valor más alto se reportó en el Chorro 5m (diciembre 2021). Los valores de alcalinidad aquí obtenidos se encuentran en el rango permisible o normal para aguas marinas el cual oscila entre 75-150 mg/L (Carvajal Toral, 2014) (Anexo, Tabla 3).

Figura 4

Resultados de la Alcalinidad total en los puntos muestreados en el 2021-2022



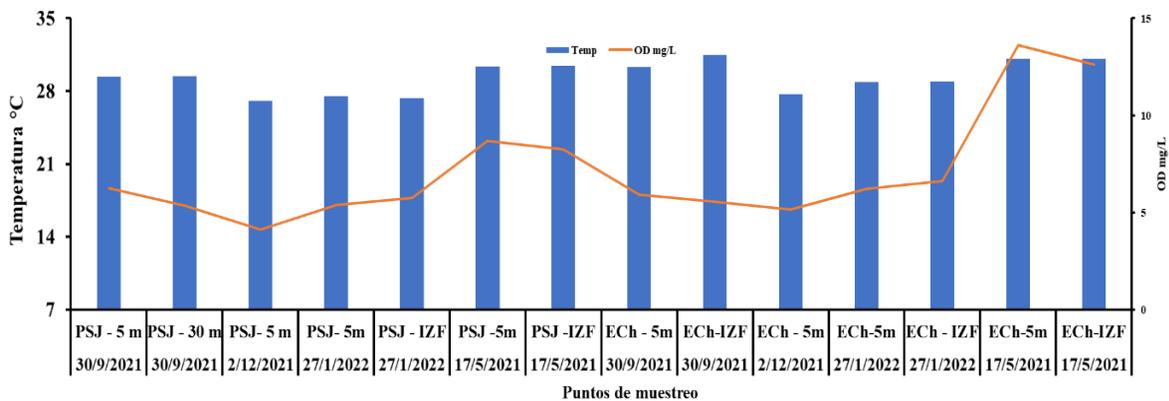
Temperatura y Oxígeno Disuelto (in situ)

En la figura 5, se muestran los comportamientos de los valores de temperatura y OD en los puntos muestreados. Los cuales los valores de temperatura estuvieron en el rango de 27.08 a 31.08 °C el valor más bajo se reportó en Punta San José 5m (diciembre 2021) y los más alto en El Chorro 5m e Integral ZF en mayo 2022. La temperatura de los mares puede ir desde menos 2 hasta 32° (Martinez, 2023).

Los valores de OD estuvieron en un rango de 4.12 a 13.63 mg/L, el valor más bajo se reportó en Punta San José 5m (diciembre 2021) y el más alto El Chorro 5m (mayo 2021). Sin embargo, el valor medio 7.1 mg/L reportado fue mayor que el límite permisible > 5 mg/L para aguas marinas o medios costeros destinados a las cría y explotación de moluscos según la NTON 05 007-98 (Gaceta, 2000) (Anexo, Tabla 4).

Figura 5

Resultados de temperatura y oxígeno disuelto en los puntos muestreados 2021-2022.

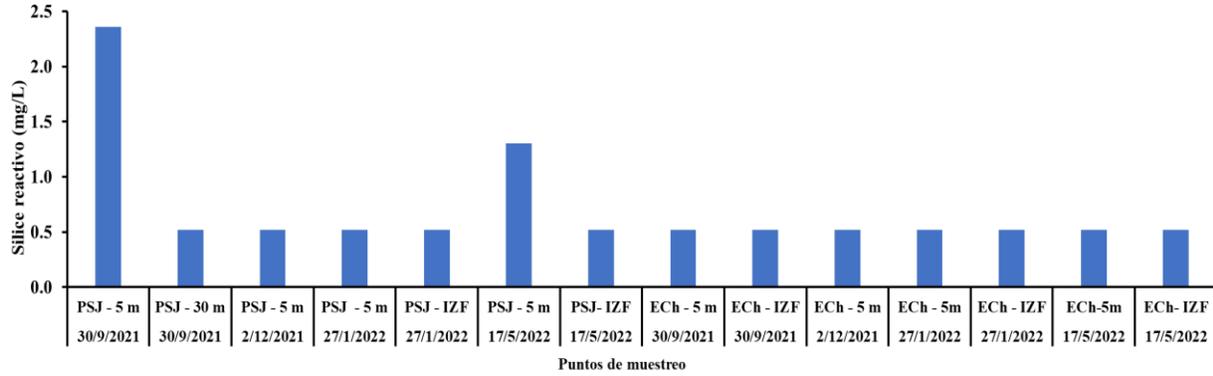


Sílice reactivo disuelto

Los valores de sílice reactivo los cuales estuvieron en un rango de 0.5 a 2.36 mg/L, la mayoría de los valores que se reportaron fueron bajos, sin embargo, los dos valores altos se reportaron en Punta San José - 5m (septiembre 2021) y (mayo 2022) con 2.36 y 1.30 mg/L (Fig. 6). Los valores de Sílice no superaron el valor máximo permisible que es de 6.4 mg/L para aguas marinas (Hanna, 2022) (Anexo, Tabla 5).

Figura 6

Resultados de sílice reactivo en los puntos muestreados en 2021 y 2022.

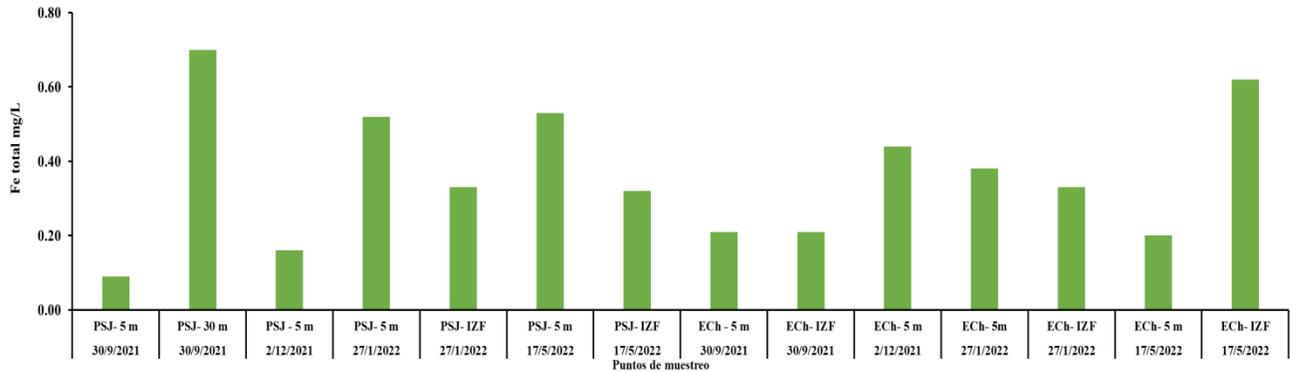


Hierro total

Los valores de hierro total estuvieron en el rango de 0.09 a 0.70 mg/L, el valor más bajo se reportó en Punta San José 5m (septiembre 2021) y el más alto también en Punta San José 30m (septiembre 2021) (Fig. 7). Las concentraciones de Hierro total aquí obtenidas son menores que el valor admisible de 3 mg/L para las aguas marina (ARMSTRONG.F.G, 1957) (Anexo, tabla 6).

Figura 7

Resultados de Hierro total mg/L de los puntos muestreados en 2021-2022.



Nutrientes: Nitrógeno total, Nitrato, Nitrito y Nitrógeno amoniacal

En la figura 8, se muestran los resultados obtenidos de Nitrógeno total y sus formas inorgánicas Nitrato, Nitrito y Nitrógeno amoniacal. Las concentraciones de N total estuvieron en el rango de 1.39 a 18.37 mg/L, el valor más bajo fue reportado en enero 2022 y el más alto en diciembre 2021

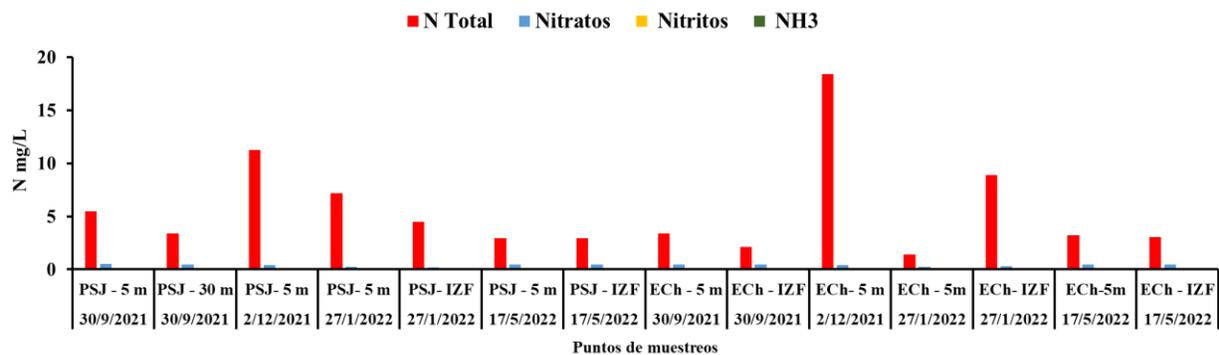
ambos en el punto El Chorro 5m. Hay que destacar que esta alta concentración en El Chorro podría atribuirse al arrastre de nutriente por escorrentía debido a la época lluviosa y el cual también se refleja en el punto de referencia Punta San José donde se registró una concentración de 11.25 mg/L. Cabe mencionar que el valor máximo admisible de N total en agua de mar es de 11.5 mg/L, por lo cual solo El Chorro supero este valor en dic-2022 (Devis Morales y otros, 2013).

Los valores de nitrato en los puntos muestreados estuvieron en el rango de 0.19 a 0.52 el valor más bajo se reportó en Punta San José Integral ZF (enero 2022) y el más alto en Punta San José 5m (septiembre 2021), los resultados aquí obtenidos no superan el valor máximo de nitrato para la vida acuática es de 38.2 mg/L (R & L, 2009). Las concentraciones de nitrito registrado fueron de 0.003 mg/L, el valor máximo admisible es de 0.06 mg/L, por lo cual en ninguno de los puntos se excedió dicho valor (R & L, 2009).

El amonio registro valores en lo rango de 0.02 a 0.05 mg/ L, la mayoría de los resultados presentaron concentraciones de 0.02 el valor más bajo y el valor más alto se registró en Punta San José 30m (septiembre 2021). Cabe señalar que según el valor máximo de pH el valor permisible para el máximo de amonio corresponde a 0.620 mg/L, por lo cual se considera que las concentraciones registradas son aptas para la vida acuática (WATER QUALITY, 2000) (Anexo, tabla 7).

Figura 8

Resultados de N total y sus formas en los puntos muestreados 2021-2022.



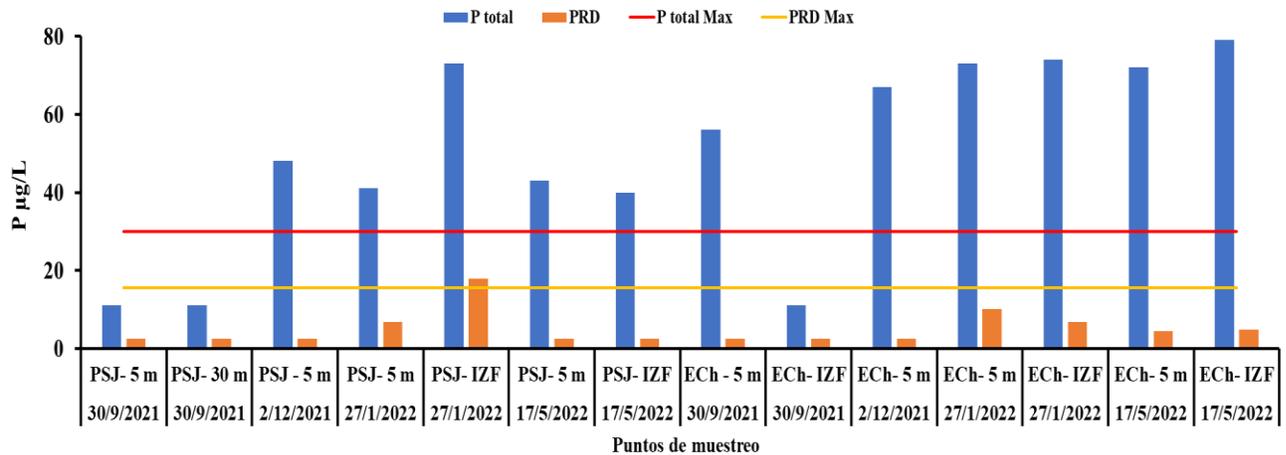
Fósforo total y Fósforo reactivo disuelto

En la figura 9, se muestran el comportamiento del fósforo total y del fósforo reactivo disuelto $\mu\text{g/L}$. Los valores de P total estuvieron en el rango de 11 a 79 $\mu\text{g/L}$, el valor más bajo se reportó en Punta San José 5m (septiembre 2021) y el más alto El Chorro Integral ZF (mayo 2022). Las concentraciones aquí obtenidas son mayores que el valor máximo permisible de P total en agua de mar que es de 30 $\mu\text{g/L}$ (Hanna, 2021).

Por otro lado, resultados del PRD estuvieron en el rango de 2.6 a 17.9 $\mu\text{g/L}$, cabe destacar que solo en Punta San José Integral ZF (enero 2022) el PRD superó el valor máximo para aguas de mar que es de 15.60 $\mu\text{g/L}$ (Devis Morales y otros, 2013) (Anexo, tabla 8).

Figura 9

Resultados de fósforo total y fósforo reactivo disuelto en los puntos muestreados 2021-2022.

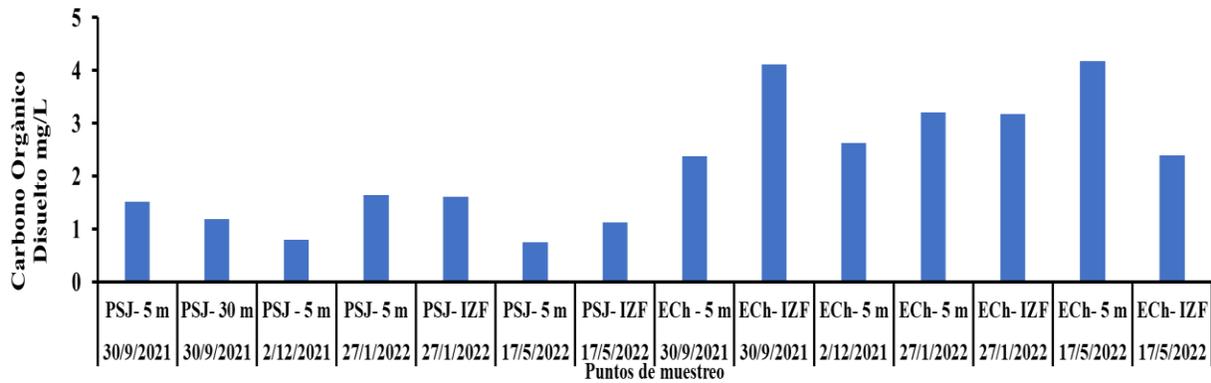


Carbono Orgánico Disuelto

En la figura 10, se muestran el comportamiento de los valores de carbono orgánico disuelto los cuales estuvieron en el rango de 0.75 a 4.17 mg/L . El valor más bajo se reportó en Punta San José 5m (mayo 2022) y el más alto El Chorro Integral 5m (mayo 2022), los resultados aquí obtenidos no superaron el valor máximo para agua de mar que es de 100 mg/L (Díaz & Realpe, 2013) (Anexo, tabla 9).

Figura 10

Resultados de carbono orgánico disuelto en los puntos muestreados 2021-2022.

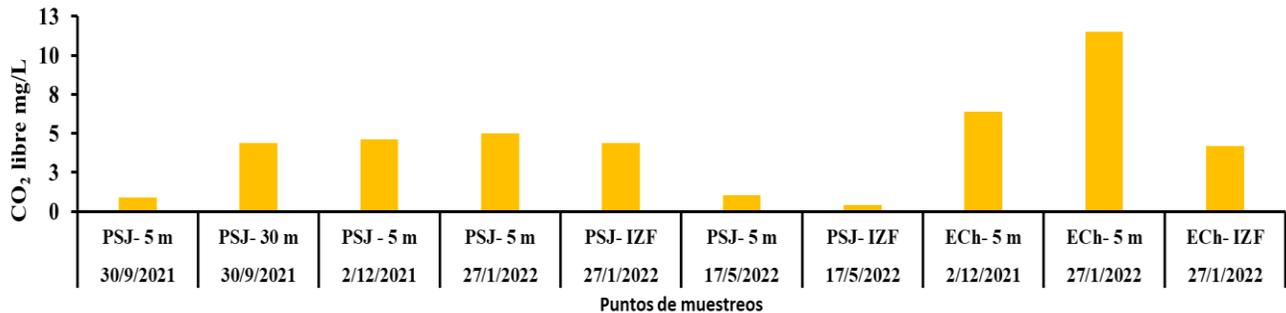


Dióxido de Carbono Libre

En la figura 11, se muestran los resultados de dióxido de carbono libre los cuales estuvieron en el rango de 0.42 y 11.50 mg/L el valor más bajo se reportó en Punta San José - IZF (mayo 2022) y el más alto en El Chorro 5m (enero 2022), los resultados aquí obtenidos no superaron el valor máximo que para agua de mar es de 32.0 mg/L (Anexo, Tabla 10).

Figura 11

Resultaos de Dióxido de carbono libre en los puntos muestreados 2021-2022.



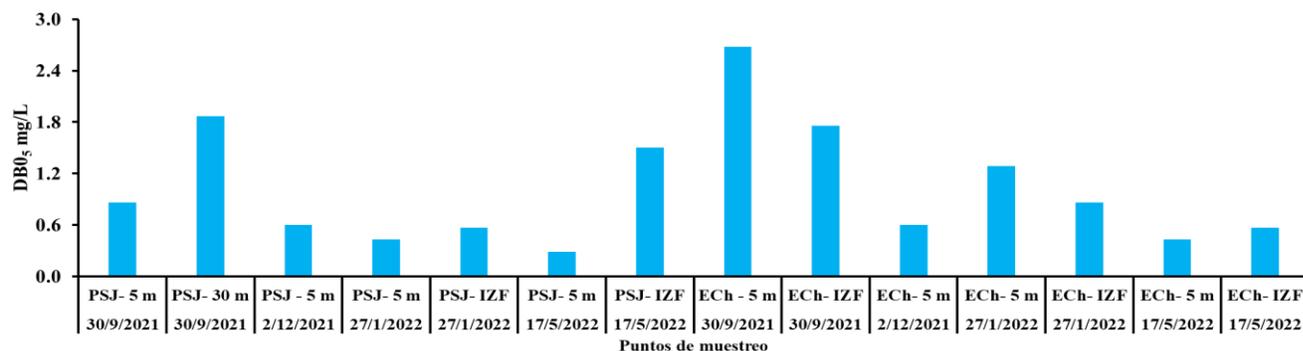
Demanda Bioquímica de Oxígeno

En la figura 12, se muestran los resultados de DBO₅ los cuales estuvieron en el rango de 0.43 a 1.87 mg/L. El valor más bajo se reportó en Punta San José - 5m (mayo 2022) y el más alto en Punta San José 5m (septiembre 2021), los resultados aquí obtenidos no superaron el valor máximo para agua de mar que es de 3 mg/L (SEMARNAT, 2014) (Anexo, Tabla 11).

Es importante señalar que, aunque los protocolos para agua dulce y residuales están bien definidos son insatisfactorio para agua de mar ya que la mayor parte de la materia disuelta es resistente a la oxidación microbiana y de hecho la fracción lábil del Carbono orgánico disuelto favorece ese metabolismo bacteriano y es por esto por lo que se explica las bajas concentraciones de DBO₅ (Simon y otros, 2011)

Figura 12

Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 en los puntos muestreados 2021-2022.

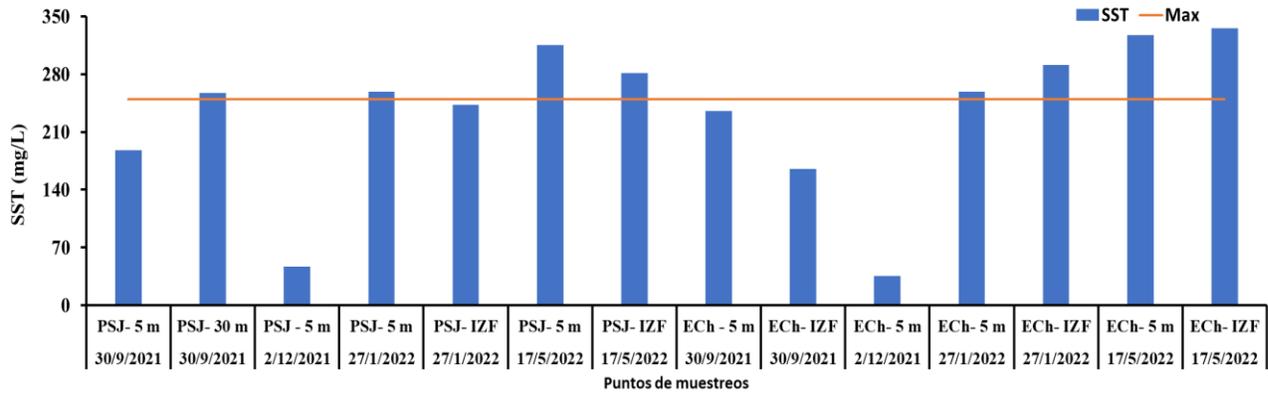


Sólidos Suspendidos Totales

La Figura 13, se muestra el comportamiento de las concentraciones de sólidos suspendidos totales las cuales estuvieron en el rango de 47 a 336 mg/L. El valor más bajo se reportó en Punta San José 5m (diciembre 2021) y el más alto El Chorro Integral ZF (mayo 2022), el valor medio de sólidos suspendidos fue de 231 mg/L el cual no supera el valor máximo para agua de mar que es de 250 mg/L (CCME WQI, 2008) (Anexo, Tabla 12).

Figura 13

Resultados de sólidos suspendidos totales mg/L de los puntos muestreados 2021-2022.

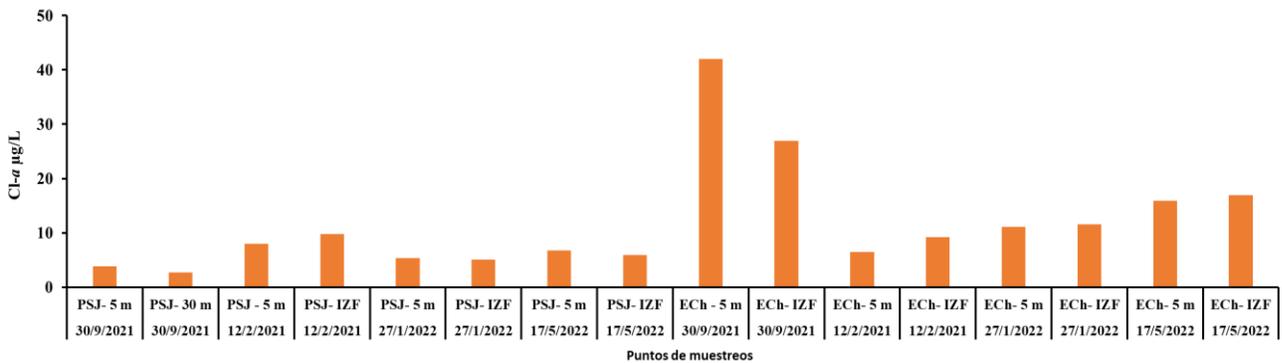


Clorofila-a

La Figura 14, muestra el comportamiento de la Clorofila-a, los valores registrados estuvieron en el rango de 2.66 a 42.03 µg/L. El valor más bajo se reportó en Punta San José 30 m (septiembre 2021) y el más alto El Chorro 5m (septiembre 2021). Los resultados aquí obtenidos no superaron el valor máximo permisible para agua de mar es de 100 µg/L (Thermo scientific, 2021). (Anexo tabla 13)

Figura 14

Resultados de Clorofila-a µg/L de los puntos muestreados 2021-2022.



Coliformes termotolerantes

En la tabla 10 se muestran los valores registrados de CTT en los puntos muestreados estuvieron entre < 1.8 y $2.80 \text{ E}+02$ NMP, los valores más bajos correspondieron a los puntos (PSJ 5m y 30m, El Ch 5m, PSJ 5m y IZF, El Ch 5m y IZF) para los meses de (septiembre y diciembre 2021) y el valor más alto se registró en El Chorro 5m (mayo 2022) Los resultados aquí obtenido no exceden el valor máximo permisible de Coliformes Termotolerantes para aguas marinas costeros destinados a la cría y explotación de moluscos que es de 1000 NMP por cada 100 ml, según la NTON 05 007-98, Norma para la clasificación de los recursos hídricos (Gaceta, 2000).

Tabla 10.

Resultados de coliformes termotolerantes de 2021-2022.

Fecha	Puntos	CTT
30/9/2021	PSJ - 5 m	<1.8
30/9/2021	PSJ - 30 m	<1.8
30/9/2021	El Ch - 5 m	<1.8
30/9/2021	El Ch - IZF	$4.50\text{E}+00$
27/1/2022	PSJ - 5m	<1.8
27/1/2022	PSJ - IZF m	<1.8
27/1/2022	El Ch - 5m	<1.8
27/1/2022	El Ch - IZF	<1.8
17/5/2022	PSJ - IZF	$2.30\text{E}+01$
17/5/2022	PSJ - 5 m	$1.30\text{E}+01$
17/5/2022	El Ch - IZF	$7.80\text{E}+00$
17/5/2022	El Ch - 5m	$2.80\text{E}+02$

Nutrientes, DBO₅ y OD

En la tabla 11 se muestran los valores registrados en los puntos muestreados demostraron desde el punto de vista ambiental, se evidencia que en el mes de diciembre ambos puntos tanto el de estudio (El Chorro) como el de referencia (Punta San José 5m fueron) fueron afectados por la contaminación ya que registraron las concentraciones más altas de NT, PT y bajas de DBO₅ y OD debido a la oxidación de la materia orgánica, esto pudo deberse al arrastre de materia orgánica y nutrientes debido a las actividades antropogénicas desde la cuenca por las actividades domésticas y acuícolas (Montalvo y otros, 2014).

Tabla 11.*Comparación de nutrientes y DBO5*

Fecha	Punto	N Total (11.5 mg/L)	P total (30 µg/L)	DBO₅ (3 mg/L)	OD (> 5 mg/L)
30/9/2021	PSJ - 5 m	5.48	11	0.86	6.26
30/9/2021	PSJ - 30 m	3.38	11	1.87	5.37
2/12/2021	PSJ- 5 m	11.2	48	0.60	4.12
27/1/2022	PSJ- 5 m	7.17	41	0.43	5.40
27/1/2022	PSJ- ZF	4.49	73	0.57	5.77
17/5/2022	PSJ - 5 m	2.92	43	0.29	8.7
17/5/2022	PSJ - ZF	2.96	40	1.50	8.24
30/9/2021	ECh - 5 m	3.38	56	2.68	5.93
30/9/2021	ECh - ZF	2.12	11	1.76	5.57
2/12/2021	ECh- 5 m	18.37	67	0.60	5.16
27/1/2022	ECh - 5m	1.39	73	1.29	6.21
27/1/2022	ECh- ZF	8.86	74	0.86	6.63
17/5/2022	ECh-5m	3.20	72	0.43	13.63
17/5/2022	ECh - ZF	3.06	79	0.57	12.62

4.1.2. Índice de Estado Trófico

Los resultados obtenidos (Tabla 12) aplicando el índice de Carlson, reflejan concentraciones promedio 58 y 52 mg/m³ para PT y Clor-a, respectivamente, ubicando a los puntos estudiados en condiciones mesotróficas (30 < TSI < 60) según la Tabla 8. Cabe señalar que solo en El Chorro 5m (septiembre 2021 los resultados de PT y Cl-a excedieron el valor máximo del rango antes citado (Anexo, Figura 3).

Tabla 12.*Resultados de IET calculados por el método de Carlson 2021-2022.*

Fechas	Sítios	PT (mg/m³)	Cl-<i>a</i> (mg/m³)
30/9/2021	PSJ - 5m	38	43
30/9/2021	PSJ - 30 m	38	40
30/9/2021	ECh - 5m	62	67
30/9/2021	ECh - IZF	38	62
2/12/2021	PSJ - 5m	59	50
2/12/2021	PSJ - IZF	62	52
2/12/2021	ECh - 5m	64	48
2/12/2021	ECh - IZF	61	52
27/1/2022	PSJ - 5m	57	47
27/1/2022	PSJ - IZF	66	46
27/1/2022	ECh - 5m	66	54
27/1/2022	ECh - IZF	66	54
17/5/2022	PSJ - 5m	58	49
17/5/2022	PSJ - IZF	57	48
17/5/2022	ECh -5m	65	57
17/5/2022	ECh - IZF	67	58
Promedio		58	52
Mínimo		38	40
Máximo		67	67

Los resultados obtenidos aplicando la modificación de Aizaki (Tabla 13) muestran concentraciones promedio 43 y 48 mg/m³ de PT y Clor-*a*, respectivamente. Lo cual clasifica los puntos estudiados en condiciones mesotróficas (Tabla 8). Cabe señalar que solamente en el punto El Chorro Integral ZF (septiembre 2021) excedió los valores del rango para mesotróficos (Anexo, figura 4).

Tabla 13.

Resultados de IET calculados por el método de Aizaki 2021-2022.

Fecha	Sitio	PT (mg/m³)	Cl-a (mg/m³)
30/9/2021	PSJ - 5m	61	39
30/9/2021	PSJ - 30m	61	35
30/9/2021	ECh- 5 m	40	65
30/9/2021	ECh- IZF	61	60
2/12/2021	PSJ- 5 m	42	47
2/12/2021	PSJ - IZF	40	49
2/12/2021	ECh- 5 m	38	45
2/12/2021	ECh- IZF	41	48
27/1/2022	PSJ - 5 m	44	42
27/1/2022	PSJ- IZF	37	42
27/1/2022	ECh- 5 m	37	50
27/1/2022	ECh- IZF	37	51
17/5/2022	PSJ- 5 m	44	45
17/5/2022	PSJ- IZF	45	44
17/5/2022	ECh-5 m	37	54
17/5/2022	ECh- IZF	36	55
Promedio		44	48
Mínimo		36	35
Máximo		61	65

Finalmente, debido a los valores obtenidos el estado de las aguas se encuentra en un estado de mesotrófica, cabe señalar que para ambos métodos en el mes de (septiembre 2021) el PT y Clor-a excedieron el rango de mesotrófico.

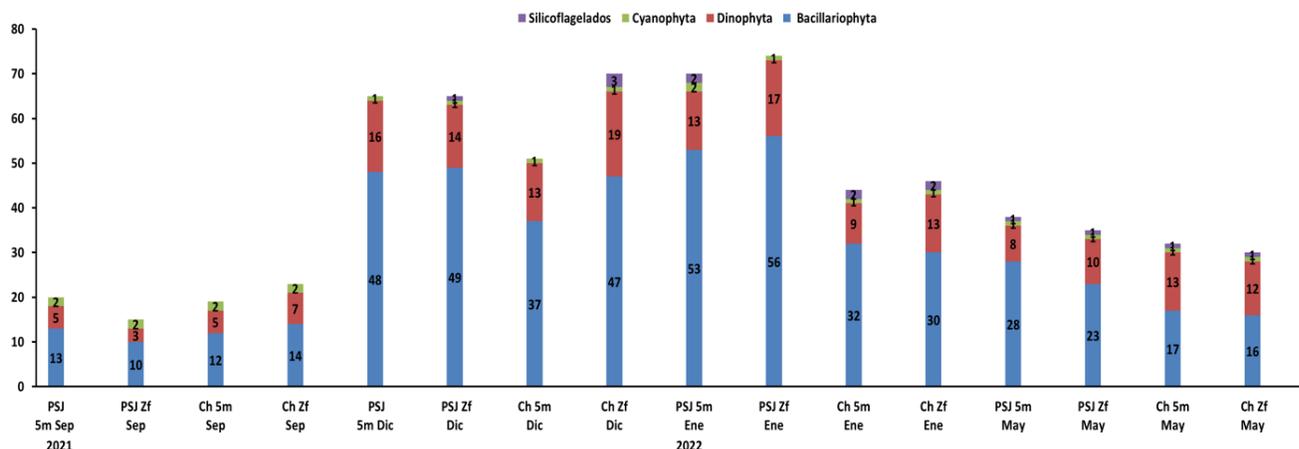
4.1.3. Riqueza de fitoplancton

En la Figura 15, se representa número de taxones (riqueza) de fitoplancton identificados en los sitios Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) en muestras puntuales de 5m e integrales de zona fótica (IZF) durante los muestreos realizados en los períodos septiembre-diciembre 2021 y enero-mayo 2022.

El grupo predominante fue el de las Bacillariophytas (10 - 56 taxones) que fue detectado en todos los muestreos y en todos los sitios, seguido de las Dinophytas (3 a 19 taxones) y Cyanophytas (1 -2 taxones). Los Silicoflagelados (1-2 taxones), Las menores riquezas totales se estimaron en el mes de septiembre-2021 en ambos sitios (15 a 23 taxones) y las mayores en el mes enero en Punta San José (70 a 74 taxones).

Figura 15

Riqueza total de taxones de fitoplancton en Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) en muestras puntuales de 5m e integrales de zona fótica (IZf) en los periodos de septiembre-diciembre 2021 y enero-mayo 2022.



Abundancia total de fitoplancton

En la Tabla 14, se muestra la abundancia total de las muestras de fitoplancton analizadas de los sitios Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) en muestras puntuales de 5 m e integrales de zona fótica (IZF) de los muestreos realizados en los períodos septiembre-diciembre 2021 y enero-mayo 2022. Las menores y mayores abundancias totales se estimaron en muestras provenientes en El chorro IZF 10 020 cel/L (mayo 2022) y 325 059 cel/L (5m en septiembre 2021), respectivamente. En las muestras provenientes de 5m las mayores abundancias se detectaron en El Chorro durante los meses de septiembre 2021 y mayo 2022; y en Punta San José en los meses de diciembre 2021 y enero 2022. En las muestras integrales de zona fótica las mayores abundancias se estimaron en las muestras provenientes de Punta San José en tres de los cuatro muestreos realizados (50 a 90 %), a excepción del mes de septiembre 2021 cuando se estimaron en El Chorro (12 veces mayor).

Tabla 14.

Abundancia total de fitoplancton en Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) en muestras puntuales de 5m e Integral de (IZf) en los periodos de septiembre-diciembre 2021 y enero-mayo 2022.

Fecha	Puntos	Abundancia total (cel/L)
30-09-2021	Punta San José 5m	26 130
30-09-2021	Punta San José IZf	15 887
30-09-2021	El Chorro 5m	325 059
30-09-2021	El Chorro IZf	196 041
02-12-2021	Punta San José 5m	215 124
02-12-2021	Punta San José IZf	281 489
02-12-2021	El Chorro 5m	141 838
02-12-2021	El Chorro IZf	151 800
27-01-2022	Punta San José 5m	132 700
27-01-2022	Punta San José IZf	148 786
27-01-2022	El Chorro 5m	106 561
27-01-2022	El Chorro IZf	76 405
17-05-2022	Punta San José 5m	65 347
17-05-2022	Punta San José IZf	93 492
17-05-2022	El Chorro 5m	98 520
17-05-2022	El Chorro IZf	10 020

Abundancia por encima de los límites máximos

En la tabla 15 se puede apreciar que se estimaron abundancias por encima de los Límites Máximos de Referencia (LMR) para fitoplancton marino tóxico establecidos por la Comisión Federal para la Protección contra riesgos sanitarios (COEPRIS, 2016) del gobierno de México. Para *Pyrodinium bahamense* en el sitio Punta San José en ambas muestras de mayo (entre 8 a 9 veces más de 5000 cel/l), de *Dinophysis* en la muestra de El Chorro (zona fótica) del mes de septiembre (> 8 veces más de 200 cel/l) y *Pseudonitzschia sp* en la muestra Punta San José IZF en diciembre 2021 (2.5 % por encima de 50 000 cel/l)

Los LMRs son muy importantes cuando no se puede estimar o medir directamente la toxicidad de las muestras de fitoplancton marino, ya que con en base en la abundancia se pueden emitir alertas de potencial tóxico para humanos y animales. Por ejemplo, en el muestreo de mayo en Punta San José, Golfo de Fonseca se cuantificaron entre 41 217 y 46 249 cel/L de *Pyrodinium bahamense*, según la Tabla 15 entonces había un gran potencial de que se produjera el síndrome PSP (Intoxicación Paralizante por Marisco, por sus siglas en inglés) por producción de saxitoxinas.

Tabla 15.

Especies que sobre pasaron el límite de referencia de cel/l.

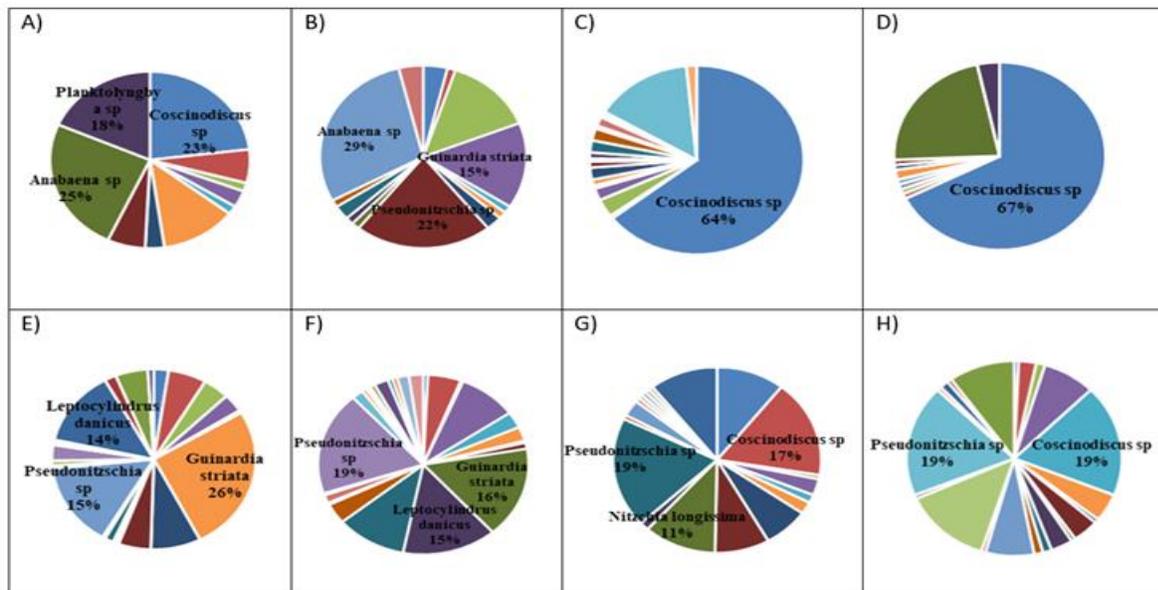
Fecha	Punto	Genero/Especie	Abundancia cel/l	Límite cel/l
30/9/2021	El Ch IZF	<i>Dinophysis caudata</i>	1676	200
2/12/2021	PSJ IZF	<i>Pseudonitzschia sp</i>	51270	50 000
17/5/2022	PSJ 5m	<i>Pyrodinium bahamense</i>	46249	5000
17/5/2022	PSJ IZF	<i>Pyrodinium bahamense</i>	41217	5000

Abundancia relativa de fitoplancton

En la figura 16 se muestran las abundancias relativas de organismos fitoplanctónicos encontrados en las muestras de aguas colectadas en los puntos PSJ Y ECH 5m y IZF en los muestreos de 2021, para el muestreo de septiembre la especie predominante en El Chorro fue *coscinodiscus sp* con 64, 67%, en el muestreo de diciembre predominó en ambos puntos la *Pseudonitzschia sp* 15,19%.

Figura 16

Abundancias relativas de fitoplancton dominante en muestras de agua durante los muestreos del 2021 en los puntos A) PSJ 5m Sep, B) PSJ IZF Sep, C) ECH 5m Sep, D) ECH IZF Sep, E) PSJ 5m Dic, F) PSJ IZF Dic, G) ECH 5m Dic, H) ECH IZF Dic

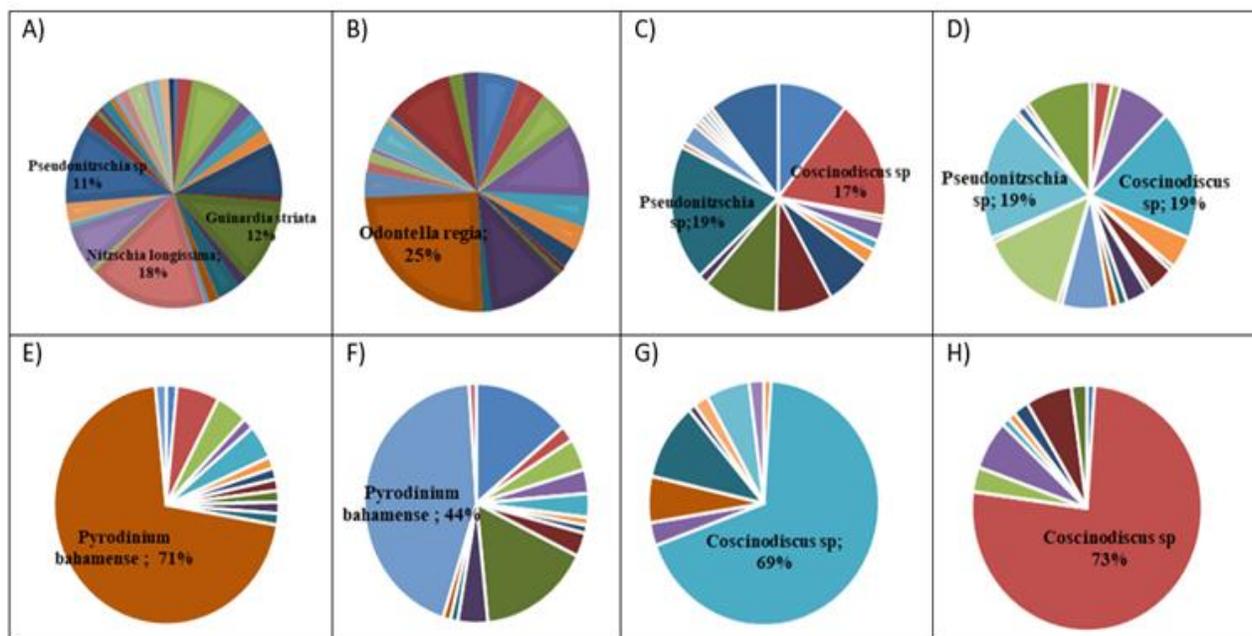


En la Figura 17, se muestran las abundancias relativas de organismos fitoplanctónicos encontrados en las muestras de aguas colectadas en los puntos PSJ Y ECH 5m y IZF en los muestreos de 2022, para el muestreo de enero la especie predominante en ambos sitio fue la *pseudonitzschia sp* con

11, 19%, en el muestreo de mayo predominó en PSJ 5m *pyrodinium bahamense* 71% y en El Chorro IZF *coscinodiscus sp* 73%. Según la tabla de límite de referencia había un gran potencial de que hubiera altas concentraciones de Saxitoxinas que producen el síndrome PSP el límite es (5000 cel/l) (COEPRIS, 2016) y en Punta San José 5m se reportaron (46 249 cel/l) y IZF (41 217 cel/l).

Figura 17

Abundancias relativas de fitoplancton dominante en muestras de agua durante los muestreos del 2022 en los puntos A) PSJ 5m Ene, B) PSJ IZF Ene, C) ECH 5m Ene, D) ECH IZF Ene, E) PSJ 5m May, F) PSJ IZF May, G) ECH 5m May, H) ECH IZF May



Índices de diversidad y similitud

En la Tabla 16 se presentan los valores de los índices de diversidad: Inverso de Simpson (1/D), Shannon-Wiener (H') y Margalef así como los parámetros estructurales Equidad (J) y Dominancia (D) calculados a partir de los datos de abundancia y riqueza de las comunidades fitoplanctónicas recolectadas en los sitios Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) en muestras puntuales de 5 m e integrales de zona fótica (Zf) de los muestreos realizados en los períodos septiembre-diciembre 2021 y enero-mayo 2022.

Los tres índices de Diversidad (1/D, H' y Margalef) mostraron los máximos valores en la muestra proveniente de Punta San José 5m del mes de enero de 2022 (12.14, 2.88 y 2.53, respectivamente); mientras que los menores valores (0.60, 1.03 y 0.60, respectivamente) se calcularon para las muestras provenientes de El Chorro (5 m de diciembre 2021 y de zona fótica de septiembre 2021 y mayo de 2022) (Anexo, figura 1 y 2).

Tabla 16.

Índices de Diversidad y parámetros estructurales de Punta San José y El Chorro en muestras puntuales de 5m y IZF (2021-2022).

Fecha	Sitio	1/D	H'	Margalef	Equidad(J)	D
30-09-2021	PSJ 5m	5.78	1.94	0.88	0.84	0.17
30-09-2021	PSJ IZf	5.60	2.02	1.34	0.76	0.18
30-09-2021	El Ch 5m	2.27	1.43	1.34	0.49	0.44
30-09-2021	El Ch IZf	1.97	1.03	0.74	0.45	0.51
02-12-2022	PSJ 5m	7.72	2.41	1.71	0.78	1.11
02-12-2022	PSJ IZf	9.08	2.54	2.00	0.78	0.11
02-12-2022	El Ch 5m	0.60	2.39	1.43	0.81	0.12
02-12-2022	El Ch IZf	8.75	2.46	1.68	0.81	0.11
27-01-2022	PSJ 5m	12.14	2.88	2.53	0.84	0.08
27-01-2022	PSJ IZf	9.13	2.59	1.76	0.84	0.11
27-01-2022	El Ch 5m	8.60	2.39	1.52	0.81	0.12
27-01-2022	El Ch IZf	8.75	2.46	1.68	0.81	0.11
17-05-2022	PSJ.5m	1.96	1.28	1.08	0.50	0.51
17-05-2022	PSJ IZf	4.04	1.86	1.14	0.70	0.25
27-05-2022	El Ch 5m	2.05	1.19	0.70	0.54	0.49
27-05-2022	El Ch IZf	2.03	1.16	0.60	0.48	0.47

En la tabla 17, se muestran los valores de los índices de similitud Sørensen, Porcentaje de Similitud de las comunidades (PSC) y B2 calculados para las comunidades fitoplanctónicas usando como referencia a Punta San José en muestreos realizados entre el 2021 y 2022.

En el muestreo de septiembre del 2021, Sørensen y PSC revelaron que las comunidades son muy similares entre sí. Para el muestreo de diciembre de 2021, el porcentaje de similitud PSC presentó valores de 98% indicando que las comunidades son muy similares, sin embargo, Sørensen revela que los puntos de PSJ, El Ch 5m y IZF no se puede diferenciar si son símiles o disímiles, ya que el valor está un poco por debajo de 0.5.

Para el muestreo correspondiente al mes de enero de 2022, el PSC revelo que los puntos tienen valores con mucha similitud y Sørensen revela que PSJ (5 m) y El Ch (IZF) no son similares ni disimiles entre sí. Para el mes de mayo de 2022, el % PSC indica que los puntos son muy similares, pero Sørensen revela que PSJ (5 m) y El Ch (IZF) no son ni similares ni disimiles entre sí.

En los puntos comparados en los cuatro muestreos el índice de B2 discrimina un poco más que los otros índices utilizados, ya que este índice compara las composiciones de especies simultáneamente y proporciona un análisis de datos más confiable por ello (WASHINGTON, 1992)

Tabla 17.

Valores de similitud de comunidades fitoplanctónica en muestras puntuales de 5m eIZF en Punta San José y El Chorro en 2021-2022.

Similitud de Comunidades				
Fecha	Sitio	Sørensen	PCS	B2
30-09-2021	Punta San José 5m-El Chorro 5m	0.64	96.0	0.22
30-09-2021	Punta San José Zf-El Chorro Zf	0.48	98.0	0.08
02-12-2021	Punta San José 5m-El Chorro 5m	0.59	98.5	0.18
02-12-2021	Punta San José zf-El Chorro Zf	0.55	97.5	0.15
27-01-2022	Punta San José 5m-El Chorro 5m	0.40	94.0	0.09
27-01-2022	Punta San José Zf-El Chorro Zf	0.42	99.0	0.09
17-05-2022	Punta San José 5m-El Chorro 5m	0.55	98.0	0.15
17-05-2022	Punta San José Zf-El Chorro Zf	0.55	97.0	0.15

4.1.4. Análisis Físicoquímicos en sedimentos

Porcentaje de Humedad

En la tabla 18 se muestran los resultados del porcentaje de humedad en los sedimentos, se observa que tienen un bajo contenido de humedad, el valor mínimo corresponde a Punta San José

(noviembre-2021) con 24.60% de humedad y el máximo correspondió al punto El Chorro (enero-2022) con 70.12% de humedad.

Tabla 18.

Valores de porcentaje de humedad de sedimentos en las muestras de Punta San José y El Chorro.

Fecha	Puntos	Contenido de Humedad (%)
02/12/2021	Punta San José	24.60
02/12/2021	El Chorro	63.58
27/01/2022	Punta San José	28.23
27/01/2022	El Chorro	70.12
17/05/2022	Punta San José	46.01
17/05/2022	El Chorro	27.42
Promedio		43.30
Mínimo		24.60
Máximo		70.12

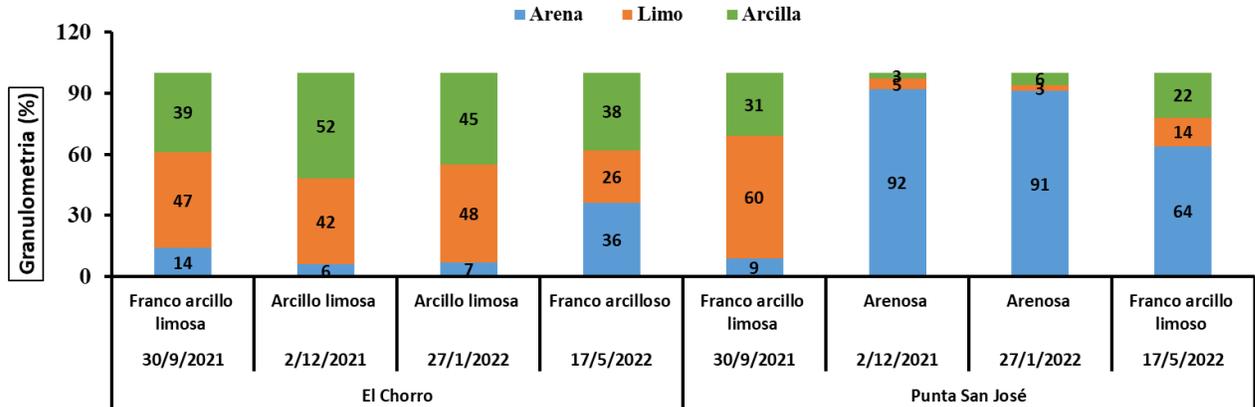
Granulometría

La composición granulométrica registrada en el punto El Chorro en época lluviosa fue de mayoritariamente arcillo limoso (47 y 42 %), sin embargo, en época seca su composición varió a Arcillo limoso a Franco arcilloso de 48 y 26%, respectivamente, esto podría deberse a la cantidad de sedimento que llegan desde Honduras y El Salvador.

En el caso de Punta San José este se caracterizó por tener sedimentos Franco arcillo limoso (60 %) en septiembre, sin embargo, en los tres muestreos siguientes la fracción de arena fue la dominante con 92, 91 y 64 en diciembre-2021, enero y mayo 202, respectivamente. Lo anterior nos indica un impacto de la cuenca en la época lluviosa debido al arrastre de sedimento.

Figura 18

Comportamiento de la granulometría en la muestra de sedimentos de Punta San José y El Chorro.

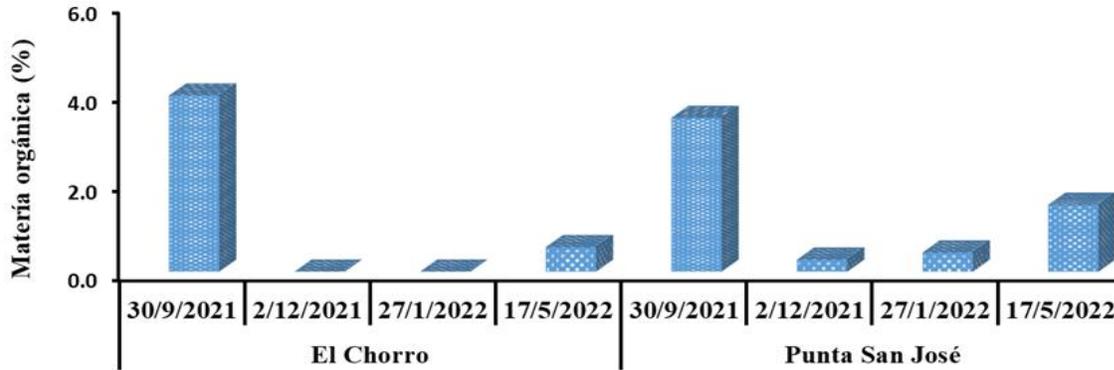


Materia Orgánica

Los valores reportados de materia orgánica fueron de 0.55 a 3.95% en Punta San José y de 1.50 a 3.45% en El Chorro. Cabe mencionar que los valores de materia orgánica en los sedimentos son relativamente bajos y no indican contaminación, debido a que la poca capacidad de retener materia orgánica de las arcillas y sobre todo de las arenas. Sin embargo, tanto en el punto El Chorro como en Punta San José se evidencia el efecto de los contaminantes de origen orgánico desde la cuenca en la época lluviosa. Cabe señalar, que diversos estudios han demostrado que las concentraciones en los sedimentos marinos son normales cuando el porcentaje de materia orgánica oscila entre 0,1 a 10% (Rodríguez y otros, 2023).

Figura 19

Valores de Materia orgánica de sedimentos en El Chorro y Punta San José.



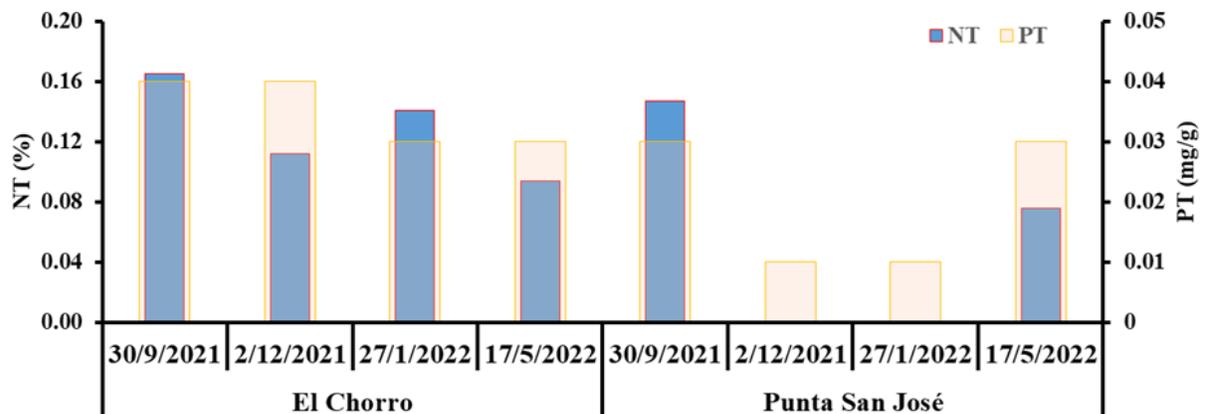
Nitrógeno total y Fósforo total

Los valores de nitrógeno total en los sedimentos en Punta San José variaron de 0.094 a 0.165 y en El Chorro < 0.028 a 0.147%, el valor más bajo se reportó en el punto Punta San José (mayo-2022) y el más alto en El Chorro (septiembre-2021). Los valores de NT fueron muy bajos, indicando que hay poca presencia de nutrientes en los sedimentos. (López, Maria Pilar, 2009)

Por otro parte, las concentraciones de fósforo total en los sedimentos estuvieron en el rango de 0.03 y 0.04 mg/g en los dos puntos. Cabe señalar que las concentraciones más altas fueron registradas en época lluviosa.

Figura 20

Valores de NT (%) y PT (mg/L) en muestras de sedimentos en El Chorro y Punta San José.



Capítulo V

5.1. Conclusiones

La evaluación de los parámetros la calidad físico-química reveló que las aguas de los ecosistemas costeros de las playas Punta San José y El Chorro todavía son de buena calidad, pese a los impactos tanto naturales como antropogénicos. Lo anterior es debido a que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados no excedieron los valores o rangos permisibles para el desarrollo de la vida acuática óptima. No obstante, fueron clasificados como mesotrófico debido al exceso de Fosforo y Clorofila a, lo cual es una alerta de que las condiciones actuales puedan empeorar.

La caracterización fitoplanctónica reveló la dominancia de las Bacillariophytas. Sin embargo, cabe mencionar que se encontraron especies fitoplanctónicas tóxicas como *Pseudonitzschia*, *Pyrodinium bahamense* y *Dinophysis* en cantidades que excedieron el límite máximo permisible para cada una, lo cual indica afectaciones a la biota. Los índices de diversidad evidenciaron que el sitio con mayor diversidad fue Punta San José, en el caso de similitud las comunidades de Punta San José y El Chorro son parecidas entre sí.

Los análisis fisicoquímicos en sedimentos evidencian impacto de contaminación que llega desde la cuenca en la época lluviosa, siendo mayor evidente en el impacto en El Chorro. Con base en los resultados de los análisis fisicoquímicos y biológicos realizados en las muestras de agua y sedimentos de los ecosistemas marinos de Punta San José y El Chorro, se puede decir que su calidad ha sido afectada debido a la contaminación antropogénica, comprobando la hipótesis alternativa.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda a las autoridades implementar un programa de monitoreo permanente de la calidad del agua y realizar análisis del impacto de los contaminantes en los sedimentos en las playas del Golfo de Fonseca, para el diseño de estrategias enfocadas a la reducción de los niveles de contaminación.

Se recomienda realizar programa para proteger la cuenca de la erosión para evitar los altos contenidos de materiales antropogénicos tales como limos y de contaminantes como la materia orgánica.

Se recomienda a las autoridades diseñar y ejecutar un Plan de Educación Ambiental dirigido a las comunidades, centros escolares, cooperativas de pescadores, empresarios que inciden en los recursos naturales de los ecosistemas costeros, con el objetivo de sensibilizar y concientizar sobre la importancia de estos ecosistemas.

5.3 Bibliografía

- Guiñez, M., Valdés, J., & Sifeddine, A. (2010). Variabilidad espacial y temporal de la materia orgánica sedimentaria, asociada a la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO), en un ambiente costero del norte de la corriente de Humboldt, bahía de Mejillones, Chile. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2010000200009
- Rodríguez, M. A., Armas Vargas, Y., & Rojas López, L. (2023). *Caracterización química de los sedimentos sumergidos, elemento clave dentro de un programa de monitoreo ambiental integral en las playas de la bahía de matanzas*. Obtenido de <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/3642/141.%20jsessionid=8C0FCB854767200853F708F47B0F4D1F?sequence=1>
- Albarrán Zabala, E. (2008). *El potencial redox y la espontaneidad de las reacciones electroquímicas*. México.
- Alvarenga Carbajal, E. N., & Ortega Sanchez, M. E. (2014). *Análisis e identificación del patrón de ingresos económicos y su afectación debido a veda por marea roja*.
- APHA. (2012). *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater*. Washington.
- APHA. (2017). *Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater*. Washington.
- ARMSTRONG.F.G. (1957). *THE IRON CONTENT OF SEA WATER*. breña.
- Avaria, S., Cáceres, M., Muñoz, P., Palma, S., & Vera, P. (1999). *PLAN NACIONAL SOBRE FLORACIONES DE ALGAS NOCIVAS EN CHILE*. Chile.
- Barragán, K. M. (2021). *Evaluación del estado trófico*.
- Barraza, J. E., Mariona, G. I., & Pineda, L. A. (2014). *Fauna y Flora en el Golfo de Fonseca*. El Salvador.
- Bransletter, Sletten, Mentier, & Wenzel. (1996). *Estimating Dissolved Organic Carbon in Natural Water by UV absorbance*.
- Calvo Vargas, E., & Arguedas Rodríguez, M. d. (2012). *Muestreo de las Floraciones Algales Nocivas (FANs) en el Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica*. Obtenido de

- https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/7478/Floraciones_algares_nocivas.pdf?isAllowed=y&sequence=1
- carbotecnia*. (15 de Agosto de 2022). Obtenido de carbotecnia: <https://www.carbotecnia.info/>
- Carvajal Toral, L. (20 de febrero de 2014). *Balnova*. Obtenido de Balnova: <https://www.balnova.com/alcalinidad/>
- CCME WQI. (2008). *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. Canada. Obtenido de <https://ccme.ca/en/res/wqimanualen.pdf>
- COBCLM. (2015). *Oxígeno Disuelto (ppm)*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno%20disuelto%20f.pdf>
- COEPRIS. (2016). *coepris.michoacan.gob*. Obtenido de *coepris.michoacan.gob*: <https://coepris.michoacan.gob.mx/marea-roja/>
- CONCYTEC. (2021). *CALIDAD DEL AGUA SALUD DE LOS ECOSISTEMAS Y SALUD HUMANA*. Lima .
- Confederación Hidrográ del Ebro. (2005). *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del agua, protocolo de muestreo y análisis de Fitoplancton* .
- Costas. (2019). *Ciencias Biología*. Obtenido de <https://cienciaybiologia.com/fitoplancton/>
- Costas Salgado, L. (2007). *Variabilidad de la clorofila a en las aguas costeras de la península ibérica*.
- Crumpton, Isenhardt, & Mitchell. (16 de 07 de 1992). *Nitrate an organic N análisis with second-derivate spectroscopy*.
- Devis Morales, A., Cantera Kintz, J. R., Cárdenas, E. Á., Cabrales Vernaza, E., Lozano Iriarte, J., Montealegre Bocanegra, J. E., . . . Pardo Rojas, Z. (2013). *El océano maravilla terrestre*. Bogota.
- Díaz, C. M., & Realpe, I. (2013). Flujo de carbono orgánico. *Ingenierías universidad de Medellín*, 14.
- Dunnivant, F. (2012). *Alcalinidad*.

G, C. (2019). *Ciencia Biología*.

Gaceta. (11 de Febrero de 2000). Norma técnica obligatoria nicaragüense norma para la clasificación de los recursos hídricos. *nton 05 007-98*. Nicaragua. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/1A3A99B77290B980062573DF00594022](http://legislacion.asamblea.gob.ni/legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/1A3A99B77290B980062573DF00594022)

García Miranda, F. G., & Miranda Rosales, V. (2018). *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico*. México. Obtenido de http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-Garc%C3%ADa-Miranda.pdf

Gómez Cerezo, R. (31 de Enero de 2011). Los nutrientes: origen, ciclos y balances. Distribución espacial y temporal. Murcia. Obtenido de <https://www.um.es/documents/4874468/18049652/presentacion-leccion-03.pdf/156121de-1a7a-466a-80e2-eb7a92c97add>

González Bermúdez, G. A., Jara Calderón, V. E., & Garro Fallas, J. A. (2016). El Golfo de Fonseca, más que un conflicto político. La perspectiva desde los actores locales y pobladores costeros. *Revista Pensamiento Actual*, 16(26).

Gonzalez, I. L. (1997). *Diagnostico ecologico de las zonas costeras de Nicaragua*. Managua.

Grey, A. A., & Domínguez, V. (2016). Caracterización y Análisis de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en los sedimentos marinos de la Bahía Manzanillo y su influencia en los procesos de biodegradación. *Revista UTP*.

Grupo NOAA. (1 de Abril de 2020). *noaa.gov*. Obtenido de [noaa.gov: https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification](https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification)

Hanna. (3 de Febrero de 2021). *hannainst.com.mx*. Obtenido de [hannainst.com.mx: https://hannainst.com.mx/blog/control-de-fosforo-en-los-acuarios-de-agua-salada](https://hannainst.com.mx/blog/control-de-fosforo-en-los-acuarios-de-agua-salada)

Hanna. (18 de Enero de 2022). *hannainst*. Obtenido de [hannainst: https://hannainst.com.mx/blog/por-que-es-importante-medir-la-silice-en-acuacultura/](https://hannainst.com.mx/blog/por-que-es-importante-medir-la-silice-en-acuacultura/)

HANNA. (19 de Enero de 2022). *hannainst.com*. Obtenido de [hannainst.com: https://hannainst.com.mx/blog/como-es-el-ph-del-agua-de-los-oceanos/](https://hannainst.com.mx/blog/como-es-el-ph-del-agua-de-los-oceanos/)

- Hernández-Pérez, A., & Labbe, j. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. doi:DOI 10.4067/S0718-19572014000200001
- IEA-MARENA. (2001). *Ecosistemas Marino Costeros*.
- IMARPE, I. d. (2015 de Marzo de 2015). <https://www.imarpe.gob.pe/>. Obtenido de <https://www.imarpe.gob.pe/>: <https://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2.php?id>
- Larrea Murrel, J. A., Rojas Badia, M. M., Álvarez, B. R., & Rojas Hernández , N. M. (2012). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*.
- LEÓN GIL, C. A. (2009). *Estandarización y validación de una técnica para medición de la demanda bioquímica de oxígeno por el método respirométrico y la demanda química de oxígeno por el método colorimétrico*. pereira. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/d470347c-e864-4382-b19e-1be09b6c6371/content>
- López Benito, M. (1965). *Digital.csic*. Obtenido de Digital.csic: <https://digital.csic.es/handle/10261/108978>
- López, Maria Pilar. (2009). Los sedimentos y su incidencia en la eutofización de los embalse. *Ingeniería del Agua*, 273-283.
- Mackenzie, F. T. (s.f.). <https://www.britannica.com/science/seawater/The-modern-oceans>. Obtenido de <https://www.britannica.com/science/seawater/The-modern-oceans>.
- Magalhães, Teixeira, Machado, Azevedo, & Bordalo. (2008). Dinámica del carbono y nitrógeno orgánico disueltos en el estuario del Duero, Portugal. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802008000300001
- MARENA. (2001). *Ecosistemas Marino Costeros*. Obtenido de <http://mapas.centrogeo.org.mx/unep/documentos/Nicaragua/NICARAGUAcostymar.pdf>
- Martínez, I. (2023). *TERMODINÁMICA DEL OCÉANO*. Obtenido de <http://imartinez.etsiae.upm.es/~isidoro/Env/Ocean%20thermodynamics.pdf>

- Martínez, I. (2023). *TERMODINÁMICA DEL OCÉANO*. Obtenido de [http://bibliotecadigital.ilce.edu.:](http://bibliotecadigital.ilce.edu.)
<http://imartinez.etsiae.upm.es/~isidoro/Env/Ocean%20thermodynamics.pdf>
- Medclíc. (2021). *EL AGUA DE MAR*. Canada. Obtenido de <https://medclíc.es/es/el-agua-de-mar/>
- Montalvo, J., Ileana, García, R., Rodríguez, M., Betanzos Vega, A., & García García, N. (2014). Modelación de la eutrofización e índice de calidad del agua en algunas bahías del archipiélago Sabana Camagüey. *SciELO Cuba*, vol.34 (no.3). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852014000300009
- Moreno Franco, D. P., Quintero Manzano, J., & López Cueva, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS*(78), 25-33.
- Moreno Galindo, E. (Julio de 2013). <https://tesis-investigacion-cientifica>. Obtenido de <https://tesis-investigacion-cientifica.:https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/que-es-operacionalizacion-de-variables.html>
- Nivelo Nivelo, S. I. (2015). *Monitoreo de la calidad del agua en San Cristóbal, Galápagos*.
- NOA, G. (s.f.).
- NTON 05 007-98. (11 de Febrero de 2000). Norma técnica obligatoria nicaragüense norma para la clasificación de los recursos hídricos norma técnica n°. nton 05 007-98.
- Nush, & Palme. (1975). *Biologische Methoden für die Praxis der Gewässeruntersuchung, der Gewässeruntersuchung*.
- Orozco Jaramillo, A. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales*. Bogotá: Comunicacion sin Esquemas.
- Orquera, E., & Cabrera, M. (2019). *CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA DE YAMBO MEDIANTE ANÁLISIS DE FÓSFORO*. doi:10.26807
- Osorio López, I. L., Navarro Rodríguez, S., & Cuellar Arancibia, C. S. (2020). Estado actual de eutrofización utilizando el modelo matemático del índice de estado trófico (IET) en la laguna de Paca de la provincia de Jauja. *Revista de la UNCP*. 17(1), 139-142.
- P, L. I. (1997). *Diagnostico ecologico de las zonas costeras de Nicaragua*. Managua.

- Paz, K. (2022). *Florecimientos algales nocivos producidos por Pyrodinium bahamense en el Pacífico de Guatemala*. Guatemala.
- Perdomo, C. (2001). *Àrea de suelos y aguas càtedra de fertilidad*. Uruguay. Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- Pulla, E. P. (2009). *Callidad del agua*.
- QuimiNet. (21 de Diciembre de 2012). *QuimiNet*. Obtenido de QuimiNet: <https://www.quiminet.com/articulos/determine-el-porcentaje-de-humedad-de-sus-muestras-eficazmente-3376250.htm>
- Quintanilla Corena, A. (2020). *DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA EN EL GOLFO DE FONSECA, LA UNIÓN, EL SALVADOR. PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE*. El Salvador.
- R, N. N., & L, W. P. (2009). *Water Quality Guidelines for Nitrogen (Nitrate, Nitrite, and Ammonia)*. Obtenido de [file:///E:/REVISADOS/bc_env_nitrate_waterqualityguideline_overview%20\(2\).pdf](file:///E:/REVISADOS/bc_env_nitrate_waterqualityguideline_overview%20(2).pdf)
- RAMSAR. (19 de Enero de 2015). <https://rsis.ramsar.org/>. Obtenido de <https://rsis.ramsar.org/>: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/NI1136RIS.pdf>
- REMARCO. (2019). remarco.org/. Obtenido de remarco.org/: <https://remarco.org/floraciones-algales-nocivas-fan/>
- sanchez de fuentes, j. (2001). *v-100 parametro critico de la calidad de agua*. venezuela.
- Sánchez, J.(2001). Venezuela. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/junio/fosforo.pdf>
- Sánchez, J. (2001). *EL FOSFORO, PARAMETRO CRITICO DE CALIDAD DE AGUA TECNICAS ANALITICAS Y DE MUESTREO*. Venezuela.
- Sánchez, J. (2001). *El fosforo, parametro critico de calidad de agua tecnicas analiticas y de muestreo*. Venezuela. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/junio/fosforo.pdf>
- Sar, E., Ferrario, M., & Reguera, B. (2002). *Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano*. Instituto Español de Oceanografía .

- SEMARNAT. (2014). *Calidad ambiental*. España. Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html
- SERMANAT. (2000). *Norma oficial Mexicana, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, Estudios muestrales y análisis*. Mexico.
- Simon, X., Penru, Y., Guastalli, A., Llorens, J., & Baig, S. (2011). *Improvement of the analysis of the biochemical oxygen demand (BOD) of Mediterranean seawater by seeding control*. Barcelona.
- (2007). *Sistema de Información del Medio Ambiente*.
- Smith, T., & Smith, R. L. (2007). *Ecología*. Madrid: PEARSON.
- Sofia. (2022). *Promedio de Nitrógeno Total (PNT)*. Bogota.
- Suárez Isla, B., & Guzmán Méndez, L. (2005). *Floraciones de algas nocivas mareas Rojas y Toxinas Marinas*.
- swistock, B. (19 de Octubre de 2020). <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>. Obtenido de <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>: <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>
- Tapia, F. (2022). *Producción de nitrógeno a partir de los residuos orgánicos generados por planteles ganaderos y sus efectos sobre el ambiente*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8463/NR33213.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- Thermo scientific. (10 de Junio de 2021). *WATER ANALYSIS INSTRUMENTS*. Obtenido de [instru.es](https://www.instru.es): <https://www.instru.es/ficheros/CLOROFILA%20EN%20AGUA%20DE%20MAR-Rev.1.pdf>
- Toirac Corra, J. (2012). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la república dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024622003.pdf>
- Utermoehl. (1958). *Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplanktonmethodik*.

- Valdes , J., & Castillo, A. (s.f.). Evaluación de la calidad ambiental de los sedimentos marinos en el sistema de bahías de Caldera (27°S), Chile. *Revista SciELO*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2014000300010
- Vivanco Font, E. (2022). *Calidad de agua vertida al mar: coliformes fecales Casos de Chile, Ecuador, Perú, España y Unión Europea*. Chile. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33493/1/BCN_Calidad_de_agua_descargada_al_mar_coliformes_2022_FINAL.pdf
- Washington, H. G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices. *Water Research*, 18(6), 653-694. doi:[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(84\)90164-7](https://doi.org/10.1016/0043-1354(84)90164-7)
- Water quality. (Octubre de 2000). *waterquality*. Obtenido de Ammonia in freshwater and marine water: <https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/guideline-values/default/water-quality-toxicants/toxicants/ammonia-2000>
- Water quality standards. (27 de Junio de 2007). <https://mrccc.org.au/>. Obtenido de [https://mrccc.org.au/: https://mrccc.org.au/wp-content/uploads/2013/10/Water-Quality-Salinity-Standards.pdf](https://mrccc.org.au/:https://mrccc.org.au/wp-content/uploads/2013/10/Water-Quality-Salinity-Standards.pdf)
- Webb, P. (s.f.). *Dióxido de Carbono, pH y Acidificación Oceánica*. Obtenido de LibreTexts: <https://www.rwu.edu/academics/schools-and-colleges/fssns/faculty/paul-m-webb>
- Zafra Trelles, A. M., Díaz Barboza, M. E., & Dávila, F. A. (2017). *RIQUEZA FITOPLANCTÓNICA DE LA BAHÍA DE ACAPULCO Y ZONA*. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n2/a09v24n2.pdf>

5.4 Anexos: Tablas, Figuras, Fotos.

Anexo Tabla 1

Valores de pH en Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5m e IZF 2021-2022.

Fecha	Puntos	pH (Unidades)
30/09/21	PJS- 5 m	8.23
30/09/21	PJS - 30 m	8.09
02/12/21	PJS - 5 m	8.07
27/01/22	PSJ - 5 m	8.03
27/01/22	PSJ - IZF	8.05
17/05/22	PJS - 5 m	8.16
17/05/22	PJS - IZF	8.19
30/09/21	ECh- 5 m	8.23
30/09/21	ECh- IZF	8.28
02/12/21	ECh- 5 m	8.05
27/01/22	ECh - 5m	8.07
27/01/22	ECh - IZF	8.10
17/05/22	ECh - 5m	8.25
17/05/22	ECh-IZF	8.27

Anexo Tabla 2.

Datos de Conductividad Eléctrica Punta San José (PSJ) El Chorro (ECh) 5m e IZF 2021-2022

Fecha	Sitio	Cond. E (mS/cm)
30/9/2021	PSJ - 5 m	51.80
30/9/2021	PSJ - 30 m	59.60
2/12/2021	PSJ - 5 m	49.50
27/1/2022	PSJ - 5 m	50.30
27/1/2022	PSJ - IZF	51.60
17/5/2022	PSJ - 5 m	51.30
17/5/2022	PSJ - IZF	51.60
30/9/2021	ECh - 5 m	53.00
30/9/2021	ECh - IZF	44.40
2/12/2021	ECh - 5 m	43.90
27/1/2022	ECh - 5m	49.90
27/1/2022	ECh - IZF	49.70
17/5/2022	ECh-5m	52.00
17/5/2022	ECh - IZF	52.20

Anexo Tabla 3

Valores de Alcalinidad total CaCO_3 de Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5m e IZF 2021-2022.

Fecha	Sitio	Alcalinidad total (CaCO_3 mg/L)
30/9/2021	PSJ- 5 m	108.00
30/9/2021	PSJ - 30 m	112.00
2/12/2021	PSJ - 5 m	121.00
27/1/2022	PSJ - 5 m	120.00
27/1/2022	PSJ - IZF	121.00
17/5/2022	PSJ - 5 m	120.00
17/5/2022	PSJ - IZF	120.00
30/9/2021	ECh - 5 m	109.00
30/9/2021	ECh - IZF	108.00
2/12/2021	ECh - 5 m	133.00
27/1/2022	ECh - 5m	128.00
27/1/2022	ECh - IZF	128.00
17/5/2022	ECh-5m	118.00
17/5/2022	ECh- IZF	119.00

Anexo Tabla 4

Valores de Temperatura $^{\circ}\text{C}$ y OD mg/L Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5m e IZF 2021-2022.

Fecha	Sitio	Temp. $^{\circ}\text{C}$	OD mg/L
30/9/2021	PSJ - 5 m	29.35	6.26
30/9/2021	PSJ - 30 m	29.43	5.37
2/12/2021	PSJ- 5 m	27.08	4.12
27/1/2022	PSJ- 5m	27.53	5.40
27/1/2022	PSJ - IZF	27.29	5.77
17/5/2021	PSJ -5m	30.34	8.7
17/5/2021	PSJ -IZF	30.43	8.24
30/9/2021	ECh - 5m	30.32	5.93
30/9/2021	ECh-IZF	31.50	5.57
2/12/2021	ECh - 5m	27.67	5.16
27/1/2022	ECh-5m	28.85	6.21
27/1/2022	ECh - IZF	28.95	6.63
17/5/2021	ECh-5m	31.08	13.63
17/5/2021	ECh-IZF	31.08	12.62

Anexo Tabla 5

Valores de Sílice reactivo en Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECH) 5m e IZF2021-2022.

Fecha	Sitio	Sílice reactivo (mg/L)
30/9/2021	PSJ - 5 m	2.36
30/9/2021	PSJ - 30 m	0.52
2/12/2021	PSJ - 5 m	0.52
27/1/2022	PSJ - 5 m	0.52
27/1/2022	PSJ - IZF	0.52
17/5/2022	PSJ - 5 m	1.30
17/5/2022	PSJ- IZF	0.52
30/9/2021	ECh - 5 m	0.52
30/9/2021	ECh - IZF	0.52
2/12/2021	ECh - 5 m	0.52
27/1/2022	ECh - 5m	0.52
27/1/2022	ECh - IZF	0.52
17/5/2022	ECh-5m	0.52
17/5/2022	ECh- IZF	0.52

Anexo Tabla 6

Valores de Fe total en Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECH) 5m e IZF2021-2022.

Fecha	Sitio	Fe total (mg/L)
30/9/2021	PSJ- 5 m	0.09
30/9/2021	PSJ- 30 m	0.70
2/12/2021	PSJ - 5 m	0.16
27/1/2022	PSJ- 5 m	0.52
27/1/2022	PSJ- IZF	0.33
17/5/2022	PSJ- 5 m	0.53
17/5/2022	PSJ- IZF	0.32
30/9/2021	ECh - 5 m	0.21
30/9/2021	ECh- IZF	0.21
2/12/2021	ECh- 5 m	0.44
27/1/2022	ECh- 5m	0.38
27/1/2022	ECh- IZF	0.33
17/5/2022	ECh- 5 m	0.20
17/5/2022	ECh- IZF	0.62

Anexo Tabla 7

Valores de N total, Nitratos, Nitritos, NH₃ en Punta San José 8PSJ) y El Chorro (ECh) 5m e IZF 2021-2022

Fecha	Sitio	N Total	Nitratos	Nitritos	NH ₃ (mg/L)
30/9/2021	PSJ - 5 m	5.48	0.52	0.0035	0.03
30/9/2021	PSJ - 30 m	3.38	0.49	0.0035	0.05
2/12/2021	PSJ- 5 m	11.25	0.39	0.0035	0.02
27/1/2022	PSJ- 5 m	7.17	0.23	0.0035	0.03
27/1/2022	PSJ- IZF	4.49	0.19	0.0035	0.02
17/5/2022	PSJ - 5 m	2.92	0.47	0.0035	0.02
17/5/2022	PSJ - IZF	2.96	0.46	0.0035	0.03
30/9/2021	ECh - 5 m	3.38	0.46	0.0035	0.02
30/9/2021	ECh - IZF	2.12	0.44	0.0035	0.03
2/12/2021	ECh- 5 m	18.37	0.40	0.0035	0.02
27/1/2022	ECh - 5m	1.39	0.25	0.0035	0.03
27/1/2022	ECh- IZF	8.86	0.31	0.0035	0.02
17/5/2022	ECh-5m	3.20	0.49	0.0035	0.02
17/5/2022	ECh - IZF	3.06	0.46	0.0035	0.03

Anexo Tabla 8

Valores de P tota y PRD µg/L de Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5m e IZF 2021-2022.

Fecha	Sitio	P total	PRD (µg/L)
30/9/2021	PSJ- 5 m	11	2.6
30/9/2021	PSJ- 30 m	11	2.6
2/12/2021	PSJ - 5 m	48	2.6
27/1/2022	PSJ- 5 m	41	6.8
27/1/2022	PSJ- IZF	73	17.9
17/5/2022	PSJ- 5 m	43	2.6
17/5/2022	PSJ- IZF	40	2.6
30/9/2021	ECh - 5 m	56	2.6
30/9/2021	ECh- IZF	11	2.6
2/12/2021	ECh- 5 m	67	2.6
27/1/2022	ECh- 5 m	73	10.1
27/1/2022	ECh- IZF	74	6.8
17/5/2022	ECh- 5 m	72	4.5
17/5/2022	ECh- IZF	79	4.9

Anexo Tabla 9

Valores de Carbono orgánico disuelto mg/L Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5 m e IZF 2021-2022.

Fechas	Sitios	Carbono orgánico disuelto (mg/L)
30/9/2021	PSJ-5m	1.51
30/9/2021	PSJ- 30 m	1.18
2/12/2021	PSJ - 5 m	0.79
27/1/2022	PSJ- 5 m	1.64
27/1/2022	PSJ- IZF	1.61
17/5/2022	PSJ- 5 m	0.75
17/5/2022	PSJ- IZF	1.13
30/9/2021	ECh - 5 m	2.37
30/9/2021	ECh- IZF	4.11
2/12/2021	ECh- 5 m	2.62
27/1/2022	ECh- 5 m	3.20
27/1/2022	ECh- IZF	3.18
17/5/2022	ECh- 5 m	4.17
17/5/2022	ECh- IZF	2.39

Anexo tabla 10

Valores de CO₂ libre mg/L Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5 m e IZF 2021-2022.

Fecha	Sitio	CO ₂ libre (mg/L)
30/9/2021	PSJ- 5 m	0.88
30/9/2021	PSJ- 30 m	4.40
2/12/2021	PSJ - 5 m	4.62
27/1/2022	PSJ- 5 m	5.02
27/1/2022	PSJ- IZF	4.39
17/5/2022	PSJ- 5 m	1.05
17/5/2022	PSJ- IZF	0.42
2/12/2021	ECh- 5 m	6.38
27/1/2022	ECh- 5 m	11.50
27/1/2022	ECh- IZF	4.18

Anexo tabla 11

Valores de DBO₅ mg/L Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5 m e IZF 2021-2022.

Fecha	Sitio	DBO ₅ (mg/L)
30/9/2021	PSJ- 5 m	0.86
30/9/2021	PSJ- 30 m	1.87
2/12/2021	PSJ - 5 m	0.60
27/1/2022	PSJ- 5 m	0.43
27/1/2022	PSJ- IZF	0.57
17/5/2022	PSJ- 5 m	0.29
17/5/2022	PSJ- IZF	1.50
30/9/2021	ECh - 5 m	2.68
30/9/2021	ECh- IZF	1.76
2/12/2021	ECh- 5 m	0.60
27/1/2022	ECh- 5 m	1.29
27/1/2022	ECh- IZF	0.86
17/5/2022	ECh- 5 m	0.43
17/5/2022	ECh- IZF	0.57

Anexo Tabla 12

Valores de Sólidos suspendidos totales mg/L Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5 m e IZF 2021-2022.

Fecha	Sitios	Sólidos suspendidos totales (mg/L)
30/9/2021	PSJ-5 m	188
30/9/2021	PSJ- 30 m	257
2/12/2021	PSJ - 5 m	47
27/1/2022	PSJ- 5 m	259
27/1/2022	PSJ- IZF	243
17/5/2022	PSJ- 5 m	315
17/5/2022	PSJ- IZF	281
30/9/2021	ECh - 5 m	235
30/9/2021	ECh- IZF	165
2/12/2021	ECh- 5 m	35
27/1/2022	ECh- 5 m	259
27/1/2022	ECh- IZF	291
17/5/2022	ECh- 5 m	327
17/5/2022	ECh- IZF	336

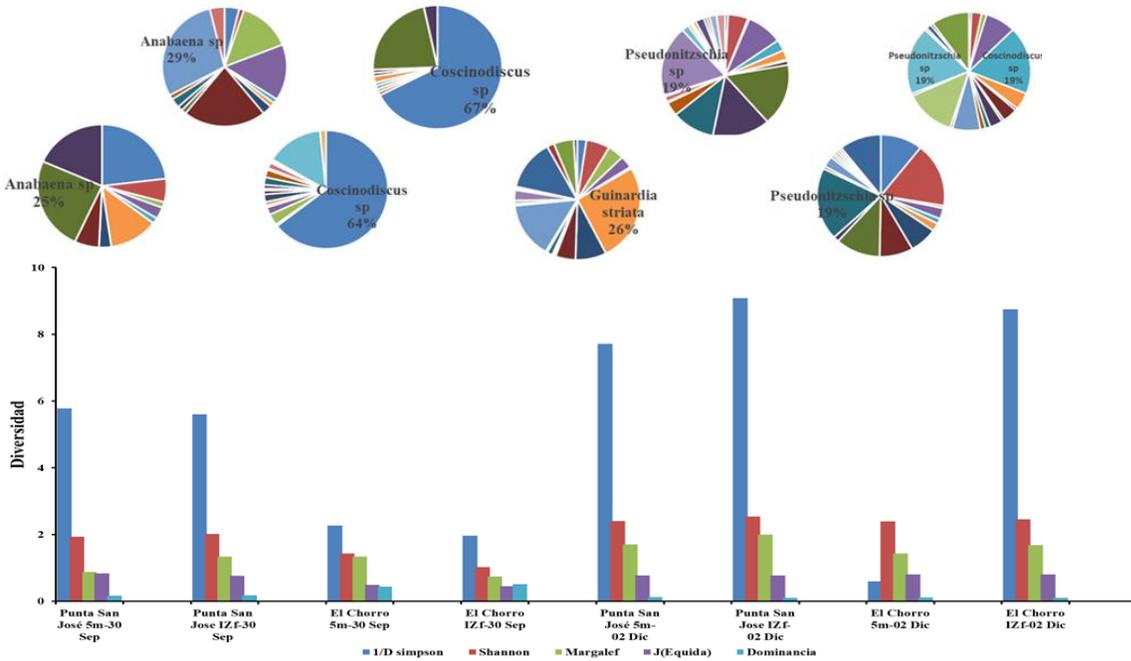
Anexo Tabla 13

Valores de Clorofila-a $\mu\text{g/L}$ Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5m e IZF 2021-2022.

Fecha	Puntos	Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$)
30/9/2021	PSJ-5 m	3.85
30/9/2021	PSJ- 30 m	2.66
12/2/2021	PSJ - 5 m	7.99
12/2/2021	PSJ- IZF	9.77
27/1/2022	PSJ- 5 m	5.33
27/1/2022	PSJ- IZF	5.03
17/5/2022	PSJ- 5 m	6.77
17/5/2022	PSJ- IZF	5.92
30/9/2021	ECh - 5 m	42.03
30/9/2021	ECh- IZF	26.94
12/2/2021	ECh- 5 m	6.51
12/2/2021	ECh- IZF	9.18
27/1/2022	ECh- 5 m	11.10
27/1/2022	ECh- IZF	11.54
17/5/2022	ECh- 5 m	15.86
17/5/2022	ECh- IZF	16.92

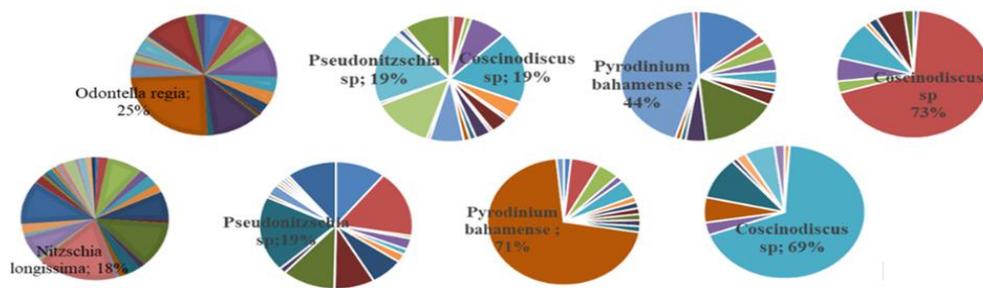
Anexo Figura 1

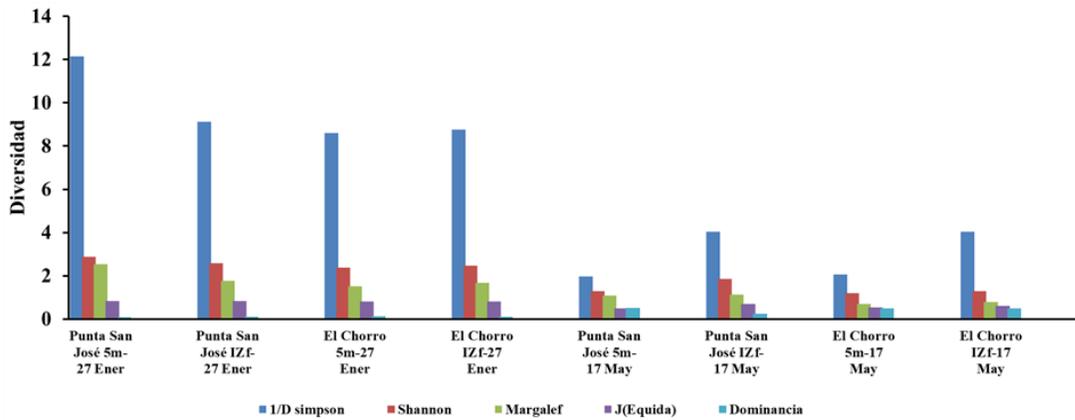
Índices diversidad junto con el porcentaje de abundancia Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5 m e IZF 2021.



Anexo Figura 2

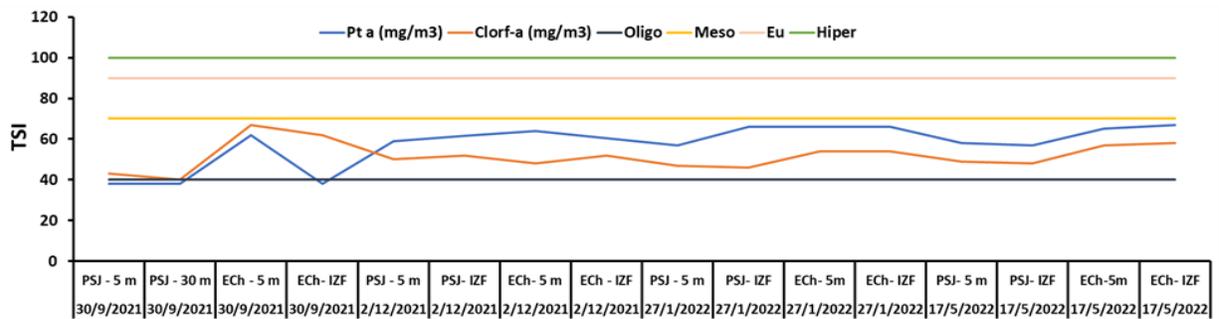
Índices diversidad junto con el porcentaje de abundancia Punta San José (PSJ) y El Chorro (ECh) 5 m e IZF 2022.





Anexo Figura 3

Datos calculados con el modelo de Carlson en los puntos muestreados 2021-2022.



Anexo Figura 4

Datos calculados con el modelo de Aizaki en los puntos muestreados 2021-2022.

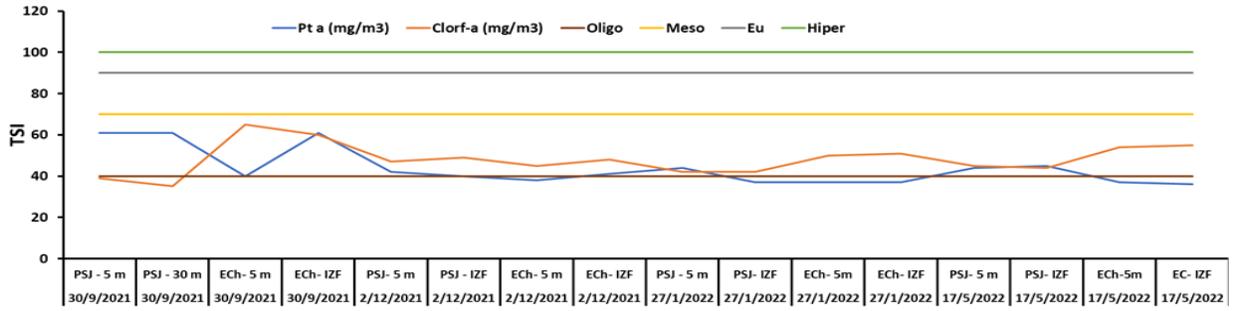


Foto 1. Rotulación de envases



Foto 2. Envases de muestreo



Foto 1. *Análisis cualitativo de fitoplancton*



Foto 2. *Pesa del sedimento*

