

## Calidad de agua y sedimentos en ecosistemas marino costeros, playas El Ostional y San Juan del Sur, Rivas, Nicaragua

### Water and sediment quality in coastal marine ecosystems, El Ostional and San Juan del Sur beaches, Rivas, Nicaragua

Maraegretta García Espinoza  

Hospital Monte España, Nicaragua

#### Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de agua y sedimentos en los ecosistemas marino-costeros de las playas El Ostional y San Juan del Sur, Rivas. Se recolectaron muestras de agua y sedimentos en diferentes muestreos realizados en septiembre y noviembre de 2021 (época lluviosa); y enero y mayo de 2022 (época seca). Las determinaciones analíticas fueron llevadas a cabo según lo establecido en el Standard Methods of Water and Wastewater. Los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos muestran que cumplen los valores límites permisibles para considerarse como aguas de buena calidad. Los valores máximos registrados fueron 19.32 mg/L para nitrógeno en el punto de San Juan del sur 5 m, en noviembre 2021; y 0.58 mg/L para fósforo total en el punto del Ostional 5 m, en enero de 2022. Los resultados de cálculo de los índices de Carlson y Aizaki clasifican a los puntos estudiados como mesotróficos, evidenciando un alto contenido de nitrógeno y fósforo. En relación con la composición fitoplanctónica, se detectaron cinco taxones, siendo las más abundantes las Bacillariophytas, la especie que más predominó en los cuatro muestreos fue *Chaetoceros* (El Ostional Zf, nov-2021 con un valor de 2 672 090 cel/L), una diatomea no tóxica para humanos. El punto que presentó la mayor diversidad fue San Juan del Sur. En referencia a los sedimentos, los análisis físicoquímicos revelaron que presentan bajas concentraciones de nitrógeno, fósforo y materia orgánica. Los valores máximos fueron 0.065 mg/g para nitrógeno, 0.04 mg/g para fósforo y 3.15 % para materia orgánica. En conclusión, se comprobó que la calidad de las aguas y sedimentos de los ecosistemas estudiados si bien han sido modificados por ciertas actividades naturales o antrópicas, no se encuentran en un nivel elevado de contaminación, su calidad es buena, apta para el desarrollo de la vida acuática.

**Palabras Claves** Calidad de agua y sedimentos, aguas marino-costeras, parámetros físicoquímicos, nutrientes, fitoplancton.



## Abstract

The objective of this study was to evaluate the water and sediment quality in the marine-coastal ecosystems of El Ostional and San Juan del Sur beaches, Rivas. Water and sediment samples were collected during different sampling events conducted in September and November 2021 (rainy season); and January and May 2022 (dry summer). Analytical determinations were carried out according to the Standard Methods of Water and Wastewater. The results obtained from the physicochemical analyses show that they meet the permissible limit values to be considered good-quality waters. The maximum recorded values were 19.32 mg/L for nitrogen at the San Juan del Sur 5 m sampling point in November 2021; and 0.58 mg/L for total phosphorus at the El Ostional 5 m sampling point in January 2022. The results of the Carlson and Aizaki trophic state index classify the studied points as mesotrophic, indicating a high content of nitrogen and phosphorus. Regarding phytoplankton composition, five taxa were detected, with Bacillariophyta being the most abundant. The most predominant species in all four samplings was *Chaetoceros* (El Ostional Zf, November 2021, with a value of 2,672,090 cells/L), a non-toxic diatom for humans. The site with the highest diversity was San Juan del Sur. Regarding sediments, physicochemical analyses revealed low concentrations of nitrogen, phosphorus, and organic matter. The maximum values recorded were 0.065 mg/g for nitrogen, 0.04 mg/g for phosphorus, and 3.15% for organic matter. In conclusion, it was confirmed that although the water and sediment quality in the studied ecosystems has been modified by certain natural or anthropogenic activities, they are not at a high level of contamination. Their quality is good and suitable for aquatic life development.

**Keywords** Water and sediment quality, marine-coastal waters, physicochemical parameters, nutrients, phytoplankton.

## Introducción

A nivel mundial, la calidad de las aguas marinas se ha visto afectada por las actividades humanas, uno de los fenómenos que se ha incrementado en los últimos años son las Floraciones Algales Nocivas (FANs), que se generan por el aumento de nutrientes en el mar, generando la proliferación de ciertas microalgas y cianobacterias que tienen un efecto nocivo o tóxico y cuya frecuencia ha aumentado en la zona de América latina y el Caribe (REMARCO, 2019). En Nicaragua, en la zona del Pacífico se han dado casos de contaminación por FANs en los años 2005, 2012, 2016 y 2018, estos estudios han sido realizados por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, a través del Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA/UNAN-Managua, 2021).

Esta investigación tuvo la finalidad de evaluar la calidad del agua y sedimentos en los ecosistemas marinos costeros de las playas de El Ostional y San Juan del Sur, mediante el análisis de parámetros físicos, químicos e hidrobiológicos, ya que en estas se han presentado eventos de floraciones algales nocivas en los últimos 20 años. Por lo antes mencionado, es importante que en Nicaragua se realicen monitoreos ambientales constantes para conocer las variaciones de la calidad de las aguas y sedimentos, así como de los eventos de FANs, y poder contar con información actualizada para tomar las decisiones pertinentes a fin de contribuir al control, prevención y mitigación de las afectaciones de este fenómeno en la salud pública y los ecosistemas.

## Área de estudio

El área de estudio se localiza en el Pacífico sur de Nicaragua, en el municipio de San Juan del Sur, Rivas, que comprende dos puntos de

muestreo ubicados en la bahía de El Ostional, con las coordenadas 1226814N, 633801E y la bahía de San Juan del Sur, con las coordenadas 1243648N, 621258E (Fig.1).

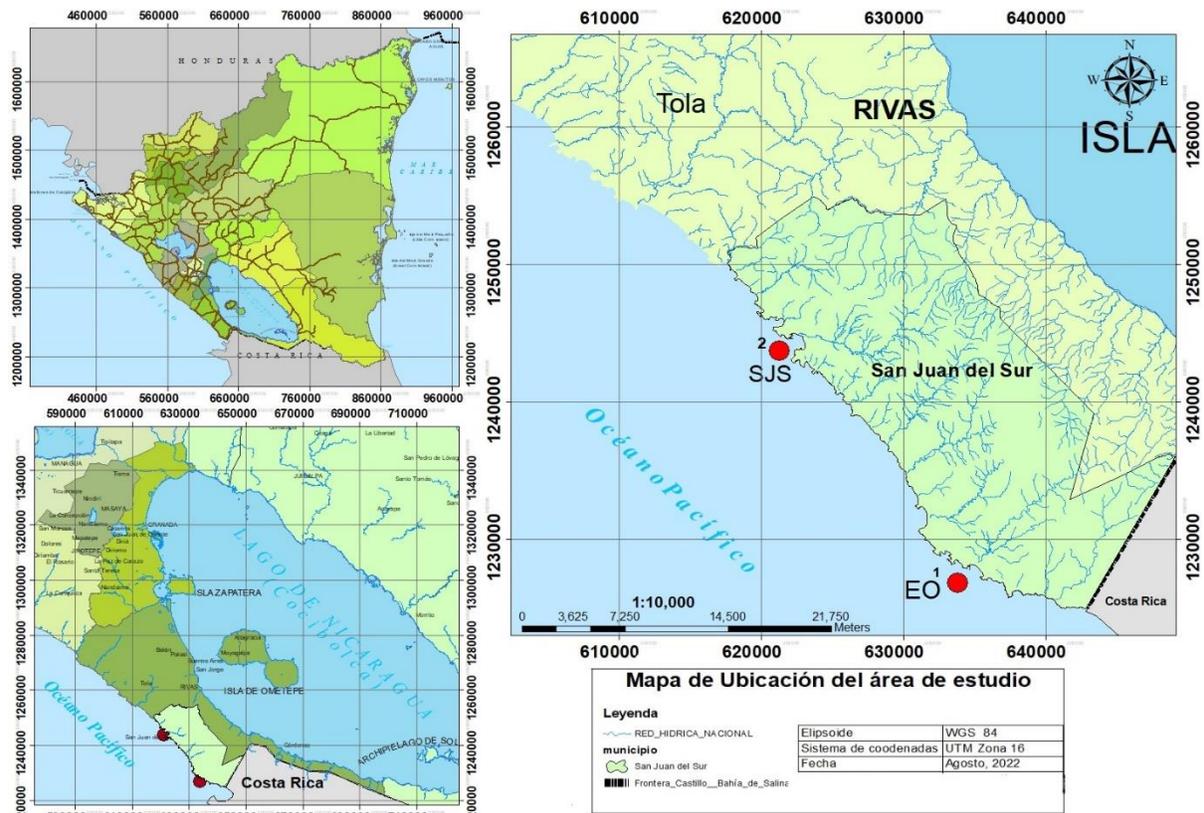


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

## Métodos

### Recolección de muestras

El proceso de investigación incluyó recolección de muestras en dos puntos de las bahías de El Ostional y San Juan del Sur, durante las estaciones lluviosa y seca, en diferentes fechas (setiembre y noviembre 2021; enero y mayo de 2022, respectivamente). Durante estas actividades, se capturaron una muestra de agua marina a 5 m de profundidad, y una muestra Integral de Zona Fóptica, para la realización de los análisis fisicoquímicos y biológicos. También se

tomaron muestras de sedimentos para análisis fisicoquímicos.

La recolección de muestras de agua se realizó utilizando una botella de Van Dorn, almacenando las muestras de agua en recipientes de plástico y vidrio. Para la recolección de sedimentos se hizo uso de una draga Van Veen, con capacidad de 2 kg. Las muestras de aproximadamente 1.5 kg de sedimento se almacenaron en bolsas plásticas tipo ziploc. El proceso de recolección de muestras se hizo según lo establecido en los Manuales de Procedimientos Operativos del

Control de Calidad de los Laboratorios de la UNAN-Managua/CIRA.

**Procedimientos analíticos**

Los análisis fisicoquímicos, y biológicos en agua marina fueron realizados en los laboratorios de la UNAN-Managua/CIRA, de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WEF, 2017a). En la Tabla 1 se muestran los análisis fisicoquímicos y biológicos

realizados, así como los métodos analíticos aplicados.

Respecto a los análisis fisicoquímicos en sedimentos, estos se realizaron según lo establecido en el Procedimiento Operativo Normalizado para análisis de sedimentos, del laboratorio de Radioquímica ambiental de la UNAN-Managua/CIRA. En la Tabla 2 se muestran los análisis fisicoquímicos y métodos analíticos aplicados en las muestras de sedimentos.

**Tabla 1.** Parámetros y métodos de análisis fisicoquímicos y biológicos realizados en las muestras de agua.

| Análisis                                | Métodos analíticos   | Referencias                          |
|---|--|--------------------------------------|
| pH                                      | Potenciometría   | 4500-H B <sup>1</sup>                |
| CE                                      | Conductimetría   | 2510 B <sup>1</sup>                  |
| Alcalinidad total                       | Potenciometría   | 2320.B <sup>1</sup>                  |
| Nitrógeno Total                         | Segunda derivada de espectroscopia UV  | Segunda Derivada <sup>2</sup>        |
| Nitrato                                 | Cromatografía Iónica   | 4500-NO <sub>3</sub> .B <sup>1</sup> |
| Nitrito                                 | Espectrofotometría UV-Vis  | 4500-NO <sub>2</sub> .B <sup>1</sup> |
| Amonio                                  | Método del Fenato  | 4500 NH <sub>3</sub> .F <sup>1</sup> |
| Fósforo total                           | Ácido Ascórbico  | 4500-P B.E <sup>1</sup>              |
| Fósforo reactivo disuelto               | Ácido Ascórbico  | 4500-P.B1-E <sup>1</sup>             |
| Hierro Total                            | Espectrofotometría UV-Vis  | 3500-Fe B <sup>1</sup>               |
| SST                                     | Gravimetría  | 2540.D <sup>1</sup>                  |
| Sílice reactivo disuelto                | Espectrofotometría UV-Vis  | 4500-SiO <sub>2</sub> C <sup>1</sup> |
| DBO <sub>5</sub>                        | Prueba de 5 días   | 5210.B <sup>1</sup>                  |
| Dióxido de Carbono libre                | Potenciometría   | 4500-CO <sub>2</sub> C <sup>1</sup>  |
| Carbono orgánico disuelto               | Espectrofotometría UV-Vis  | UV 254 nm <sup>1</sup>               |
| Coliformes Termo tolerantes             | NMP/100ml  | 9221 B <sup>1</sup>                  |
| Clorofila-a                             | Espectrofotometría UV-Vis  | 10200 Cl-a <sup>1</sup>              |
| Fitoplancton cualitativo y cuantitativo | Método de Observación directa y método de Abundancia Numérica y Biomasa Peso-Húmedo (Biovolumen) | 10200 – Plancton <sup>1</sup>        |

<sup>1</sup> (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2017)

<sup>2</sup> (Nitrate and Organic N Analyses with Second-Derivative Spectroscopy, 1992)

**Tabla 2.** Análisis fisicoquímicos en sedimentos.

| Parámetro             | Método                                     | Límite o rango de detección |
|-----------------------|--|-----------------------------|
| Porcentaje de Humedad | Gravimétrico <sup>1</sup>                  | 0.1 % a 99 %                |
| Granulometría         | Norma Austriaca L - 1061 – 88 <sup>2</sup> | 0 % a 100 %                 |
| Materia orgánica      | Walkey y Black <sup>3</sup>                | 0.1 % a 13.13 %             |
| Fósforo total         | Ácido Ascórbico <sup>4</sup>               | 0.01 mg. g                  |
| Nitrógeno total       | Kjeldhal <sup>5</sup>                      | 0.028 %                     |

<sup>1</sup> (Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Porcentaje de Humedad en Suelos y Sedimentos mediante el Método Gravimétrico, 2013)

<sup>2</sup> (Procedimiento Operativo Normalizado para Análisis de Granulometría de Suelos y Sedimentos según la Norma Austriaca L- 1061 - 88, 2008)

<sup>3</sup> (Procedimiento Operativo Normalizado para la Determinación de Materia Orgánica por el método de Walkey y Black, 2022)

<sup>4</sup> (Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Fósforo Total en Sedimentos mediante el Método del Ácido Ascórbico, 2011)

<sup>5</sup> (Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Nitrógeno Total en suelos y sedimentos por el método Kjeldahl, 2011)

### Índice de estado trófico

Se calculó el estado trófico de las playas de El Ostional y San Juan del Sur, el cual consiste en medir su grado de eutrofización.<sup>1</sup> Para determinarlo se utilizaron los índices de: Carlson (1977), el cual emplea la concentración de fósforo total y clorofila-a para obtener la ecuación que determina el

Índice de Estado Trófico (IET); y el índice de Aizaki (1981), el cual es una modificación al IET planteado por Carlson donde incluye coeficientes específicos para los elementos que integran la ecuación de estado trófico (Orquera & Cabrera, 2020). La escala de valores de eutrofización según Carlson y Aizaki se muestra en la Tabla 3.

<sup>1</sup> Enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes disponibles para las plantas. Si bien la eutrofización se produce en forma natural,

normalmente está asociada a fuentes antropogénicas de nutrientes (Moreno Franco y otros, 2010).

**Tabla 3.** Escala de Valores del estado trófico en los cuerpos de agua según Carlson y Aizaki; donde: TSI=Índice de estado trófico; DS= Disco Secchi; PT= Fósforo Total; Clorf-a= Clorofila a.

| Estado de Eutrofia                 | Índice de estado trófico (IET) | Disco Secchi (Ds) (m) | PT (mg/m <sup>3</sup> ) | Clorf-a (mg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|
| Oligotrófico<br>(ITP < 30)         | 0                              | 64.00                 | 0.75                    | 0.04                         |
|                                    | 10                             | 32.00                 | 1.50                    | 0.12                         |
|                                    | 20                             | 16.00                 | 3.00                    | 0.34                         |
|                                    | 30                             | 8.00                  | 6.00                    | 0.94                         |
|                                    | 40                             | 4.00                  | 12.00                   | 2.60                         |
| Mesotrófico<br>(30 < IET < 60)     | 50                             | 2.00                  | 24.00                   | 6.40                         |
|                                    | 60                             | 1.00                  | 48.00                   | 20.00                        |
| Eutrófico<br>(60 < IET < 90)       | 70                             | 0.50                  | 96.00                   | 56.00                        |
|                                    | 80                             | 0.25                  | 192.00                  | 154.00                       |
|                                    | 90                             | 0.12                  | 348.00                  | 427.00                       |
| Hipereutrófico<br>(90 < IET < 100) | 100                            | 0.06                  | 768.0                   | 1183.00                      |

Fuente: Carlson (1977; 1980) y Aizaki (1981)

### Índices de diversidad y similitud de especies

Los índices de diversidad son considerados como medidas de la varianza de la distribución de la abundancia de especies (Espinosa, 2019). En cambio, los índices de similitud son una medida de la semejanza de la estructura de dos comunidades (Washington, 1984). Los índices utilizados fueron los siguientes:

Índice de diversidad de Simpson (Eq. 1):

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_1(n_1-1)}{N(N-1)} \quad (1)$$

Donde:

S = Número de especies; N = Total de organismos presentes; n = Número de ejemplares por especie.

Índice de Similitud de Sorensen (Eq. 4):

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (Eq. 2):

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad (2)$$

Donde:

S = Número de especies;  $p_i$  = Abundancia relativa de cada especie; i = Número de individuos de la especie.

Índice de Margalef (Eq. 3):

$$D = \frac{S-1}{\ln N} \quad (3)$$

Donde:

S = Número de especies; N = Número de individuos de todas las especies.

$$CC = \frac{2C}{(A+B)} \quad (4)$$

Donde:

C = Número de especies en común para las dos comunidades; A = Número de especies de la comunidad 1; B = Número de especies de la comunidad dos.

Índice de similitud % PSC (Eq. 5):

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

Donde:

a y b son para una especie dada, porcentajes de las muestras totales que representa esa especie; el valor absoluto de su diferencia se suma sobre todas las especies.

Índice de similitud de Pinkham and Pearson's (B2) (Eq. 6):

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

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.

## Resultados

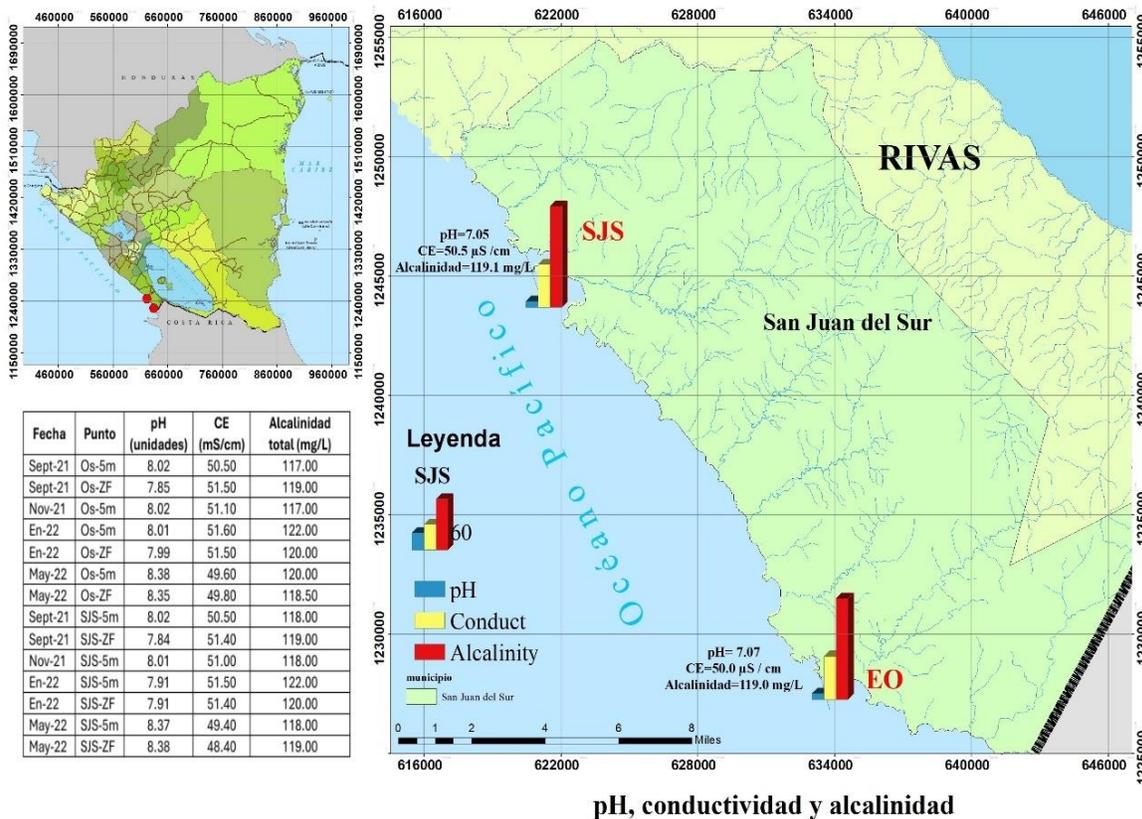
Análisis fisicoquímicos y biológicos en agua

a) pH y conductividad

Los valores de pH registrados en los puntos de estudio estuvieron el rango de 7.84 a 8.38

unidades, registrándose el menor valor en el punto San Juan del Sur Zf (septiembre-2021) y el mayor valor en los puntos El Ostional 5m y San Juan del Sur 5m (mayo-2022). Cabe destacar que los valores de pH reportados están dentro del rango óptimo de 7.50 a 8.50 unidades para aguas marinas, por ende, se puede afirmar que tienen un pH ideal para la vida acuática (Jaramillo, 2005). En la Figura 2 se muestra la media de pH en los puntos de estudio, evidenciando un comportamiento homogéneo en tiempo y espacio.

Los valores de alcalinidad total estuvieron en el rango de 117 mg/L a 122 mg/L, el valor más bajo se registró en el punto de El Ostional 5 m (noviembre-2021) y el más alto en el punto de El Ostional 5 m (enero-2022), con un promedio de 119.0 mg/L en EO y 119.1 mg/L en SJS (Fig.2). Los valores reportados, se encuentran por encima del valor de alcalinidad para agua marina que es de 100 ppm (Custodio & LLamas, 2001). Según Caballero (2001), la alcalinidad depende esencialmente de las concentraciones de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, esos componentes estabilizan el pH en los cuerpos de agua. Cabe destacar que se observa una homogeneidad tanto espacial como temporal de la alcalinidad que les permite a los cuerpos de agua soportar o amortiguar cambios de pH, lo cual se refleja en la homogeneidad del pH.

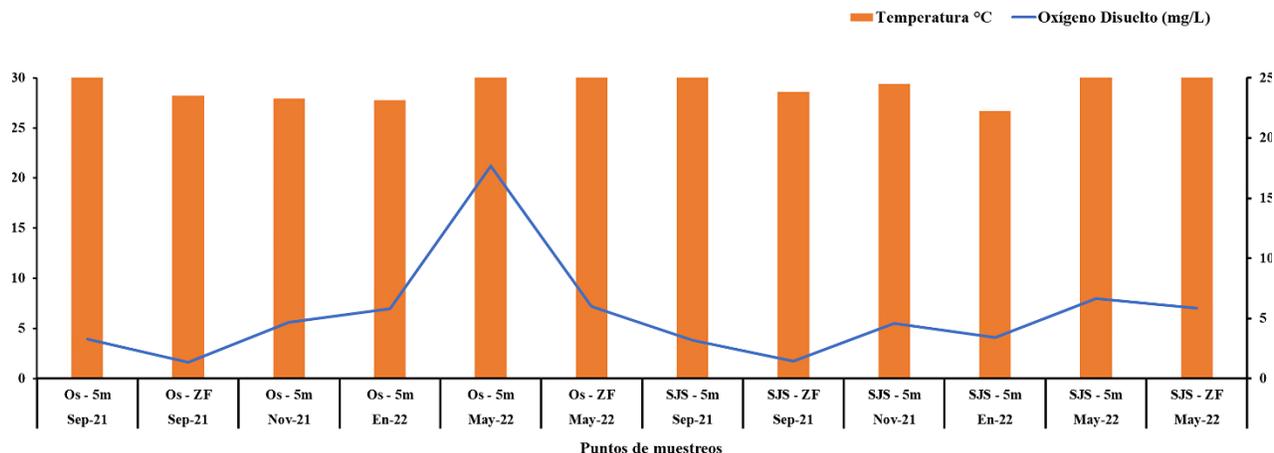


**Figura 2.** Medias de pH, conductividad y alcalinidad registrados en los monitoreos realizados en los años 2021-2022 en las playas del El Ostional y San Juan del Sur.

b) Temperatura y Oxígeno disuelto.

Los valores de temperatura estuvieron en el rango de 22.24 °C a 29.27 °C en San Juan del Sur 5 m y San Juan del Sur Zf, respectivamente. El valor medio registrado en los muestreos fue de 25.7 °C, siendo un valor aceptable para el desarrollo de la vida acuática (CCME, 2008). Asimismo, las concentraciones del Oxígeno Disuelto (OD), estuvieron en el rango de 1.63 mg/L a 21.20

mg/L registrado en el punto de El Ostional Zf (septiembre-2021) y El Ostional 5m (mayo-2022), respectivamente. Cabe señalar que en septiembre del 2021 los valores registrados fueron menores que el valor mínimo (4.0 mg.L<sup>-1</sup>) apto para la vida acuática (NTON 05 007-98, 2000), esto probablemente se debió a la influencia de las precipitaciones, el arrastre de Materia Orgánica (MO) y nutrientes por la escorrentía durante la época lluviosa (Fig.3).



**Figura 3.** Valores de temperatura y concentraciones de oxígeno disuelto registrados en los monitoreos realizados en los años 2021-2022 en las playas del El Ostional y San Juan del Sur.

c) Salinidad

En la Tabla 4 se muestran los valores de salinidad, los cuales variaron de 26.95 ‰ a 32.11‰, el valor más bajo fue reportado en el punto de San Juan del Sur 5 m (mayo 2022) y el valor más alto se registró en el punto de San Juan del Sur Zf (septiembre 2021) y una salinidad media de 30.28‰. Es importante destacar la influencia de la época lluviosa sobre los ecosistemas, ya que fue en época seca cuando se registraron valores más bajos de salinidad. Se observa que la salinidad de los puntos estudiados es menor por 5‰ respecto al valor promedio de los océanos que es de 35‰ (Lugo, 2011).

d) Sílice reactivo disuelto y Hierro total (FeT)

Las concentraciones de sílice reactivo disuelto, fueron menores al límite de detección del método analítico hasta 1.51 mg/L, el único lugar donde se registraron valores altos de sílice fue en el punto de San Juan del Sur 5 m y Zf (enero-2022). Los valores de sílice aquí registrados son

normales para agua de mar, ya que son menores que el valor de 6.4 mg/L, lo anterior se respalda con la ausencia de diatomeas en los puntos de estudio (HANNA Instruments, 2022), (Fig.4).

**Tabla 4.** Valores de Salinidad de los puntos muestreados

| Fecha  | Punto    | Salinidad |
|--------|----------|-----------|
| Sep-21 | Os - 5m  | 31.75     |
| Sep-21 | Os - ZF  | 32.00     |
| Nov-21 | Os - 5m  | 32.11     |
| En-22  | Os - 5m  | 30.53     |
| May-22 | Os - 5m  | 30.54     |
| May-22 | Os - ZF  | 27.10     |
| Sep-21 | SJS - 5m | 31.80     |
| Sep-21 | SJS - ZF | 31.85     |
| Nov-21 | SJS - 5m | 31.16     |
| En-22  | SJS - 5m | 30.54     |
| May-22 | SJS - 5m | 26.95     |
| May-22 | SJS - ZF | 27.04     |

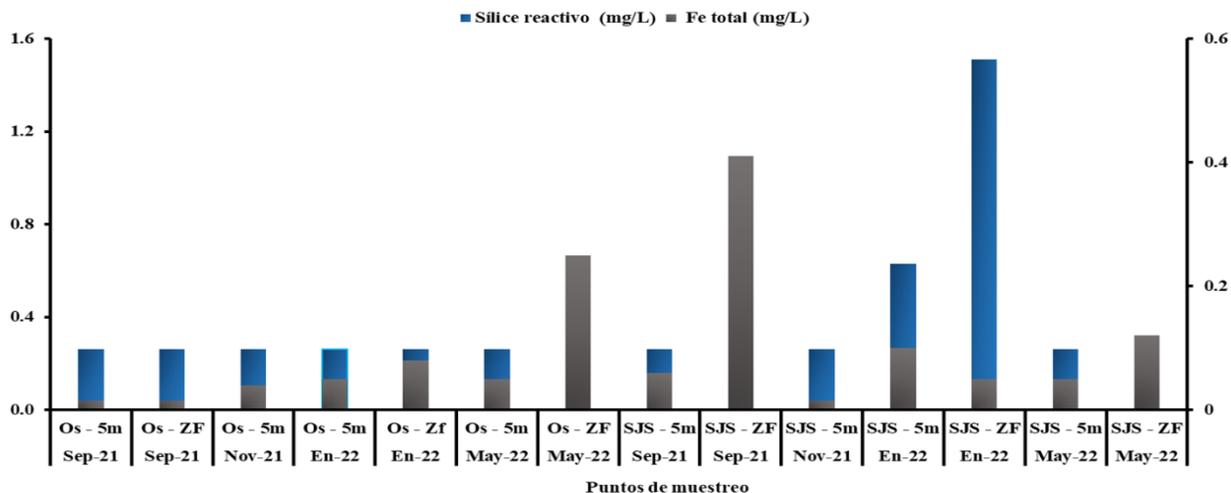


Figura 4. Concentraciones de sílice reactivo disuelto y hierro Total en los puntos de estudio 2021-2022

Con referencia a los valores de hierro total reportados, estos fueron relativamente bajos, el valor más alto se reportó en el punto de San Juan del Sur Zf (septiembre-2021) en época lluviosa con una concentración de 0.41 mg/L, esto probablemente se dio por la influencia de las precipitaciones. Todas las concentraciones de FeT reportadas están por debajo del rango normal de 1 mg/L a 3 mg/L para aguas marinas, rango óptimo para la conservación de la vida acuática (Lenntech, 2020). En la Figura 4 se muestra el comportamiento heterogéneo del FeT en tiempo y espacio, donde se observa que las mayores concentraciones se reportaron en época lluviosa (septiembre-2021 y mayo 2022) debido a la influencia de la escorrentía que llega desde el continente.

e) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

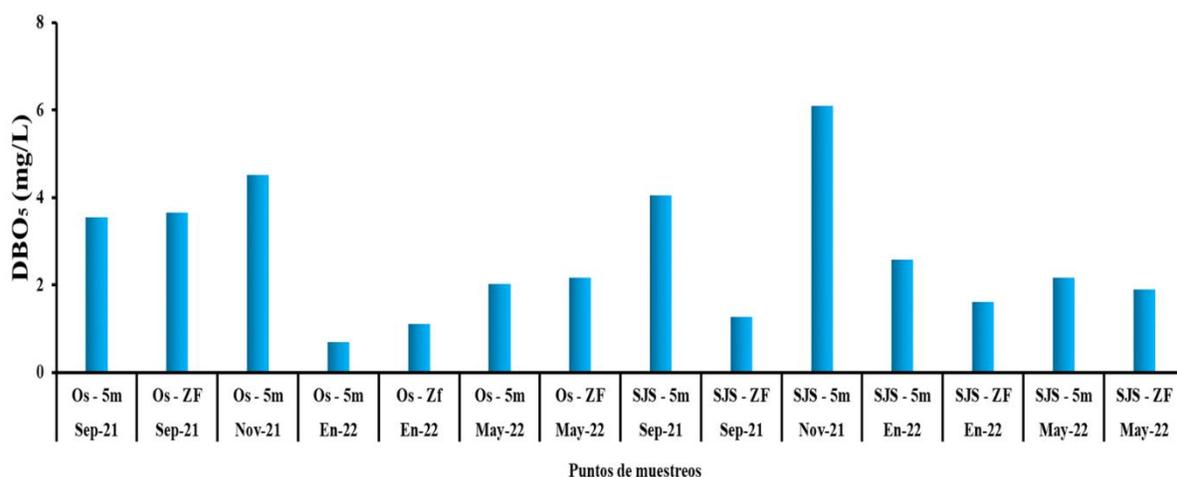
Los valores de DBO<sub>5</sub> estuvieron en el rango de 0.70 a 6.10 mg/L, registrándose el menor valor en el punto de El Ostional 5 m (enero-2022) y el valor más alto en el punto de San Juan del Sur 5m (noviembre-2021). En la Figura 3 se muestra el comportamiento heterogéneo de la DBO<sub>5</sub> en espacio y tiempo. Conviene enfatizar, que en septiembre y noviembre del 2021 los puntos monitoreados

excedieron el valor permisible de DBO para agua marina de 2 mgO<sub>2</sub>/L (Simon y otros, 2011). El aumento de la DBO<sub>5</sub> probablemente se debió al arrastre de materia orgánica a causa de la escorrentía que llega desde el continente en época lluviosa. Es importante mencionar que las concentraciones bajas de DBO pueden causar eutrofización y dañar la vida acuática, por otro lado, concentraciones muy altas provocan la disminución del oxígeno disponible para las formas de vida acuática.

f) Sólidos Suspendidos Totales

Los valores de SST en los puntos muestreados variaron de 43 mg/L a 302 mg/L, el punto que presentó la menor concentración fue San Juan del Sur 5m (noviembre-2021).

Por otro lado, el punto que evidenció la mayor concentración fue San Juan del Sur 5 m (mayo-2022). En la Tabla 5 se presenta el comportamiento de las concentraciones de SST, en donde se evidencia que algunos puntos exceden el valor permisible de 100 mg/L (CWQG, 2008). El aumento de los SST probablemente se debió al arrastre de materia a causa de las precipitaciones y escorrentía que viene desde la cuenca.



**Figura 3.** Concentraciones de DBO<sub>5</sub> registrados en las muestras de agua de las playas de El Ostional y San Juan del Sur durante los muestreos 2021-2022.

**Tabla 5.** Valores de Sólidos Suspendedos Totales en las muestras de aguas captadas en El Ostional y San Juan del Sur 2021-2022.

| Fecha  | Punto    | SST (mg/L) |
|--------|----------|------------|
| Sep-21 | Os - 5m  | 140.00     |
| Sep-21 | Os - ZF  | 163.00     |
| Nov-21 | Os - 5m  | 50.00      |
| En-22  | Os - 5m  | 274.00     |
| En-22  | Os - Zf  | 267.00     |
| May-22 | Os - 5m  | 287.00     |
| May-22 | Os - ZF  | 284.00     |
| Sep-21 | SJS - 5m | 164.00     |
| Sep-21 | SJS - ZF | 161.00     |
| Nov-21 | SJS - 5m | 43.00      |
| En-22  | SJS - 5m | 264.00     |
| En-22  | SJS - ZF | 246.00     |
| May-22 | SJS - 5m | 302.00     |
| May-22 | SJS - ZF | 279.50     |

g) Relación de NT, PT y Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

El Nitrógeno Total, el Fósforo Total y la DBO, indican la presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua, ya que en concentraciones muy altas (ver Figura 6) pueden ocasionar eutrofización por el aporte de nutrientes y la disminución del oxígeno debido a la oxidación de la materia orgánica y la posible transformación del nitrógeno a nitrato, que podrían afectar la vida acuática (Arenas, 2018). En la Tabla 6 se muestran los resultados de las concentraciones de NT, PT y DBO presentadas en los puntos de muestreo estudiados en los meses de septiembre y noviembre de 2021, enero y mayo de 2022. Se observa, desde el punto de vista ambiental, que los puntos más afectados fueron: San Juan del Sur 5 m (noviembre - 2021) y El Ostional Zf (septiembre - 2021) ya que estos presentaron concentraciones altas de NT, PT y DBO, lo que conllevó a la disminución del OD en el agua. El aumento de las concentraciones de NT, PT y DBO se debió al arrastre de materia orgánica y nutrientes provocados por las precipitaciones en época lluviosa.

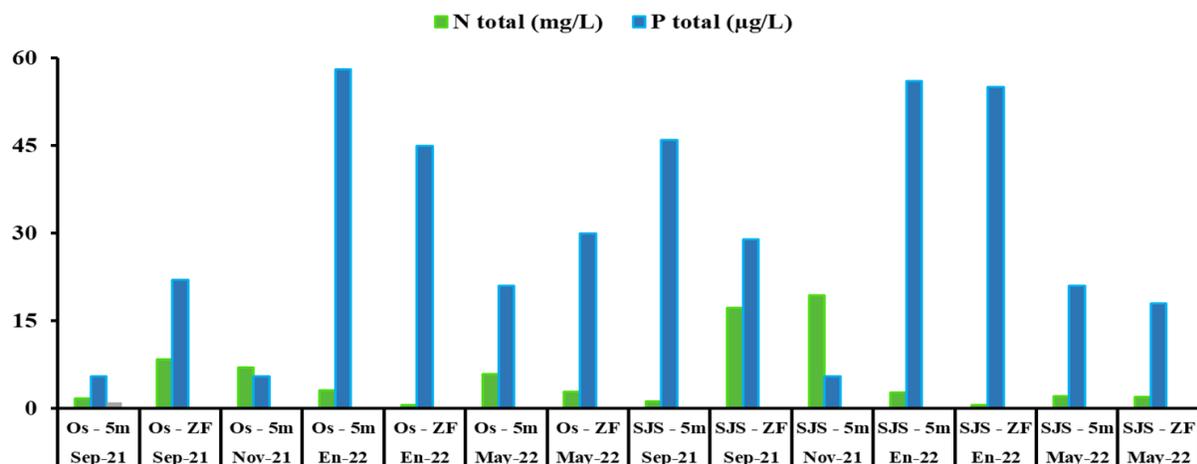


Figura 4. Concentraciones de nitrógeno total y fósforo total en los puntos de muestreo.

Tabla 6. Relación de los parámetros NT, PT y DBO<sub>5</sub> en los puntos de muestreo.

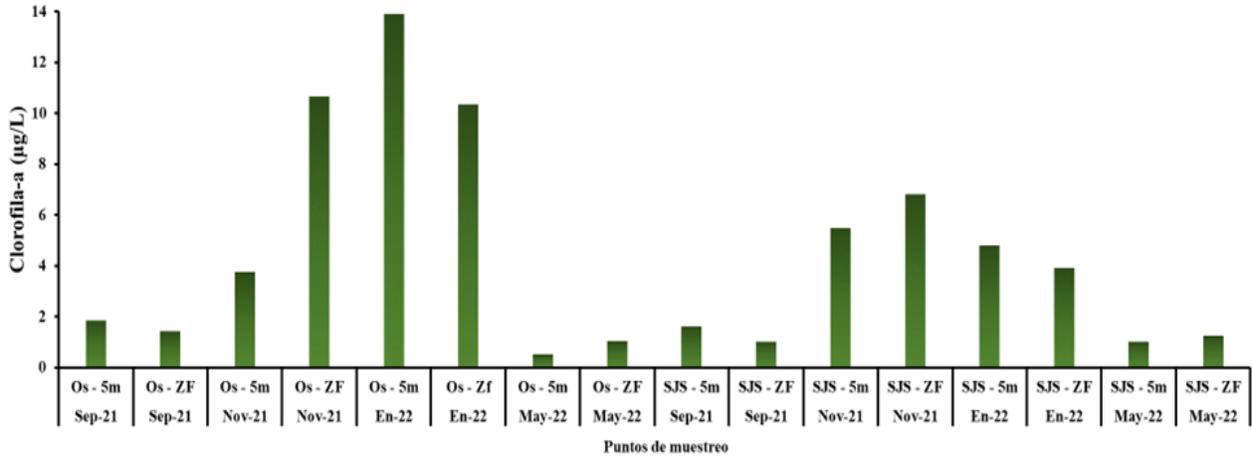
| Fecha  | Punto    | N total<br>(VP =11.5<br>mg/L) | P total<br>(VP= 0.030<br>mg/L) | DBO <sub>5</sub><br>(VP= 2<br>mgO <sub>2</sub> /L) | OD<br>Rango min 4<br>mg/L |
|--------|----------|-------------------------------|--------------------------------|--|---------------------------|
| Sep-21 | Os - 5m  | 1.70                          | 0.0055                         | 3.54   | 3.91                      |
| Sep-21 | Os - ZF  | 8.42                          | 0.0220                         | 3.66   | 1.63                      |
| Nov-21 | Os - 5m  | 7.08                          | 0.0055                         | 4.51   | 3.80                      |
| En-22  | Os - 5m  | 3.12                          | 0.5800                         | 0.70   | 1.72                      |
| En-22  | Os - Zf  | 0.61                          | 0.0450                         | 1.10   | 5.63                      |
| May-22 | Os - 5m  | 5.89                          | 0.0210                         | 2.02   | 6.98                      |
| May-22 | Os - ZF  | 2.92                          | 0.0300                         | 2.17   | 21.20                     |
| Sep-21 | SJS - 5m | 1.28                          | 0.0460                         | 4.04   | 7.22                      |
| Sep-21 | SJS - ZF | 17.24                         | 0.0290                         | 1.26   | 3.80                      |
| Nov-21 | SJS - 5m | 19.32                         | 0.0055                         | 6.10   | 1.72                      |
| En-22  | SJS - 5m | 2.71                          | 0.0560                         | 2.57   | 5.52                      |
| En-22  | SJS - ZF | 0.61                          | 0.0550                         | 1.60   | 4.08                      |
| May-22 | SJS - 5m | 2.08                          | 0.0210                         | 2.17   | 7.96                      |
| May-22 | SJS - ZF | 2.03                          | 0.0180                         | 1.89   | 7.04                      |

VP: Valor permisible

h) Clorofila-a

Las concentraciones registradas de clorofila-a estuvieron en el rango de 0.5 µg/L a 13.9 µg/L, el valor más bajo se registró en el punto de El Ostional 5 m (mayo-2022) y el más alto en el punto de El Ostional 5 m (enero-2022).

En la Figura 7 se observa el comportamiento heterogéneo de las concentraciones de clorofila-a en el tiempo y el espacio. Se observa que los valores registrados no excedieron el rango permisible en agua de mar, que es de 10 µg/L a 20 µg/L (OSPESCA, 2018).



**Figura 7.** Concentraciones de Clorofila-a registrados en las muestras de agua de las playas de El Ostional y San Juan del Sur durante los muestreos 2021-2022.

i) Coliformes termotolerantes (CTT)

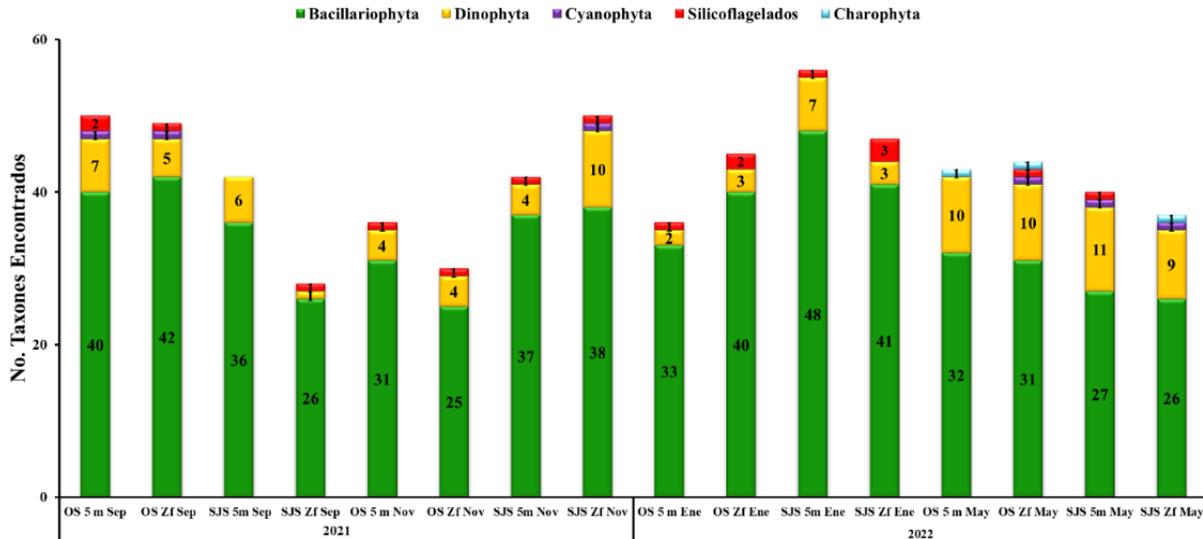
Los valores de coliformes termotolerantes fueron relativamente bajos, en época seca estuvieron en el rango de <1.8 a 4.00E+00 y en época lluviosa de < 1.8 a 2.30E+01. Cabe destacar, que las muestras del punto El Ostional (5 m y Zf) durante los cuatro muestreos tuvieron concentraciones < 1.8 NMP/100 ml, lo cual indica que no hay contaminación de origen fecal. Los valores más altos se encontraron en los puntos de San Juan de Sur Zf (septiembre-2021 y mayo-2022). Es preciso señalar que los resultados aquí obtenidos no excedieron los valores máximos permisibles de 1000 NMP y 200 NMP de coliformes totales y CTT, respectivamente, por lo cual se considera las aguas de estos puntos como agua tipo 4A (Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia) según la Norma Técnica obligatoria nicaragüense para la clasificación

de los recursos hídricos (Asamblea Nacional, 2000).

Caracterización fitoplanctónica

a) Riqueza y taxones presentes

En la Figura 8 se presenta el número de taxones de fitoplancton identificados en los puntos El Ostional y San Juan del Sur en los muestreos de septiembre - noviembre del 2021, y enero - mayo del 2022. En orden decreciente de importancia, estos pertenecían a los grupos Bacillariophytas (25-48 taxones), Dinophyta (1-11), Silicoflagelados (No detectado - 3 taxones), Cyanophyta (No detectado - 1 taxón) y Charophyta (No detectado -1 taxón). En los cuatro muestreos el grupo predominante fue el de las Bacillariophytas (diatomeas) que fue detectado en todos los puntos y las menos detectados fueron las Cyanophytas (septiembre 2021 y mayo 2022) y Charophytas (mayo 2022).



**Figura 8.** Número de taxones de fitoplancton identificados por phylum en las muestras de los puntos El Ostional y San Juan del Sur, en el período de muestreo realizado de septiembre 2021 a mayo 2022.

a) Riqueza y taxones presentes

En la Figura 8 se presenta el número de taxones de fitoplancton identificados en los puntos El Ostional y San Juan del Sur en los muestreos de septiembre - noviembre del 2021, y enero - mayo del 2022. En orden decreciente de importancia, estos pertenecían a los grupos Bacillariophytas (25-48 taxones), Dinophyta (1-11), Silicoflagelados (No detectado - 3 taxones), Cyanophyta (No detectado - 1 taxón) y Charophyta (No detectado - 1 taxón). En los cuatro muestreos el grupo predominante fue el de las Bacillariophytas (diatomeas) que fue detectado en todos los puntos y las menos detectados fueron las Cyanophytas (septiembre 2021 y mayo 2022) y Charophytas (mayo 2022).

b) Abundancia total y relativa

La abundancia total de las especies fitoplanctónicas en las muestras de agua estuvieron en el rango de 39 406 cel/L a 2 672 090 cel/L, presentándose el mayor número de individuos en el punto de El Ostional Zf (nov-2021), con la especie *Chaetoceros socialis* con un valor de 2 672 090 cel/L. Es importante mencionar que este valor indica

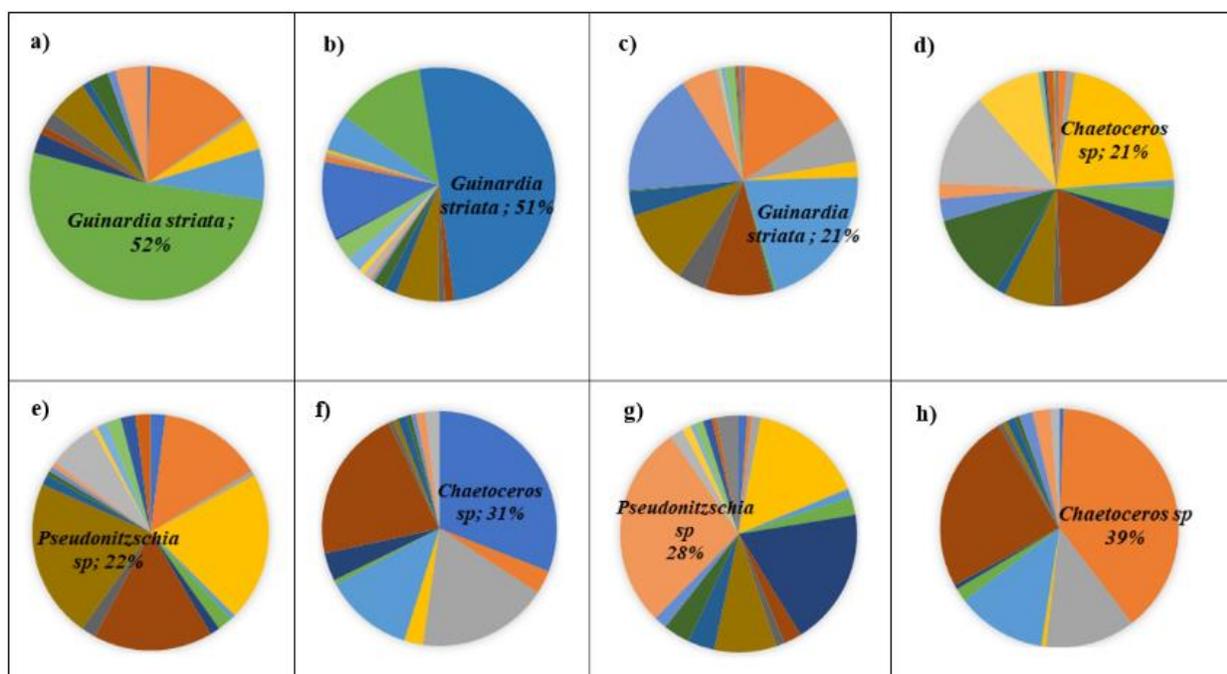
una floración algal nociva ya que esta especie forma masas gelatinosas globulares, provoca déficit de oxígeno disuelto, obstrucción de branquias en peces y malos olores (Hallegraeff y otros, 1995). En la Figura 9 y 10 se muestran las abundancias relativas de organismos fitoplanctónicos encontrados en las muestras de agua colectadas en los puntos EO y SJS 5m y Zf en los muestreos de 2021-2022. En el muestreo correspondiente al mes de septiembre 2021, la especie predominante en ambos puntos fue *Chaetoceros sp* con 34, 54, 26 y 22 %, esta diatomea se caracteriza porque puede producir eventos de floraciones no tóxicos (Sunesen y otros, 2008). En el muestreo de noviembre 2021, la especie más predominante fue *Chaetoceros socialis* en los puntos El Ostional Zf – San Juan del Sur Zf con 93% respectivamente. Con respecto a la abundancia relativa correspondiente al muestreo de enero 2022, la especie predominante fue la *Guinardia striata* con 52 % – 21 % al igual que las especies reportadas en los muestreos anteriores, esta especie de diatomea es no tóxicas (Guillén, 2019).

Por último, en el muestreo del mes de mayo se reportaron abundancias relativas de 22 % – 28 % para *Pseudonitzschia sp* en los puntos de

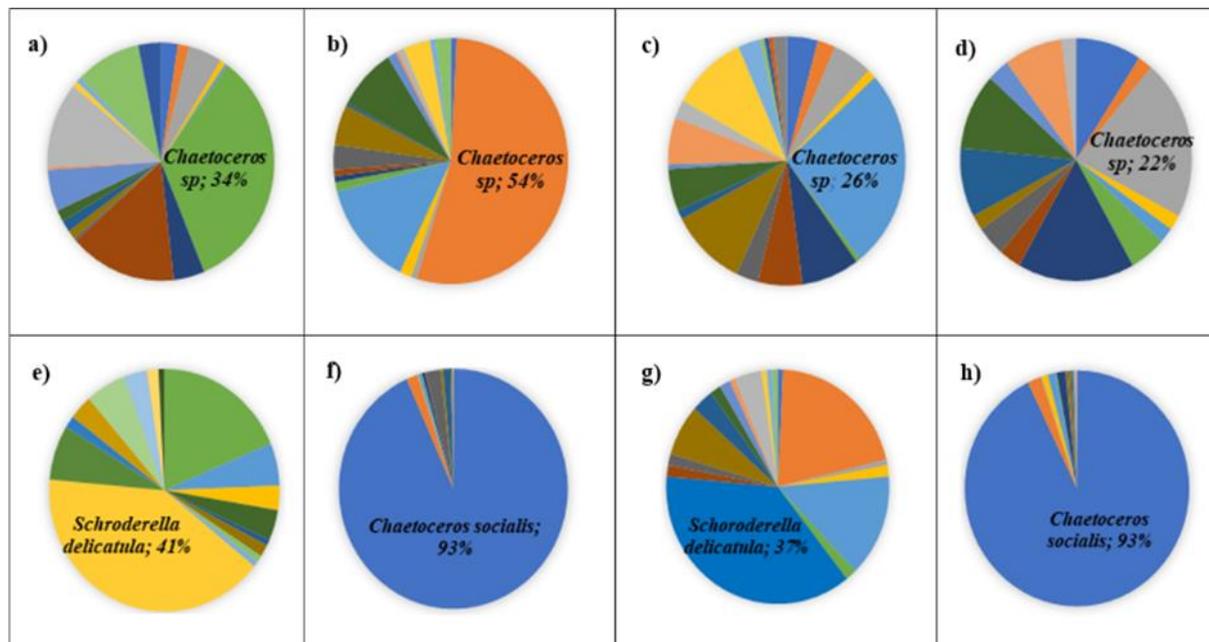
El Ostional 5m y San Juan del Sur 5 m y de 31 – 39 % para *Chaetoceros sp* en los puntos de El Ostional Zf y San Juan del Sur Zf. Los géneros *Pseudo-nitzschia* son los que producen el ácido domóico que puede causar intoxicaciones humanas y ha sido reportada como causal de muerte de personas, mamíferos y aves marinas (Sunesen y otros, 2009). Hay que resaltar que el número de individuos encontrados no supera el rango permisible de 50,000 a 100,000 cel/L (COERIS, 2016).

c) Índices de diversidad y similitud

En la Tabla 7 se presentan los valores de los índices de diversidad de Simpson (1/D), Shannon-Wiener (H') y Margalef, calculados a partir de los datos de abundancia y de riqueza de las comunidades de organismos fitoplanctónicos encontrados en los puntos de El Ostional y San Juan del Sur en 5 m y en Zona fótica respectivamente, durante los muestreos de septiembre y noviembre de 2021 y enero y mayo de 2022.



**Figura 9.** Abundancias relativas de organismos fitoplanctónicos encontrados en las muestras de agua colectadas durante los muestreos del 2021 en los puntos a) El Ostional 5m Sep, b) El Ostional Zf Sep, c) San Juan del Sur 5 m Sep, d) San Juan del Sur Zf Sep, e) El Ostional 5m Nov, f) El Ostional Zf Nov, g) San Juan del Sur 5 m Nov, h) SJS.



**Figura 10.** Abundancias relativas de organismos fitoplanctónicos encontrados en las muestras de agua colectadas durante los muestreos del 2022 en los puntos a) El Ostional 5 m Ene, b) El Ostional Zf Ene, c) San Juan del Sur 5 m Ene, d) San Juan del Sur Zf Ene, e) El Ostional 5 m May, f) El Ostional Zf May, g) San Juan del Sur 5 m May, h) San Juan del Sur Zf.

**Tabla 7.** Datos de diversidad de organismos fitoplanctónicos en las aguas de las bahías El Ostional y San Juan del Sur, muestreos 2021-2022; donde 1/D= 1 sobre dominancia, H' = Shannon Wiener, J= Equidad y D= Dominancia.

| Fecha    | Punto                | 1/D<br>Simpson | H'   | Margalef | J (Equidad) | D    |
|----------|----------------------|----------------|------|----------|-------------|------|
| Sep-2021 | El Ostional 5 m      | 5.90           | 2.21 | 1.56     | 0.75        | 0.17 |
| Sep-2021 | El Ostional Zf       | 3.10           | 1.74 | 1.48     | 0.60        | 0.32 |
| Sep-2021 | San Juan del Sur 5 m | 8.75           | 2.54 | 1.8      | 0.83        | 0.11 |
| Sep-2021 | San Juan del Sur Zf  | 8.71           | 2.4  | 1.32     | 0.88        | 0.11 |
| Nov-2021 | El Ostional 5 m      | 4.59           | 2.02 | 1.28     | 0.73        | 0.22 |
| Nov-2021 | El Ostional Zf       | 1.15           | 0.38 | 0.88     | 0.14        | 0.87 |
| Nov-2021 | San Juan del Sur 5 m | 4.80           | 2.01 | 1.45     | 0.70        | 0.21 |
| Nov-2021 | San Juan del Sur Zf  | 1.16           | 0.15 | 1.02     | 0.15        | 0.86 |
| Ene-2022 | El Ostional 5 m      | 3.27           | 1.73 | 1.01     | 0.65        | 0.30 |
| Ene-2022 | El Ostional Zf       | 3.43           | 1.82 | 1.38     | 0.62        | 0.29 |
| Ene-2022 | San Juan del Sur 5 m | 7.76           | 2.29 | 1.59     | 0.75        | 0.13 |
| Ene-2022 | San Juan del Sur Zf  | 8.02           | 2.37 | 1.67     | 0.77        | 0.12 |
| May-2022 | El Ostional 5 m      | 6.94           | 2.27 | 1.60     | 0.76        | 0.14 |
| May-2022 | El Ostional Zf       | 5.18           | 1.94 | 1.66     | 0.72        | 0.18 |
| May-2022 | San Juan del Sur 5 m | 6.60           | 2.31 | 1.17     | 0.76        | 0.15 |
| May-2022 | San Juan del Sur Zf  | 4.11           | 1.76 | 1.17     | 0.65        | 0.24 |

El punto que presentó la mayor diversidad en los muestreos del año 2021 fue San Juan del Sur 5 m de los meses de septiembre y noviembre, ( $1/D = 8.75$ ;  $H' = 2.54$ ;  $Margalef = 1.8$ ), ( $1/D = 4.80$ ;  $H' = 1.45$ ;  $Margalef = 2.01$ ).

Para el muestreo correspondiente al mes de enero de 2022, el punto con mayor diversidad fue San Juan del Sur Zona fótica ( $1/D = 8.02$ ;  $H' = 2.37$ ;  $Margalef = 1.67$ ). En el muestreo de mayo 2022, Simpson ( $1/D$ ) y Margalef señalan que el punto con mayor diversidad es El Ostional Zona fótica con valores de 6.94 y 1.60 sin embargo, Shannon-Wiener ( $H'$ )

muestra que el más diverso es San Juan del Sur 5m con un valor de 2.31.

De los cuatro muestreos, el punto que presentó mayor equidad fue el de San Juan del Sur Zona fótica del muestreo de septiembre 2021 con un valor de 0.88 y el punto que presentó la mayor dominancia fue El Ostional Zona fótica del muestreo noviembre de 2021 con un valor de 0.87. Los índices de similitud utilizados demostraron que los sitios con mayor similitud fueron El Ostional Zf y San Juan del Sur Zf (mayo 2022) y que las comunidades son muy parecidas entre sí (Tabla 8)

**Tabla 8.** Datos de similitud de organismos fitoplanctónicos en las aguas de las bahías El Ostional y San Juan del Sur, muestreos 2021-2022.

| Fecha    | Puntos                                | Sorensen | %PSC  | B2    |
|----------|---------------------------------------|----------|-------|-------|
| Sep-2021 | El Ostional 5m - San Juan del Sur 5 m | 0.75     | 99.0  | 0.282 |
| Sep-2021 | El Ostional Zf - San Juan del Sur Zf  | 0.67     | 98.5  | 0.224 |
| Nov-2021 | El Ostional 5m - San Juan del Sur 5 m | 0.41     | 99.0  | 0.085 |
| Nov-2021 | El Ostional Zf - San Juan del Sur Zf  | 0.60     | 99.0  | 0.181 |
| Ene-2022 | El Ostional 5m - San Juan del Sur 5 m | 0.51     | 96.5  | 0.138 |
| Ene-2022 | El Ostional Zf - San Juan del Sur Zf  | 0.68     | 98.5  | 0.234 |
| May-2022 | El Ostional 5m - San Juan del Sur 5 m | 0.44     | 99.5  | 0.096 |
| May-2022 | El Ostional Zf - San Juan del Sur Zf  | 0.80     | 100.0 | 0.320 |

### Análisis fisicoquímicos en sedimentos

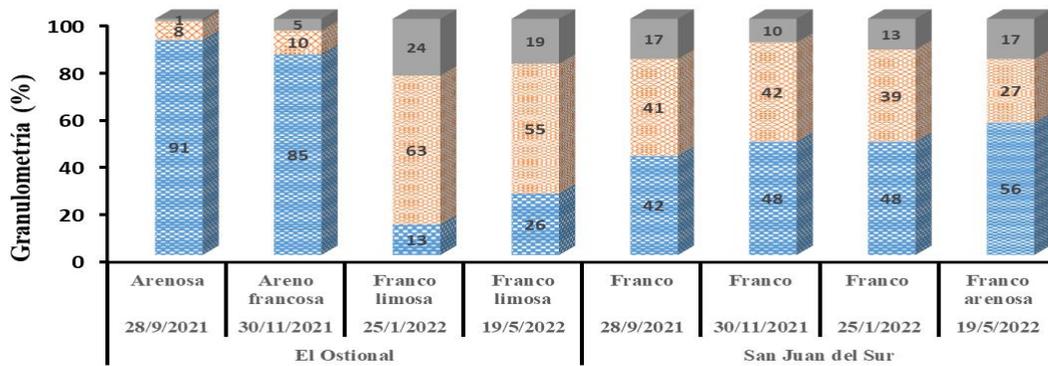
#### a) Porcentaje de humedad y granulometría

Los resultados del porcentaje de humedad en los sedimentos evidencian que tienen un bajo contenido de humedad, el valor mínimo corresponde al punto de la bahía El Ostional (noviembre-2021) con 20.25% de humedad y el máximo correspondió al punto bahía El Ostional (enero-2022) con 49.22% de humedad.

La composición granulométrica registrada en el punto El Ostional en época lluviosa fue mayoritariamente arena (91 y 85 %), sin

embargo, en época seca su composición varió a Franco limosa con (63 y 55%) de limo, esto podría deberse a la cantidad de sedimento que llegan desde el continente a través del río El Ostional.

En el caso del caso del punto San Juan del Sur este se caracterizó por tener sedimentos Francos con un porcentaje de arena entre (42 y 56%) y limo (27 y 41%) teniendo un comportamiento ligeramente homogéneo, esta composición se debe al aporte de sedimento desde la cuenca debido al aporte de los ríos Escameca, Escamequita, La Flor, El Naranjo y Marsella (Fig.12).



**Figura 11.** Comportamiento de la granulometría en las muestras de sedimentos de El Ostional y San Juan del Sur

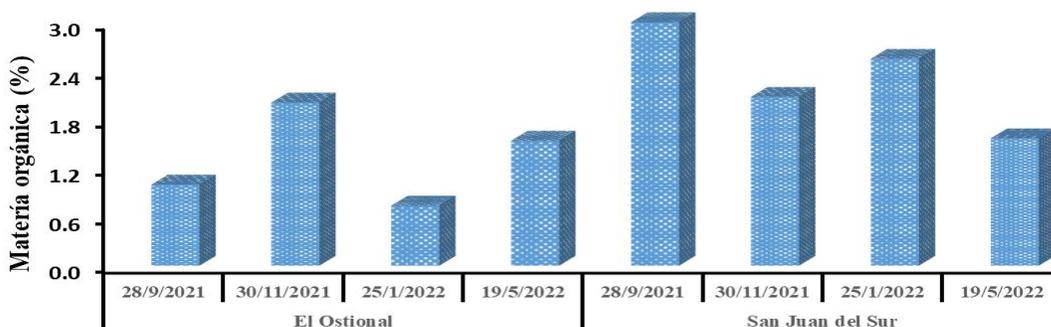
b) Materia Orgánica (MO)

Los valores reportados de materia orgánica fueron de 0.74 a 3.15 % en El Ostional y de 1.54 a 2.08 % en San Juan del Sur. Cabe mencionar, que los valores de materia orgánica en los sedimentos son relativamente bajos y no indican contaminación, ya que se plantea que las concentraciones en los sedimentos marinos son normales cuando el porcentaje de MO oscila entre 0.1 y 10 (Establier y otros, 1984).

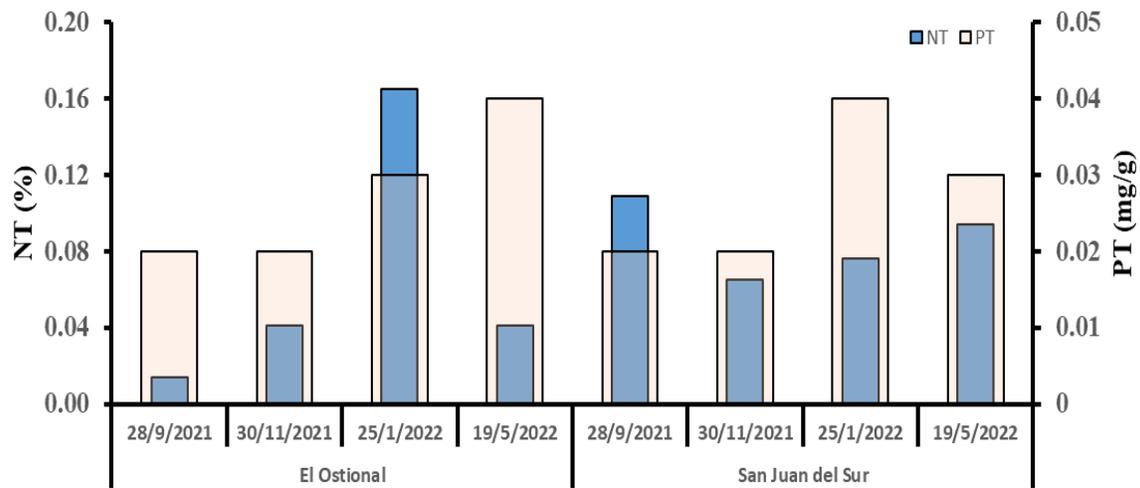
c) Nitrógeno total y Fósforo Total

Los valores de nitrógeno total en los sedimentos variaron de < 0.028 a 0.165% en El Ostional y entre 0.065 % y 0.109 % en San Juan del Sur, el valor más bajo se reportó en

el punto de El Ostional (septiembre-2021) y el más alto en el punto de El Ostional (enero-2022). Los valores de nitrógeno total fueron muy bajos, indicando que hay poca presencia de nutrientes en los sedimentos (López, 2009) (Fig.12). Por otro lado, las concentraciones de fósforo total en los sedimentos estuvieron en el rango de 0.02 mg/g y 0.04 mg/g en ambos puntos. Se destaca que las concentraciones más altas fueron registradas en época seca. En la Figura 13, se evidencia un comportamiento heterogéneo de los nutrientes en el tiempo y espacio y podrían indicar que las actividades que se desarrollan en los puntos de estudios no están afectando los sedimentos, ya que los valores reportados son relativamente bajos y no contribuyen a la eutrofización (López, 2009).



**Figura 12.** Porcentaje de materia orgánica en las muestras de sedimentos de El Ostional y San Juan del Sur.



**Figura 13.** Comportamiento del porcentaje de nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT) en las muestras de sedimentos de El Ostional y San Juan del Sur.

### Conclusiones

El estudio demostró que la calidad de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de las playas de El Ostional y San Juan del Sur aún es buena, a pesar de los impactos tanto naturales como antropogénicos que experimentan, ya que la mayoría de los parámetros analizados muestran que no exceden los valores o rangos permisibles para el desarrollo de la vida acuática. Sin embargo, al ser los puntos de estudio clasificados como mesotróficos, es una alerta de que las condiciones pudieran deteriorarse en algún momento debido a la actividad antropogénica. La composición fitoplanctónica en los puntos de estudio evidenció la dominancia de las Bacillariophytas, siendo la especie más predominante *Chaetoceros socialis*, una especie de diatomea no tóxica para los humanos, pero nociva para peces e invertebrados. Es importante destacar, que se registraron especies tóxicas como *Pseudonitzschia*, pero en cantidades no predominantes, pero esto es una alerta que se debe tener presente. Por otro lado, los índices utilizados demostraron que el sitio con mayor diversidad fue San Juan del Sur y que las

comunidades son muy parecidas entre sí. Respecto a los análisis fisicoquímicos de los sedimentos en los puntos estudiados, los análisis revelaron que hay poca contaminación ya que presentan concentraciones muy bajas de contaminantes, sin embargo, se evidenció un mayor impacto de la cuenca en la zona de San Juan del Sur.

Se recomienda a los tomadores de decisiones implementar medidas o planes que contribuyan a mitigar los impactos ocasionados por las actividades antropogénicas en aras de la sostenibilidad de los recursos marinos de El Ostional y San Juan del Sur. En el mismo sentido, las autoridades competentes deben implementar un sistema de monitoreo y vigilancia para prevenir o evitar daños a la flora y fauna del ecosistema y a la población debido a los florecimientos algales nocivos.

### Agradecimientos

Esta investigación fue posible gracias a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, a través del Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (UNAN-Managua/CIRA), que brindó la oportunidad de participar en el proyecto de

investigación RLA 7025 “Fortalecimiento de las capacidades en el manejo marino y costero mediante la aplicación de técnicas nucleares e isotópicas” y además permitió la realización de los análisis fisicoquímicos y biológicos en sus laboratorios, bajo la coordinación del Área de Investigación y Desarrollo de UNAN-Managua/CIRA.

## Referencias

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Vol. 23). Washington D.C, Washington D.C, Estados Unidos: American Public Health Association.
- Arenas, J. (2018). *Informe Ejecutivo de Muestreo y Análisis: Comparación entre Nitrógeno total, Fósforo total y DBO en cuerpos de agua*. Los Patios: CORPONOR.
- Asamblea Nacional. (2000, Febrero 11). *NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE NORMA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS N°. NTON 05 007-98*. Managua: La Gaceta. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/>: [http://legislacion.asamblea.gob.ni/nor-maweb.nsf/\(\\$All\)/1A3A99B77290B980062573DF00594022?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/nor-maweb.nsf/($All)/1A3A99B77290B980062573DF00594022?OpenDocument)
- Caballero, Y. (2011, junio 20). Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Nitrógeno Total en suelos y sedimentos por el método Kjeldahl. *Procedimiento Operativo Normalizado-RQA-07 CIRA/UNAN-Managua*. Managua, Managua, Nicaragua: Aseguramiento y Control de la Calidad CIRA/UNAN-Managua.
- Caballero, Y. (2021). Fluctuaciones del pH, alcalinidad, oxígeno disuelto y nutriente en Cayos Miskitos, municipio de Puerto Cabezas, Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN). *Torreón Universitario*, 10(29), 164-165. <https://doi.org/10.5377/rtu.v10i29.12743>
- Caballero, Y. (2022, Julio 16). Procedimiento Operativo Normalizado para la Determinación de Materia Orgánica por el método de Walkey y Black. *Procedimiento Operativo Normalizado-RQA-13 CIRA/UNAN-Managua*. Managua, Managua, Nicaragua: Área Técnica, Aseguramiento y Control de Calidad CIRA/UNAN-Managua.
- Calero, S. (2011, mayo 19). Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Fósforo Total en Sedimentos mediante el Método del Ácido Ascórbico. *Procedimiento Operativo Normalizado-RQA-06 CIRA/UNAN-Managua*. Managua, Managua, Nicaragua: Aseguramiento y Control de Calidad CIRA/UNAN-Managua.
- CCME. (2008). *TEMPERATURE (Marine)*. Canadá: Canadian Council of Ministers of the Environment.
- CCO. (2013). El Océano Maravilla Terrestre. In C. C. Océano, *El Océano Maravilla Terrestre* (pp. 281-282). Bogotá: Editorial Comisión Colombiana del Océano.
- CIRA/UNAN-Managua (Director). (2021). *Floraciones Algales Nocivas en Nicaragua* [Motion Picture]. Nicaragua. <https://youtu.be/KP2N594YIo4>
- COERIS. (2016). *coepris.michoacan.gob.coerpris.michoacan.gob*:

- <https://coepris.michoacan.gob.mx/ma-rea-roja/>
- Crumpton, W., Isenhardt, T., & Paul, M. (1992). Nitrate and Organic N Analyses with Second-Derivative Spectroscopy. *Limnology and Oceanography*, 37(4), 907-913. <http://dx.doi.org/10.4319/lo.1992.37.4.0907>
- Custodio, E., & LLamas, M. R. (2001). *Hidrología Subterránea*. Barcelona: Ediciones Omega, S. A.
- CWQG. (2008). *TOTAL PARTICULATE MATTER Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. Canadá: Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente.
- Dardel, F. d. (2016, Noviembre 6). *dardel.info*. [dardel.info: http://dardel.info/IX/other\\_info/sea\\_water](http://dardel.info/IX/other_info/sea_water)
- Espinosa, C. I. (2019). *Medidas de Alpha Diversidad*. S.E.
- Establier, R., Blasco, J., Gómez, A., & Escobar, D. (1984). Materia Orgánica en los sedimentos de la bahía de Cádiz y sus zonas de marismas y salinas. *Investigación pesquera*, 48(2), 285-301.
- Guillén, A. (2019, Febrero 08). *Biodiversidad virtual.org*. Biodiversidad virtual.org: <https://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Guinardia-striata-img3587.html>
- Hallegraeff, G. M., Anderson, D. M., & Cembella, A. D. (1995). Manual on Harmful Marine Microalgae. In G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson, & A. D. Cembella, *Manual on Harmful Marine Microalgae* (pp. 465-499). UNESCO Publishing.
- Hanna Instruments. (2021, Febrero 3). *hannainst.com*. [hannainst.com.: 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 Instruments. (2022, Enero 18). <https://hannainst.com.mx/>: <https://hannainst.com.mx/blog/porque-es-importante-medir-la-silice-en-acuacultura>
- Herrera, D. (2013, octubre 28). Procedimiento Operativo Normalizado de Determinación de Porcentaje de Humedad en Suelos y Sedimentos mediante el Método Gravimétrico. *Procedimiento Operativo Normalizado-RQA-01 CIRA/UNAN-Managua*. Managua, Managua, Nicaragua: Aseguramiento y Control de Calidad CIRA/UNAN-Managua.
- Jaramillo, Á. O. (2005). Bioingeniería de aguas residuales. In Á. O. Jaramillo, *Bioingeniería de aguas residuales* (pp. 21-22). Bogotá: Comunicación sin Esquemas.
- Lenntech . (2015). *lenntech.es*. [lenntech.es: https://www.lenntech.es/nitratos-y-nitritos.htm](https://www.lenntech.es/nitratos-y-nitritos.htm)
- Lenntech. (2015). *lenntech.es*. [lenntech.es: https://www.lenntech.es/nitratos-y-nitritos.htm](https://www.lenntech.es/nitratos-y-nitritos.htm)
- Lenntech. (2020). <https://www.lenntech.com/>: <https://www.lenntech.com/periodic/water/iron/iron-and-water>
- López, M. P. (2009). Los sedimentos y su incidencia en la eutrofización de los embalses. *Ingeniería del Agua*, 16(4), 273-283.

- Lugo, C. Á. (2011). *Factores abióticos (parámetros físico-químicos)*. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal.
- Martinez, V. (2008, julio 11). Procedimiento Operativo Normalizado para Análisis de Granulometría de Suelos y Sedimentos según la Norma Austriaca L- 1061 - 88. *Procedimiento Operativo Normalizado-RQA-03 CIRA/UNAN-Managua*. Managua, Managua, Nicaragua: Aseguramiento y control de Calidad CIRA/UNAN-Managua.
- Moreno Franco, D. P., Quintero Manzano, J., & López Cuevas, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Contactos*, 78, 25-33.
- NTON 05 007-98. (2000, Febrero 11). NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE NORMA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS. *NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE NORMA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS*. Managua, Managua, Nicaragua: La Gaceta Diario Oficial.
- Orquera, E., & Cabrera, M. (2020). CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA DE YAMBO. *InfoANALÍTICA*, 8(1), 99-111. <https://doi.org/10.26807/ia.v8i1.119>
- OSPESCA. (2018, Agosto 24). *climapesca.org*. [climapesca.org: https://climapesca.org/clorofila/](https://climapesca.org/clorofila/)
- Pérez, L. M. (2018). *Afloramiento de aguas profundas entre las islas canarias orientales y la costa africana*. Lanzarote: Agrolanzarote.
- R. N. , N., & L.W. , P. (2009). *Water Quality Guidelines for Nitrogen (Nitrate, Nitrite, and Ammonia)*. Province of British Columbia: Water Stewardship Division Ministry of Environment.
- REMARCO. (2019, Octubre 07). *remarco.org*. [remarco.org: https://remarco.org/floraciones-algales-nocivas-fan/](https://remarco.org/floraciones-algales-nocivas-fan/)
- 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. *Talanta*, 85(1), 527-532. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.04.032>
- Sunesen, I., Bárcena, A., & Sar, E. (2009). Diatomeas potencialmente nocivas del Golfo San Matías (Argentina). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(1), 67-88.
- Sunesen, I., Hernández Becerril, D., & Sar, E. (2008). Marine diatoms from Buenos Aires coastal waters (Argentina). V. Species of the genus Chaetoceros. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 303-326.
- Washington, H. G. (1984). DIVERSITY, BIOTIC AND SIMILARITY INDICES. *Water Res*, 18(6), 653-694. [https://doi.org/0043-1354/8453.00 + 0.00](https://doi.org/0043-1354/8453.00+0.00)