

# Caracterización y disponibilidad de nutrientes para el cultivo del ostión de roca *Striostrea prismatica* (Gray, 1825), en la bahía de El Ostional, Rivas, Nicaragua

## Characterization and availability of nutrients for the culture of the rock oyster *Striostrea prismatica* (Gray, 1825), in El Ostional Bay, Rivas, Nicaragua

Roberto José Delgado Picado<sup>1</sup>  , Jairo Luís López Palma<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Centro de Investigación de Recursos Acuáticos, UNAN-MANAGUA/ CIRA.

### RESUMEN

El estudio se efectuó durante la época lluviosa (noviembre) del año 2018 y la época seca (abril) del año 2019 en la bahía El Ostional en Rivas, estimando variables fisicoquímicas y las concentraciones de nutrientes en las aguas del río que desemboca en la bahía y en tres sitios de muestreo distantes de la costa, en las que se identificaron las zonas que presentan mejores condiciones en cuanto a disponibilidad de nutrientes adecuadas para el cultivo seguro del ostión de roca *Striostrea prismatica* (Gray, 1825). Se determinaron parámetros de campo mediante el uso de equipos de medición de pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Profundidad y Salinidad. Se colectaron muestras puntuales en el río y muestras integrales por arrastre vertical en tres sitios dentro de la bahía determinándose las concentraciones de Sílice (SiO<sub>2</sub>), Fósforo Reactivo Disuelto (PRD), Fósforo Total (PT), Nitrógeno Total Disuelto (NTD), Nitrógeno Total (NT) y Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en base a procedimientos de ensayos químicos de laboratorio. Las condiciones ambientales en que fueron desarrolladas las dos campañas de muestreos en época lluviosa 2018 y época seca 2019, revelan que el punto de muestreo BEO-3 dentro de la bahía es el más idóneo en cuanto a condiciones físicas y químicas favorables en disponibilidad de nutrientes para el cultivo, desarrollo y extracción de las ostras principalmente durante la época seca. El punto BEO-2 presenta disponibilidad de nutrientes durante la época lluviosa, pero está condicionada por los aportes del río, las precipitaciones y algún efecto producto de la variabilidad climática. En base a las condiciones físicas y ambientales que posee la bahía, representa un ecosistema adecuado como zona de conservación de especies, viable para la implementación de actividades que potencien el aprovechamiento de los recursos marinos para obtener alimentos y como fuente de actividad económica para los comunitarios de la zona.

**Palabras clave:** nutrientes, biomasa, surgencias, ostión de roca, eufótica.



**ABSTRACT**

The study was carried out during the rainy season (November) of 2018 and the dry season (April) of 2019 in Ostional bay in Rivas, estimating physicochemical variables and nutrient concentrations in the waters of the river that flows into the bay and in three sampling sites distant from the coast, in which the areas that present the best conditions in terms of availability of adequate nutrients for the safe cultivation, growth and extraction of oysters were identified. Field parameters were determined for pH, Temperature, Electrical Conductivity, Dissolved Oxygen, Oxygen Saturation, Depth and Salinity. Point samples were collected in the river and integral samples by vertical trawling in three places within the bay, determining the concentrations of Silica (SiO<sub>2</sub>), Dissolved Reactive Phosphorus (DRP), Total Phosphorus (TP), Total Dissolved Nitrogen (TDN), Nitrogen Total (TN) and Ammonium (NH<sub>4</sub>) based on laboratory chemical test procedures. The environmental conditions in which the two sampling campaigns were developed in the rainy season 2018 and dry season 2019, reveal that the BEO-3 sampling point within the bay is the most suitable in terms of favorable physical and chemical conditions in nutrient availability for the cultivation, development and extraction of oysters mainly during the dry season. Sampling point BEO-2 presents availability of nutrients during the rainy season, but it is conditioned by the contributions of the river, rainfall and some effect resulting from climate variability. Based on the physical and environmental conditions of the bay, it represents an adequate ecosystem as a species conservation area, viable for the implementation of activities that promote the use of marine resources to obtain food and as a source of economic activity for community members. from the area.

**Keywords:** Nutrients, biomass, upwelling, oysters, euphotic.

**INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, las zonas marino-costeras se encuentran amenazadas, debido a que las poblaciones humanas a nivel mundial se han establecido en estas áreas para aprovechar los bienes y servicios naturales como el alimento, agua y materias primas que éstas ofrecen. En este sentido, Nicaragua no escapa a esta realidad, es un país privilegiado con una extensión marino-costera de 11,954.5 km<sup>2</sup> y se estima que más del 24% de la población vive en estas zonas (MARENA, 2011).

Las zonas naturales que sustentan la producción de ostión se han visto afectadas por factores ambientales como los Huracanes, que generan afectación en manglares y dinámica costera, en deforestación, erosión,

turbidez, destrucción de sustratos y dispersión de larvas de ostión aumentando la mortandad en los sistemas acuícolas (Betanzos-Vega et al., 2020). A estas variaciones eventuales se le suman las condiciones naturales de los parámetros fisicoquímicos, así como los contenidos de nutrientes, que han sido modificados por los aportes de agua residual. Estos pueden ser descargados directamente a los cuerpos acuáticos costeros, sin tratamiento previo, y pueden incluir materia orgánica y compuestos nitrogenados, fosforados, entre otros elementos de polución. La materia orgánica sirve de alimento al ostión, pero también favorece el incremento de bacterias

umentando el consumo de oxígeno disuelto del agua (Barrera-Escorcía et al., 2014).

Lo anterior ha causado la explotación de muchas especies sin considerar su biología llevando a la disminución de sus poblaciones. Por ejemplo, en El Ostional, la población de ostión de roca, *Striostrea prismatica* (Gray 1825), ha sido afectada debido a la pesca artesanal, porque es difícil determinar su sexo y madurez sin técnicas histológicas. Los recolectores, en su mayoría mujeres, han extraído organismos inmaduros, lo que ha impactado a la población de *Striostrea prismatica*. En respuesta a la problemática, dieciocho mujeres crearon en 2013 la Cooperativa “La Ostra Sonriente”, que con el apoyo de la organización PASO PACÍFICO, decidieron cultivar el ostión de roca *Striostrea prismatica* para consumo y aumentar las poblaciones de este organismo en la bahía de El Ostional. Actualmente se tienen un sitio experimental, donde los familiares de estas mujeres recolectan y seleccionan la semilla para su cultivo en jaulas flotantes (PASO PACÍFICO, 2013).

Es importante destacar que la tasa de filtración de las ostras depende de factores como la temperatura, salinidad, pH, material en suspensión y alimento disponible (Bermúdez Corcuera, 2006); y según Cáceres-Martínez, (2014) las aguas marinas varían en características fisicoquímicas debido a diversos factores como mareas, aportes de agua dulce y contaminantes naturales, así mismo, el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> está acidificando los océanos, afectando la vida marina, especialmente los moluscos bivalvos, ya que las conchas de algunas especies tienden a adelgazarse al estar aportando carbonatos al mar para sostener el equilibrio de reacciones químicas que sustentan el ciclo del carbono.

En este sentido, para tener éxito en el cultivo de ostras, es esencial conocer varios parámetros como la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto, pH, y nutrientes. Estos parámetros favorecen el crecimiento, reproducción y maduración de los organismos. Por tanto, el objetivo de este estudio fue el de caracterizar la bahía de El Ostional en cuanto a algunos parámetros fisicoquímicos y nutrientes, para inferir si la zona es viable para el cultivo de la especie *Striostrea Prismatica*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### METODOLOGIA

Para llevar a cabo el estudio de campo en el sitio de interés, se establecieron comunicaciones la Cooperativa “La Ostra Sonriente. Se coordinaron con ellas la identificación de sitios de muestreo y la colecta de muestras.

Los instrumentos y equipos utilizados en el proceso de medición y recolección de las muestras fueron: Botella Van Dorn, cuerdas, equipo medidor de pH y conductividad eléctrica, equipo medidor de oxígeno disuelto, Ecosonda, GPS, envases de polietileno, pipetas plásticas, ácido sulfúrico concentrado para preservación de muestras, Salinómetro de campo, termos para almacén y transporte de muestras, baldes, pizetas con agua destilada, marcadores para rotular, etiquetas, bolsas plásticas, hielo y tabla de apoyo para anotaciones.

El estudio desarrollado en la bahía El Ostional se inició haciendo previa consulta con los pobladores que pertenecen a la cooperativa sobre la ubicación de los criaderos de ostras dentro de la bahía tomando en consideración los aspectos de reconocimiento de la zona de interés. Se realizaron dos campañas de muestreo en distintos períodos estacionales, el primer

muestreo se realizó durante la época lluviosa el 08 de noviembre del 2018 y el segundo muestreo se realizó durante la época seca el 29 de abril del 2019.

Se colectó un total de 8 muestras que se analizaron en el laboratorio. Se determinaron parámetros de campo (pH, Temperatura °C, Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), Oxígeno Disuelto ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) Saturación de Oxígeno (%), Profundidad (m) y Salinidad (‰), además se colectaron muestras puntuales e integrales que fueron envasadas y preservadas in situ, basado en los PROC (Procedimientos Operativos de la Calidad) del sistema de gestión de la calidad de los laboratorios del CIRA/UNAN-Managua y las muestras fueron analizadas de acuerdo a los procedimientos operativos normalizados establecidos por el laboratorio para el aseguramiento de la calidad, los ensayos fueron realizados en base al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22 nd Edition (APHA, 2012), para la determinación de Fósforo Total y Fósforo Reactivo Disuelto por el método del

Ácido Ascórbico (4500 P.B.E. y 4500 P.E.), determinación de Sílice Reactivo Disuelto por el método Molibdosilicato (4500  $\text{SiO}_2$  C.), determinación de N-Amonio por el método Fenato (4500  $\text{NH}_3$  F.), determinación de Nitrógeno Total y Nitrógeno Total Disuelto por el método Segunda Derivada, Nitrate an organic N analyses with second-derivate spectroscopy. *Limnology & Oceanography* 37:907-913 (Crumpton, 1992).

Los puntos de muestreo fueron seleccionados en forma representativa de las condiciones físicas del medio, ubicados geográficamente con el uso de GPS y nombrados como Río El Ostional, el cual proviene de la zona del manglar y desemboca en las aguas de la bahía, los puntos de muestreo ubicados dentro de la bahía fueron seleccionados de forma transversal a la línea de costa, en orden secuencial desde la orilla hacia mar adentro nombrando el primer punto BEO-1, el segundo punto BEO-2 y el tercer punto BEO-3 (Fig.1).

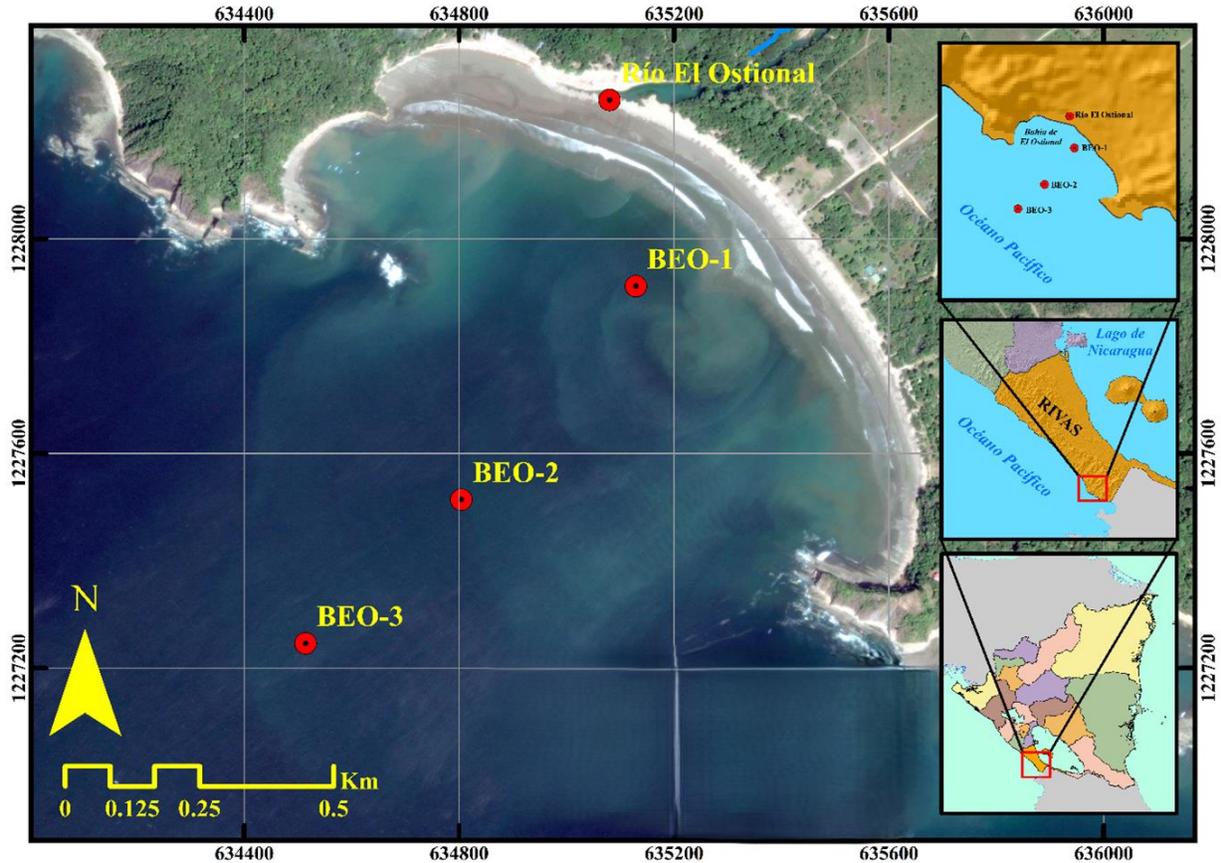


Figura 1. Ubicación del área de estudio y los puntos de muestreo.

El período comprendido de toma y preservación de muestras se realizó entre las 08h30 y las 13h30. La primera muestra fue tomada en el Río El Ostional, del tipo puntal, cerca de la zona del manglar a unos metros de la orilla del río y se utilizó un balde de 20 litros con mecate para coleccionar un volumen de la muestra.

Las muestras tomadas en las aguas de la bahía fueron del tipo integral a distintas profundidades, en BEO-1 de 0 a 3 m, en BEO-2 de 0 a 10 m y en BEO-3 de 0 a 15 m, utilizando una botella sumergible del tipo Van Dorn para coleccionar las muestras haciendo arrastres verticales a distinta profundidad e integrando las muestras de forma homogénea.

Se realizó la medición de los parámetros de campo: pH (Unidades de pH), Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) con

el uso del pH metro y el Conductímetro, medición de Oxígeno Disuelto ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) y la Saturación de Oxígeno (%) con el uso del Oxigenómetro, Profundidad (m) con el disco Secchi y la Salinidad (‰) con el uso del Salinómetro.

Luego se procedió al llenado de 2 envases de plástico de 1 L cada uno, el primer envase sólo se preserva con hielo para los análisis de Sílice Reactivo Disuelto ( $\text{SiO}_2$ ), Fósforo Reactivo Disuelto (PRD). El segundo envase se preserva con 1 ml de Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentrado para los análisis de Fósforo Total (PT), Fósforo Total Disuelto (PTD), Nitrógeno Total (NT), Nitrógeno Total Disuelto (NTD) y Amonio ( $\text{NH}_4$ ).

Al momento de la obtención de información por los equipos de medición, se realizó la transcripción de los datos a los formatos de

campo, formatos de custodia de las muestras, se rotulan los envases y se vierte una alícuota del volumen total de muestra colectada en los puntos de muestreo, luego se almacenan los recipientes en termos con hielo. Posteriormente las muestras fueron ingresadas al laboratorio para su análisis en base a lo descrito en los procedimientos de toma, custodia y traslado de muestras, declarado en el manual de sistema de gestión de la calidad.

**RESULTADOS**

Se logró estimar las concentraciones en mg.l<sup>-1</sup> de los nutrientes Fósforo Total, Fósforo Reactivo Disuelto, Sílice Reactiva Disuelta, Nitrógeno Total, Nitrógeno Total Disuelto y Amonio en aguas para los puntos de muestreos Río El Ostional, BEO-1, BEO-2, BEO-3 durante la época lluviosa 2018 y la época seca 2019 en la bahía El Ostional.

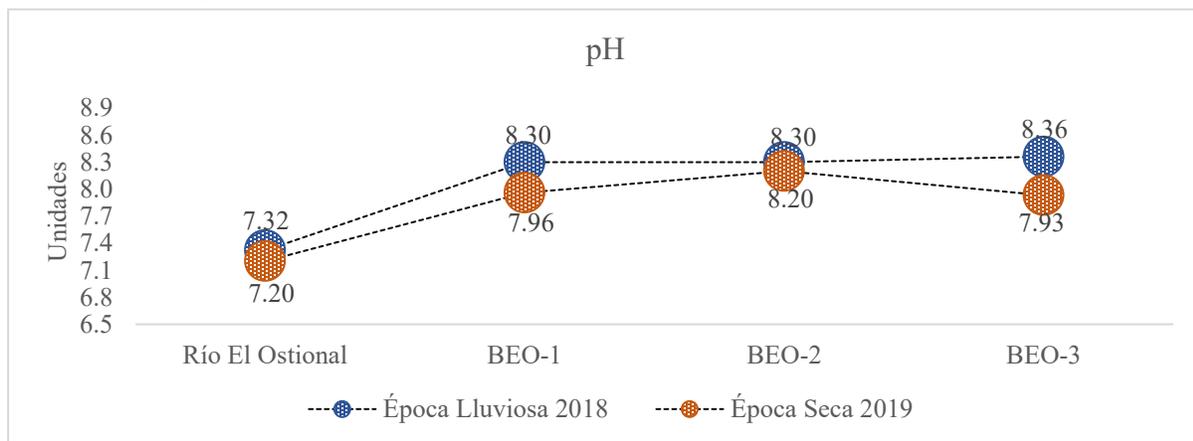
En base en los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio y las condiciones ambientales en que se desarrollaron las dos campañas de muestreos se considera que el punto de muestreo BEO-3 es el sitio que posee las condiciones químicas y ambientales más favorables en cuanto a variables físicas y disponibilidad de nutrientes para el cultivo, crecimiento y extracción de ostras

principalmente durante la época seca. El punto BEO-2 presenta condiciones físicas y químicas favorables y disponibilidad de nutrientes durante la época lluviosa, está ampliamente relacionada con los aportes del Río El Ostional, en cuanto a material particulado y disuelto proveniente de las zonas del mangle, producto de la descomposición orgánica y la erosión causada por las precipitaciones en el periodo estacional habitual o por algún efecto de la variabilidad climática como tormentas tropicales y sistemas ciclónicos.

**Parámetros de Campo**

Las mediciones de pH obtenidos en los muestreos revelan que el punto BEO-3 presenta mayor valor de 8.36 unidades durante la época lluviosa y el punto BEO-2 presenta mayor valor de 8.20 unidades durante la época seca (Fig.2), considerando que los océanos contienen iones carbonatos resultantes de la muy lenta disolución de rocas marinas.

La Tabla 1 presentan los valores de las variables y parámetros físicos químicos medidos en campo de los muestreos realizados en la época lluviosa noviembre 2018 y época seca abril 2019.



**Figura 2.** Mediciones de pH de campo en época lluviosa y época seca.

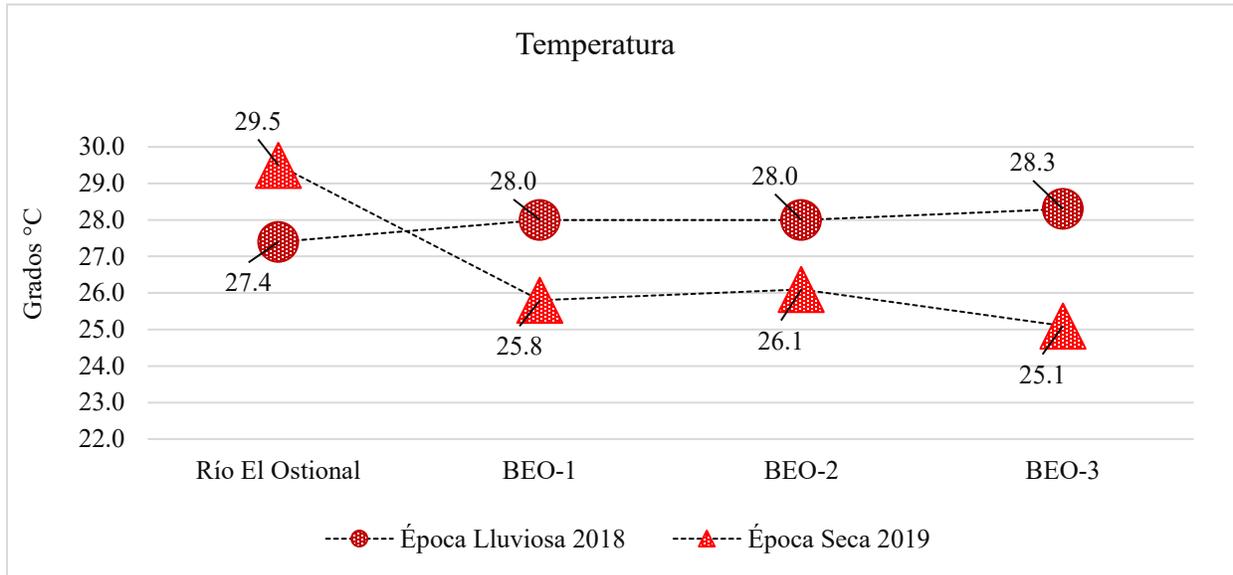
**Tabla 1.** Parámetros de campo obtenidos en las dos campañas de muestreo.

| Puntos de Muestreo                     |                 | Parámetros       |  |                                       |   |                         |                             |                        |
|--|-----------------|------------------|--|---------------------------------------|---|-------------------------|-----------------------------|------------------------|
|  |                 | pH<br>(Unidades) | C.E.<br>( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) | Temperatura<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | OD<br>( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) | Saturación<br>de OD (%) | Salinidad<br>( $\text{‰}$ ) | Disco<br>Secchi<br>(m) |
| Época<br>Lluviosa<br>noviembre<br>2018 | Río El Ostional | 7.32             | 2 847.0                                      | 27.4                                  | 6.3                                     | 81.0                    | 4.0                         | sd                     |
|  | BEO-1           | 8.30             | 46 500.0                                     | 28.0                                  | 7.9                                     | 81.0                    | 32.0                        | 1.0                    |
|  | BEO-2           | 8.30             | 46 600.0                                     | 28.0                                  | 8.9                                     | 95.0                    | 31.0                        | 6.0                    |
|  | BEO-3           | 8.36             | 46 700.0                                     | 28.3                                  | 7.3                                     | 93.0                    | 33.0                        | 11.2                   |
|  | Promedio        | 8.07             | 35 662.0                                     | 27.9                                  | 7.6                                     | 87.5                    | 25.0                        | 6.1                    |
|  | DS              | 0.50             | 21 877.0                                     | 0.38                                  | 1.09                                    | 7.6                     | 14.02                       | 5.1                    |
|  | Máximo          | 8.36             | 57 538.4                                     | 28.30                                 | 8.69                                    | 95.05                   | 39.02                       | 11.2                   |
|  | Mínimo          | 7.32             | 13 785.1                                     | 27.55                                 | 6.51                                    | 79.95                   | 10.98                       | 1.0                    |
|  | CV              | 6.21             | 61.34  | 1.35                                  | 14.33                                   | 8.63                    | 56.10                       | 84.1                   |
| Época Seca<br>abril 2019               | Río El Ostional | 7.20             | 2 692.0                                      | 29.5                                  | 8.1                                     | 104.0                   | 3.0                         | Sd                     |
|  | BEO-1           | 7.96             | 49 690.0                                     | 25.8                                  | 11.3                                    | 139.0                   | 35.0                        | 3.0                    |
|  | BEO-2           | 8.20             | 51 450.0                                     | 26.1                                  | 10.4                                    | 131.0                   | 35.0                        | 4.4                    |
|  | BEO-3           | 7.93             | 50 340.0                                     | 25.1                                  | 10.3                                    | 131.0                   | 38.0                        | 4.8                    |
|  | Promedio        | 7.95             | 37 102.4                                     | 27.28                                 | 8.81                                    | 107.0                   | 26.4                        | 5.1                    |
|  | DS              | 0.43             | 23 911.70                                    | 1.96                                  | 1.36                                    | 15.31                   | 16.56                       | 0.9                    |
|  | Máximo          | 8.20             | 62 454.71                                    | 28.59                                 | 11.38                                   | 141.56                  | 44.31                       | 5.0                    |
|  | Mínimo          | 7.20             | 14 631.30                                    | 24.66                                 | 8.67                                    | 110.94                  | 11.19                       | 3.1                    |
|  | CV              | 5.53             | 62.04  | 7.37                                  | 13.56                                   | 12.12                   | 59.68                       | 23.2                   |

sd= sin dato; DS= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; C.E.= conductividad eléctrica; OD= oxígeno disuelto

Las mediciones de temperatura obtenidos en los muestreos revelan que el punto BEO-3 registra la mayor temperatura de 28.3  $^{\circ}\text{C}$  durante la época lluviosa y el punto Río El Ostional registra la mayor temperatura de 29.5  $^{\circ}\text{C}$  durante la época seca (Fig.3). El aumento en la temperatura obedece principalmente a la relación directa existente

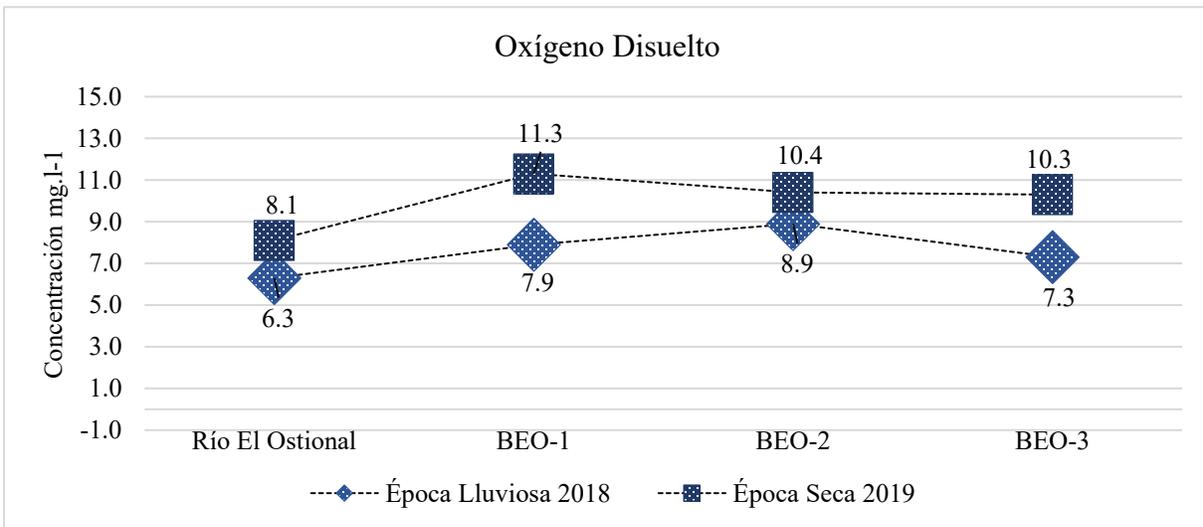
entre la temperatura y el pH en zonas tropicales superficiales, a mayor calentamiento del agua en la zona eufótica se incrementa el pH por el consumo de  $\text{CO}_2$  atmosférico durante el proceso de fotosíntesis, aumentando las concentraciones de ácido carbónico del agua (Hernández Ayón et al., 2003).



**Figura 3.** Mediciones de Temperatura de campo en época lluviosa y época seca.

Las mediciones de oxígeno disuelto obtenidos en los muestreos revelan que el punto BEO-2 registra la mayor concentración de oxígeno en 8.9 mg l<sup>-1</sup> durante la época lluviosa y el punto BEO-1 registra la mayor concentración de oxígeno en 11.3 mg.l<sup>-1</sup> durante la época seca (Fig.4). El factor más determinante durante la época de lluvia es el

viento, que aporta la movilidad en las aguas de la bahía, permitiendo la distribución de oxígeno en la columna. En la época seca el factor que determina mayor oxígeno disuelto en el agua es por el proceso fotosintético del plancton y las algas que reciben mayores niveles de radiación solar (Coscyt, 2025).



**Figura 4.** Mediciones de Oxígeno Disuelto de campo en época lluviosa y época seca.

Las mediciones de salinidad obtenidos en los muestreos revelan que el punto BEO-3 presenta la mayor concentración de 33 ppm (partes por millón) durante la época lluviosa y el punto BEO-3 presenta la mayor concentración de 38 ppm durante la época lluviosa (Fig.5). La Salinidad está controlada básicamente por los procesos de evaporación y precipitación en el mar y del escurrimiento del rio que descarga en la bahía, conteniendo iones principales como el sodio, calcio, magnesio, calcio, cloruro, potasio y sulfato. La presencia de los nutrientes nitrogenados y fosforados varían en dependencia de la actividad biológica en los distintos periodos estacionales.

Las mediciones de transparencia para estimar la profundidad de la zona fótica mediante el uso del disco Secchi dieron como resultado que la profundidad de la zona en el punto de muestreo BEO-3 se determinó a los 11.2 m en la época lluviosa, mientras que en la época seca esta profundidad se determinó a 4.8 m en el mismo punto de muestreo BEO-3 (Fig.6). Esta variación de profundidades en el mismo punto depende en gran manera a la concentración de plancton, material suspendido y los disueltos que se encuentren en la bahía durante las dos épocas del muestreo.

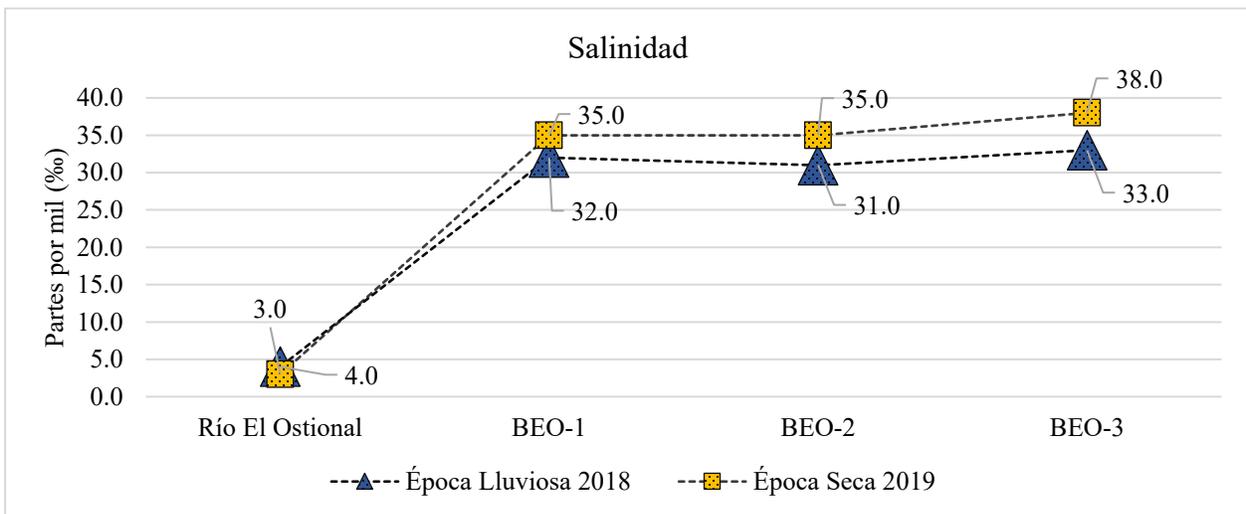


Figura 5. Mediciones de Salinidad de campo en época lluviosa y época seca.

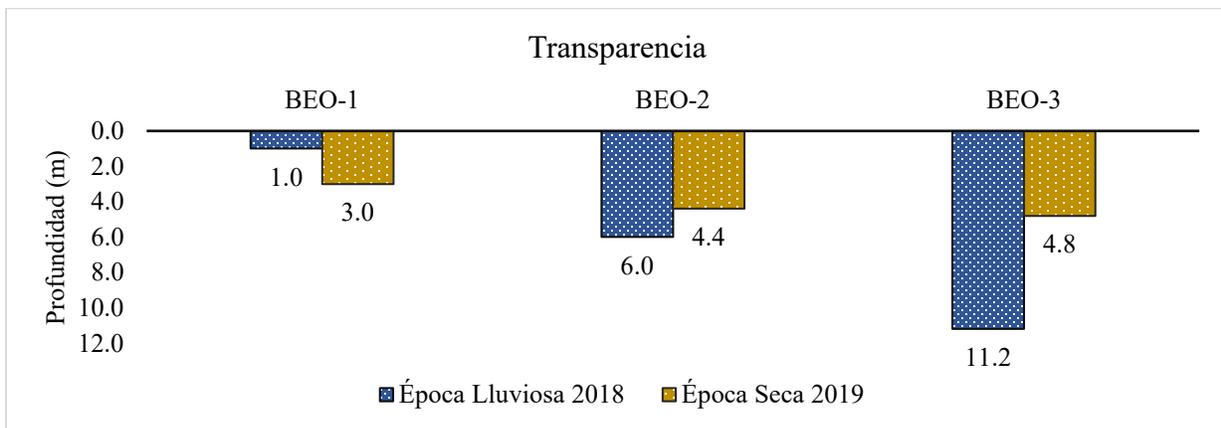


Figura 6. Mediciones de Profundidad Disco Secchi de campo en época lluviosa y época seca.

Los resultados de fósforo total obtenidos en los muestreos revelan que el punto BEO-3 presenta la mayor concentración de 0.070 mg.l<sup>-1</sup> durante la época seca y el punto Río El Ostional presenta la mayor concentración de 0.021 mg.l<sup>-1</sup> durante la época lluviosa (Fig.7). Considerando que el principal aporte de fósforo es proveniente del río como resultado de la mineralización de las rocas y en el mar

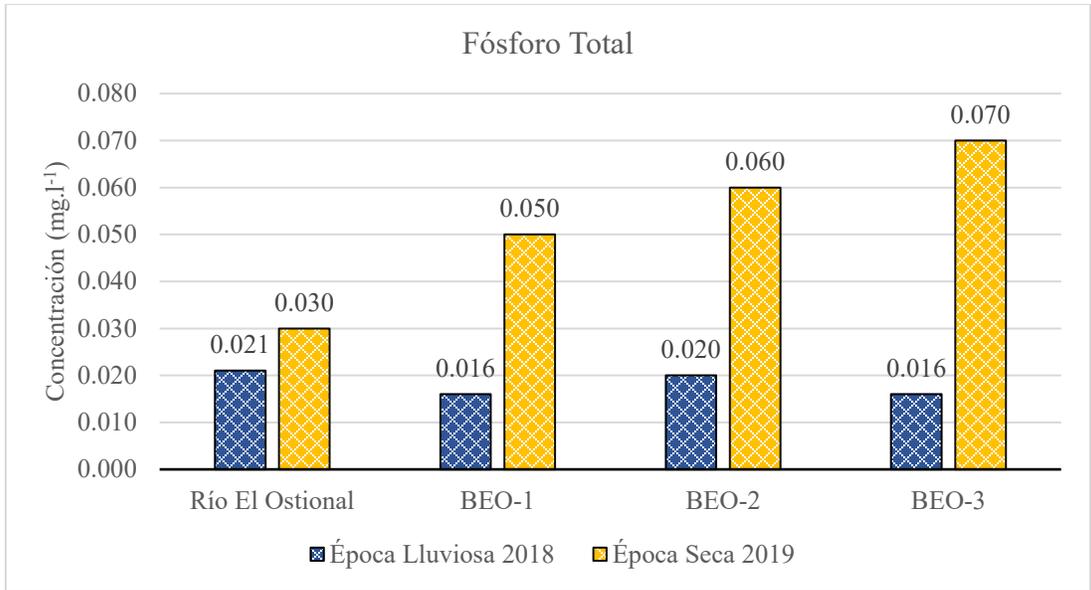
es producto del crecimiento de biomasa algal y cianobacterias.

Los resultados de Fósforo Reactivo Disuelto (PRD) obtenidos en los muestreos revelan que durante la época seca y la época lluviosa, los puntos analizados no presentaron concentraciones mayores al límite de detección (0.016 mg.l<sup>-1</sup>) del método utilizado en el ensayo de laboratorio (Tabla 2).

**Tabla 2.** Resultados analíticos obtenidos en las dos campañas de muestreo.

| Puntos de Muestreo  |                 | Fósforo Total         | Fósforo Reactivo Disuelto | Sílice                | Nitrógeno Total       | Nitrógeno Total Disuelto | Amonio                |
|---------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
|                     |                 | (mg.l <sup>-1</sup> ) | (mg.l <sup>-1</sup> )     | (mg.l <sup>-1</sup> ) | (mg.l <sup>-1</sup> ) | (mg.l <sup>-1</sup> )    | (mg.l <sup>-1</sup> ) |
| Época Lluviosa 2018 | Río El Ostional | 0.021                 | < 0.016                   | 35.680                | 0.962                 | 0.365                    | 0.016                 |
|                     | BEO-1           | < 0.016               | < 0.016                   | < 0.150               | 1.859                 | 0.181                    | 0.030                 |
|                     | BEO-2           | 0,020                 | < 0.016                   | < 0.150               | 6.054                 | 1.859                    | 0.036                 |
|                     | BEO-3           | < 0.016               | < 0.016                   | < 0.150               | 6.054                 | 1.859                    | 0.026                 |
|                     | Promedio        | 0.018                 | 0.016                     | 9.033                 | 3.732                 | 1.066                    | 0.027                 |
|                     | DS              | 0.003                 | 0.000                     | 17.765                | 2.706                 | 0.919                    | 0.008                 |
|                     | Máximo          | 0.021                 | 0.016                     | 26.798                | 6.438                 | 1.985                    | 0.035                 |
|                     | Mínimo          | 0.015                 | 0.016                     | 8.733                 | 1.026                 | 0.147                    | 0.019                 |
|                     | CV              | 16.340                | 0.000                     | 196.679               | 72.498                | 86.187                   | 31.135                |
| Época Seca 2019     | Río El Ostional | 0.030                 | < 0.016                   | 34.780                | 0.299                 | 0.140                    | 0.014                 |
|                     | BEO-1           | 0.050                 | < 0.016                   | 0.360                 | 1.183                 | 0.280                    | 0.031                 |
|                     | BEO-2           | 0.060                 | < 0.016                   | 0.280                 | 1.404                 | 0.280                    | 0.039                 |
|                     | BEO-3           | 0.070                 | < 0.016                   | 0.210                 | 1.401                 | 0.561                    | 0.040                 |
|                     | Promedio        | 0.053                 | 0.016                     | 8.908                 | 1.072                 | 0.315                    | 0.031                 |
|                     | DS              | 0.017                 | 0.000                     | 17.248                | 0.525                 | 0.177                    | 0.012                 |
|                     | Máximo          | 0.070                 | 0.016                     | 26.156                | 1.597                 | 0.492                    | 0.043                 |
|                     | Mínimo          | 0.035                 | 0.016                     | -8.341                | 0.546                 | 0.139                    | 0.019                 |
| CV                  | 32.530          | 0.000                 | 193.640                   | 49.030                | 56.027                | 38.799                   |                       |

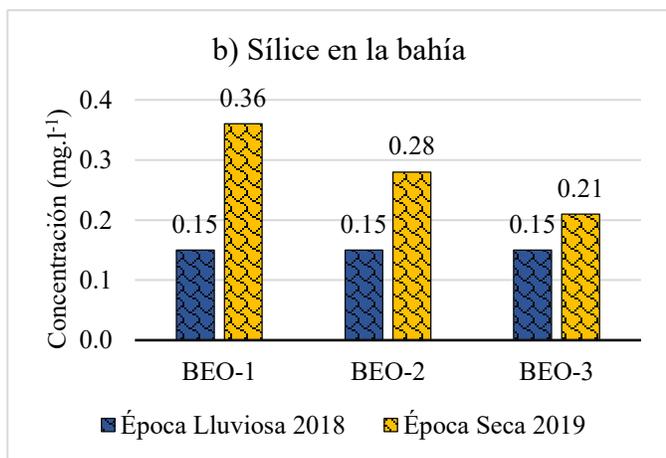
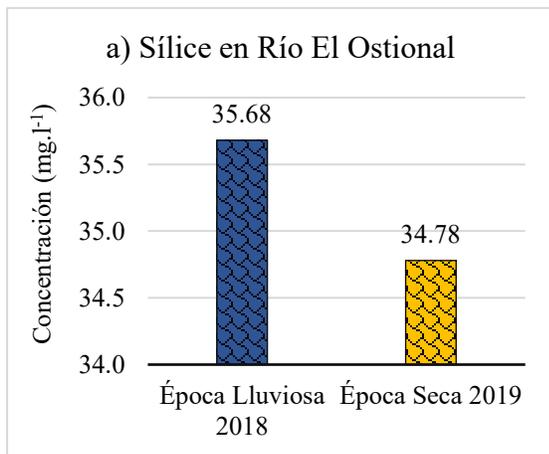
sd= sin dato ; DS= desviación estándar ; CV= coeficiente de variación



**Figura 7.** Concentraciones de Fósforo Total en El Ostional en época lluviosa y época seca.

Los resultados de sílice reactiva disuelta obtenidos en los muestreos revelan que el punto Río El Ostional presenta la mayor concentración de durante la época lluviosa (35.68 mg.l<sup>-1</sup>) y la mayor concentración

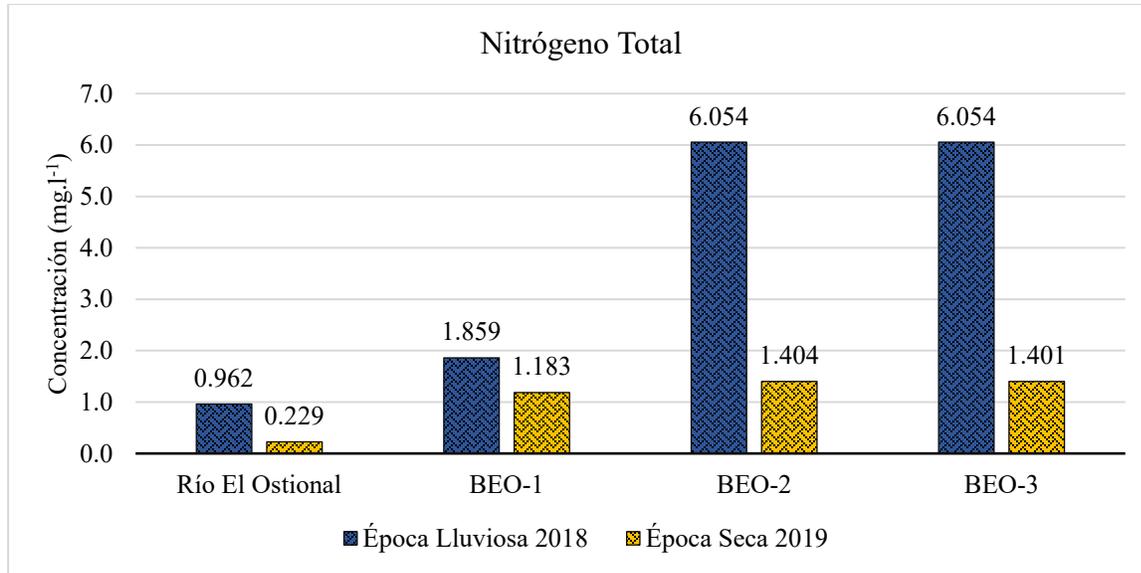
(34.78 mg.l<sup>-1</sup>) durante la época seca (Fig. 8a), comparado con los demás puntos de muestreo; dado que la fuente principal de sílice son los ríos producto de la erosión de las rocas en tierra (Fig.8).



**Figura 8.** Concentraciones de Sílice Reactiva Disuelta en El Ostional en época lluviosa y época seca.

Los resultados de nitrógeno total obtenidos en los muestreos revelan que el punto BEO-2 y BEO-3 presentan las mayores concentraciones de 6.054 mg.l<sup>-1</sup> respectivamente durante la época lluviosa, cuya causa principal pueda ser atribuida a la incorporación del N<sub>2</sub> atmosférico en las

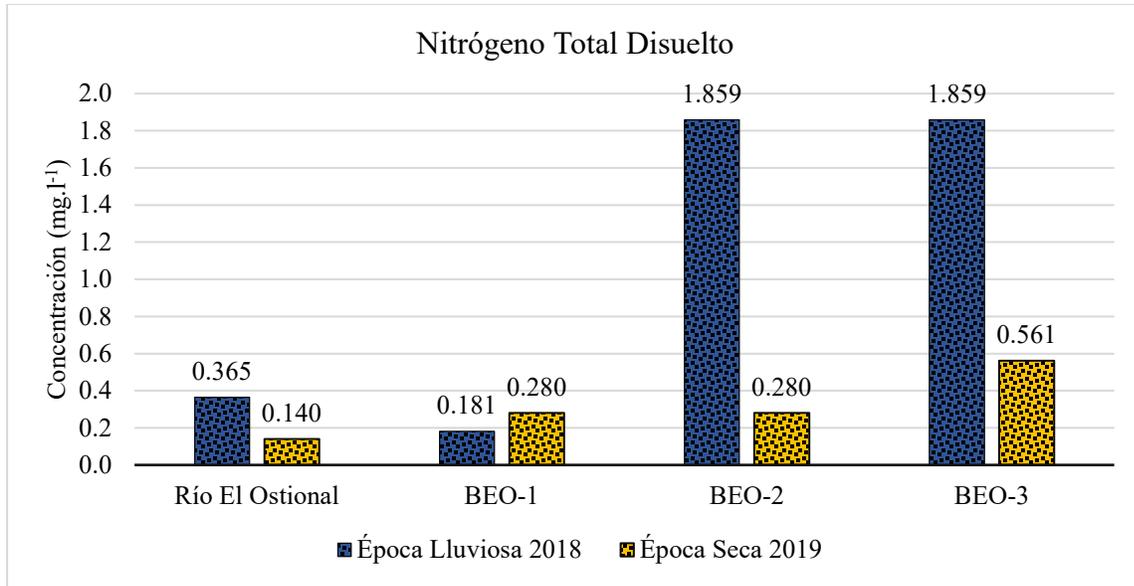
precipitaciones y el punto BEO-1 presenta la mayor concentración de 1.826 mg.l<sup>-1</sup> durante la época seca, siendo esta la zona en que se puedan presentar las surgencias por efectos de las corrientes y de la temperatura (Cifuentes Lemus y otros, 1997) (Fig.9).



**Figura 9.** Concentraciones de Nitrógeno Total en El Ostional en época lluviosa y época seca.

Los resultados de nitrógeno total disuelto obtenidos en los muestreos revelan que el punto BEO-2 y BEO-3 presentan las mayores concentraciones de 1.859 mg.l<sup>-1</sup> respectivamente durante la época lluviosa y el punto BEO-3 presenta la mayor

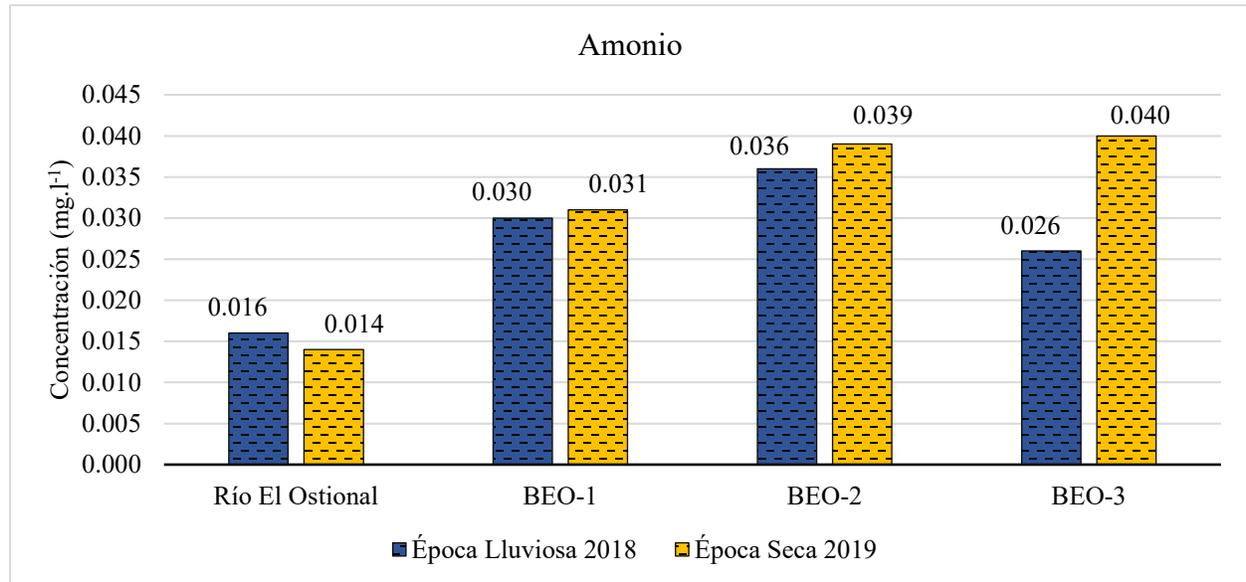
concentración de 0.561 mg.l<sup>-1</sup> durante la época seca (Fig.10), esto puede originarse por las bacterias nitrificantes para incorporar el nitrógeno soluble al fitoplancton (Paparazzo, 2011).



**Figura 10.** Concentraciones de Nitrógeno Total Disuelto en El Ostional en época lluviosa y época seca.

Los resultados de amonio obtenidos en los muestreos revelan que el punto BEO-3 presenta la mayor concentración (0.040 mg.l<sup>-1</sup>) durante la época seca y el punto BEO-2 presenta la mayor concentración (0.036 mg.l<sup>-1</sup>) durante la época lluviosa (Fig.11). En estos puntos la acción directa de las bacterias

podrían ser las causantes del aporte de amonio en relación a los demás puntos por la utilización de éste en sus procesos metabólicos y regeneración de la materia orgánica dentro de la zona eufótica (Paparazzo, 2011).



**Figura 11.** Concentraciones de Amonio en El Ostional en época lluviosa y época seca.

## DISCUSIÓN

El punto de muestreo Río El Ostional aporta mayores concentraciones de nutrientes durante la época lluviosa principalmente  $\text{SiO}_2$ , NT, NTD y  $\text{NH}_4$  como fuente de alimentación estuarina y marina (Ecoportal, 2009) producto de la mineralización de las rocas y la descomposición de la materia orgánica, las que son transportadas por el río hacia la bahía, incidiendo en las variaciones de pH en el agua y favoreciendo en este caso a la formación de carbonatos que reaccionan con el agua formando iones hidroxilo dando al océano un pH alcalino con un valor de 8.25 necesarios para construir conchas y demás estructuras rígidas para los moluscos y los corales (Pérez, 2016). En cambio, durante la época seca se presenta mayor aporte de fósforo total por la producción de biomasa en la fotosíntesis de las algas (Quítral R. et al., 2012), por la re-suspensión del sedimento proveniente de la zona del manglar y la degradación de la materia orgánica. En los puntos seleccionados en la bahía se determinó que las mayores concentraciones de nutrientes presentes en la columna de agua durante la época seca fueron en el punto de muestreo BEO-3, como: FT, NTD y  $\text{NH}_4$ .

En correlación con los valores obtenidos en campo, este punto presenta bajas temperaturas ( $25.1\text{ }^\circ\text{C}$ ) y mayor salinidad (38 ‰) las que están estrechamente relacionadas con la solubilidad de los nutrientes; la penetración de la luz solar (4.8 m disco Secchi) para el establecimiento de la zona fótica, en donde se presentan los florecimientos algales, crecimiento en biomasa del fitoplancton y la mayor acción de bacterias en los proceso de nitrificación, siendo el nitrógeno y sus fracciones como los nutrientes limitantes (Osorto-Nuñez et al., 2023).

Las condiciones antes mencionadas favorecen a los altas concentraciones de nutrientes en el agua, de la que pueden disponer las ostras para su desarrollo (Puyana, 1995), en este punto de muestreo la ocurrencia de un mejor transporte de nutrientes desde el fondo y los provenientes de las escorrentías a través del Río El Ostional favorecen las condiciones para el desarrollo de la ostricultura de forma satisfactoria para los intereses de los miembros de la cooperativa dedicados a este rubro. Las mayores concentraciones de nutrientes durante la época lluviosa fueron determinadas en el punto de muestreo BEO-2, como: FT, NT, NTD y  $\text{NH}_4$ . Debido a que durante las lluvias hay mayor transporte de nutrientes aportado por el río, por la re-suspensión de nutrientes depositado en el fondo de las zonas someras de la línea de costa y mejor oxigenación en la columna de agua por la dinámica del viento sobre las olas. Estas características en la disponibilidad de los nutrientes en las aguas para el desarrollo de la ostricultura están condicionadas por los regímenes de precipitaciones, el caudal del río y los niveles de contaminación de origen alóctono que puedan ser descargados a la bahía (Díaz, 2021).

La determinación de la zona fótica en la bahía tanto en los puntos de muestreo BEO-2 y BEO-3 en los dos periodos estacionales en que se realizaron los muestreos revelan el comportamiento de los florecimientos algales y del plancton, las surgencias en estos puntos sugieren mejores niveles de oxigenación, temperatura y salinidades que favorezcan al intercambio iónico de los gases y sales disueltas que la biota requiere para sus procesos metabólicos (Sapag, 2020).

## CONCLUSIONES

Se logró determinar las condiciones físicas y químicas de nutrientes presentes en las aguas de la bahía de El Ostional, para la identificación de las zonas de cultivo que presentan condiciones favorables para el desarrollo del ostión de roca de forma artesanal por la cooperativa de mujeres para su aprovechamiento comercial. Los puntos BEO-2 y BEO-3 son considerados los sitios con mejor disponibilidad de nutrientes y mejores condiciones físicas para el mejor desarrollo de las ostras en todo su ciclo de vida, puesto que es un ecosistema adecuado como zona de conservación de especies, viable para la implementación de actividades que potencien de forma sostenible la obtención de alimentos provenientes del mar y como fuente económica para los comunitarios de la zona.

## Referencias

Academia Lab. (2025). *Academia Lab*.  
<https://academia-lab.com/enciclopedia/recoleccion-automatizada-por-vacio/>

APHA. (2012). *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. Washington, D.C.: American Public Health Association.

Barrera-Escorcia, G., Wong-Chang, I., & Fernández-Rendón, C. L. (2014). Ostión del Golfo de México. Aspectos que afectan su calidad, sobrevivencia y aprovechamiento como recurso. *ResearchGate*, 621-640. <https://doi.org/978-607-7887-71-3>

Betanzos-Vega, A., Mazón-Suástegui, J., Tello-Cetina, J., Tordecillas-Guillén, J., & Burelo-García, M. (2020). Variaciones y disminución en la

producción de ostión (*Crassostrea* spp.) al suroccidente de Cuba: Factores ambientales y manejo pesquero. *Revista Bio Ciencias*, 7. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e957>

Cerda, M., Knoppers, B., & Valdés, J. (2010). Variación espacial y temporal de las masas de agua, nutrientes y sedimentación de la materia orgánica e inorgánica en la bahía Mejillones del sur (23° S), Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 83, 409-420.

Cifuentes Lemus, J. L., Torres García, M. d., & Frías M., M. (1997). *El océano y sus recursos. Las ciencias del mar: oceanografía geológica y oceanografía química*. México.

Coscyt. (3 de marzo de 2025). *Resonancia Científica*. <https://resonanciacientifica.coscyt.mx/ciencia/ciencias-naturales/estrategias-de-alimentacion-del-fitoplancton-marino/>

Crumpton, W. T. (1992). Nitrate and organic N analyses with second-derivate spectroscopy. En A. f. *Oceanography, Limnology and Oceanography* (págs. 907-913). Iowa: Wiley.

Díaz, A. R. (2021). Influencia del manglar en la reducción de inundaciones y erosión en la provincia de Montecristi, República Dominicana. Turrialba, Costa Rica.

- Ecoportal. (21 de mayo de 2009). *Ecoportal.net*.  
[https://www.ecoportal.net/temas-especiales/biodiversidad/la\\_importancia\\_de\\_los\\_manglares/](https://www.ecoportal.net/temas-especiales/biodiversidad/la_importancia_de_los_manglares/)
- Graco, M. I., Ledesma, J., & Flores, G. (2007). Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú. *Revista Perú Biología*, 14(1), 117-128.
- Hernández Ayón, J. M., Zirino, A., & Marinone, S. G. (2003). Relación pH-densidad en el agua de mar. *Ciencias Marinas*, 29(4), 497-508.
- INIDE. (2008). *San Juan del Sur en Cifras*. Managua.
- MARENA. (2011). *Biodiversidad Marino-Costera de Nicaragua, (potencialidades de los ecosistemas)*. Managua: MARENA.
- Osorto-Nuñez, M. H., Martínez Rodríguez, D., & Merlo Rodríguez, V. (2023). Evaluación de la calidad de agua mediante un análisis multivariante en los esteros del golfo de Fonseca, Honduras. *Invemar*, 52(1), 65-92.
- Paparazzo, F. E. (2011). *Distribución espacio-temporal de nutrientes en el Mar Argentino, Pasaje Drake y Península Antártica. Tasa de incorporación por fitoplancton*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Paso Pacifico. (8 de marzo de 2014). *Paso Pacifico*. pasopacifico.org:  
<https://pasopacifico.org/es/a-womens-cooperative-oyster-farm/>
- Pérez, I. M. (2016). *Agua, pH y equilibrio químico: entendiendo el efecto del dióxido de carbono en la acidificación de los océanos*. Oficina de Enlace de Comunicación Social de la sems.
- Puyana, M. (1995). Aspectos biológicos y ecológicos de *Mytilopsis Salliei* (recluz1849) (bivalvia: dreissenidae) en bancos de ostra de la Ciénaga Grande de Santa Marta, caribe colombiano. *Invemar*, 24, 39-53.
- Quitral R., V., Morales G., C., Sepúlveda L., M., & Schwartz M., M. (2012). Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *SciELO*, 39(4), 196-202.  
<https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v39n4/art14.pdf>
- Sapag, C. (28 de octubre de 2020). *Oceana*.  
<https://chile.oceana.org/blog/que-es-la-surgencia/>
- Solís, C. C. (2011). Propuesta de vivienda Bioclimática sostenible para el centro poblado El Ostional, en Nicaragua. *Repositorio UCA*, 16.