



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ**

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y RESPIRACIÓN FITOPLANCTÓNICA
EN EL ÁREA ROCOSA CORALINA "BAJO SANTA MARTHA"**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

MANEJO SOSTENIBLE DE RECURSOS NATURALES

PREVIO AL TÍTULO DE

BIÓLOGO MARINO

AUTOR

ARIEL SEBASTIÁN ACOSTA PÉREZ

TUTOR

GABRIEL MODESTO DURÁN COBO. M.SC.

**BAHÍA DE CARÁQUEZ – MANABÍ – ECUADOR
JUNIO 2024**

Certificación

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Gabriel Modesto Durán Cobo, *M. Sc.*

Director del trabajo de titulación

CI: 0928838143

Aprobación del tribunal

El jurado examinador, aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Evelyn Arias Cedeño, *M. Sc.*

Primera Lectora

Francisco Pozo Miranda, *M. Sc.*

Segundo Lector

Gabriel Modesto Durán Cobo, *M. Sc.*

Tercer Lector

Bahía de Caráquez, junio de 2024

Declaración de originalidad

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Ariel Sebastián Acosta Pérez

CI: 1723501159

Teléfono: 0980229329

aacosta1159@pucesm.edu.ec

Declaración de derechos de autor y co-autoría

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Ariel Sebastián Acosta Pérez

CI: 1723501159

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a Mónica y Guillermo, mis padres, quienes siempre me han apoyado y dado su amor incondicional, quienes me han entregado todo y más. Para mi hermano, Eduardo Mateo Acosta Pérez (†), vivirás eternamente en mi mente, corazón, alma, y en cada espacio que compartimos, te amo para siempre ñaño. Y a mis profesores y administrativos que me han enseñado y guiado por esto que me apasiona.

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a mis padres por empujarme en cada momento de la carrera y la vida, jamás acabaré de agradecerles por todo lo que han hecho por mí; a mi hermano por siempre recibirme al llegar a mi ciudad, por tenernos siempre y para siempre, discúlpame por no darte esto hace tanto tiempo, te amo Mateo. A mis mascotas por escucharme en silencio, a Raúl y su familia por ser mi segundo hogar, a Pamela, Kristell y Robert por enseñarme el valor de la amistad, a todos mis amigos por siempre hacer ameno el tiempo fuera de mi hogar y vivir tantas experiencias, a mi novia por ser mi apoyo incondicional, a mis profesores por darme tanto conocimiento que me llena, a la música por siempre sostenerme, conectarme y recordarme quien soy, y a la vida por todo lo vivido.

Resumen

Los autótrofos parten la base de las redes tróficas marinas. Con el fin de evaluar el metabolismo energético del área rocosa coralina "Bajo Santa Martha" (BSM) en Manabí, Ecuador, se caracterizando el área de estudio y su relación con el metabolismo fitoplanctónico, analizando la productividad primaria neta (PPN), productividad primaria bruta (PPB) y respiración (R) plantónica durante los meses de agosto y octubre de 2022. Se realizaron dos muestreos en tres puntos del BSM, mediante el método de botellas claras (BC) para medir la producción de oxígeno, y oscuras (BO) para la respiración, junto a la determinación de turbidez, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura, amonio total, nitritos, nitratos y fosfatos. Se comparó PPB y PPN contra R, por separado, obteniendo su media; para determinar diferencias significativas entre los meses de muestreo se aplicó la prueba *T de Student* para muestras pareadas ($\alpha < 0,05$). Los resultados indicaron que las variables fisicoquímicas, exceptuando la temperatura, variaron entre ambos meses; los valores de PPB y PPN durante el mes de agosto fueron significativamente superiores a los de octubre, mientras R en ambos muestreos fue superior a PPB provocando valores negativos de PPN, concluyendo que el metabolismo energético del BSM está en riesgo o estado de desequilibrio, probablemente por el excesivo aporte de materia orgánica y sólidos suspendidos a través del río Chone, cuya desembocadura está cinco kilómetros al frente, por lo cual, se sugieren estudios posteriores que analicen más variables relacionadas con la productividad primaria de un ecosistema como el BSM.

Palabras clave: producción primaria fitoplanctónica, metabolismo, oxígeno disuelto, respiración, Bajo Santa Martha

Abstract

Autotrophs form the base of marine food webs. To evaluate the energy metabolism of the rocky coral reef area "Bajo Santa Martha" (BSM) in Manabí, Ecuador, the study area was characterized and its relationship with phytoplankton metabolism was analyzed. Net primary productivity (NPP), gross primary productivity (GPP), and planktonic respiration (R) were analyzed during the months of August and October 2022. Two samplings were conducted at three points in the BSM using the light bottle (BC) method to measure oxygen production and dark bottle (BO) method for respiration, along with the determination of turbidity, pH, salinity, dissolved oxygen, temperature, total ammonia, nitrites, nitrates, and phosphates. GPP and NPP were compared against R, separately, obtaining their mean; to determine significant differences between the sampling months, the Student's Ttest for paired samples was applied ($\alpha < 0.05$). The results indicated that the physicochemical variables, except for temperature, varied between both months; the values of GPP and NPP during the month of August were significantly higher than those of October, while R in both samplings was higher than GPP causing negative NPP values, concluding that the energy metabolism of the BSM is at risk or in a state of imbalance, probably due to the excessive input of organic matter and suspended solids through the Chone River, whose mouth is five kilometers ahead. Therefore, further studies are suggested to analyze more variables related to the primary productivity of an ecosystem such as the BSM.

Keywords: phytoplanktonic primary production, metabolism, dissolved oxygen, respiration, Bajo Santa Martha

Tabla de contenido

Introducción.....	13
Metodología.....	16
Área de estudio	16
Fase de campo	17
Obtención de muestras.....	18
Incubación	18
Registro de variables	19
Fase de laboratorio.....	19
Determinación de oxígeno disuelto	19
Determinación de nutrientes	20
Análisis de datos	20
Determinación de la producción primaria neta.....	20
Cálculo de gas carbónico fijado.....	21
Análisis estadístico	22
Resultados.....	23
Variables fisicoquímicas.....	23
Productividad primaria bruta (PPB), respiración (R) y productividad primaria neta (PPN)	24
Producción primaria bruta	25
Respiración (R).....	28
Producción primaria neta.....	30
Discusión	33
Conclusiones.....	37
Bibliografía.....	39

Índice de tablas

Tabla 1. Valores presentados por las variables fisicoquímicas del agua durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.	23
Tabla 2. Valores promedio de las variables fisicoquímicas medidas durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.	24
Tabla 3. Valores de PPB, R y PPN en $\text{g CL}^{-1}\text{h}^{-1}$ calculados durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.	25
Tabla 4. Valores promedio de PPB expresados en $\text{g CL}^{-1}\text{h}^{-1}$, calculados durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.	26
Tabla 5. Valores promedio de Respiración expresados en $\text{g CL}^{-1}\text{h}^{-1}$, calculados durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.....	29
Tabla 6. Valores promedio de PPN expresados en $\text{g CL}^{-1}\text{h}^{-1}$, calculados durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.	31

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del BSM, marcadas en color rojo. Editado con Qgis.....	17
Figura 2. Comparación de los valores promedio de PPB entre los meses de agosto y octubre en el BSM, en las estaciones 1, 2 y 3.	26
Figura 3. Comparación entre los promedios de PPB y R en las estaciones 1, 2 y 3 durante el mes de agosto en el BSM.	27
Figura 4. Comparación entre los promedios de PPB y R en las estaciones 1, 2 y 3 durante el mes de octubre en el BSM.	28
Figura 5. Comparación de los valores promedio de R entre los meses de agosto y octubre en el BSM, en las estaciones 1, 2 y 3.	29
Figura 6. Comparación de los valores promedio PPN entre los meses de agosto y octubre en el BSM, en las estaciones 1, 2 y 3.	30
Figura 7. Comparación entre los promedios de PPN y R en las estaciones 1, 2 y 3 durante el mes de agosto en el BSM.	32
Figura 8. Comparación entre los promedios de PPN y R en las estaciones 1, 2 y 3 durante el mes de octubre en el BSM.	32

Introducción

Los ecosistemas marinos cubren aproximadamente tres cuartas partes del planeta y son de suma importancia dentro del ciclo del carbono. El ciclo del carbono comprende el conjunto de procesos bioquímicos que se encargan de la transferencia de energía a través de rutas específicas atmósfera-océanos, su equilibrio es fundamental para el funcionamiento y balance de los ecosistemas, ya que se encarga de controlar el aumento de dióxido de carbono atmosférico en estado gaseoso (Costas & Rodas, 2011; Norzagaray-López et al., 2019).

Ñáñez, (2003) menciona que se ha dado un aumento exponencial de CO₂ desde principios del siglo XX a causa de la actividad antropogénica, acelerando el cambio climático, así como la afección a los océanos y sus ecosistemas.

De los ecosistemas marino-costeros podemos destacar los arrecifes coralinos, los cuales están presentes en pocos países del mundo, y en su mayoría entre los trópicos de cáncer y capricornio. Estos están formados por estructuras tridimensionales complejas a partir de carbonato de calcio, las cuales son producidas por diversos organismos formando un exoesqueleto, que en conjunto forman un arrecife (Norzagaray-López et al., 2019; Upegui-Jorge, 2020).

Su importancia radica en que brindan varios servicios ambientales y ecosistémicos, tales como la protección contra la erosión de las costas, son áreas de crianza de organismos marinos, fungen como fuente de alimentación (por su alta riqueza biológica), y son un elemento importante en el ciclo de carbono. Estos ecosistemas producen una gran cantidad de carbono orgánico el cual es transferido a lo largo de los diferentes niveles tróficos (Norzagaray-López et al., 2019; Upegui-Jorge, 2020).

A pesar de su importancia en la actualidad las áreas coralinas se encuentran amenazadas debido a la gran influencia de actividades antropogénicas, al igual que se ven influenciadas por impactos directos (pesca, sedimentación, turismo) e indirectos (aporte excesivo de nutrientes de cultivos y susceptibilidad a enfermedades) produciendo afecciones irreparables (Costas & Rodas, 2011; Reyes-Bonilla et al., 2014).

Costas & Rodas, (2011) advierten que la influencia del calentamiento global podría aportar al aumento en la temperatura en los océanos, implicando una disminución en el pH y la acidificación del medio, lo que podría desatar cambios en la fijación de carbono y por ende viéndose afectadas las redes tróficas.

Upegui, (2020) destaca la alta diversidad de los arrecifes y áreas coralinas al guardar relación con manglares, pastos marinos, entre más ecosistemas, por ende, se producen interacciones entre comunidades de organismos de diferentes niveles tróficos produciendo intercambios de materia y energía.

Entre dichas comunidades encontramos al fitoplancton, microorganismos autótrofos que son el soporte energético de todas las tramas tróficas acuáticas y se encargan de captar alrededor de 50 mil millones de toneladas métricas de carbono inorgánico a través de la fotosíntesis, convirtiéndolo en materia orgánica, cumpliendo un rol crucial dentro del ciclo del carbono (Maldonado-Durán et al., 2021; Pérez-Castresana et al., 2014; Upegui-Jorge, 2020).

A esta fijación de carbono inorgánico se la conoce como producción primaria fitoplanctónica (PPF). La PPF es de suma importancia a nivel ecológico ya que es la base de las redes tróficas y su estudio nos puede ayudar a estimar la magnitud y dirección de los flujos de energía de los ecosistemas. Dentro de los sistemas acuáticos existen varios factores que influyen sobre la PPF, como la intensidad lumínica, la

cantidad de nutrientes, las propiedades físicas y químicas del agua, y biológicos como el estado fisiológico de las células, la biomasa fitoplanctónica, la composición de especies, la estructura de tallas y el pastoreo por parte del zooplancton. Aunado a estos factores también encontramos la influencia de descargas de los ríos, corrientes marinas y descargas antropogénicas (Granados-Martínez et al., 2011; Montecino & Pizarro, 2006; Rodríguez-Gómez et al., 2013).

Rodríguez, Aké y Campos (2013) mencionan que la productividad primaria requiere de balance el cual se alcanza mediante la respiración, al obtener la relación entre la productividad primaria y la respiración se determina si el área de estudio cumple la función de fuente o sumidero de carbono. A partir de la determinación de valores de oxígeno disuelto es esencial conocer los miligramos de gas carbónico, ya que esta molécula es el componente esencial del ciclo de carbono y por ende de los procesos que se producen en la cadena trófica.

El Bajo Santa Martha es un área coralina, ubicada dentro de la reserva marina Puerto Cabuyal – Punta San Clemente, la cual es una importante fuente de recursos pesqueros. A pesar de la importancia de esta zona existe falta de conocimiento y estudios relacionados a las especies que aquí habitan y se desarrollan, tanto a niveles macroscópicos como microscópicos; también de estudios que describan los factores fisicoquímicos y biológicos del ecosistema, que muestren la influencia de las diferentes actividades antropogénicas sobre el ecosistema, y de los procesos biológicos que aquí se desarrollan, como lo es el ciclo de carbono. Es por lo que surge esta investigación, para recolectar información acerca de la productividad primaria del fitoplancton, la relación que guarda junto a la respiración, y su variación influenciada por factores fisicoquímicos y biológicos.

Metodología

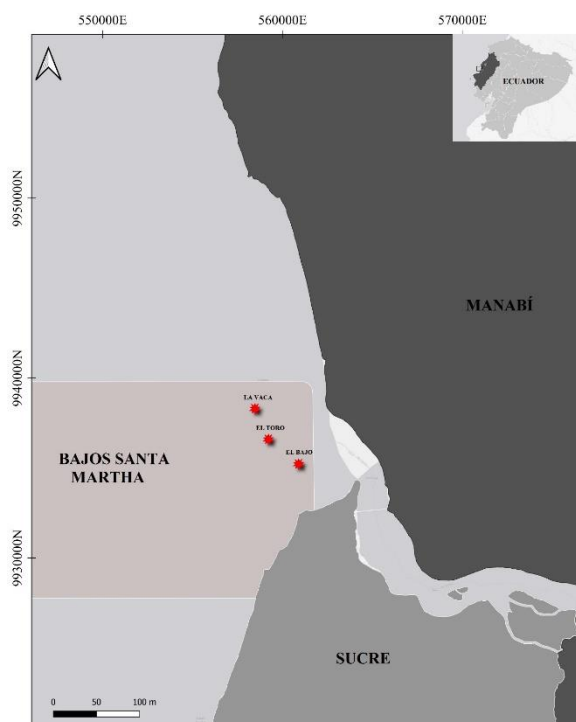
Área de estudio

El estudio se realizó en la zona del Bajo Santa Martha (BSM), localizado aproximadamente a 5 km de la costa de la ciudad de Bahía de Caráquez, provincia de Manabí, en las coordenadas a $00^{\circ}35'75''$ Latitud Sur, $80^{\circ}29'05''$ Longitud Oeste. Andino (2014) describe que el sitio cuenta con presencia de zonas rocosas, arenosas, en conjunto con grandes placas de piedra que se extienden a lo largo del bajo, aproximadamente a una milla náutica de la costa. Dentro de esta zona es importante resaltar las variaciones de profundidad debido a los cambios de la marea, en bajamar se encuentran lugares de hasta 2 m de profundidad, y en promedio una profundidad de entre 6 y 9 m.

Se establecieron tres estaciones de muestreo (figura 1) cercanas a formaciones coralinas dispuestas a lo largo del BSM en los puntos conocidos como “el Bajo” (estación 1), ubicado a $0^{\circ} 35' 07''S$ y $80^{\circ} 26' 46''O$, “el Toro” (estación 2) ubicado en $0^{\circ} 34' 33''S$ $80^{\circ} 27' 41''O$ y “la Vaca” (estación 3) ubicada en $0^{\circ} 33' 37''S$ y $80^{\circ} 28' 11''O$. Las estaciones fueron seleccionadas debido a que son zonas con alta disponibilidad de recursos pesqueros y de interés turístico según los pescadores artesanales que frecuentan el lugar.

Figura 1.

Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del BSM, marcadas en color rojo.



El estudio se dividió en dos fases, las cuales consistieron en la recolección de muestras en la zona de estudio; y en la lectura y análisis estadístico de datos de las muestras.

La metodología desarrollada partió de una compilación de técnicas de muestreos, análisis y estudio del fitoplancton propuestas por De La Parra & García-Alzate (2019), Granados Martínez et al. (2011), Montecino & Pizarro (2006), Robayo Martínez & Rodríguez León (2015), y Rodríguez-Gómez et al. (2013).

Fase de campo

Se realizaron tres salidas de campo a bordo de una embarcación tipo panga con el apoyo de pescadores artesanales de Bahía de Caráquez, la primera con fines exploratorios para el reconocimiento del área y la determinación de las estaciones de muestreo, en tanto que las salidas consecutivas se obtuvieron las muestras.

Obtención de muestras

La recolección de muestras se realizó durante los meses de agosto (M-1) y octubre (M-2) del 2022 durante la bajamar, determinada en la tabla de mareas del INOCAR, entre las 12h00 y 14h00 (INOCAR, 2022). Con la embarcación detenida se sumergieron individualmente botellas Winkler de 300 ml a aproximadamente 30 cm de profundidad, el llenado de las botellas fue gradual evitando así la formación de burbujas e ingreso de aire, con el fin de evitar la oxigenación artificial en las muestras. Previo al sellado con su respectivo tapón esmerilado se introdujo la sonda del oxigenómetro en cada una de las muestras para obtener el valor de oxígeno disuelto inicial en botella, posteriormente fueron selladas e incubadas.

Para la determinación de la PPF y la (R) se aplicó, por duplicado, el método de botellas claras y oscuras, introducido por Gaarden & Gran (1927); se colectaron cuatro muestras en cada una de las estaciones de muestreo, dos en botellas claras y dos en botellas oscurecidas mediante envoltura con papel aluminio, dando así un total de 12 muestras. Cada una de las botellas fue previamente etiquetada con un código relativo a la estación y tipo de botella.

A la par de la obtención de estas muestras, se colectaron muestras de agua superficial en recipientes plásticos sin volumen fijo, para la determinación de nutrientes disueltos.

Incubación

La incubación se realizó en una gaveta plástica transparente, previamente llenada con agua de mar suficiente para cubrir por completo las muestras, cuya temperatura fue de 25 °C, registrada con el termómetro integrado al oxigenómetro Hanna HI 9146, estas se mantuvieron a exposición de luz solar sin protección durante tres horas a partir de la recolección de las muestras. Esta fase de reposo se realiza con el

fin de que las muestras pasen por el proceso de fotosíntesis con exposición y ausencia de luz, así al comparar la producción de oxígeno en las botellas claras y oscuras se puede evaluar cuánto oxígeno se generó como resultado de la fotosíntesis.

Las muestras en incubación fueron trasladadas al laboratorio del campus Bahía de Caráquez de la Pontificia Universidad Católica, Sede Manabí, para su posterior análisis.

Registro de variables

Se determinó en cada estación la turbidez del agua con un Disco Secchi unido a una soga marcada cada $10\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$, el pH y la temperatura con un pHmetro Hanna HI 98128 cuyo rango de medición para pH es de -2.00 a 16.00 pH con una precisión ± 0.05 pH y para temperatura es de -5.0 a 60.0°C con una precisión $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$, la salinidad con un refractómetro Biomarine PCE-4582 calibrado en unidades de densidad de 1,000 a 1,070 g/ml y unidades de salinidad de 0 a 100 ppmil o g/L, con una precisión para salinidad es de ± 1 g/L, y el oxígeno disuelto con un oxigenómetro Hanna HI 9146 cuyo rango de medición es de 0.00 a 45.00 mg/L (ppm) con una precisión $\pm 0,01$ mg/L, el valor que se obtuvo de esta medición corresponde al oxígeno disuelto inicial en el agua superficial marina (C_0). A la par se colectaron muestras de agua de mar de cada una de las estaciones para determinar amonio, nitritos, nitratos, y fosfatos.

Fase de laboratorio

Determinación de oxígeno disuelto

Ya en el laboratorio, completado el periodo de incubación se procedió a medir el oxígeno disuelto de botellas claras y oscuras empleando el oxigenómetro Hanna HI 9146. Para ello se retiró el tapón esmerilado de cada una de las botellas en el orden de recolección, empezando por las muestras de la estación 1 y así consecutivamente. Habiendo retirado el tapón se introdujo la sonda del oxigenómetro en la botella así

obteniendo el valor de oxígeno disuelto final en botella. Los datos obtenidos fueron registrados en una base de datos junto con su código correspondiente.

Determinación de nutrientes

De igual forma se colectaron muestras de agua en recipientes plásticos para la determinación de valores de amonio, nitritos, nitratos, y fosfatos, utilizando el espectrofotómetro YSI 9300 en conjunto con los kits Palintest, realizando el análisis en base a la descripción del fabricante.

Análisis de datos

Determinación de la producción primaria neta

Con los valores de oxígeno disuelto inicial del agua superficial marina, y de oxígeno disuelto final en botellas claras y oscuras se calculó la tasa de respiración con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{C_0 - C_d}{\Delta t} \quad (4)$$

Donde:

R= Tasa de respiración

C₀= Concentración inicial de O₂ disuelto en el agua superficial marina

C_d= Concentración final de O₂ de la botella oscura

Δt= Tiempo de muestreo

Posteriormente para la PPB se utiliza la fórmula:

$$PPB = \frac{C_L - C_d}{\Delta t} \quad (5)$$

Donde:

PPB= Productividad primaria bruta

C_L= Concentración final de O₂ de la botella clara.

C_d= Concentración final de O₂ de la botella oscura

Δt = Tiempo de muestreo

Y por último se determina la PPN mediante la fórmula:

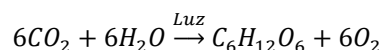
$$PPN = PPB - R \quad (6)$$

Posterior al cálculo de los valores de R, PPB y PPN en concentración de O₂ producido se transformaron a concentración de CO₂ fijado.

Cálculo de gas carbónico fijado

Posterior a la determinación de la productividad primaria neta (PPN), respiración (R) y productividad primaria bruta (PPB) se realizó el cálculo de CO₂ fijado a partir de O₂ disuelto, esto se realiza a través de la fórmula balanceada de la fotosíntesis y la respectiva relación estequiométrica molar entre el oxígeno generado y el gas carbónico consumido. De este modo los mg/L de oxígeno fueron transformados en g/L de carbono inorgánico fijados.

Se determina la relación estequiométrica molar (REM) de la ecuación de la fotosíntesis:



Determinada la REM como:

$$6 \text{ moles } CO_2 : 6 \text{ moles } O_2$$

$$REM = \frac{nCO_2}{nO_2} \quad (1)$$

Es decir, por 1 mol de O₂ producida equivale a 1 mol de CO₂ fijado.

Se calcula las moles (n) de O₂ producido a partir de la producción de oxígeno disuelto a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Moles producidas de } O_2 = \frac{\left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} O_2 \text{ producido} \times \frac{1\text{g}}{1000\text{mg}} \right)}{32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

Y finalmente, en este caso, para el cálculo de CO₂ fijados equivale a:

$$\text{Gramos de } CO_2 \text{ fijados} = \text{moles de } O_2 \text{ producido} \times 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

El resultado se expresa en g CL⁻¹h⁻¹.

Análisis estadístico

Se comparó la PPB contra R, y también la PPN contra R, por cada mes individualmente, determinando la media de estas comparaciones debido al tamaño de la muestra. Con los valores de PPB, R y PPN se realizó la prueba *T de Student* para muestras pareadas y así comprobar si existió diferencias significativas entre los meses de agosto y octubre, es decir que la diferencia se determinará a partir de las medias de los meses de muestreo, se comparará siendo $\alpha < 0,05$, y se realizará mediante el software de Microsoft Excel.

Resultados

Variables fisicoquímicas

La tabla 1 presenta los resultados de las variables de turbidez, color, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura, amonio total, nitritos, nitratos y fosfatos determinados durante los muestreos realizados en las estaciones “El bajo”, “El toro” y “La vaca” del BSM. Se destaca que, durante el primer muestreo, los valores de turbidez fueron inferiores a los registrados durante el segundo muestreo, también se destaca la tonalidad verdosa del agua durante el primer muestreo; por otro lado, tenemos el oxígeno disuelto que durante el primer muestreo mostró valores superiores a los determinados en el segundo muestreo. La temperatura presentó variaciones de $\pm 0,1$ °C durante el segundo muestreo. En cuanto a los nutrientes, a excepción de los nitritos, presentaron mucha variación entre los meses de muestreo.

Tabla 1.

Valores presentados por las variables fisicoquímicas del agua durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.

Variable	Estación 1 - El Bajo		Estación 2 - El toro		Estación 3 - La vaca	
	M-1	M-2	M-1	M-2	M-1	M-2
Turbidez (m de profundidad)	0,5	3,5	1,61	3,5	2,25	3,3
Color	Pardo verdoso	Turquesa	Verde	Turquesa	Azul verdoso	Turquesa
pH	7,67	8,07	7,89	8,09	7,95	8,12
Salinidad (g/L)	32	34	34	35	35	35
Oxígeno disuelto (mg/L)	6,24	3,95	6,79	3,35	6,91	3,1
Temperatura (°C)	25,8	24,9	23,4	24,7	25,3	24,8
Amonio total (mg/L)	1,9	8,5	4,5	10,7	3,2	8,5
Nitritos (mg/L)	0,1	0	0	0	0	0
Nitratos (mg/L)	30,3	8,3	46,4	6,2	49,4	8,9
Fosfatos (mg/L)	1,4	0,1	0,3	0,1	1,3	0,1

La tabla 2 presenta los valores promedio registrados de las variables fisicoquímicas muestreadas durante los meses de muestreo. El promedio de la temperatura superficial del agua fue de 24,8 °C durante ambos meses, el pH con valores de 7,8 y 8,1. La salinidad varió en 1 g/L de agosto a octubre. Las variables que presentaron más cambios fueron el oxígeno disuelto; que disminuyó en un 53,03% en octubre en comparación a agosto, al igual que el fosfato y nitrato que disminuyeron significativamente en el mes de octubre. El amonio aumentó durante el mes de octubre. El nitrito se mantuvo en cero durante los meses de muestreo. Y por último la turbidez paso de 1,45 a 3,43 m de profundidad.

Tabla 2.

Valores promedio de las variables fisicoquímicas medidas durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.

Variables fisicoquímicas	M-1	M-2
Turbidez (m)	1,45	3,43
pH	7,8	8,1
Salinidad (g/L)	33,7	34,7
Oxígeno disuelto (mg/L)	6,6	3,5
Temperatura (°C)	24,8	24,8
Amonio total (mg/L)	3,2	9,2
Nitrito (mg/L)	0	0
Nitrato (mg/L)	42	7,8
Fosfato (mg/L)	1	0,1

Productividad primaria bruta (PPB), respiración (R) y productividad primaria neta (PPN)

En la tabla 3 se presentan los valores de PPB, R y PPN en g CL⁻¹h⁻¹. Se muestra que en general los valores de CO₂ determinados como PPB oscilaron entre 4,12 x 10⁻⁰⁵ y

$3,48 \times 10^{-04}$; los valores de R oscilaron entre $2,89 \times 10^{-04}$ y $1,29 \times 10^{-03}$; se destaca que los valores de PPN fueron negativos.

Tabla 3.

Valores de PPB, R y PPN en g CL⁻¹h⁻¹ calculados durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.

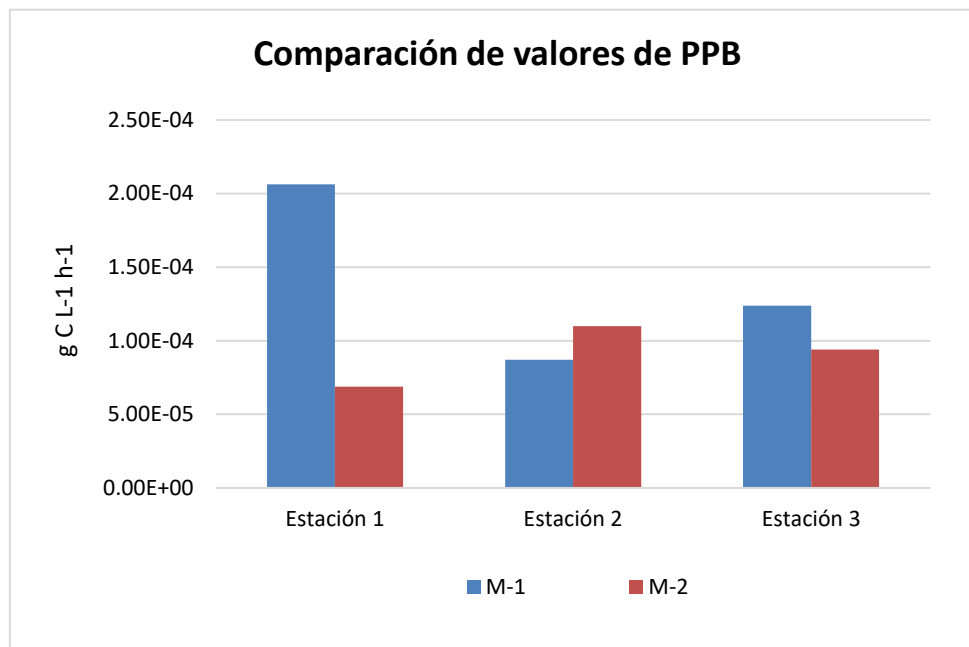
Muestreo	Estación	PPB	R	PPN
M-1	Estación 1	$6,42 \times 10^{-05}$	$5,45 \times 10^{-04}$	$-4,81 \times 10^{-04}$
		$3,48 \times 10^{-04}$	$8,62 \times 10^{-04}$	$-5,13 \times 10^{-04}$
	Estación 2	$1,33 \times 10^{-04}$	$1,16 \times 10^{-03}$	$-1,03 \times 10^{-03}$
		$4,12 \times 10^{-05}$	$1,13 \times 10^{-03}$	$-1,09 \times 10^{-03}$
	Estación 3	$1,19 \times 10^{-04}$	$1,28 \times 10^{-03}$	$-1,16 \times 10^{-03}$
		$1,28 \times 10^{-04}$	$1,29 \times 10^{-03}$	$-1,16 \times 10^{-03}$
M-2	Estación 1	$5,96 \times 10^{-05}$	$5,13 \times 10^{-04}$	$-4,54 \times 10^{-04}$
		$7,79 \times 10^{-05}$	$5,09 \times 10^{-04}$	$-4,31 \times 10^{-04}$
	Estación 2	$1,38 \times 10^{-04}$	$3,48 \times 10^{-04}$	$-2,11 \times 10^{-04}$
		$8,25 \times 10^{-05}$	$3,71 \times 10^{-04}$	$-2,89 \times 10^{-04}$
	Estación 3	$1,15 \times 10^{-04}$	$3,44 \times 10^{-04}$	$-2,29 \times 10^{-04}$
		$7,33 \times 10^{-05}$	$2,89 \times 10^{-04}$	$-2,15 \times 10^{-04}$

Producción primaria bruta

La figura 2 muestra que los valores medios de PPB fluctuaron entre los meses de muestreo, en las estaciones 1 y 3 durante M-1 los valores fueron mayores que en M-2, y en la estación 2 durante M-2 los valores fueron mayores que en M-1. En la estación 1 se determinó PPB de $2,06 \times 10^{-04}$ en M-1, entre tanto en M-2 fue de $8,71 \times 10^{-05}$; en la estación 2 en M-1 R fue de $8,71 \times 10^{-05}$, mientras que en M-2 fue de $1,10 \times 10^{-04}$; y en la estación 3 en M-1 fue de $1,24 \times 10^{-04}$, por otra parte, en M-2 fue de $9,40 \times 10^{-05}$.

Figura 2.

Comparación de los valores promedio de PPB entre los meses de agosto y octubre en el BSM, en las estaciones 1, 2 y 3.



La prueba *T de Student* indicó que la diferencia observada en los valores medios de PPB, determinados en los meses de agosto y octubre de 2.022 en el BSM, fueron no significativos al nivel $\alpha=0,05$ ($p<0,05$, tabla 4).

Tabla 4.

Valores promedio de PPB expresados en $g\ CL^{-1}h^{-1}$, calculados durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.

Muestreo	Estación	PPB
M-1	Estación 1	2,06 x 10 ⁻⁰⁴
	Estación 2	8,71 x 10 ⁻⁰⁵
	Estación 3	1,24 x 10 ⁻⁰⁴
M-2	Estación 1	6,87 x 10 ⁻⁰⁵
	Estación 2	1,10 x 10 ⁻⁰⁴
	Estación 3	9,40 x 10 ⁻⁰⁵

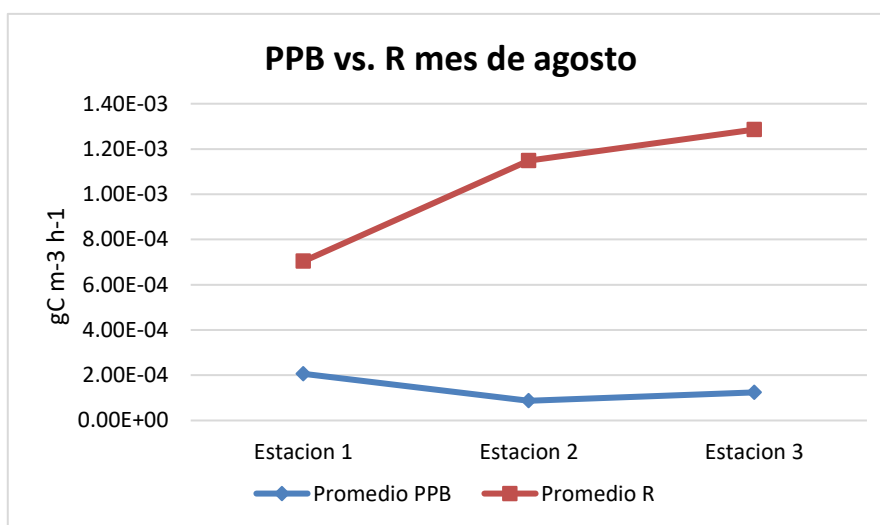
Producción primaria bruta y respiración

Durante el mes de agosto la media de R fue de $1,05 \times 10^{-3} \pm 1,18 \times 10^{-4} \text{ g CL}^{-1}\text{h}^{-1}$ y la PPB fue de $1,39 \times 10^{-4} \pm 4,45 \times 10^{-5} \text{ g CL}^{-1}\text{h}^{-1}$ (figura 7), y durante el mes de octubre la media de R fue de $3,96 \times 10^{-4} \pm 3,81 \times 10^{-5} \text{ g CL}^{-1}\text{h}^{-1}$ y la PPB fue de $9,09 \times 10^{-5} \pm 1,19 \times 10^{-5} \text{ g CL}^{-1}\text{h}^{-1}$ (figura 8); siendo R mayor a PPB.

La figura 3 muestra la comparación entre PPB y R en M-1, aquí se denota que ambas tienen una proporción inversa no uniforme; ya que a medida que crece R, decrece PPB, sin embargo, no lo hacen en igual medida, en este caso R incrementa más que lo que decrece PPB. Se destaca que R es mayor que PPB.

Figura 3.

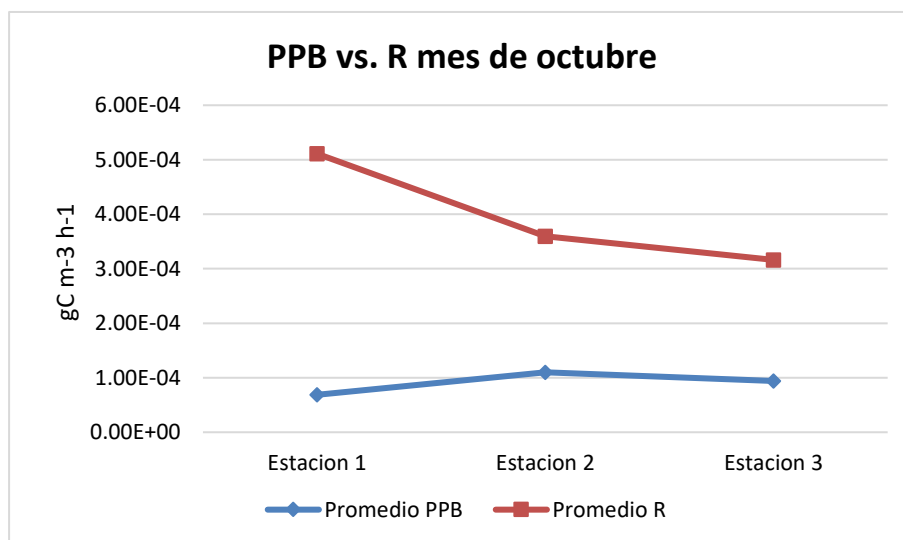
Comparación entre los promedios de PPB y R en las estaciones 1, 2 y 3 durante el mes de agosto en el BSM.



De igual forma la figura 4 denota una proporcionalidad inversa no uniforme. A diferencia de M-1, en M-2 los valores de R decrecieron, lo que resulta en el crecimiento de los valores de PPB. De igual forma que en la figura 3, la variable que más exhibe cambios es R, decreciendo más de lo que crece PPB. R es mayor que PPB.

Figura 4.

Comparación entre los promedios de PPB y R en las estaciones 1, 2 y 3 durante el mes de octubre en el BSM.

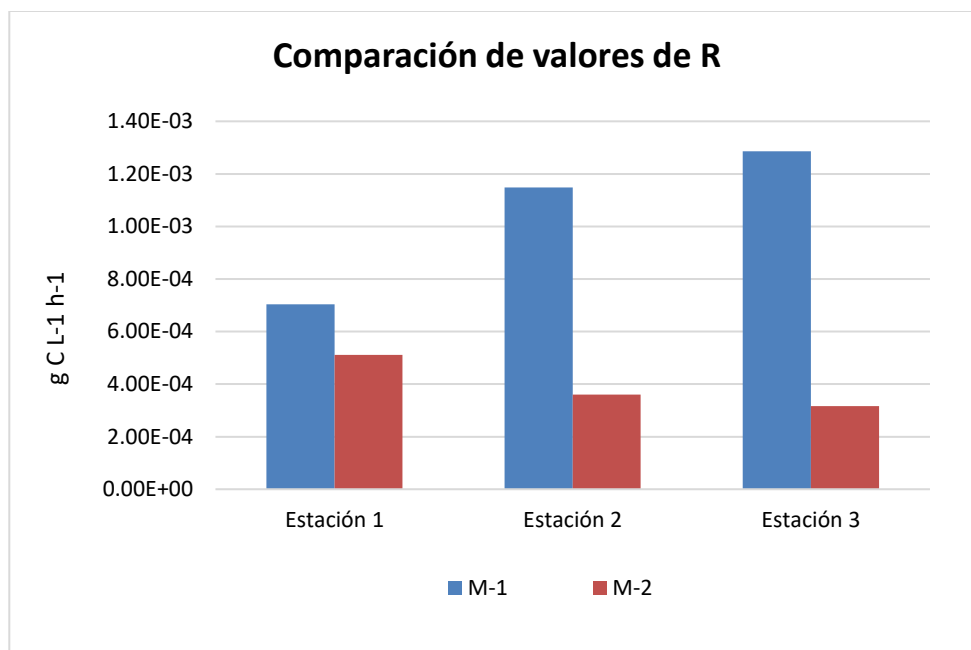


Respiración (R)

En la figura 5 se observa que los valores medios de R en las estaciones fueron mayores en M-1 que en M-2. En la estación 1 se determinó R de $7,04 \times 10^{-04}$ en M-1, mientras en M-2 fue de $5,11 \times 10^{-04}$; en la estación 2 en M-1 R fue de $1,15 \times 10^{-03}$, en tanto que en M-2 fue de $3,60 \times 10^{-04}$; y en la estación 3 en M-1 R fue de $1,29 \times 10^{-03}$, por otro lado, en M-2 fue de $3,16 \times 10^{-04}$.

Figura 5.

Comparación de los valores promedio de R entre los meses de agosto y octubre en el BSM, en las estaciones 1, 2 y 3.



La prueba *T de Student* indicó que la diferencia observada en los valores medios de R, determinados en los meses de agosto y octubre de 2.022 en el BSM, fue significativa al nivel $\alpha=0,05$ ($p<0,05$, tabla 5).

Tabla 5.

Valores promedio de Respiración expresados en g CL⁻¹h⁻¹, calculados durante los meses de agosto y octubre de 2 022 en el BSM.

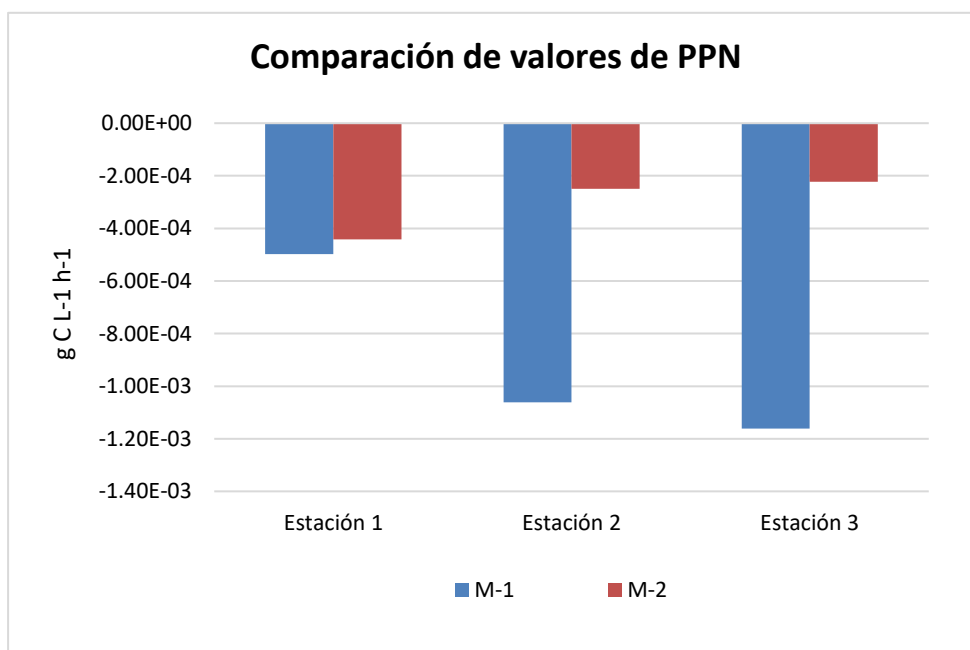
Muestreo	Estación	R
M-1	Estación 1	7,04 x 10 ⁻⁰⁴
	Estación 2	1,15 x 10 ⁻⁰³
	Estación 3	1,29 x 10 ⁻⁰³
M-2	Estación 1	5,11 x 10 ⁻⁰⁴
	Estación 2	3,60 x 10 ⁻⁰⁴
	Estación 3	3,16 x 10 ⁻⁰⁴

Producción primaria neta

En la figura 6 se observa que los valores medios de PPN en las tres estaciones fueron mayores en M-2 que en M-1, cabe destacar que todos los valores de PPN fueron negativos, por lo que mientras más cercanos al cero se encuentran son mayores. En la estación 1 se determinó PPN de $-4,97 \times 10^{-4}$ en M-1, por otro lado, en M-2 fue de $-4,42 \times 10^{-4}$; en la estación 2 en M-1 PPN fue de $-1,06 \times 10^{-3}$, y en M-2 fue de $-2,50 \times 10^{-4}$; y en la estación 3 en M-1 fue de $-1,16 \times 10^{-3}$, por su parte, en M-2 fue de $-2,22 \times 10^{-4}$. Aquí destacan los valores medios de la estación 2 y 3 en M-1, ya que son sumamente bajas en comparación a sus iguales durante M-2.

Figura 6.

Comparación de los valores promedio PPN entre los meses de agosto y octubre en el BSM, en las estaciones 1, 2 y 3.



La prueba *T de Student* indicó que la diferencia observada en los valores medios de PPN, determinados en los meses de agosto y octubre de 2.022 en el BSM, fue significativa al nivel $\alpha=0,05$ ($p<0,05$, tabla 6).

Tabla 6.

Valores promedio de PPN expresados en $g\ CL^{-1}h^{-1}$, calculados durante los meses de agosto y octubre de 2022 en el BSM.

Muestreo	Estación	PPN
M-1	Estación 1	$-4,97 \times 10^{-04}$
	Estación 2	$-1,06 \times 10^{-03}$
	Estación 3	$-1,16 \times 10^{-03}$
M-2	Estación 1	$-4,42 \times 10^{-04}$
	Estación 2	$-2,50 \times 10^{-04}$
	Estación 3	$-2,22 \times 10^{-04}$

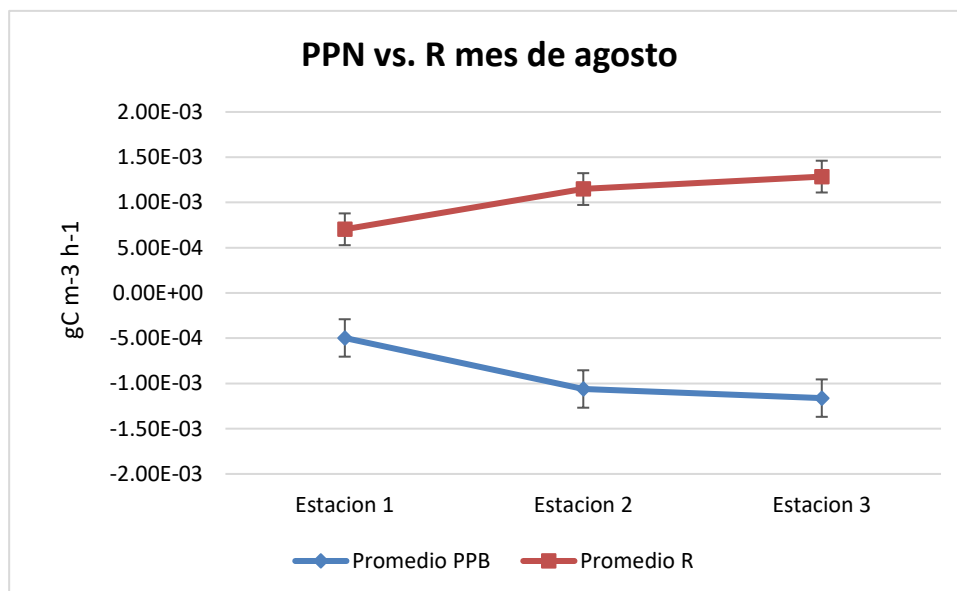
Producción primaria neta y respiración

Durante este estudio se determinó que la relación entre PPN y R es inversamente proporcional. Se encontró que durante el mes de agosto la media de R fue de $1,05^{-3} \pm 1,18^{-4} g\ C\ L^{-1}\ h^{-1}$, mientras que la PPN fue $-9,07^{-4} \pm 1,31^{-4} g\ C\ L^{-1}\ h^{-1}$ (figura 10), y durante el mes de octubre la media de R fue de $3,96^{-4} \pm 3,81^{-5} g\ C\ L^{-1}\ h^{-1}$, en tanto que la PPN fue de $-3,05^{-4} \pm 4,50^{-5} g\ C\ L^{-1}\ h^{-1}$ (figura 11).

La figura 7 muestra que durante M-1 -R- fue superior a PPN, si bien describe una proporcionalidad inversa no uniforme, sus valores son mayormente homogéneos. Se observa que a partir de la estación 2 -R- creció, por el contrario, PPN decreció a partir de la misma estación. Por otro lado, a pesar de no ser mayores, la variable que más exhibe cambios es PPB en comparación a R.

Figura 7.

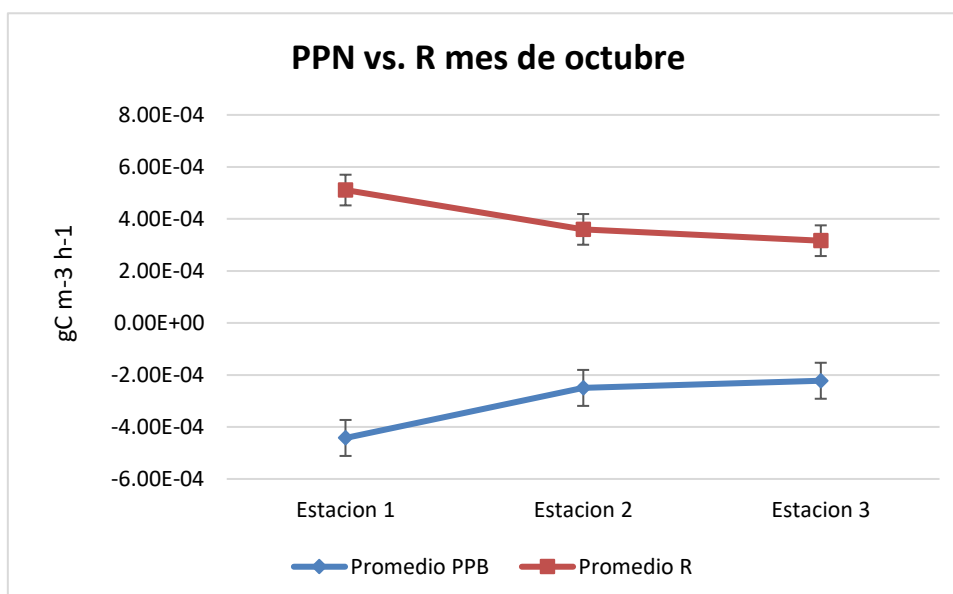
Comparación entre los promedios de PPN y R en las estaciones 1, 2 y 3 durante el mes de agosto en el BSM.



La figura 8 muestra que durante M-2 -R- fue superior a PPN, y al igual que en M-1 su proporcionalidad es inversa no uniforme con valores mayormente homogéneos. Sin embargo, aquí a partir de la estación 2 los valores de R decrecieron, y por otro lado a partir de la misma estación los valores de PPN crecieron. Al igual que en M-1, la variable que más exhibe cambios es PPB en comparación a R.

Figura 8.

Comparación entre los promedios de PPN y R en las estaciones 1, 2 y 3 durante el mes de octubre en el BSM.



Discusión

El fitoplancton forma la base de las redes tróficas relacionadas con cuerpos de agua, su estudio nos ayuda a conocer la salud y productividad del área de estudio, a identificar problemáticas relacionadas al manejo de desechos antropogénicos, al igual que guarda relación con el ciclo del carbono al encargarse de la absorción de CO₂.

Se vuelve incluso más importante en zonas estuarinas ya que son áreas altamente productivas y cumplen diferentes funciones ecológicas, tales como ser áreas de reproducción, crianza, descanso y alimentación de peces, aves, mamíferos, artrópodos y más animales marinos y costeros, por ende, son zonas de intercambio energético, guardan relación con otros ecosistemas e interconectan ecosistemas como parte de los corredores marinos para diversas especies migratorias, lo que vuelven de gran importancia este tipo de estudios.

Entre los meses de agosto y octubre en el BSM se encontró diferencias en sus variables fisicoquímicas, siendo más notables en el oxígeno disuelto, amonio, nitrato, fosfato y turbidez, y sus valores coinciden con los valores observados por Andino Herrera (2014) y Salcedo & Coello Salazar (2019), en sus estudios relacionados al estuario del Rio Chone durante la misma época del año. Con excepción de la temperatura superficial del mar, la cual se mantuvo en ambos meses, siendo de 24,8 °C. E igualmente concordado con la época, y con los valores obtenidos por Salcedo & Coello Salazar (2019) en su estudio de dinámica del plancton en la primera milla náutica en las costas de Manabí. Estas variables son importantes dentro del funcionamiento del fitoplancton, y sus variaciones afectan más o menos al funcionamiento de los organismos y comunidades.

Se encontró que R presentó valores superiores a los de PPF en las estaciones muestreadas; lo cual se debió no solamente a la variación de los factores fisicoquímicos

analizados que fueron turbidez, color, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura, amonio total, nitritos, nitratos y fosfatos, sino a otras variables.

Los valores de PPN durante los meses de estudio fueron sumamente bajos, registrando valores negativos, siendo el valor más alto de CO₂ fijado en agua de $-2,22 \times 10^{-4}$ g CL⁻¹h⁻¹. Esto se puede deber a varios factores externos al estudio, como podría ser el aporte de agua proveniente del estuario del Rio Chone; Granados-Martínez et al. (2011) en su estudio menciona que la corriente producida por el aporte de agua proveniente de ríos provoca que las comunidades fitoplanctónicas sean arrastradas, disminuyendo la densidad fitoplanctónica, esto en conjunto con el aporte de nutrientes provenientes de los ríos.

Otro factor que afecta no sólo a la abundancia de las comunidades fitoplanctónicas sino también a las variables fisicoquímicas es la marea, la cual tuvo un coeficiente mayor durante el primer muestreo (INOCAR, 2022), esto probablemente debido a los cambios astronómicos reflejados en la onda de marea oceánica, que son influyentes en dominios de agua semicerrados como lo son los estuarios (Alvarez et al., 2001).

El coeficiente de marea mayor se relaciona con la amplitud máxima de las mareas. Cuanto mayor es el coeficiente de marea, mayor es la diferencia entre la marea alta y la marea baja en un determinado lugar y momento. Así lo demuestran Cervantes-Duarte et al. (2017), quienes encontraron que el coeficiente de marea influye directa y significativamente a los parámetros fisicoquímicos.

En este estudio se puede observar la influencia del aporte de agua de estuario y del coeficiente de marea en los altos niveles de nutrientes y oxígeno disuelto durante el mes de agosto. Al igual que en la turbidez presente durante el mismo mes la cual fue menor en comparación al mes de octubre, debido a que existió mayor cantidad de

partículas disueltas en la columna de agua por mezcla de masas de agua. Es importante resaltar que los muestreos se realizaron durante la baja mar (INOCAR, 2022).

Rodríguez-Gómez et al. (2013) en su estudio de productividad primaria bruta y respiración planctónica mencionan que las características del agua superficial por temporada no influyen significativamente en la productividad y respiración en cortos periodos de tiempo, sino que la variación de la productividad primaria se encuentra en función de los nutrientes, principalmente nitratos y fosfatos.

De igual forma este autor, concluye que la precipitación influye sobre la PPB, ya que en épocas de intensa precipitación existe incremento de nutrientes. Coincidiendo en lo concluido por Noriega et al. (2009), quienes encontraron que durante el mes invernal el nitrato y el silicato pueden llegar a estar condicionados por la lluvia contribuyendo al enriquecimiento de nutrientes para el estuario por descarga fluvial, los cuales no son asimilados directamente por los organismos fitoplanctónicos durante el día.

También se menciona que en grandes periodos de estudio se puede observar de mejor forma estas variaciones entre PPF y R, además de la influencia que el cambio climático tiene sobre ellas; siendo lo contrario en cortos periodos de tiempo.

El nitrato es un nutriente a resaltar, cuyo valor fue superior durante el mes de agosto. Los altos niveles de nitrato se pueden deber al excesivo uso de fertilizantes nitrogenados cuyos residuos son arrastrados por los ríos y vertientes que desembocan en el mar, y también se puede deber a la falta de manejo de aguas residuales. Esto implica afecciones al medio ambiente, como riesgos a la salud del ecosistema y de los organismos que se benefician de este.

Esto es evidenciable en el BSM ya que se encuentra frente a la desembocadura del río Chone, recibiendo descargas urbanas de Leónidas Plaza, Bahía de Caráquez y

San Vicente, así como descargas de granjas camaroneras asentadas a lo largo del estuario.

A pesar de la mayor disponibilidad de fosfatos, nitratos, la mayor concentración de oxígeno disuelto, y en conjunto con los altos valores de R en el mes de agosto, la PPN fue superior durante el mes de octubre. En ambos meses R fue superior a PPB, lo que resulta en valores negativos de PPN y una relación PPB / R por debajo de la unidad.

Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas de PPN en la estación 1 durante los meses de agosto y octubre, siendo el caso contrario las estaciones 2 y 3 durante el mes de agosto, cuyos valores de PPN fueron bajos en comparación a sus iguales durante el mes de octubre, habiendo diferencia significativa. Esto se puede deber a la influencia de la marea y a su vez al aporte de agua del río Chone, arrastrando a las comunidades de fitoplancton fuera de la boca del estuario, lo que resulta en niveles más altos de R en las estaciones más alejadas de la boca, al no haber igual cantidad de organismos que fijen CO₂.

La PPN fue mayor durante el mes de octubre, sin embargo, los valores negativos en la PPN muestran que durante los meses de muestreo la zona del BSM cumplía la función de fuente de carbono. De igual forma la PPN fue inferior a la R, lo que indica que el consumo de energía por respiración excede la producción de biomasa neta.

Conclusiones

Los valores de las variables fisicoquímicas turbidez, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura, amonio total, nitritos, nitratos y fosfatos presentaron variaciones entre las tres estaciones y los meses muestreados, a diferencia de la temperatura que mantuvo su valor.

La alta disponibilidad de nutrientes, como los nitratos y fosfatos, junto con la turbidez durante el mes de agosto, indica que existió aporte de fuentes externas como los ríos Carrizal y Chone, descargas de aguas residuales, en conjunto con la influencia de mareas y la influencia fluvial.

En este estudio se determinó que la alta disponibilidad de nutrientes no necesariamente indica que sea adecuada para el normal funcionamiento de las comunidades fitoplanctónicas, más bien se necesitan de rangos óptimos para su correcto desarrollo y desempeño.

Durante los meses de muestreo los valores de PPB presentaron cambios no significativos a diferencia de la R, cuyos valores fueron más altos en agosto, indicando esta diferencia que el consumo de carbón superó la producción de biomasa implicando un balance energético negativo, lo que además explicaría los valores negativos presentados por la PPN.

La PPN es un indicador de materia orgánica disponible para el resto de los organismos de un ecosistema, la cual puede mostrarnos la salud de una zona al muestrearse durante largos periodos de tiempo. Sin embargo, los valores encontrados en este estudio indicarían que la PPF en el BSM se encuentra en desequilibrio o riesgo de este, al producir más carbón del que consume.

Existen factores externos a los analizados durante este estudio que influyen sobre la PPF. Como lo son la marea, el aporte de agua y nutrientes provenientes de ríos,

la intensidad lumínica, las especies que conforman las comunidades fitoplanctónicas, entre otras; que a su vez se encuentran interrelacionadas.

Los valores (negativos) de la PPN son indicadores de materia orgánica, que en el caso de este estudio demuestran una PPF en estado de desequilibrio o riesgo, probablemente afectados por factores no considerados en este estudio como la marea, el aporte de agua y nutrientes provenientes del estuario, la nubosidad de la temporada e intensidad lumínica, las especies que conforman las comunidades fitoplanctónicas, entre otras; que a su vez se encuentran interrelacionadas

Bibliografía

- Alvarez, O., Tejedor, B., & Vidal, J. (2001). La dinámica de marea en el estuario del Guadalquivir: Un caso peculiar de “resonancia antrópica.” *Física de La Tierra*, 0(13), 11.
- Andino Herrera, D. M. (2014). *IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ICTIOFAUNA MARINA DIURNA DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA EN LOS BAJOS DE SANTA MARTHA (BAHÍA DE CARÁQUEZ) CANTÓN SUCRE, PROVINCIA DE MANABÍ*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Cervantes Duarte, R., Rodríguez Mata, L. M., & López López, S. (2017). Tidal effect on the nutrients, chlorophyll-A concentration, and physical-chemical parameters in a subtropical coastal lagoon (Bahía Magdalena, Mexico). *Hidrobiológica*, 27(2), 253–264.
<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbi/hidro/2017v27n2/cervantesd>
- Costas, E., & Rodas, V. (2011). El papel del fitoplancton en el cambio climático: ¿cuánto depende nuestro destino de unas pequeñas microalgas? *Universidad Complutense de Madrid.*, 52–74.
- De La Parra, A. C., & García-Alzate, A. G. (2019). Metabolismo de un tramo en la cuenca baja del río Cesar, departamento del Cesar, en una época de sequía, Colombia. *Intropica: Revista Del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 14(1). <https://doi.org/10.21676/23897864.2719.CITATIONS>
- Gaarden, T., & Gran, H. H. (1927). Investigation of the production of the plankton in the Oslo Fjord. *International Council for the Exploration of the Sea*, 42, 1–48.

- Granados-Martínez, C., Rodríguez-Chila, J., & López-Salgado, H. (2011). Producción primaria fitoplanctónica y metabolismo durante una época lluviosa en una laguna costera estuarina tropical: Ciénaga Grande de Santa Marta. *Intropica: Revista Del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.21676/23897864.235>
- INOCAR. (2022). *Tabla de mareas puertos del Ecuador*. <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas#busqueda-de-datos-de-mareas>
- Maldonado-Durán, J., Criales-Hernández, M. I., Jerez-Guerrero, M., & Valcarcel-Castellanos, C. (2021). Fitoplancton del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo durante los periodos de precipitación del 2016 a 2019. *Intropica: Revista Del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 16(2), 204–213.
- Montecino, V., & Pizarro, G. (2006). Productividad primaria, biomasa y tamaño del fitoplancton en canales y fiordos australes: patrones primavera-verano. *Avances En El Conocimiento Oceanográfico de Las Aguas Interiores Chilenas*, 93–97.
- Ñáñez M., E. (2003). Cambio climático y océanos, desafío para el siglo XXI. *Umbral Científico*, 3(diciembre), 25–41. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400305>
- Noriega, C. E., Muniz, K., Flores-Montes, M. J., Macêdo, S. J., Araujo, M., Feitosa, F. A., & Lacerda, S. R. (2009). Series temporales de variables hidrobiológicas en un estuario tropical (Brasil). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(1), 93–108. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572009000100009>

- Norzagaray-López, C. O., Calderón-Aguilera, L. E., Álvarez-Filip, L., Barranco-Servin, L. M., Cupul-Magaña, A., Cabral-Tena, R. A., López-Pérez, A., Pérez-España, H., Reyes-Bonilla, H., Carricart-Ganivet, J. P., Horta-Puga, G., Rodríguez-Troncoso, A. P., & Tortolero-Langarica, J. J. A. (2019). Arrecifes Y Comunidades Coralinas. In *Ecosistemas Costeros* (Issue may, pp. 1–23). <https://www.researchgate.net/publication/334308181>
- Pérez-Castresana, G., Villamizar, E., Varela, R., & Fuentes, Y. (2014). DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DEL FITOPLANCTON EN SEIS ARRECIFES CORALINOS DEL PARQUE NACIONAL ARCHIPIÉLAGO DE LOS ROQUES. *Acta Biológica Venezolana*, 34(2), 239–309.
- Reyes-Bonilla, H., Calderón-Aguilera, L. E., Mozqueda-Torres, M. C., & Carriquiry, J. D. (2014). PRESUPUESTO DE CARBONO EN ARRECIFES CORALINOS DE MÉXICO. *Interciencia*, 39(9), 645–650.
- Robayo Martínez, L. X., & Rodríguez León, C. A. (2015). *EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA FITOPLANCTÓNICA A PARTIR DE LA MEDICIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN TRES LAGUNAS DEL SISTEMA LACUSTRE DE CHINGAZA*. Universidad Santo Tomás.
- Rodríguez-Gómez, C. F., Aké-Castillo, J. A., & Campos-Bautista, G. (2013). Productividad primaria bruta y respiración planctónica en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Hidrobiológica*, 23(2), 143–153.
- Salcedo, J., & Coello Salazar, D. M. (2019). Dinámica del plancton en la primera milla de la costa ecuatoriana, provincia de Manabí. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 21(21), 01. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i21.1494

Upegui-Jorge, S. (2020). *El papel de los arrecifes de coral en el ciclo del carbono*

¿Fuentes o sumideros de carbono? Pontificia Universidad Javeriana.