

Primer registro del género *Metadinophysis* Nie y Wang (Dinophyceae: Dinophysales) en áreas costeras del Pacífico colombiano

First record of the genus *Metadinophysis* Nie y Wang (Dinophyceae: Dinophysales) in coastal areas of the colombian Pacific

Jesús Javier Hoyos Acuña¹  , Humberto Luis Quintana Manotas² ,
Christian Bermúdez Rivas³ , Fredy Albeiro Castrillón Valencia³ 

Investigador independiente ¹
Universidad de Sucre. Sincelejo, Colombia ²
Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. Tumaco, Nariño, Colombia ³

Recibido: 31 de julio de 2022

Aceptado: 12 de octubre 2022

Publicado en línea: 1 de enero de 2023

Citación del artículo: Hoyos-Acuña, J. J., Quintana-Manotas, H. L., Bermúdez-Rivas, C., Castrillón-Valencia, F. A. (2023). Primer registro del género *Metadinophysis* Nie y Wang (Dinophyceae: Dinophysales) en áreas costeras del Pacífico colombiano. *Biota Colombiana*, 24(1), e1101.

<https://doi.org/10.21068/2539200X.1101>

Resumen

Se registra por primera vez el género de dinoflagelado *Metadinophysis* (Dinophyceae: Dinophysales) en la bahía de Buenaventura y el Parque Nacional Natural Uramba- PNN Uramba en Bahía Málaga del Pacífico colombiano central, se analiza su densidad con los cambios de marea. Se registraron células con contorno subtriangular y reniforme en vista ventral, epiteca pequeña. Aleta sulcal izquierda con tres costillas y la derecha muy reducida o ausente, presentando tamaño promedio 43.1 μm de longitud total y 25.0 μm de ancho total, la densidad del género se analizó bajo cuatro factores, la marea alta y la marea baja en la bahía de Buenaventura y en la bahía de Málaga. Se encontraron diferencias significativas entre la densidad en la marea alta y la marea baja para la bahía de Buenaventura, la diferencia entre la marea alta de la bahía de Málaga y la marea baja de la bahía de Buenaventura. Asimismo, se estableció que la distribución de la densidad no tiene ninguna estructura espacial en ninguno de los eventos mareales. Con el presente estudio se registra por primera vez el género de *Metadinophysis* en el pacífico colombiano, ampliando su distribución a nivel global.

Palabras clave. Densidad. Fitoplancton. Dinoflagelados. Océano Pacífico. Primer registro.

Abstract

The dinoflagellate genus *Metadinophysis* (Dinophyceae: Dinophysales) is recorded for the first time in the Buenaventura Bay and Uramba National Natural Park-PNN Uramba in Málaga Bay in the central Colombian Pacific and its density is analyzed with tidal changes. Cells were recorded with subtriangular and reniform outline in ventral view and small epitheca. Left sulcal fin with three ribs and the right one very reduced or absent, presenting average size 43.1 μm total length and 25.0 μm total width, the density of the genus was analyzed under four factors, high tide and low tide in Buenaventura Bay and in Málaga Bay; significant differences were found between the density at high tide and low tide for Buenaventura Bay, the difference between high tide in Malaga Bay and low tide in Buenaventura Bay. Likewise, it was established that the density distribution has no spatial structure in any of the tidal events. With the present study, the genus *Metadinophysis* is recorded for the first time in the Colombian Pacific, extending its distribution globally.

Keys words. Density. Phytoplankton. Dinoflagellates. Pacific Ocean. First record.

Introducción

Los dinoflagelados son microorganismos flagelados con movimientos rotatorios, su nombre proviene del griego *dino* (rotación) y *flagellum* (látigo). Considerado uno de los grupos más abundante del fitoplancton después de las diatomeas en ambientes costeros, responsables de la producción de energía en las redes tróficas del océano (Lalli & Parsons, 1997). Presentan diversos estilos de vida (libres, parásitos y simbiontes mutualistas), habitan en aguas continentales y marinas en varios niveles tróficos (autótrofos, heterótrofos y mixótrofos) con aproximadamente 40 al 60 % de las especies con capacidad fotosintética (Ojeda-Rodríguez, 1998; Gómez, 2012)

Los dinoflagelados morfológicamente se caracterizan por tener un dinocarionte, es decir, un peculiar núcleo provisto de histonas y cromosomas permanentemente condensados y, un enorme y variable genoma (Lin, 2011). Surgen dos flagelos generalmente del lado de la célula, uno rodea completamente el cuerpo y el otro se proyecta hacia el extremo posterior (Taylor, 1987). Se dividen en dos grupos: los atecados (desnudos) por el poco desarrollo o la ausencia placas celulósicas en el anfiema y los tecados (cubiertos) por la presencia de estas placas (Larsen, 2002; Balech, 1988). Los tecados son determinados por la disposición, número y relaciones de las distintas placas, cada placa proviene de la región epitecal, cingular, sulcal o hipotecal (Taylor, 1987; Ojeda-Rodríguez, 1998).

Los dinoflagelados marinos pertenecientes al orden Dinophysales presentan una alta diversidad morfológica, tecadas y móviles, comprimidas lateralmente. Constituye 18 placas: 2 apicales, 4 epitecales, 4 cingulares, 4 hipotcales y 2 sulcales, en algunas especies no se evidencia todas las placas (Kofoid & Skogsberg, 1928; Balech, 1988 ; Ojeda-Rodríguez, 1998). Están representados por 2 familias (Amphisoleniaceae, Dinophysaceae), 16 géneros y 300 especies (Gómez, 2012; Saldarriaga & Taylor, 2017; Guiry & Guiry, 2021). Dentro del orden, han sido analizadas algunas especies y han resultado ser productoras de toxinas o potencialmente tóxicas, o bien causantes de florecimientos algales nocivos (Fraga & Barkun, 1993; Reguera, 1993). Según Zingone & Larsen (2020), actualmente se conocen dos géneros productores de toxinas: *Dinophysis* (10 especies) y *Phalacroma* (2 especies) y tres géneros: *Ornithocercus*, *Histioneis* y *Citharistes* presentan asociaciones simbióticas con géneros de cianobacterias como *Prochlorococcus* y *Synechococcus* respectivamente (Foster *et al.*, 2006).

El género *Metadinophysis* fue registrado por primera vez por Nie & Wang (1941) en la bahía de Ghing-Ian, Provincia de Hainan, China y descrito con características morfológicas: cuerpo subovalado en vista lateral y con un contorno reniforme en vista ventral, el lado derecho de la hipoteca uniformemente convexa y el lado izquierdo claramente cóncavo en la región mediana por presentar una hipoteca ovalada. Las placas epitecales no se encuentran dispuestas en el mismo nivel, la derecha inclinada y la izquierda casi recta. Aleta sulcal izquierda robusta con 3 costillas (R1, R2 y R3) y una aleta sulcal derecha reducida o poco visible (Nie & Wang, 1941).

En cuanto a los estudios de los dinoflagelados en la Cuenca Pacífica Colombiana (CPC), estos han sido enfocados en estudios de indicadores biológicos relacionados con el fenómeno de El Niño (Castillo & Vizcaino, 1992; Castillo & Vizcaíno, 1993; Uribe-Palomino, 2003; Ramírez & Giraldo López, 2006; Rojas Higuera & Ortiz, 2007), así como, registros de eventos de florecimientos algales nocivos (García-Hansen *et al.*, 2004; Maldonado, 1978), distribución de especies potencialmente tóxicas (Arteaga-Sogamoso & Perdomo-Trujillo, 2016; Galeano-Chavarría & Arteaga-Sogamoso, 2010), detección de especies no nativas provenientes por tráfico marítimo realizado en tres bahías importantes de la CPC (Bahía Solano, Buenaventura y Tumaco) (Osorio-Cardoso, 2019), listado de especies de fitoplancton (Hoyos Acuña *et al.*, 2021); siendo evidente el escaso conocimiento en taxonomía de las especies de dinoflagelados en la CPC.

Colombia como país bioceánico debe incrementar el conocimiento de la biodiversidad, sobre todo, en las zonas costeras que albergan los puertos marítimos soportado en la investigación científica marina, con la finalidad de brindar información como insumo primario para ejercer acciones, planes, programas, estrategias y toma de decisiones frente a episodios futuros de introducción de especies no nativas, invasoras o productoras de Floraciones Algales Nocivas, a causa del tráfico marítimo internacional. Por esta razón, en función a su relevancia ecológica y los pocos registros a nivel mundial, se registra por primera vez la presencia del dinoflagelado tecedor *Metadinophysis* (Dinophyceae; Dinophysiales) y la relación entre la distribución de la densidad celular con los cambios mareales en las zonas costeras de Colombia, dentro de los límites de la bahía de Buenaventura y el Parque Nacional Natural Uramba (PNN Uramba) en bahía Málaga, en el departamento del Valle del Cauca.

Materiales y métodos

Área de estudio. La bahía de Buenaventura y la bahía de Málaga se encuentran localizadas en el Departamento del Valle del Cauca entre las latitudes 3° 44' N y 3° 56' N y longitudes 77° 01' W y 77° 20' W y entre 3°56' y 4°05' N y 77° 19' W y 77°21' W respectivamente (Figura 1). La primera presenta una extensión aproximada de 30 Km con forma angosta y alargada, en ella se distinguen dos zonas, una interna donde se presenta la mayor alteración de los ecosistemas costeros por la influencia urbana más grande del pacífico colombiano y otra externa, donde aún hay presencia de extensiones de manglar relativamente bien conservadas y presencia de acantilados (Escobar *et al.*, 2012). La segunda bahía se encuentra dentro de los límites del Parque Nacional Natural Uramba, posee un canal de 18 Km de largo y 7 Km de ancho. Ambas bahías se consideran de ambientes estuarinos debido a la combinación del agua salada del océano Pacífico con el agua dulce de los ríos y esteros que en ellas desembocan (Riascos & Jörg Urban, 2002; Escobar *et al.*, 2012).

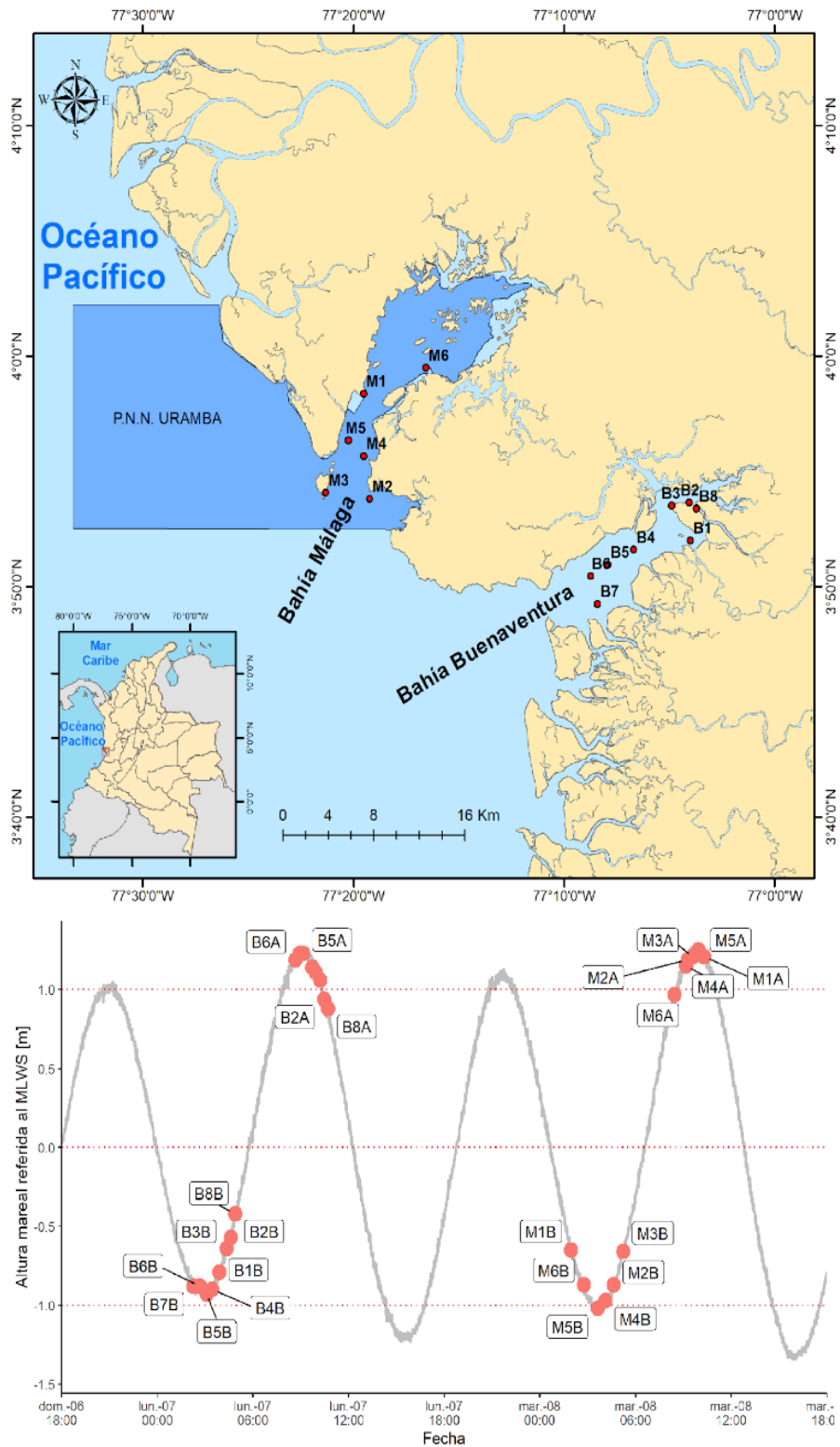


Figura 1. Distribución de las estaciones de muestreo en el Parque Nacional Natural Uramba en Bahía Málaga y la Bahía de Buenaventura en el departamento del Valle del Cauca. Comportamiento de la onda mareal entre los días 6 y 8 de junio del 2021.

Figure 1. Distribution of the sampling stations in the Uramba National Natural Park in Bahía Málaga and Bahía de Buenaventura in the department of Valle del Cauca, Valle del Cauca, Valle del Cauca. Tidal wave behavior between June 6 and 8, 2021.

Fase de campo

La colecta de las muestras se hizo durante los días 7 y 8 de junio de 2021, empleando una botella Niskin con capacidad de 5 litros a un metro de profundidad, destinando un litro de agua marina en botella ámbar, adicionando solución de Lugol (Thronsdén, 1978; Edler & Elbrächter, 2010). Para la bahía de Buenaventura se utilizó un bote pequeño perteneciente a Guardacostas de Buenaventura, mientras que, en Málaga la colecta fue realizada por la embarcación tipo *Pilot* ARC Isla Tesoro. Por el comportamiento de la onda mareal, se designaron ocho estaciones para la bahía de Buenaventura y seis estaciones para la bahía de Málaga las cuales se visitaron durante la marea alta (pleamar) y la marea baja (bajamar) del mismo día (Figura 1). Los datos de la marea se tomaron del mareógrafo de Isla Palma (Figura suplementaria 1) a través de la Red de Medición de Parámetros Oceanográficos y Meteorología Marina (REDPOMM) de la Dirección General Marítima (DIMAR), esta información suplementaria se encuentra en el repositorio de *GitLab* que acompaña esta publicación.

Fase de laboratorio

Recuento celular. El recuento de las células fue realizado siguiendo el método de sedimentación por cámara Utermöhl (Utermöhl, 1958), estas muestras fueron sedimentadas por un periodo de tiempo de 24 horas utilizando un tubo de 50 mL de volumen. La observación de las muestras fue realizada en el Laboratorio del CCCP-DIMAR utilizando el microscopio invertido Leica DMi1 a magnificaciones de 100x, 400x y 1000x. Los registros fotográficos se realizaron con la cámara Leica DMC 170 HD y el Software *Leica Application Suite* (LAS) 4.13,

Determinación taxonómica. La determinación taxonómica de *Metadinophysis* fue realizada tomando como material de referencia, el trabajo original de la descripción del género (Nie & Wang, 1941) y las descripciones hechas en algunos registros a nivel mundial (Omura *et al.*, 2012; Su-Myat *et al.*, 2012; Affe *et al.*, 2019; Nunes *et al.*, 2019).

Análisis estadísticos

Para el análisis estadístico de la densidad, se determinó inicialmente si existía algún tipo de estructura espacial no aleatoria de los datos (autocorrelación espacial) de la densidad en ambas bahías para cada evento mareal. Primeramente, se creó una capa espacial de tipo vectorial de puntos en formato *shape* y posteriormente se calculó el índice de Moran a través del subpaquete *esda* (*Exploratory Spatial Data Analysis*) de la librería *PySal* (Rey & Anselin, 2007) del lenguaje de programación *Python* utilizando los datos almacenados en la tabla de atributos de la capa espacial previamente mencionada. Se computó una matriz de pesos de las distancias de los puntos de muestreo y se relacionó con los datos de densidad para generar la prueba estadística sobre el cálculo del índice de Moran para determinar su significancia estadística.

Una vez evaluada la hipótesis estadística de la no diferencia entre la distribución de la densidad con una distribución aleatoria, se procedió a realizar las comparaciones de la densidad de *Metadinophysis* entre factores tanto temporales (cambios entre la marea alta y la marea baja) como espaciales (cambios entre las bahías). Para la visualización de los datos de densidad entre la combinación de estos dos factores, se construyó un diagrama de cajas con el paquete *Seaborn* del lenguaje de programación *Python* (Waskom, 2021). Para evaluar el efecto de los factores analizados en la densidad de *Metadinophysis* se usó la prueba de Kruskal-Wallis con la prueba de Mann-Whitney para detectar las diferencias pareadas, usando el paquete *SciPy* del lenguaje de programación *Python* (Virtanen *et al.*, 2020).

Para efectos de reproducibilidad de los análisis, todos los procedimientos fueron ejecutados y ensamblados en un *cuaderno Jupyter* basado en *Python* versión 3 (Van Rossum & Drake, 2009).

Resultados

Análisis taxonómico

Metadinophysis (Nie & Wang, 1941) (Figura 2)

Referencias: (Nie & Wang, 1941), (p. 225, fig 1-18), Omura *et al.* (2012) (p.64, fig a y b), Su-Myat *et al.* (2012) (p. fig. 2, j), Affe *et al.* (2019) (p. 81, fig 2, A-H; fig 3, A-D), Nunes *et al.* (2019) (p. 956, fig 3c).

Etimología: El género *Metadinophysis* fue nombrado por Dashu Nie y Chia Chi Wang, zoólogos asiáticos que asignaron el prefijo *Meta* de origen griego que significa **asociado con, cambiado, sustituido por, entre**, y en latín significa **después o más tarde**, también puede interpretarse como **post**.

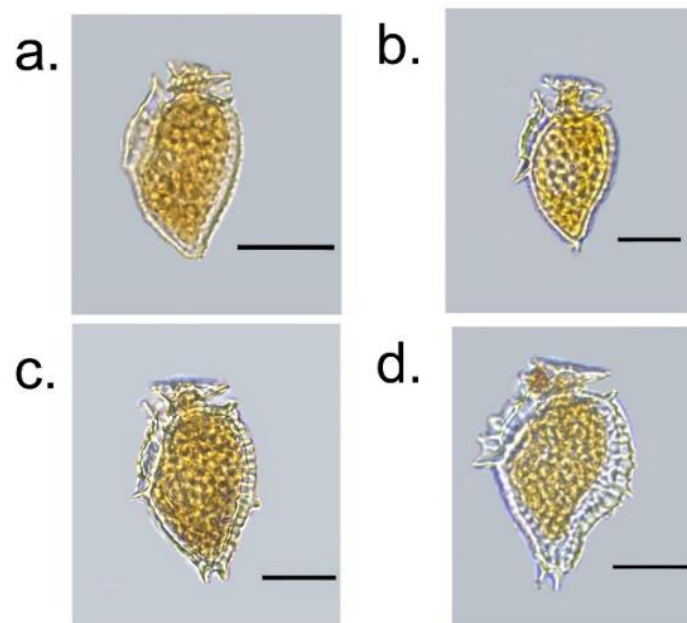


Figura 2. Imágenes de las variaciones morfológicas de *Metadinophysis*. encontradas en el PNN Uramba en bahía Málaga y bahía de Buenaventura.

Figure 2. Images of the morphological variations of *Metadinophysis*. found in Uramba NP in Bahía Málaga and Bahía de Buenaventura.

Observaciones morfológicas: La mayoría de las células observadas mostraron rasgos morfológicos con cuerpo subtriangular denotando una desviación en la región anterodorsal y comprimido en vista lateral, contorno reniforme con margen liso (Figura 2a y 2b) o aserrado (Figura 2c y 2d) en vista ventral, el lado derecho de la hipoteca uniformemente convexa y el lado izquierdo claramente cóncavo en la región mediana. Algunos ejemplares en la parte anterior exhibieron una forma convexa en vista lateral, también se puede apreciar un contorno sigmoide. El polo anterior presentaba curvatura hasta llegar a ser ligeramente truncado, mientras que el polo posterior variaba de redondeado a truncado. La epiteca es pequeña, su tamaño representaba cuatro a dos veces menos que la longitud total de la célula, la parte anterior izquierda declinada, aunque en la observación de algunas células se reflejaba una inclinación, la posterior derecha era triangular, a veces convexa, más alta cerca de la región central cuando se observaron

en vista lateral derecha. El cingulo es profundamente cóncavo, formando una espiral descendiente en dirección al lado el derecho, desplazado posteriormente de forma ligera hacia la mitad de la anchura de la intersección entre la parte dorsal y ventral (dorsoventral). La hipoteca mostraba una pronunciada asimetría en forma y tamaño, con el margen dorsal liso a profundamente aserrado; el margen ventral debajo de R3 generalmente recto, aunque en algunas células de tecas robustas presentaba características serradas (figura 2d). La aleta cingular posterior era muy vistosa y prolongada conectando con R1 contrario a la aleta cingular anterior que fue poco visible, incluso ausente. La aleta sulcal izquierda logró evidenciar dos costillas (R1 y R2) en casi la totalidad de las células, mientras que, en unas pocas se encontró bien desarrollada, siendo visible R1, R2 y R3.

La superficie de las tecas presentaba una escultura porosa con retículos poligonales con disposición desigual e irregular. Los promedios de dimensiones y medidas realizadas a *Metadinophysis* se muestran en la Tabla 1.

Las células observadas de *Metadinophysis* presentaron una variación en la forma y tamaño del cuerpo distinguiendo cuatro variaciones marcadas. En la primera, se observó una forma sub-triangular, margen dorsal de la hipoteca semidentificado y borde inferior con ligera proyección obtusa (figura 2a). La segunda variación mostró el mismo contorno de la variación anterior con una leve curvatura en la región media posterior y proyección puntiaguda en el borde dorsal inferior de la hipoteca (Figura 2b). La tercera variación se caracterizó por presentar células levemente robustas y aserradas con dos ligeras proyecciones en el borde inferior de la hipoteca (Figura 2c). Por último, la cuarta variación exhibió un contorno sigmoide con bordes robustos y el margen posterior de la hipoteca es más aserrado que la célula de la figura 2c (figura 2d).

Análisis estadístico de la densidad de *Metadinophysis*

La densidad de *Metadinophysis* encontrada en la Bahía de Buenaventura fue de 33000 $Cel. L^{-1}$ en total con un valor máximo de 14333 $Cel. L^{-1}$ en la estación B5 (Figura 3a y 3c) y un valor mínimo de 333 $Cel. L^{-1}$ en la estación B7 en la marea alta (Figura 3a y 3c). En la marea baja las estaciones B2, B4 y B5 presentaron una densidad muy baja de 333 $Cel. L^{-1}$, este dato fue igual al dato más bajo captado en marea alta (Figura 3b y 3c).

En la zona del PNN Uramba en Bahía de Málaga el total de la densidad de *Metadinophysis* fue de 11332 $Cell^{-1}$ y el máximo de densidad se encontró en la estación M6 con una densidad de 3333 $Cell^{-1}$ y un valor mínimo de 1000 $Cell^{-1}$ en la estación M3 y M4, en el ciclo de la marea alta (Figura 3a y 3c). Para la marea baja, la estación M6 también presentó la máxima densidad con 2667 $Cell^{-1}$ y en las estaciones M3 y M1 no se logró detectar presencia de *Metadinophysis* (Figura 3b y 3c).

La densidad en general de *Metadinophysis* no presentó estructura espacial en ninguna de las dos mareas (marea baja. I de Moran: 0.044 $p > 0.05$; marea alta. I de Moran: -0.16 $p > 0.05$; Figura suplementaria 2 y Figura suplementaria 3) pero sí presentaron diferencias significativas entre los factores espacio temporales evaluados (mareas y bahías) (Kruskal-Wallis H (7)=15.02, $p < 0.05$). Al examinar las diferencias de la densidad entre las mareas y las bahías (Figura suplementaria 4) se encontró que la densidad de *Metadinophysis* registrada en la marea baja de Buenaventura presentó diferencias con la densidad en la marea alta de la bahía de Buenaventura (Mann-Whitney U = 62.5, $n_{B/tura-alta} = 8$ $n_{B/tura-baja} = 8$, $p < 0.05$ two-tailed) y con la marea alta en bahía Málaga (Mann-Whitney U = 48.0, $n_{B/tura-baja} = 8$ $n_{Málaga-alta} = 6$, $p < 0.05$ two-tailed). Entre los demás factores no se encontraron diferencias significativas (Mann-Whitney U = 27.0, $n_{Málaga-alta} = 6$ $n_{Málaga-baja} = 6$, $p = 0.16$; U = 20.0, $n_{Málaga-alta} = 6$ $n_{B/tura-alta} = 8$, $p = 0.64$; U = 35.5,

$n_{B/tura-baja} = 8$ $n_{Málaga-baja} = 6$, $p = 0.12$ two-tailed; $U = 37.5$, $n_{B/tura-alta} = 8$ $n_{Málaga-baja} = 6$, $p = 0.12$ two-tailed).

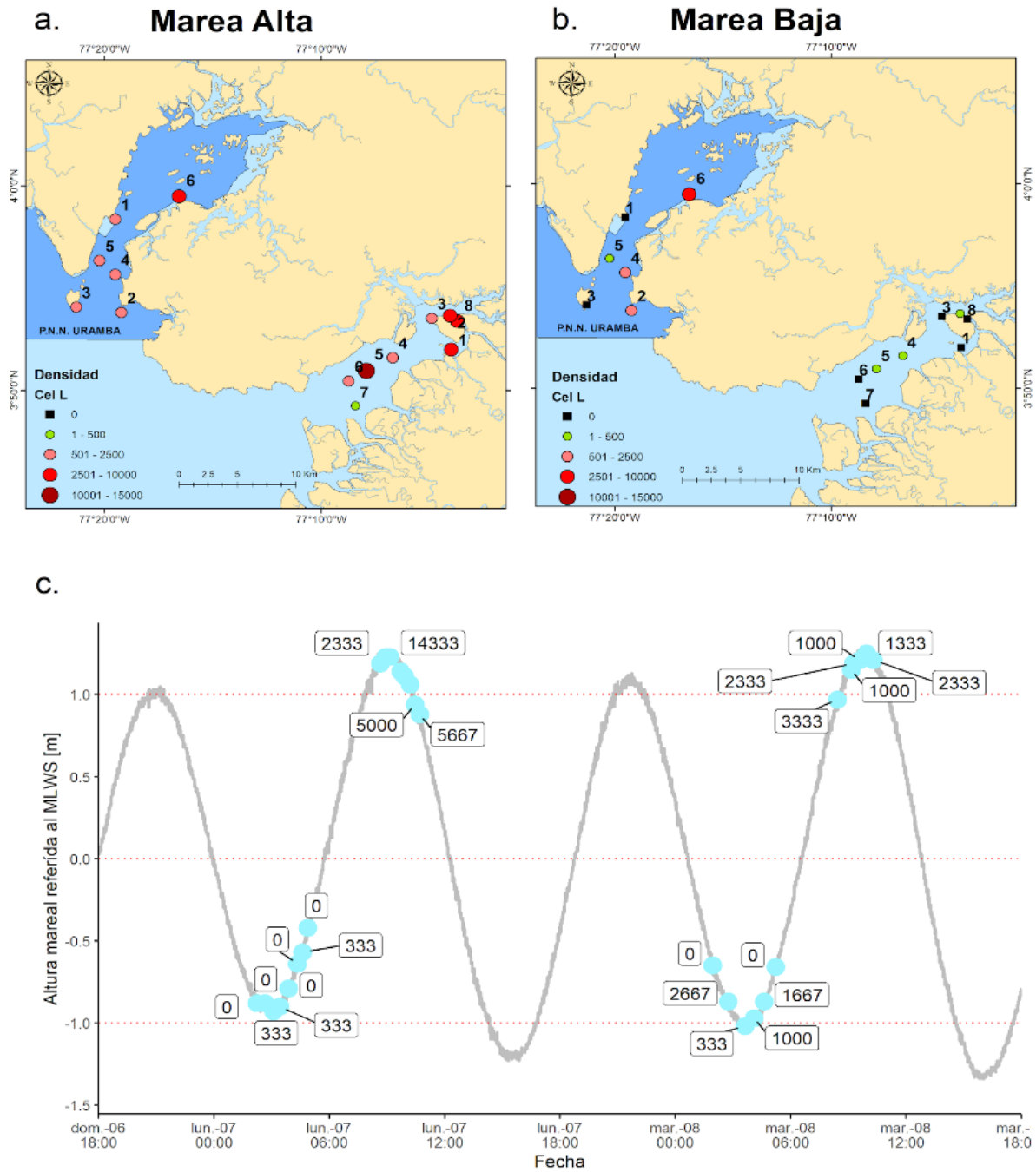


Figura 3. Distribución de la densidad de *Metadinophysis* entre la a. marea alta y la b. marea baja en el PNN Uramba en bahía Málaga y bahía de Buenaventura. c. Comportamiento de la densidad relacionado con la onda mareal de los días 7 y 8 de junio del 2021.

Figure 3. Density distribution of *Metadinophysis* between a. high tide and b. low tide in the PNN Uramba in Bahía Málaga and Bahía de Buenaventura. c. Density behavior related to the tidal wave of June 7 and 8, 2021

Discusión

A nivel global, el género *Metadinophysis* ha sido registrado en pocas localidades de la región tropical en las áreas costeras del océano Índico, en *Tanintharyi* (Gyi *et al.*, 2020) y en el mar de Andaman, Myanmar (Su-Myat *et al.*, 2012); en el océano Atlántico, en el estuario del río Real entre los estados de *Bahia* y *Sergipe* (en la bahía de *Camamu* (Nunes *et al.*, 2019), *Morro de São Paulo*, *Boipeba*, *Barra Grande* y bahía de *Todos os Santos* en el estado de *Bahia*, Brasil (Affe *et al.*, 2019, 2021). En el océano Pacífico, Omura *et al.* (2012) registró el género en las costas occidentales, originalmente en la bahía de *Ching-Ian*, Isla *Hainan* en el sureste de China (Nie & Wang, 1941), Lirdwitayaprasit *et al.* (2010) la registraron en las costas de Tailandia y en las costas del sur de Vietnam (Nguyen, 2016). En este trabajo se registra por primera vez el género *Metadinophysis* para el océano Pacífico oriental y para Colombia específicamente en las bahías de Buenaventura y Málaga en el PNN Uramba.

Las áreas costeras del Pacífico colombiano están fuertemente influenciadas por deltas de grandes ríos que forman estuarios flanqueados por extensiones de manglares (Escobar *et al.*, 2012; Riascos & Jörg Urban, 2002), estos ambientes coinciden con los registros anteriores del género, concordando con los trabajos de Nie & Wang (1941), Dias-Alves (2017), Gyi *et al.* (2020), Nunes *et al.* (2019) y (Affe *et al.* 2019, 2021).

Las primeras características morfológicas del género fueron descritas por Nie & Wang (1941). Algunas características descritas por estos autores coinciden con lo hallado en este estudio, por ejemplo: la aleta cingular posterior, la epiteca, la aleta sulcal izquierda y la aleta sulcal derecha. Sin embargo, se encontraron diferencias en el contorno del margen dorsal de la hipoteca desde la región media hasta la parte terminal (Figura 2). Este rasgo marca la diferencia morfológica encontrada por Nie & Wang (1941) con lo presentado en este estudio, diferenciando una forma sub-ovalada en *Metadinophysis sinensis* con una forma sub-triangular en las de *Metadinophysis* registradas en Buenaventura y el PNN Uramba en bahía Málaga.

Morfológicamente, el primer registro del género realizado por Nie & Wang (1941), indicó que tuvo un promedio de 43 μm de altura con rangos comprendidos entre 41-45 μm . El presente estudio permite evidenciar el promedio de medidas entre 43.1 μm de longitud total con valores máximos de 50.0 μm y mínimo de 33.5 μm (Tabla 1). En la Bahía de Buenaventura se observaron mayores tamaños con respecto a la Bahía de Málaga. Se adicionaron otras dimensiones como: ancho total de 25, 0 μm ; longitud celular 35. 6 μm , ancho celular 22.9 μm , ancho de la epiteca 15. 2 μm , longitud aleta cingular posterior 17. 3 μm , longitud aleta sulcal izquierda 21.8 μm , ancho sulcal izquierdo 6.2 μm . Longitud aleta sulcal derecha 10.5 μm y ancho aleta surcal derecha 3.6 μm con el propósito tener aproximaciones al estado biológico del ejemplar (temprano/intermedio/adulto), siendo estos de gran importancia para las futuras comparaciones entre morfoespecies, incluyendo la especie tipo *M. sinensis*. Los valores de las medidas de las células en este estudio se encuentran dentro del rango de los trabajos de Brasil (Nunes *et al.*, 2019; Affe *et al.*, 2019, 2021) y China (Nie & Wang, 1941) donde el promedio y el rango mayor se da en la bahía de *Todos os Santos*, Brasil, contrastando con el menor valor que se registró en el PNN Uramba en la bahía de Málaga, Colombia (Tabla 1).

Affe *et al.* (2019) y Nunes *et al.* (2019) encontraron variaciones morfológicas en *Metadinophysis* que difieren de la descripción original de Nie & Wang (1941), estas variaciones coinciden con lo observado en este estudio sobre todo en la forma del contorno del cuerpo, específicamente en el margen dorsal. La figura 3C (pág. 955) de Nunes *et al.* (2019) muestra una forma muy similar a la figura 2b de este trabajo, donde la epiteca presenta unos radios de soporte cortos y una aleta sulcal izquierda visualizando las costillas R1, R2 y R3 y el margen dorsal inferior presenta una pequeña curvatura finalizando en una proyección singular

puntiaguda. En [Affe *et al.* \(2019\)](#), las variaciones morfológicas son más numerosas coincidiendo con las encontradas en el pacífico colombiano, sobre todo entre las registradas en bahía *Cumamu* en la [figura 2 A-C Affe *et al.* \(2019\)](#) con las de la [figura 2a-c](#) en este caso. La variación registrada en bahía *Boipeba* en [figura 2.D \(Affe *et al.*, 2019\)](#) concuerda con la encontrada en la [figura 2b](#), donde la proyección inferior se presenta de manera marcada. En la [figura 2.E](#) de la bahía de *Todo os Santos* en [Affe *et al.* \(2019\)](#) se encontraron variación que corresponden con lo hallado en la [figura 2b](#) de este estudio. [Nguyen \(2016\)](#) argumentó una clara separación entre variaciones que encontró de *M. sinensis*, resaltando como principal diferencia la región dorsal donde existe una sub-ovalada y otra sub-triangular, coincidiendo esta última con lo encontrado en Brasil y ahora en Colombia. Estos resultados indican que las células de *Metadinophysis* no tienen una gran variación en tamaño y medidas, pero si en su forma y contorno.

La variabilidad morfológica es una característica muy común dentro de los estudios de especies de fitoplancton, siendo diferentes las explicaciones de la ocurrencia de este proceso, por ejemplo: la incidencia de factores ambientales que alteran la forma de la célula (ecotipo) ([Reguera & González-Gil, 2001](#)), células teratogénicas ([Falasco *et al.*, 2009](#)) y diferentes fases del ciclo de vida ([Escalera & Reguera, 2008](#)). En este estudio se encontraron cuatro formas distintas, derivando tres hipótesis: 1) que son diferentes etapas dentro del proceso del crecimiento celular, como lo ocurrido con la especie del dinoflagelado *Dinophysis diegensis* el cual resultó siendo parte de ciclo de vida de *Dinophysis caudata* ([Reguera *et al.*, 2007](#)), 2) la existencia de variedades de *Metadinophysis sinensis* o 3) una nueva especie aún por describir.

Hasta el presente trabajo no se han registrado estudios donde expliquen la relación de la densidad celular de *Metadinophysis* con características hidrográficas o mareales y mucho menos si la distribución de la densidad tiene algún tipo de estructura espacial o no. Solo tres estudios anteriores registran datos de densidad celular, estos son [Affe *et al.* \(2019\)](#), [Gyi *et al.* \(2020\)](#) y [Lirdwitayaprasit *et al.* \(2010\)](#) con densidades que oscilan entre los 170 a los 200 000 $Cell^{-1}$ ([Tabla 1](#), pag. 80), los 50 a los 333 $Cell^{-1}$ (pag. 1204) y los 28 000 $Cell^{-1}$ respectivamente. Se ha registrado una predominancia de las células de este género, posterior a la ocurrencia de un florecimiento de *Akashiwo sanguinea* en Bahía de Todos os Santos en época de lluvias ([Affe *et al.*, 2021](#)).

Tabla 1. Los promedios de dimensiones del género *metadinophysis* en micras (μm) en diferentes áreas marítimas. N/ r no se reporta información. N: número de individuos medidos

Table 1. Averages of dimensions of the genus *metadinophysis* in microns (μm) in different marine areas. N/ r no information is reported. N: number of individuals measured.

N	Longitud Total	Ancho Total	Longitud Celular	Ancho Celular	Ancho Epiteca	Longitud Aleta Cingular Posterior	Longitud Aleta Sural Izquierda	Ancho Aleta Sural Izquierda	Longitud Aleta Sural Derecha		Ancho Aleta Sural Derecha	R1-R2	R2-R3	Localidades	Autores
									Aleta Sural	Derecha					
5	43.0 (41.0-45.0)	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	Isla Hainan, China	Nie & Wang (1941)
14	45.0 (41.0-47.0)	25.0 (21.0-28.0)	38.0 (33.0-45.0)	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	Sur de la Bahía (Morro de San Pablo, Boipeba, Barra Grande y Bahía de Camammu), Brasil	Affe <i>et al.</i> (2019)
20	47.0 (40.0-55.0)	26.0 (23.0-32.0)	37.0 (33.0-41.0)	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	Bahía de Todos los Santos, Brasil	Affe <i>et al.</i> (2019)
3	44.27 (48.23-42.23)	25.91 (29.41-24.11)	39.84 (45.0-36.46)	21.29 (24.11-19.76)	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	5.08 (4.38-5.88)	11.09 (9.76-11.76)	Bahía de Camamu, Brasil	Nunes <i>et al.</i> (2020)
70	43.3 (50.8-33.8)	25.0 (39.3-15.3)	35.6 (43.8-21.6)	15.2 (25.1-17.1)	17.4 (24.0-11.7)	21.8 (26.9-14.6)	6.3 (8.2-6.9)	10.5 (10.8-10.1)	3.6 (3.7-3.4)	N/R	N/R	N/R	N/R	Bahía de Buenaventura, Colombia	Presente estudio
30	38.5 (44.3-33.0)	21.3 (26.7-15.3)	31.2 (33.9-21.9)	12.4 (16.7-9.4)	15.6 (18.4-11.7)	20.2 (22.9-16.9)	5.6 (8.2-2.7)	10.5 (10.8-10.1)	3.6 (3.7-3.4)	N/R	N/R	N/R	N/R	Bahía Málaga, Colombia	Presente estudio
100	43.1 (50.8-33.5)	25.0 (39.5-15.3)	35.6 (43.8-21.6)	15.2 (19.4-9.4)	17.3 (24.0-11.7)	21.8 (26.9-14.6)	6.2 (8.2-2.9)	10.5 (10.8-10.1)	3.6 (3.7-3.4)	N/R	N/R	N/R	N/R	Áreas costeras Pacífico colombiano	Presente estudio

La densidad celular de *Metadinophysis* en la bahía de Buenaventura presentó condiciones contrastantes, en la marea alta se obtuvieron los valores de densidad más altos de todo el estudio y a su vez, en la marea baja en esta misma bahía se obtuvieron valores muy bajos ($1-500 \text{ Cell}^{-1}$) o no se detectaron células en algunas estaciones (e.g. estación 1, estación 3, estación 6 estación 7 y estación 8). La bahía de Buenaventura y el PNN Uramba en bahía Málaga son dos cuerpos de agua muy diferentes en cuanto a sus condiciones ambientales, debido a que en el primero hay una fuerte influencia por una de las ciudades más grandes y el puerto con mayor actividad del pacífico colombiano, Por otro lado, en el PNN Uramba en bahía Málaga, se encontró que las densidades entre la marea alta y la marea baja no tienen diferencias significativas y la variación no es tan marcada como en la bahía de Buenaventura (Figura suplementaria 4). Otra principal diferencia entre estas dos bahías, que puede estar influyendo en la densidad de *Metadinophysis*, es la cobertura vegetal de la costa donde en el PNN Uramba hay mayor presencia de bosque de manglar (Cantera *et al.*, 1999), ambientes que han sido relacionados anteriormente con la presencia de este género (Su-Myat *et al.*, 2012).

Conclusiones

Los estudios biológicos y taxonómicos de los dinoflagelados en aguas de la Cuenca Pacífica colombiana (CPC) son escasos, al igual que los registros de los miembros del orden Dinophysales. En cuanto al género de *Metadinophysis* registrado en las costas del Pacífico colombiano, se evidenció diferencias morfológicas con la descripción original, pues el uso exclusivo de caracteres morfológicos en muchas especies de dinoflagelados presenta muchas limitaciones (Richlen *et al.*, 2008), en especial en un género tan poco estudiado como lo es *Metadinophysis*; por lo que se hace necesario la implementación de herramientas moleculares y fisiológicas para definir de forma precisa si se habla de variedades de *M. sinensis*, una especie diferente a esta o varias especies nuevas.

La densidad de *Metadinophysis* es muy variable y su distribución no responde a un patrón definido, ya que las mareas no afectan su densidad. Asimismo, es necesario estudiar la dinámica trófica de los dinoflagelados en general, con el propósito de mejorar el conocimiento de la diversidad biológica y funcional de las aguas territoriales colombianas y su relación con ecosistemas estratégicos como los bosques de manglar presentes en el PNN Uramba

Recomendaciones

Para futuros estudios del orden Dinophysales, el género *Metadinophysis* y sus miembros, es muy importante implementar técnicas de avances tecnológicos como la extracción de ADN, pruebas ELISA, prueba rápida para la detección de veneno diarreico en mariscos, extracción de toxinas por ADN, secuenciación de ADN, construcción filogenética y Microscopía Electrónica de Barrido para confirmar la identidad de la especie. De igual forma, apoyarse en investigadores expertos en el conocimiento de los dinoflagelados y las diferentes técnicas enunciadas anteriormente.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección General Marítima (DIMAR) por los aspectos logísticos, financieros y uso de equipos en las fases de toma y determinación de las muestras del proyecto Calidad del agua 2021, a los miembros de Guardacostas de Buenaventura, a la tripulación del A.R.C "Providencia" por la participación durante la campaña de toma de muestra, al personal de la Sección de Protección al Medio

Marino-SePROMM, al Laboratorio del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico- CCCP y al investigador mexicano Francisco F. Pedroche por las recomendaciones en la asignación de la etimología del género.

Referencias

- Affe, D. J. H. M., Conceição, L. P., Rocha, D. S. B., Proença, L. A. de O., & Nunes, J. M. de C. (2021). Phytoplankton community in a tropical estuarine gradient after an exceptional harmful bloom of *Akashiwo sanguinea* (Dinophyceae) in the todos os santos Bay. *Ocean and Coastal Research*, 69. <https://doi.org/10.1590/2675-2824069.20-004hmdja>.
- Affe, H. M., de Castro-Nunes, J. M. de C., de Oliveira-Proença, L. A., Fonseca, R. S., & Menezes, M. (2019). First record of the dinoflagellate *Metadinophysis sinensis* (Dinophysales, Dinophyceae) in the Atlantic Ocean. *Phytotaxa*, 420(1), 79–83.] <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.420.1.6>.
- Arteaga-Sogamoso, E., & Perdomo-Trujillo, L. V. (2016). NOTA: Distribución, Frecuencia y Abundancia del Fitoplancton y Potencialmente Tóxico en la Cuenca Pacífica Colombiana. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 45(1). <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2016.45.1.635>.
- Balech, E. (1988). *Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
- Cantera, J., Thomassin, B., & Arnaud, P. (1999). Faunal zonation and assemblages in the Pacific Colombian mangroves. *Hydrobiologia*, 413, 17–33. https://doi.org/http://doi.org/10.1007/978-94-011-4078-2_3.
- Castillo, F. A., & Vizcaíno, B. Z. (1993). Observación del fitoplancton del Pacífico colombiano durante 1991-1992 en condiciones El Niño. *Bulletin de l'Institut Français d'études Andines*, 179–190.
- Castillo, F. A., & Vizcaino, Z. (1992). Los indicadores biológicos del fitoplancton y su relación con el fenómeno de El Niño 1991-92 en el Pacífico colombiano. *Boletín. Científico CIOH*, 12, 13–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.26640/22159045.47>.
- Dias-Alves, L. (2017). *Variabilidade espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica em um complexo estuarino de região tropical, no nordeste do Brasil No Nordeste Do Brasil*. Universidade Federal Da Bahia.
- Edler, L., & Elbrächter, M. (2010). The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. In Karlson Bengt, Cusack Caroline, & Bresnan Eileen (Eds.), *Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis* (pp. 1–110). UNESCO. (IOC Manuals and Guides, no. 55.).
- Escalera, L., & Reguera, B. (2008). Planozygote division and other observations on the sexual cycle of several species of *Dinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales). *Journal of Phycology*, 44(6), 1425–1436. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2008.00610.x>.
- Escobar, I. X. G., Suarique, K. D. Á., & Sotelo, M. A. B. (2012). *Diagnóstico de la situación portuaria de Buenaventura para realizar comercio Asia Pacífico*. Universidad del Rosario.
- Falasco, E., Bona, F., Badino, G., Hoffmann, L., & Ector, L. (2009). Diatom teratological forms and environmental alterations: A review. *Hydrobiologia*, 623(1), 1–35. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9687-3>.

- Foster, R. A., Collier, J. L., & Carpenter, E. J. (2006). Reverse transcription PCR amplification of cyanobacterial symbiont 16S rRNA sequences from single non-photosynthetic eukaryotic marine planktonic host cells. *Journal of Phycology*, 42(1), 243–250.
<https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2006.00185.x>.
- Fraga, S., & Barkun, A. (1993). Global climate change and harmful algal blooms: the example of on the Galician coast *Gymnodinium catenatum*. *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, 59–65.
- Galeano-Chavarría, M. A., & Arteaga-Sogamoso, E. (2010). Distribución y abundancia de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* en condición de El Niño 2007 sobre la cuenca pacífica colombiana. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(1), 25–39.
<https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2010.39.1.140>.
- García-Hansen, I., Cortés-Altamirano, R., & Sierra-Beltrán, A. P. (2004). La marea roja causada por el dinoflagelado *Alexandrium tamarense* en la costa Pacífica colombiana (2001). *Revista Biología Tropical*, 52(1), 59–68.
- Gómez, F. (2012). A checklist and classification of living Dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata). *CICIMAR Oceanides*, 27(1), 65–140.
<https://doi.org/10.37543/oceanides.v27i1.111>.
- Guiry, M. D., & Guiry, G. (2021). *AlgaeBase. World-wide electronic publication*. Algaebase. Org; National University of Ireland.
<http://www.algaebase.org>.
- Gyi, K. K., Nwe, W. T., Zaw, Z. Z., & San, K. K. (2020). Seasonal abundance and distribution of phytoplankton in Tanintharyi coastal waters, southern Myanmar. *Revista Bionatura*, 5(3), 1203–1208.
<https://doi.org/10.21931/RB/2020.05.03.6>.
- Hoyos Acuña, J. J., Quintana-Manotas, H. L., Bermúdez-Rivas, C., Molina-Triana, A. F., Castrillón-Valencia, F. A., & Parada-Gutiérrez, J. L. (2021). Listado de especies de fitoplancton en la bahía de Tumaco, Pacífico colombiano. *Revista Del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 214–231.
<https://doi.org/10.21676/23897864.4064>.
- Kofoid, A. C., & Skogsberg, T. (1928). The Dinoflagellata: The Dinophysoidae. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology. Harvard*, 51, 13–750.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.49346>.
- Lalli, C., & Parsons, T. R. (1997). *Biological oceanography: an introduction*. Elsevier.
- Larsen J. (2002). Dinoflagelados atecados potencialmente tóxicos en el cono sur Americano. In E. Sar, M. Ferrario, & B. Reguera (Eds.), *Floraciones Algas Nocivas En El Cono Sur Americano* (pp. 147–154). Instituto Español de Oceanografía.
- Lin, S. (2011). Genomic understanding of dinoflagellates. *Research in Microbiology*, 162(6), 551–569.
<https://doi.org/10.1016/j.resmic.2011.04.006>.
- Lirdwitayaprasit, T., Meksumpun, S., Sriwoon, R., & Srivilai, D. (2010). HAB Occurrences and research activities during the last decade in Thai aters. *Horiba International Conference "New Direction of Ocean Research in the Western Pacific" – Past, Present and Future of UNESCO/IOC/WESTPAC Activity for 50 Years and the JSPS Project "Coastal Marine Science."* 104.

- Maldonado, J. (1978). Observaciones realizadas sobre el fenómeno de marea roja presentado en aguas del pacífico colombiano en los meses de julio a septiembre de 1976. *INDERENA*, 2, 1–6.
- Nguyen, V. N. (2016). *Dinophysis*.
- Nie, D., & Wang, C. C. (1941). Dinoflagellata of the Hainan waters, III. On *Metadinophysis sinensis*, a new genus and specie of Dinophysidae. *Sinensia*, 12, 212–225.
- Nunes, C. C. D. S., Susini-Ribeiro, S. M. M., & Cavalcante, K. P. (2019). Dinoflagellates in tropical estuarine aters from the maraú river, camamu bay, northeastern Brazil. *Check List*, 15(5), 951–963. <https://doi.org/10.15560/15.5.951>.
- Ojeda-Rodríguez, A. (1998). *Dinoflagelados de Canarias: estudio taxonómico y ecológico*. Universidad de las Palmas de Gran Canarias.
- Omura, T., Lwataki, M., Borja, V. M., Takayama, H., & Fukuyo, Y. (2012). *Marine Phytoplankton of the Western Pacific* (Kouseisha Kouseikaku).
- Osorio-Cardoso, J. S. (2019). *Comunidad fitoplanctónica de tres áreas portuarias del pacífico colombiano y su relación con algunas variables ambientales, inclusive el tráfico marino*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Ramírez, D. G., & Giraldo López, A. (2006). Estructura comunitaria del fitoplancton de la cuenca Pacífica colombiana durante la campaña oceanográfica Pacífico XXXIX-ERFEN XXXVII. *Boletín Científico CCCP*, 13, 65–84. <https://doi.org/10.4067/s0717-71782006000200023>.
- Reguera, B. (1993). Trends in the occurrence of *Dinophysis* spp. In Galician waters. In Reguera Beatriz, Bravo Isabel, Campo-Loriz María Jesús, Fraga Santiago, & Carbonell Ana (Eds.), *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea* (pp. 559–564).
- Reguera, B., & González-Gil, S. (2001). Small cell intermediate cell formation in species of *Dinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales). *J. Phycol*, 37, 318–333. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2001.037002318.x>.
- Reguera, B., González-Gil, S., & Delgado, M. (2007). *Dinophysis diegensis* is a life history stage of *Dinophysis caudata* (Dinophyceae, Dinophysiales). *Journal of Phycology*, 43(5), 1083–1093. <http://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2007.00399.x>.
- Rey, S. J., & Anselin, L. (2007). PySAL: A Python Library of Spatial Analytical Methods. *The Review of Regional Studies*, 37(1), 5–27.
- Riascos, J. M., & Jörg Urban, H. (2002). Dinámica poblacional de *Donax dentifer* (Veneroidea: Donacidae) en Bahía Málaga, Pacífico colombiano durante el fenómeno “El Niño” 1997/1998. *Revista de Biología Tropical*, 50, 1113–1123.
- Rojas Higuera, P. J., & Ortiz, J. R. (2007). *Comportamiento del fitoplancton durante el Evento ENOS en el Océano Pacífico*. Centro Control de Contaminación del Pacífico.
- Saldarriaga, J. F., & Taylor, F. J. R. (2017). Dinoflagellata. In *Handbook of the Protists* (pp. 1–54). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32669-6_22-1.

- Su-Myat, Maung-Saw-Htoo-Thaw, Matsuoka, K., Khin-Ko-Lay, & Koike, K. (2012). Phytoplankton surveys off the southern Myanmar coast of the Andaman Sea: An emphasis on dinoflagellates including potentially harmful species. *Fisheries Science*, 78(5), 1091–1106.
<https://doi.org/10.1007/s12562-012-0534-0>
- Taylor, F. J. R. (1987). *The Biology of Dinoflagellates*. Blackwell Scientific Publications.
- Thronsen, J. (1978). Preservation and Storage. In Sournia Alan (Ed.), *Phytoplankton Manual* (pp. 69–74). Unesco.
- Uribe-Palomino, H. J. (2003). *Relación entre las condiciones ambientales y la comunidad fitoplanctónica Diatomeas y Dinoflagelados de la Cuenca del Pacífico Colombiano*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *SIL Communications, 1953-1996*, 9(1), 1–38.
<https://doi.org/10.1080/05384680.1958.11904091>
- Van Rossum, G., & Drake, F. L. (2009). *Python 3 references manual*. CreateSpace.
- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., Weckesser, W., Bright, J., van der Walt, S. J., Brett, M., Wilson, J., Millman, K. J., Mayorov, N., Nelson, A. R. J., Jones, E., Kern, R., Larson, E., ... Vázquez-Baeza, Y. (2020). SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. *Nature Methods*, 17(3), 261–272.
<https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>
- Waskom, M. (2021). seaborn: statistical data visualization. *Journal of Open Source Software*, 6(60), 3021.
<https://doi.org/10.21105/joss.03021>
- Zingone, A.; Larsen, J. (Eds) (2020). *Dinophysiales*, in IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Available online at
<https://www.marinespecies.org/hab>. Accessed on 2022-11-01