

## Listado de especies de fitoplancton en la bahía de Tumaco, Pacífico colombiano Checklist of phytoplankton species in Tumaco bay, Pacific Colombian

Jesús Javier Hoyos-Acuña , Humberto Luis Quintana-Manotas , Christian Bermúdez-Rivas , Andrés Felipe Molina-Triana , Fredy Albeiro Castrillón  y Jenny Lisbeth Parada Gutiérrez 

Centro de investigaciones Oceanográfica e Hidrográfica del Pacífico (CCCP). Área de protección al Medio Marino, Tumaco, Nariño, Colombia

\*Autor de correspondencia: [jhoyosa@dimar.mil.co](mailto:jhoyosa@dimar.mil.co)

Recibido: 14 de mayo de 2021

Aceptado: 17 de septiembre de 2021

Publicación en línea: 30 de diciembre de 2021

### Resumen

**Palabras clave:**  
costa pacífica colombiana;  
diatomeas; FAN;  
fitoplancton; Tumaco

Se presenta un listado actualizado de las especies de fitoplancton de la bahía de Tumaco, generado a partir de la literatura disponible desde 1979 hasta 2019 y de campañas oceanográficas realizadas por el Laboratorio del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP) de la Dirección General Marítima (Dimar). Se registran un total de 400 especies, comprendidas en ocho divisiones: Cyanophyta, Chlorophyta, Charophyta, Euglenophyta, Haptophyta, Ochlorophyta, Bacillariophyta y Dinophyta, dos subdivisiones, 12 clases, 14 subclases, 53 órdenes, 93 familias y 146 géneros. Las diatomeas constituyeron el taxa más diverso, seguidas de los dinoflagelados, y algunos representantes de las cianobacterias fueron identificados a nivel genérico. Cuatro géneros y cinco morfoespecies representan a las desmicias, mientras que solo dos especies corresponden a los silicoflagelados. Los flagelados, las euglenas y las clorófitas son representados por un género y una morfoespecie. Los géneros con mayor número de especies fueron: *Chaetoceros* (30), *Tripos* (29), *Protoperdinium* (24), *Nitzschia* (15), *Rhizosolenia* (12) y *Coscinodiscus* (10). De las muestras analizadas en el laboratorio, se registran un total de 152 especies, de las cuales 39 se reportan por primera vez en la bahía de Tumaco. Se identificaron las especies según su hábitat y se determinaron las formadoras de florecimientos algales nocivos (FAN).

### Abstract

**Key words:**  
Colombian Pacific coast,  
diatoms, HABs,  
phytoplankton; Tumaco

An updated list of phytoplankton species in Tumaco Bay is presented, generated from available literature from 1979 to 2019 and oceanographic campaigns conducted by the Laboratory of the Pacific Oceanographic and Hydrographic Research Center (CCCP) of the Directorate General Maritime (DIMAR). A total of 400 species comprised in eight divisions are recorded: Cyanophyta, Chlorophyta, Charophyta, Euglenophyta, Haptophyta, Ochlorophyta, Bacillariophyta and Dinophyta, two subdivisions, 12 classes, 14 subclasses, 53 orders, 93 families, and 146 genera. Diatoms constituted the most diverse taxa, followed by dinoflagellates; some representatives of cyanobacteria were identified at the generic level. Four genera and five morphospecies represent desmicias, while only two species represent silicoflagellates. The flagellates, euglenas, and chlorophyta are represented by one genus and one morphospecies. The genera with the highest number of species were: *Chaetoceros* (30), *Tripos* (29), *Protoperdinium* (24), *Nitzschia* (15), *Rhizosolenia* (12) and *Coscinodiscus* (10). From the samples analyzed in the laboratory, a total of 152 species were recorded, 39 of which were recorded for the first time in Tumaco Bay. Species were identified according to their habitat and Harmful Algal Bloom (HAB) forming species were determined.

## Introducción

El fitoplancton marino es una comunidad conformada principalmente por microalgas que se encuentran suspendidas en la columna de agua, incapaces de moverse de forma autónoma, por lo que están limitadas al movimiento de las corrientes de agua (Tomas, 1997). La comunidad fitoplanctónica alberga una alta diversidad de especies (>20,000) y una amplia gama de variaciones de tamaño y modo trófico, representando una parte integral y crucial en los ecosistemas marinos de todo el mundo (Al-Yamani y Saburova, 2019a). Al fitoplancton se le atribuye la fijación fotosintética del carbón que representa el 1 % del total de la biomasa terrestre, y es responsable del 50 % de la producción primaria neta mundial, lo que lo consolida como la principal fuente de energía de los ecosistemas acuáticos. Asimismo, a nivel global, influye en la regulación climática y en los ciclos biogeoquímicos, los cuales dependen de su composición (Field et al., 1998; Winder y Sommer, 2012).

El fitoplancton comprende grupos taxonómicos que pueden diferir notablemente en su fisiología. Existen grupos autótrofos como las cianobacterias, las clorófitas, las diatomeas y los silicoflagelados, entre otros (Field et al., 1998; Falkowski et al., 2004; Thornton, 2012), mixotróficos y heterótrofos, como algunos dinoflagelados, que constituyen un componente vital del bucle microbiano (Fenchel, 1988; Sanders, 1991; Stoecker, 1998; Jones et al., 2007).

Desde hace varias décadas, las zonas costeras de muchos países se han visto afectadas por proliferaciones de microalgas denominadas FAN (florecimientos algales nocivos), que pueden llegar a ser nocivas y tóxicas (Ochoa et al., 2003). Las altas concentraciones de estas microalgas, por ejemplo, son capaces de modificar el color de la superficie de la columna de agua. De hecho, aunque en algunos casos no presenten altas concentraciones, no dejan de ser un riesgo socioambiental debido a la producción de toxinas que tienden a acumularse en los tejidos musculares de peces e invertebrados, por lo que pueden generar efectos nocivos en los consumidores de las carnes contaminadas con estos compuestos tóxicos (Carreto et al., 2008).

En América son diversos los trabajos que se han desarrollado sobre la taxonomía y la ecología del fitoplancton. Para la zona tropical sobre el mar Caribe, se destacan las revisiones taxonómicas realizadas por Margalef (1957) y Tomas (1997). A su vez, para el Pacífico oriental tropical se destacan los estudios de Smayda (1963) y Thomas (1969), quienes

analizaron el fitoplancton y su relación con factores fisicoquímicos y nutrientes. En Colombia, las primeras investigaciones se enfocaron principalmente en la caracterización del fitoplancton del Caribe (Arosemena et al., 1973; Caycedo, 1977; Vidal y Carbonell, 1977; Arias y Durán, 1984), de la que partieron distintos inventarios taxonómicos de los grupos más sobresalientes (diatomeas y dinoflagelados) (Lozano-Duque et al., 2010, 2011). En relación con la cuenca Pacífico colombiana (CPC), las investigaciones sobre el fitoplancton fueron lideradas por los programas del Estudio Regional del Fenómeno del Niño (Erfen) (Castillo y Vizcaíno, 1992, 1993; Medina, 1998; Uribe-Palomino, 2003), el Estudio del Niño-Oscilación del Sur (ENOS) (Higuera y Ortiz, 2007), así como otros en algunas zonas como: la ensenada de Utría (Peña y Pinilla, 2002), cabo Marzo y Punta Cruces (Giraldo-López y Ramírez, 2010) e isla Gorgona (Giraldo et al., 2014).

Igualmente, en el sur de la CPC, específicamente en la bahía de Tumaco, se han desarrollado estudios de microorganismos fitoplanctónicos (Calderón, 1979; Collazos, 1992; Medina, 1997; García-Hansen et al., 2004; García-Hansen, 2009; Guzmán et al., 2014; Osorio-Cardoso, 2019). Sin embargo, existe una ausencia de listados taxonómicos que recopilen la información de las especies halladas en la zona y actualicen su nomenclatura, en la que se estima una alta diversidad debido a su posición geográfica y a las condiciones particulares que se dan allí gracias a los deltas de los ríos Mira y Patía (Garay-Tinoco et al., 2006).

Esta zona posee la segunda terminal portuaria más importante del Pacífico colombiano, lo que le confiere alta sensibilidad a la introducción de especies no nativas o, en el peor de los casos, invasoras, a causa del tráfico marítimo internacional. Por tal razón, esta investigación tiene como objetivo generar un listado actualizado de especies del fitoplancton en la bahía de Tumaco registradas en la literatura científica disponible, complementadas con los análisis de muestras procedentes de las campañas oceanográficas realizadas durante 2017 y 2020 por el Laboratorio de Dirección General Marítima (Dimar), sede pacífica, adscrita al Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP).

## Materiales y métodos

### Área de estudio

La bahía de Tumaco se sitúa en la parte sur de la costa del Pacífico de Colombia, departamento de Nariño, delimitada por las latitudes 1°45'00" y 2°05'00" N y las longitudes 78°30'00" y

78°46'00" W (figura 1). El clima de esta zona es influenciado por el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ), que regula los sistemas pluviométricos y climatológicos de la región (Devis-Morales, 2002; Garay-Tinoco *et al.*, 2006).

El régimen de lluvias moderado presenta una temperatura ambiente con un valor promedio de 25,6 °C y exhibe un comportamiento monomodal con valores máximos (27,0 a 28,0

°C) en abril y mínimos (23,0 a 24 °C) durante octubre y noviembre. La precipitación promedio anual es de 2,647 mm, con variaciones de 84 % a 87 % en términos de humedad relativa promedio. Se caracteriza por un fenómeno de viento local, producido por la orografía y su ubicación geográfica, denominado brisas marinas y brisas terrestres. Las descargas de sedimentos de los ríos Curay, Colorado, Chagüi, Rosario, Tablones, entre otros, definen en la bahía unas condiciones batimétricas particulares (Garay-Tinoco *et al.*, 2006).

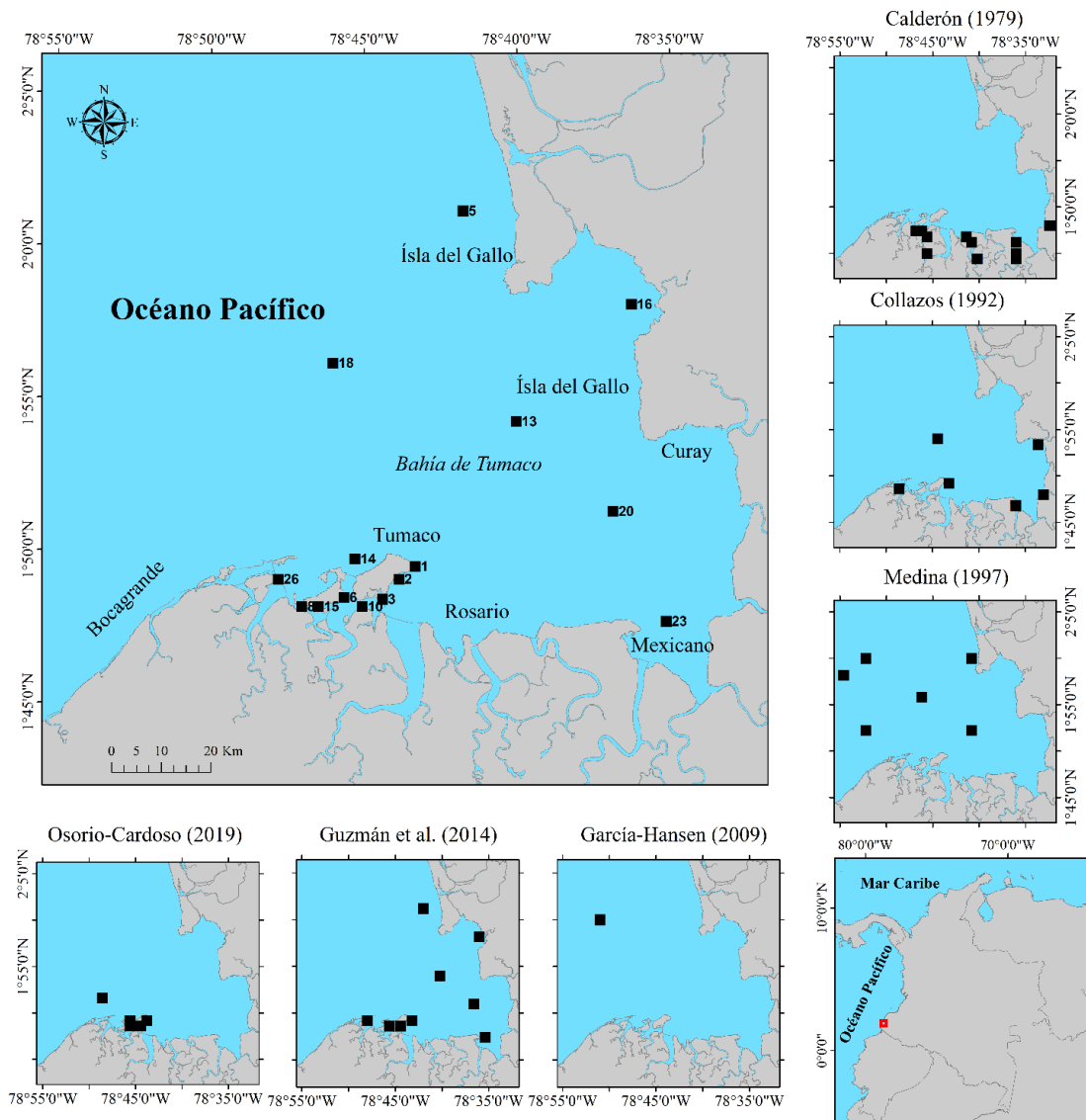


Figura 1. Ubicación de las estaciones de toma de muestras y estudio previos de la bahía de Tumaco.

### Fuente y revisión de los registros previos

Mediante consultas en diferentes fuentes disponibles, se recopiló el mayor número de registros de especies del

fitoplancton en la bahía de Tumaco. Los datos obtenidos comprenden investigaciones desde 1976 hasta 2019, utilizando palabras claves como: "fitoplancton Tumaco", "fitoplancton en costa del Pacífico colombiano" y "*Phytoplankton Tumaco Bay*"

en sitios de búsqueda de información científica como el repositorio de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/>), así como a través de consulta física en la biblioteca de dicha institución educativa (sede Santa Marta). También se examinaron estudios de la Universidad del sur de Missisipi (<https://aquila.usm.edu/dissertations/1035/>) y del Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (Cecoldo) (<https://cecoldodigital.dimar.mil.co/cgi/search/advanced>), sumados a diferentes sitios web de revistas nacionales (<https://ojs.dimar.mil.co/index.php/CIOH>) e internacionales repositorio institucional de la Universidad de Costa Rica (<https://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/15280>) y *Revista de Investigaciones Marinas Valparaíso* ([https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=0717-7178&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_serial&pid=0717-7178&lng=es&nrm=iso)). En la tabla 1 se exhiben los datos metodológicos de las colectas y el análisis de las muestras.

### Fase de campo

El listado de la flora fitoplanctónica en la bahía de Tumaco se complementa con los registros de especies procedentes de tres campañas oceanográficas de toma de muestras, realizadas en los años 2017 y 2020. La primera se ejecutó en mayo del 2017 en las estaciones 2 y 6 de la bahía interna de Tumaco (1°49'9,44"N 78°43'48,22"W-1°48'41,04"N 78°45'37,67"W), colectando muestras en cada hora en un lapso de 24 horas. Se filtraron 20 L de agua tomados directamente de la superficie, a través de redes cónicas simples de 20 y 53 micrómetros, donde se recolectaron un total de 96 muestras. El contenido filtrado se depositó en recipientes plásticos de 1 L, y se fijó con formaldehído neutralizado con tetraborato de sodio hasta obtener una concentración final del 4 % (Tangen, 1978; Thronsen, 1978).

La segunda campaña se llevó a cabo en marzo del 2020, y en ella se monitorearon 15 estaciones repartidas tanto en la bahía interna como en la externa de Tumaco y en ambos ciclos mareales (bajamar y pleamar), para un total de 30 muestras. Finalmente, la tercera constó de tomas de muestras quincenales entre los meses de junio y diciembre del 2020, en la estación fija número cinco (1°55'19,8"N-78°45'34,9"W) en cinco profundidades (0, 10, 20, 30 y 50 m) para un total de 60 muestras, en el marco del proyecto Antares. Las tomas de muestra durante el 2020 fueron obtenidas mediante botella Niskin y vertidas en recipientes plásticos ámbar de 1 L, fijadas con solución de Lugol (Venrick, 1978; Thronsen, 1978).

### Fase de laboratorio

Las muestras originarias de las tres campañas oceanográficas

de toma de muestras mencionadas anteriormente fueron procesadas en el laboratorio del CCCP, sede Pacífico de la Dimar, mediante el uso del microscopio compuesto Unico G504 a magnificaciones de 40X y 100X. Aquellas que fueron colectadas y se filtraron con redes cónicas se analizaron mediante la revisión de tres alícuotas de 1 mL en cámara Sedgwick Rafter. Por otra parte, cada muestra procedente de botella Niskin se sedimentó en 250 mL durante 48 horas hasta obtener un volumen final de 50 mL. Luego se tomaron tres alícuotas de 1 mL y se adicionaron en la cámara Sedgwick Rafter para ser analizadas en el microscopio (Guillard, 1978).

En la identificación de los especímenes se emplearon las guías de identificación de Cupp (1943), Jiménez (1983), Balech (1988), Tomas (1997), Ojeda-Rodríguez (1998), Okolodkov (2008, 2010), Vidal-Velásquez (2010), Al-Yamani y Saburova (2019a, 2019b) y Guiry y Guiry (2020). Se consideraron los ejemplares hasta nivel más basal, en este caso especie, y se tuvieron en cuenta registros de algunos géneros por ser poco frecuentes para el área.

### Fase de gabinete

Se listaron taxonómicamente las especies registradas previamente en la literatura científica, al igual que las identificadas en las muestras analizadas en el laboratorio. La clasificación taxonómica de las especies de diatomeas fue establecida bajo la referencia de Medlin y Kaczmarek (2004); la de los dinoflagelados, según Gómez (2012); la de cianobacterias, siguiendo a Komárek et al. (2014); la de los silicoflagelados se basó en Jiménez (1983); la de los flagelados, en Thronsen (1997), y para las charófitas se tuvo en cuenta el estudio de Guiry y Guiry (2021).

Del mismo modo, se verificó el estado taxonómico actual de las identidades de las especies, sus autores y sinonimia en la base de datos en línea Algaebase (Guiry y Guiry, 2020) y WoRMS (WoRMS Editorial Board, 2021) a través de un script en R con el paquete "*worms*" (Holstein, 2018). Una vez confirmada su identidad, se indicaron los especímenes que presentaron cambios y/o traslado de nombre de especies o géneros. Cada especie se relacionó con su hábitat mediante la revisión de trabajos autoecológicos y descripciones taxonómicas (Cupp, 1943; Jiménez, 1983; Balech, 1988; Ojeda-Rodríguez, 1998; Al-Yamani y Saburova, 2019a, 2019b). También se contempló su capacidad de generar FAN, con base en el trabajo de Allen (2018), donde se identificaron las especies nocivas y tóxicas. Finalmente, cada especie correspondió con el(los) autor(es) que registra(n) sus ocurrencias en la bahía de Tumaco.

Tabla 1. Datos metódicos de los registros previos en la bahía de Tumaco. Se indican abreviaturas: CD: colecta directa, BNA: botella Nansen, BNI: RCS: red cónica simple, CSR: cámara Sedgwick Rafter, GG: gota a gota, MC: microscopio compuesto y MI: microscopio invertido, N/A: no aplica y N/M: no se menciona.

| No muestras | Tipo de coleta                           | Profundidades (m) | Volumen colectado | Soluciones fijadoras             | Técnica de análisis | No réplicas | Sedimentación                    | Tipo de microscopio                                  | Meses y años                 | Autores                    |
|-------------|--|-------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------|-------------|----------------------------------|--|------------------------------|----------------------------|
| 32          | RCS tamaño de poro 50 y 64 $\mu\text{m}$ | 0 y 5             | N/M               | N/M                              | GG                  | 1           | N/A                              | Microscopio compuesto                                | Abril, 1976                  | Calderón, 1979             |
| 216         | BNA                                      | 0,3 y 5           | 500               | Formol al 4% y lugol             | CSR                 | 1           | N/M                              | Microscopio invertido                                | Enero a agosto, 1991         | Collazos, 1992             |
| N/M         | BNI                                      | 0,10 y 20         | 500               | Formol al 4%, lugol y glicerina  | CSR                 | 1           | 500 ml a 100 mL durante 96 horas | Microscopio invertido                                | Julio, 1996                  | Medina, 1997               |
| N/M         | CD                                       | 0                 | 500               | Formalina al 10% y lugol al 5%   | CSR                 | 1           | 500 ml a 20 mL durante 36 horas  | Microscopio invertido                                | Marzo, 2001                  | García-Hansen et al., 2004 |
| 240         | BNI                                      | 0,10, 20, 30 y 50 | 500               | Formalina al 10% y lugol al 10%. | CSR                 | 3           | 500 ml a 20 mL durante 96 horas  | Microscopio compuesto                                | 1993 a 2005                  | García-Hansen, 2009        |
| 26          | RCS tamaño de poro 23 $\mu\text{m}$      | 0                 | 500               | Formol buferizado al 4%          | CSR                 | 1           | N/A                              | Microscopio invertido                                | Abril y agosto 2012          | Guzmán et al., 2014        |
| 48          | RCS con tamaño de poro 21 $\mu\text{m}$  | 0                 | 250               | Lugol                            | GG                  | 1           | N/A                              | Microscopio compuesto con objetivo a 10x, 40x y 100x | Septiembre 2016 y junio 2017 | Osorio-Cardoso, 2019       |

## Resultados

Se encontraron un total de siete obras de investigación entre los años 1979 y 2019. Tres de ellas son artículos científicos (uno en revistas nacionales y dos de revistas internacionales), y cuatro son tesis (dos de pregrado, una de maestría y otra de doctorado). En los registros previos se reconocieron la mayoría de las especies que conforman la microflora de la bahía, siendo Calderón (1979) el pionero en la descripción de 144 especies, seguido por Collazos (1992), quien detalló 87, y por Medina (1997), quien registró 67. En el 2001, García-Hansen *et al.* (2004) reportaron un florecimiento algal nocivo correspondiente a la especie de dinoflagelado *Alexandrium tamarense*. Posteriormente, García-Hansen (2009) aportó 150 especímenes, y Guzmán *et al.* (2014) y Osorio-Cardoso (2019) evidenciaron 19 y 164, respectivamente (tabla 2). En contraste, al analizar muestras en el laboratorio se registró un total de 152 especies, de las cuales 39 fueron observadas por primera vez. De igual manera, se actualizaron 72 nombres de especies de fitoplancton registradas en la bahía de Tumaco, correspondientes a un silicoflagelado, 53 diatomeas y 18 dinoflagelados (tabla 3 y [material suplementario](#)).

Un total de 400 especies de fitoplancton se registraron en la bahía de Tumaco (tabla 4), comprendidas en ocho divisiones (Cyanophyta, Chlorophyta, Charophyta, Euglenophyta, Haptophyta, Ochrophyta, Bacillariophyta y Dinophyta), dos subdivisiones, 12 clases, 14 subclases, 53 órdenes, 93 familias y 146 géneros. La división Bacillariophyta (diatomeas) es la más diversa para la bahía, con 101 géneros y 262 especies distribuidas en tres clases: Bacillariophyceae (diatomeas

pennadas) (50 géneros y 116 especies), Mediophyceae (diatomeas polares o intermedias) (28 y 86) y Coscinodiscophyceae (diatomeas céntricas) (24 y 60).

Seguidamente, se reconocen 29 géneros y 120 especies de la división Dinophyta (dinoflagelados), comprendidas en dos clases: Noctilucopephyceae (dinoflagelados desnudos) (un género y una especie) y Dinophyceae (dinoflagelados no desnudos) (28 géneros y 119 especies). Entretanto, las divisiones mencionadas a continuación registran una sola clase en la bahía: Cyanophyceae (cianobacterias) (ocho géneros, ocho morfoespecies), Zygnematophyceae (desmidiás) (cuatro géneros y cinco morfoespecies), Dictyochophyceae (silicoflagelados) (dos géneros y dos especies). Coccolithophyceae (flagelados), Euglenophyceae (euglenas) y Trebouxiophyceae (clorófitas) fueron representadas por un género y una morfoespecie cada una (tabla 3). Los géneros con mayor número de especies corresponden a *Chaetoceros* (30), *Tripos* (29), *Protoperidinium* (24), *Nitzschia* (15), *Rhizosolenia* (12) y *Coscinodiscus* (10).

En la tabla 4 se reconocen las especies productoras de FAN: 19 son especies nocivas, y 25, tóxicas. De estas últimas, ocho producen toxinas no conocidas; cinco generan en conjunto ácido okadaico, dinophysitoxinas y pectitoxinas; cuatro se relacionan con ácido domoico; dos, con saxitoxina; dos, con yesotoxinas; una produce toxinas de rápida acción; una es hemolítica; una genera ictiotoxina, y una es sufactante. Los tipos de hábitats pertenecientes a las especies mencionadas se encuentran en la tabla 5

Tabla 2. Revisión de la literatura y el presente estudio de la comunidad fitoplanctónica en la bahía de Tumaco.

| Clase               | Collazos<br>(1992) | Medina<br>(1997) | García-<br>Hansen<br><i>et al.</i><br>(2004) | García-<br>Hansen<br>(2009) | Guzmán<br><i>et al.</i> (2014) | Osorio-<br>Cardoso<br>(2019) | Presente<br>estudio |
|---------------------|--------------------|------------------|--|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Coccolithophyceae   | 0                  | 1                | 0  | 0                           | 0                              | 0                            | 0                   |
| Cyanophyceae        | 1                  | 1                | 0  | 0                           | 0                              | 3                            | 6                   |
| Zygnematophyceae    | 2                  | 0                | 0  | 0                           | 0                              | 0                            | 4                   |
| Chlorophyceae       | 0                  | 0                | 0  | 0                           | 0                              | 0                            | 1                   |
| Dictyophyceae       | 2                  | 1                | 0  | 0                           | 0                              | 0                            | 1                   |
| Coscinodiscophyceae | 29                 | 13               | 2  | 0                           | 24                             | 5                            | 28                  |
| Mediophyceae        | 41                 | 28               | 12   | 0                           | 46                             | 1                            | 42                  |
| Bacillariophyceae   | 51                 | 33               | 4  | 0                           | 33                             | 6                            | 47                  |
| Dinophyceae         | 18                 | 10               | 49   | 1                           | 47                             | 4                            | 35                  |
| Total               | 144                | 87               | 67   | 1                           | 150                            | 19                           | 164                 |

Tabla 3. Nombres actualizados de especies de fitoplancton en la bahía de Tumaco. Calderón (1979); Collazos (1992) [2], Medina (1997) [3], García-Hansen (2009) [4], Guzmán (2014) [5], Osorio-Cardoso (2019) [6], Presente estudio [7].

| Número              | Nombre aceptado                             | Sinónimo                                    | Autores y año                                  |
|---------------------|---|---|--|
| Dictyochophyceae    |   |   |  |
| 1                   | <i>Ocatis octonaria</i>                     | <i>Dictyocha octanaris</i>                  | Hovasse, 1946 [7]                              |
| Coscinodiscophyceae |   |   |  |
| 2                   | <i>Actynocyclus cuneiformis</i>             | <i>Hemidiscus cuneiformis</i>               | Gómez <i>et al.</i> , 2017 [1, 3, 6]           |
| 3                   | <i>Aulacoseira granulata</i>                | <i>Melosira granulata</i>                   | Simonsen, 1979 [7]                             |
| 4                   | <i>Corethron pennatum</i>                   | <i>Corethron criophilum</i>                 | Van Heurck, 1909 [2,7]                         |
| 5                   | <i>Eupyxidicula palmeriana</i>              | <i>Stephanopyxis palmeriana</i>             | Blanco y Wetzel, 2016 [4,7]                    |
| 6                   | <i>Eupyxidicula nipponica</i>               | <i>Stephanopyxis nipponica</i>              | Blanco y Wetzel, 2016 [6,7]                    |
| 7                   | <i>Eupyxidicula turris</i>                  | <i>Stephanopyxis turris</i>                 | Blanco y Wetzel, 2016 [2,5, 7]                 |
| 8                   | <i>Ellerbeckia sol</i>                      | <i>Melosira sol</i>                         | Crawford y Sims, 2006 [1]                      |
| 9                   | <i>Melosira lineata</i>                     | <i>Melosira juergensii</i>                  | Agardh, 1824 [6]                               |
| 10                  | <i>Rhizosolenia setigera f. pungens</i>     | <i>Rhizosolenia pungens</i>                 | Brunel, 1962 [4]                               |
| 11                  | <i>Stellarima stellaris</i>                 | <i>Coscinodiscus stellaris</i>              | Hasle y Sim, 1986 [1]                          |
| 12                  | <i>Triceratium reticulum</i>                | <i>Trigonium reticulum</i>                  | Ehrenberg, 1844 [6]                            |
| Mediophyceae        |   |   |  |
| 12                  | <i>Chaetoceros protuberans</i>              | <i>Chaetoceros didymus var. protuberans</i> | Lauder, 1864 [7]                               |
| 13                  | <i>Helicotheca tamesis</i>                  | <i>Streptotheca tamesis</i>                 | Ricard, 1987 [2]                               |
| 14                  | <i>Hobaniella longicuris</i>                | <i>Odontella longicuris</i>                 | Sim <i>et al.</i> , 2018 [2, 4, 6, 7]          |
| 15                  | <i>Neomoelleria cornuta</i>                 | <i>Eucampia cornuta</i>                     | Blanco y Wetzel, 2016 [2, 4, 6, 7]             |
| 17                  | <i>Pseudictyota dubium</i>                  | <i>Odontella dubia</i>                      | Sim <i>et al.</i> , 2018 [7]                   |
| 18                  | <i>Thalassiosira eccentrica</i>             | <i>Coscinodiscus eccentricus</i>            | Cleve, 1904 [2,3,4, 7]                         |
| 19                  | <i>Thalassiosira lacutris</i>               | <i>Cyclotella punctata</i>                  | Hasle y Fryxell, 1977 [6]                      |
| 20                  | <i>Trieres mobiliensis</i>                  | <i>Odontella mobiliensis</i>                | Ashworth <i>et al.</i> , 2013 [2, 5, 76]       |
| 21                  | <i>Trieres regia</i>                        | <i>Odontella regia</i>                      | Ashworth <i>et al.</i> , 2013 [2, 4, 6]        |
| 22                  | <i>Trieres chinensis</i>                    | <i>Odontella chiensis</i>                   | Ashworth <i>et al.</i> , 2013 [4, 7]           |
| 23                  | <i>Zygoceros rhombus</i>                    | <i>Biddulphia rhombus</i>                   | Sim <i>et al.</i> , 2018 [2,7]                 |
| Bacillariophyceae   |   |   |  |
| 24                  | <i>Achnantes armillaris</i>                 | <i>Achantes longipes</i>                    | Guiry, 2019 [5]                                |
| 25                  | <i>Asterionellopsis gracialis</i>           | <i>Asterionella japonica</i>                | Round <i>et al.</i> , 1990 [2, 3, 5, 6, 7]     |
| 26                  | <i>Bacillaria paradoxa</i>                  | <i>Bacillaria paraxillifer</i>              | Marsson, 1901 [2,4, 6, 7]                      |
| 27                  | <i>Campylodiscus neofastuosus</i>           | <i>Surirella fastuosa</i>                   | Ruck <i>et al.</i> , 2016 [2, 4, 6, 7]         |
| 28                  | <i>Carinasigma rectum</i>                   | <i>Donkinia recta</i>                       | Reid, 2012 [1]                                 |
| 29                  | <i>Climaconeis delicatula</i>               | <i>Navicula delicatula</i>                  | Cox, 1982 [4]                                  |
| 30                  | <i>Cylindrotheca Closterium</i>             | <i>Nitzschia closterium</i>                 | Reiman y Lewin, 1964 [2, 4, 6, 7]              |
| 31                  | <i>Encyonema minuta</i>                     | <i>Cymbella minutum</i>                     | Round <i>et al.</i> , 1990 [6]                 |
| 32                  | <i>Entomoneis gigantea</i>                  | <i>Amphiphora gigantea</i>                  | Nizamuddin, 1983 [6]                           |
| 33                  | <i>Gomphonema acuminatum var. longiceps</i> | <i>Gomphonema longiceps</i>                 | Abarca y Jahn, 2020 [6]                        |
| 34                  | <i>Halumphora coffeiformis</i>              | <i>Amphora coffeiformis</i>                 | Mereschkowsky, 1903 [1]                        |
| 35                  | <i>Iconella guatemalensis</i>               | <i>Surirella guatemalensis</i>              | Ruck <i>et al.</i> , 2016 [1]                  |
| 36                  | <i>Lyrella lyra</i>                         | <i>Navicula lyra</i>                        | Karaveya, 1978 [1]                             |
| 37                  | <i>Muniera membranacea</i>                  | <i>Stauroneis membranacea</i>               | Hasle y Syvertsen, 1997 [1]                    |
| 38                  | <i>Neodelphineis silenda</i>                | <i>Neodelphineis pelagica</i>               | Desianti y Potapova, 2005 [6]                  |
| 39                  | <i>Nitzschia chinensis</i>                  | <i>Gomphonitzschia chinensis</i>            | Skvortsov, 1931[1]                             |
| 40                  | <i>Parlibellus cruciloides</i>              | <i>Navicula cruciloides</i>                 | Witkowski, Lange-Bertalot y Metzelin, 2000 [1] |
| 41                  | <i>Petroneis marina</i>                     | <i>Navicula marina</i>                      | Round <i>et al.</i> ,1990 [6]                  |

Listado de especies de fitoplancton en la bahía de Tumaco

Tabla 3. Continuación.

| Número      | Nombre aceptado                    | Sinónimo                              | Autores y año                         |
|-------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 42          | <i>Petrodictyon gemma</i>          | <i>Surirella gemma</i>                | Round <i>et al.</i> , 1990 [1]        |
| 43          | <i>Plagiotropis vitrea</i>         | <i>Tropidoneis vitrea</i>             | Cleve y Grunow 1880 [2]               |
| 44          | <i>Plagiotropis elegans</i>        | <i>Tropidoneis elegans</i>            | Van Heurck, 1885 [1]                  |
| 45          | <i>Pleurosigma simonsenii</i>      | <i>Pleurosigma planctonicum</i>       | Hasle y Syvertsen 1997 [2]            |
| 46          | <i>Psammodictyon mediterranium</i> | <i>Nitzschia mediterranea</i>         | Round <i>et al.</i> , 1990 [1]        |
| 47          | <i>Psammodiscus nitidus</i>        | <i>Coscinodiscus nitidus</i>          | Round y Mann, 1980 [6]                |
| 48          | <i>Psammodictyon panduriformis</i> | <i>Nitzschia panduriformis</i>        | Round <i>et al.</i> , 1990 [1]        |
| 49          | <i>Thalassionema frauenfeldii</i>  | <i>Thalassiothrix frauefeldii</i>     | Tempere y Peragallo, 1910 [2,4, 6, 7] |
| 50          | <i>Tryblionella aerophila</i>      | <i>Nitzschia aerophila</i>            | Round <i>et al.</i> , 1990 [2]        |
| 51          | <i>Tryblionella apiculata</i>      | <i>Nitzschia constricta</i>           | Gregory, 1857 [2]                     |
| 52          | <i>Tryblionella compressa</i>      | <i>Nitzschia compressa</i>            | Poulin <i>et al.</i> , 1990 [1]       |
| 53          | <i>Tryblionella scalaris</i>       | <i>Nitzschia scalaris</i>             | Siver y Hamilton, 2005 [6]            |
| 54          | <i>Ulnaria ulna</i>                | <i>Synedra ulna</i>                   | Compère, 2001 [6]                     |
| Dinophyceae |                                    |                                       |                                       |
| 55          | <i>Akashiwo sanguinea</i>          | <i>Gymnodinium sanguineum</i>         | Daugberg <i>et a.</i> , 2000 [4]      |
| 56          | <i>Blixaea quinquecornis</i>       | <i>Peridinium quinquecorne</i>        | Gottschling, 2017 [1]                 |
| 57          | <i>Cucumeridinium coeruleum</i>    | <i>Gymnodinium coeruleum</i>          | Gómez <i>et al.</i> , 2015 [2, 7]     |
| 580         | <i>Lingulodinium polyedra</i>      | <i>Gonyaulax polyedra</i>             | Guiry y Guiry, 2018 [3, 4]            |
| 59          | <i>Scrippsiella acuminata</i>      | <i>Scrippsiella trochoidea</i>        | Kretschmann <i>et al.</i> , 2015 [4]  |
| 60          | <i>Triadinium sphaericum</i>       | <i>Goniodoma sphaericum</i>           | Dodge, 1981 [4]                       |
| 61          | <i>Tripes eugrammus</i>            | <i>Tripes furca</i>                   | Gómez, 2021 [2, 3, 5, 6, 7]           |
| 62          | <i>Tripes furca</i>                | <i>Tripes lineatum</i>                | Gómez, 2021 [6]                       |
| 63          | <i>Tripes gallicus</i>             | <i>Tripes deflexus</i>                | Gómez, 2021 [7]                       |
| 64          | <i>Tripes gibberus</i>             | <i>Tripes contortus</i>               | Gómez, 2021 [7]                       |
| 65          | <i>Tripes gracilis</i>             | <i>Tripes declinatus</i>              | Gómez, 2021 [7]                       |
| 66          | <i>Tripes gravidus</i>             | <i>Tripes praelogum</i>               | Gómez, 2021 [7]                       |
| 67          | <i>Tripes intermedius</i>          | <i>Tripes horridus</i>                | Gómez, 2021 [7]                       |
| 68          | <i>Tripes muelleri</i>             | <i>Tripes schmidtii</i>               | Gómez, 2021 [4, 6, 7]                 |
| 69          | <i>Tripes pacificus</i>            | <i>Tripes belone</i>                  | Gómez, 2021 [7]                       |
| 70          | <i>Tripes pulchellus</i>           | <i>Tripes muelleri var. porrectus</i> | Gómez, 2021 [6]                       |
| 71          | <i>Tripes setaceus</i>             | <i>Tripes kofoidii</i>                | Gómez, 2021 [7]                       |
| 72          | <i>Tripes tenuis</i>               | <i>Tripes buceros var. tenuis</i>     | Hallegraef <i>et al.</i> , 2020 [2]   |

Tabla 4. Especies de fitoplancton pertenecientes a los diferentes hábitats que conforma la bahía de Tumaco.

| Clase               | Dulceacuícolas | Bentónicos | Desconocidos | Estuarinos | Litorales | Neríticos | Oceánicos |
|---------------------|----------------|------------|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Cyanophyceae        | 0              | 0          | 5            | 3          | 0         | 0         | 0         |
| Trebouxiophyceae    | 0              | 0          | 1            | 0          | 0         | 0         | 0         |
| Zygnematophyceae    | 2              | 0          | 3            | 0          | 0         | 0         | 0         |
| Euglenophyceae      | 1              | 0          | 0            | 0          | 0         | 0         | 0         |
| Coccolithophyceae   | 0              | 0          | 0            | 1          | 0         | 1         | 1         |
| Cictyochophyceae    | 0              | 0          | 2            | 0          | 0         | 0         | 0         |
| Coscinodiscophyceae | 0              | 1          | 37           | 8          | 2         | 17        | 10        |
| Mediophyceae        | 2              | 0          | 17           | 3          | 1         | 56        | 18        |
| Bacillariophyceae   | 7              | 2          | 62           | 15         | 7         | 36        | 2         |
| Noctilucofhyceae    | 0              | 0          | 0            | 0          | 0         | 0         | 1         |
| Dinophyceae         | 0              | 3          | 17           | 20         | 1         | 59        | 68        |
| Total               | 12             | 6          | 144          | 50         | 11        | 169       | 100       |



## Discusión

### Distribución de sitio de recolecta

En la figura 1 se observa un patrón en la distribución de los sitios de recolecta en el tiempo. En las primeras investigaciones, correspondientes a Calderón (1979) y Collazos (1992), se presenta un esfuerzo en toma de muestras en zonas cercanas a la costa, principalmente en los fondos de los esteros, caños y desembocaduras de los ríos Rosario, Mexicano y Curay. Estudios posteriores comenzaron a incluir zonas de recolecta con mayor distancia de la costa (Medina, 1997; García-Hansen, 2009) y una combinación entre sitios cercanos y lejanos (Guzmán *et al.*, 2014; Osorio-Cardoso, 2019, y el presente estudio).

Lo anterior evidencia el gran interés de la comunidad científica sobre el conocimiento de la dinámica fitoplanctónica, debido a la relevancia que tiene en el funcionamiento de los ecosistemas marinos, la productividad pesquera y el efecto negativo de algunas especies productoras de FAN sobre la economía y la salud de las comunidades costeras (Suárez y Guzmán, 2005).

### Composición del listado de fitoplancton

La revisión de los registros indica que existe una mayor riqueza de especies de la división Bacillariophyta (diatomeas); en segundo lugar se encuentra Dinophyta (dinoflagelados), y en una menor medida se reportan Cyanophyta (cianobacterias), Chlorophyta (clorófitas), Euglenozoa (euglenas), Charophyta (desmicias), Haptophyta (flagelados) y Ochrophyta (silicoflagelados). Dentro de Bacillariophyta, la clase Bacillariophyceae (diatomeas pennadas) fue mayor en Calderón (1979) y Osorio-Cardoso (2019), mientras que Mediophyceae (diatomeas polares) y Coscinodiscophyceae (diatomeas centrales) sobresalen, en términos de números de especies, entre los resultados de García-Hansen (2009) y Osorio-Cardoso (2019). Por otra parte, la Dinophyta (dinoflagelados), en cuanto a riqueza de especies, fue mayormente representada por los trabajos de Medina (1997) y García-Hansen (2009). Las demás mostraron un rango de presencia de especies comprendidas entre uno y seis (tabla 2).

En este estudio, al analizar muestras del 2017 y del 2020, se identificó una comunidad fitoplanctónica en términos de riqueza de especie muy similar a la reportada en los trabajos de Calderón (1979), García-Hansen (2009) y Osorio-Cardoso

(2019). Sin embargo, se registran por primera vez especies de diatomeas, dinoflagelados y euglenófitas debido a las estrategias de toma muestras que se emplearon en la bahía. De esta forma, la diatomeas céntricas, pennadas y polares y algunos dinoflagelados como *Protoperidinium claudicans*, *P. latissinum*, *P. lipopodium*, *Prorocentrum balticum* y *P. mexicanum* tuvieron un factor de frecuencia <5 y fueron hallados en la toma de muestra que se realizó en un lapso de 24 horas en dos estaciones. Por otra parte, el género *Euglena*, los dinoflagelados del género *Tripos* y la especie *Pyrocystis fusiformis* se encontraron ocasionalmente en la toma de muestras que se realizó desde junio hasta diciembre en la estación fija.

### Notas sobre nomenclatura

La determinación de los nombres actuales de las especies de fitoplancton en la bahía de Tumaco arrojó que Osorio-Cardoso (2019), Collazos (1992), Calderón (1979) y García-Hansen (2009) fueron los que presentaron mayor número de especies con nombres desactualizados. Con todo, estos estudios producto de tesis de pregrado, maestría y doctorado, aunque no han sido publicados bajo el lente de pares académicos, se han convertido en un gran aporte para la flora fitoplanctónica de la bahía. Además, el apoyo de Luis Alfonso Vidal Velásquez y Elcira Delgado, especialistas en la identificación taxonómica de fitoplancton, proporciona veracidad en la identificación de las especies en estos trabajos, por lo que han sido fundamentales en la elaboración del presente estudio:

En la tabla 2 se muestran las actualizaciones de los nombres de algunas especies de diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados registradas previamente y producidas durante el análisis de laboratorio. La validación de las especies se basó en investigaciones de análisis morfológicos, sistemáticos y moleculares, argumentados a continuación.

Mediante técnicas de microscopía electrónica de barrido, Siver y Hamilton (2005) observaron una serie de rasgos que promovieron la transferencia de *Nitzschia scalaris* a *Tryblionella scalaris*. Asimismo, Abarca *et al.* (2020) argumentaron la relación estrechamente morfológica y molecular de *Gomphonema longiceps* con *G. acuminatum*, por lo cual fue incluida en la variedad de especie *G. acuminatum* var. *longiceps*.

Ashworth *et al.* (2013) ratificaron, a través de análisis moleculares y morfológicos, que las especies *Odontella*

*chinensis*, *O. mobiliensis* y *O. regia* hacen parte del nuevo género *Trieres*. En efecto, sus nombres aceptados son *T. chinensis*, *T. mobiliensis* y *T. regia*. Por otro lado, la especie *Neodelphineis pelagica* se invalidó al considerarse sinónimo heterotípico de *Fragilaria silendum*, y se renombró *Neodelphineis silenda* (Desianti *et al.*, 2015). De manera similar, *Surirella fastuosa* y *S. guatemalensis* fueron reclasificadas y validadas como *Campylodiscus neofastusus* e *Iconella guatemalensis* (Ruck *et al.*, 2016).

De manera análoga, se resalta el cambio de tres especies de *Stephanopyxis* al género *Eupyxidicula*, reconocidas como *E. palmeriana*, *E. nipponica* y *E. turris*, puesto que el holotipo original era *Pyxidicula*, considerado ilegítimo. Del mismo modo, *Eucampia cornuta* ahora es aceptada como *Neomellaria cornuta* (Blanco y Wetzell, 2016).

Gómez *et al.* (2017), en su estudio de filogenia molecular, encontraron que el género *Hemidiscus* comprendía dos clados relacionados estrechamente con *Actinocyclus*, evidenciando alto grado de similitud molecular. Esto, en conjunto con la ausente diferenciación morfológica entre ambos géneros, llevó a incluir a *Hemidiscus* dentro de *Actinocyclus*. De esta manera, *H. cuneiformis* está registrada para la bahía y es actualmente aceptada con el nombre de *A. cuneiformis*. Caso similar sucedió con las especies *Odontella dubia* y *O. longicuris*, enmendadas a *Pseudictyota dubium* y *Hobaniella longicuris*, respectivamente, cuando Sims *et al.* (2018) describieron una nueva familia Odontellaceae y los géneros *Pseudictyota*, *Hobaniella* y *Ralfsiella*. Por otra parte, *Melosira* sol fue transferida a *Ellerbeckia sol* (Crawford y Sims, 2006).

Asimismo, a partir de las observaciones realizadas por Sims *et al.* (2018), *Biddulphia rhombus* retornó a su identificación original, *Zygoceros rhombus*, al determinar que ciertos rasgos no se habían tenido en cuenta en su redescrición. Con respecto a *Achnanthes longipes*, se reconoció como sinónimo heterotípico de *A. amillaris* (Guiry, 2019), por lo que en la actualidad este último nombre es el válido. Hasle y Syvertsen (1997) propusieron una nueva combinación para *Pleurosigma planctonicum*, denominándola como *P. simonsenii*. Por último, evidencia morfológica por microscopía electrónica de barrido permite transferir *Donkinia recta* a *Carinastigma rectum* (Reid, 2012). Las demás especies de diatomeas que se actualizaron, fueron reasignadas a otros géneros o especies, o retornaron a su descripción original.

Los dinoflagelados han sido un grupo controversial puesto que su taxonomía, basada inicialmente en criterios arbitrarios, ha

tenido diferentes modificaciones que surgen a partir del avance en la microscopía y en técnicas moleculares. Tal es el caso de *Goniodoma sphaericum*, que a raíz de los análisis de Dodge (1981) de muestras frescas con microscopía de luz y electrónica adoptaría el nuevo nombre de *Triadinium sphaericum*. De mismo modo, los análisis moleculares de Daugbjerg *et al.* (2000) sustentaron la división del género *Gymnodinium* en cuatro géneros: *Karenia*, *Karlodinium*, *Gymnodinium* y *Akashiwo*, razón evidente por la que *G. sanguineum* es conocida actualmente como *Akashiwo sanguinea*. Por su parte, *Scrippsiella acuminata* fue la nueva identidad para *S. trochoidea* y *Peridinium acuminatum* debido que Kretschmann *et al.* (2015) evidenciaron conespecificidad entre ambas especies.

El género *Ceratium* descrito por Schrank incluía especies dulceacuícolas y marino-costeras. Sin embargo, Sournia (1986) observa diferencias entre las especies de distintos ambientes: las dulceacuícolas presentan cinco placas cingulares (5C), y las marinas, cuatro (4C). Estas observaciones fundamentaron el análisis molecular realizado por Gómez *et al.* (2010), quienes propusieron agrupar las especies marinas en un nuevo género *Neoceratium* (Gómez *et al.*, 2010). En respuesta, Calado y Huisman (2010) rechazaron la propuesta al señalar que *Neoceratium* no era un género antiguo, por lo que recomendaron reasignar las especies marinas dentro del ya establecido género *Tripos*. Posteriormente, Gómez (2013) retoma el género *Tripos* y realiza nuevas combinaciones a partir de análisis moleculares y morfológicos, documentando 77 especies y numerosas variedades y formas a nivel mundial.

No obstante, la cantidad de formas de transición encontradas ha generado sesgo y conflicto para una adecuada identificación de las especies (Ojeda-Rodríguez, 1998). Por consiguiente, Gómez (2021) propuso 68 especies y transfirió algunas otras, tomando como referencia las descripciones originales de Christian Gottfried Ehrenberg de las especies *T. belone*, *T. furca* y *T. lineatum*, que actualmente son aceptadas como *T. pacificus*, *T. eugrammus* y *T. furca*, respectivamente. Otras fueron identificadas como estadios del ciclo de vida de especies ya definidas, tales como: *T. declinatus*, *T. deflexus*, *T. horridus*, *T. kofoidii*, *T. muelleri* var. *porrectus*, *T. praelogum* y *T. scmidtii*, transferidas a *T. gracilis*, *T. gallicus*, *T. intermedius*, *T. setaceus*, *T. pulchellus*, *T. gravidus* y *T. muelleri*. Sin embargo, las subespecies y variedades *T. eugrammus* subsp. *berghii* (= *Ceratium furca* var. *berghii*), *T. fusus* var. *seta* (*Ceratium fusus* var. *seta*), *T. massiliensis* var. *armatus* (*C. massiliense* f. *armatum*), *T. massiliensis* var. *massiliensis* (*C.*

massiliense var. massiliense), *T. muelleri* f. *parallelus* y *T. scmidtii* fueron incluidas en las especies *T. eugrammus*, *T. fusus*, *T. massiliensis* y *T. muelleri*.

La especie de dinoflagelado heterótrofo del orden Gymnodiniales *Gymnodinium coeruleum* fue reasignada en el género *Balechina* como resultado de los análisis de muestras de la expedición del océano Índico (Taylor, 1976). Empero, el género *Balechina* fue basado en la especie tipo *B. pachydermata* (= *G. pachydermatum*), conocida por sus numerosas y finas estrías longitudinales, mientras que *B. coerulea* mostraba alrededor de 24 crestas o surcos longitudinales prominentes en la superficie y una pigmentación azul distintiva. Ahora bien, los análisis filogenéticos exhibieron un clado que agrupó las especies *B. coerulea*, *G. cucumis* y *G. lira*, por lo que se propuso un nuevo género llamado *Cucumeridinium* para especies con crestas longitudinales y un surco apical circular. De esta manera, las especies mencionadas son renombradas como *C. coeruleum*, *C. cucumis* y *C. lira*. (Gómez *et al.*, 2015). Por otra parte, *Peridinium quinquecorne* fue sustituida por *Blixaea quinquecornis*, con base en los resultados de los datos moleculares y morfológicos (Gottschling *et al.*, 2017).

De igual manera, *Gonyaulax polyedra* fue transferida a *Lingulodinium polyedrum* porque era sinónimo de *L. polyedrum*, el cual fue utilizado en cerca de 225 publicaciones. Sin embargo, su epíteto fue reestablecido siguiendo las reglas lingüísticas del latín, y por eso en la actualidad es aceptado como *L. polyedra* (Guiry y Guiry, 2018). Por último, el silicoflagelado *Dictyocha octonaria* actualmente es definido como *Octatis octonaria* (Hovasse, 1946).

En contraste, la influencia de las cianobacterias en la bahía es escasa, un patrón común en las aguas marinas. Se presentan registros ocasionales de los géneros *Anabaena*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium* y *Merismopedia*, así como de la especie *Chroococcus turgidus* (Osorio-Cardoso, 2019). Por su parte, se reconocieron dos especies de silicoflagelados: *Dictyocha fibula*, cosmopolita y abundante, y *Octatis octonaria*, anteriormente llamada *Dictyocha octonaria*, que es considerada rara debido a su baja frecuencia (Cupp, 1943; Jiménez, 1983).

Las clorofitas presentan un único registro, correspondiente al género *Chlorella*. Con respecto a las Charofitas (desmidias), se registran los géneros *Closterium*, *Gonatozygon* y *Staurastrum*, así como la especie *Closterium kuetzingii*. El registro de las especies de desmidias es un dato por destacar dada la

exclusividad de este grupo para ambientes dulceacuícolas. Este hallazgo posiblemente se dio por la presencia de descargas de aguas continentales por parte de los ríos que desembocan en la bahía.

### Hábitat

El mayor número de especies listadas presentan una afinidad con hábitats neríticos debido a que la zona de estudio cuenta con una plataforma continental de 120 km de extensión (Santos, 2008), que puede permitir el desarrollo de organismos adaptados a estos ambientes. Sin embargo, se encontró un número considerable de especies oceánicas, lo que constituye un dato atípico dada la naturaleza nerítica de la bahía. Esto se puede explicar por el hecho de que las aguas superficiales ecuatoriales y las costeras peruanas tienen una alta incidencia sobre el sur de Pacífico colombiano y en la bahía de Tumaco (Grados *et al.*, 2008; Morón, 2011).

Además, el fitoplancton varía significativamente cuando se presenta el evento de El Niño (Ochoa y Gómez, 1997). Mientras que en condiciones normales la comunidad fitoplanctónica está constituida por diatomeas, durante El Niño los dinoflagelados de aguas cálidas se acercan generalmente a la costa (Ochoa *et al.*, 1985). Debido a que algunas especies de estos presentan rangos estrictos en sus requerimientos de temperatura, salinidad y, en los casos más específicos, de necesidades nutricionales, estos organismos en particular resultan ideales para su monitoreo del fitoplancton en el tiempo y espacio (Antonietti *et al.*, 1993).

Lo anterior se corrobora con los eventos de El Niño de los años 1991, 1997 y 1998, cuando se presentó una amplia cobertura de dinoflagelados con respecto a las diatomeas. Estas últimas presentaron características de "indicador biológico" de masas de aguas cálidas y coincidieron con los registros de especies mencionadas en el listado, esto es: *Amphisolenia bidentata*, *Blepharocysta splendor-maris*, *Ceratocorys horrida*, *Gonyaulax fragilis*, *Gonyaulax sphaeroidea*, *Gymnodinium splendens*, *Heterocapsa niei*, *Lingulodinium polyedra* (= *Gonyaulax polyedra*), *Ornithocercus quadratus*, *O. magnificus*, *O. steinii*, *Oxytoxum turbo*, *Prorocentrum gracile*, *Protoperidinium elegans*, *Triplos brevis* (= *Ceratium breve*), *T. eugrammus* (= *C. furca* var. *furca*), *T. extensus* (= *C. extensum*), *T. fusus* (= *C. fusus* var. *seta*), *T. longirostrum* (= *C. longirostrum*), *T. muellerii* (= *Ceratium triplos* var. *triplos*) y *T. trichoceros* (= *C. trichoceros*) (Vizcaíno-Bravo, 1993; Medina, 1998; Uribe-Palomino, 2003).

### Aportes al conocimiento de los FAN

Dentro de la comunidad fitoplanctónica se encuentran las diatomeas como microalgas potencialmente generadoras de FAN. Aunque son muy pocas, se destacan algunas especies de los géneros *Pseudosolenia*, *Chaetoceros*, *Leptocylindrus*, *Cerataulina* y *Cylindrotheca*, reconocidas por producir sustancias mucilaginosas que facilitan el agotamiento de oxígeno, provocando así anoxia e hipoxia en la columna de agua. Este fenómeno se ha consolidado como una problemática mundial que incide en la pérdida de hábitats bentónicos y de la diversidad de fauna, por lo que constituye una potencial amenaza para la biodiversidad marina (Sarkar, 2018).

Por otro lado, se han reconocido también en la bahía diatomeas potenciales generadoras de toxinas. Tal es el caso del complejo de especies de *Pseudo-nitzschia*, que tienen la capacidad de sintetizar una neurotoxina llamada ácido domoico, responsable de la intoxicación amnésica por mariscos, al igual que *Ditylum sol*, generadora de ictiotoxinas que provocan mortandad de peces durante la ocurrencia de estas proliferaciones (Sarkar, 2018; Al-Yamani y Saburova, 2019b). Igualmente, se han determinado dinoflagelados generadores de toxinas que pueden a su vez ocasionar FAN y, de esta manera, afectar el medio ambiente y causar problemáticas de salud pública, así como económicas, en el sector turístico y pesquero (Mancera-Pineda et al., 2009). Por último, en Tumaco se registraron especies de los géneros *Gymnodinium*, *Akashiwo*, *Heterocapsa*, *Prorocentrum*, *Alexandrium*, *Gonyaulax*, *Lingulodinium*, *Tripas*, *Dinophysis* y *Phalacroma*, las cuales se asocian con la producción de ácido domoico, dinotoxinas, pectitoxinas, yesotoxinas, saxitoxinas, toxinas de acción rápida e incluso toxinas desconocidas (Allen, 2018; Al-Yamani y Saburova, 2019a).

### Limitación en los métodos aplicados

En el Pacífico colombiano, los trabajos con fitoplancton han sido limitados al análisis de microorganismos de un tamaño  $>20 \mu\text{m}$  (LeGresley y McDermott, 2010), dejando a un lado las especies de menor tamaño como el nanoplancton (de 2 a 20  $\mu\text{m}$ ) y el picoplancton o bacterioplancton (células inferiores a 2  $\mu\text{m}$ ), que generalmente constituyen la biomasa más abundante del océano (Malone, 1971). Esto se debe a la dificultad que implica trabajar con microorganismos  $<20 \mu\text{m}$ , ya que es necesario el uso de herramientas moleculares y de microscopía electrónica de barrido para la identificación y caracterización de las especies. Además, estos suelen escapar con frecuencia al

recuento e identificación, sesgando una parte importante de la muestra. Por estas razones, entre otras, los métodos utilizados (cámara Sedgwick Rafter y gota a gota) pueden resultar inadecuados.

Asimismo, el uso exclusivo de microscopía óptica en todos los estudios realizados representa una gran dificultad puesto que en muchas especies de microalgas es necesario observar estructuras diagnósticas que solo son discernibles en microscopía electrónica de barrido o transmisión, dejando en cierto grado de incertidumbre la identificación de muchas de las especies, especialmente dinoflagelados tecados o atecados y algunas especies de diatomeas como las de los géneros *Coscinodiscus* y *Pseudo-nitzschia*.

### Conclusiones

Este listado florístico dista de estar completo. El escaso número de especies de dinoflagelados desnudos y de algunos géneros como *Coscinodiscus*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pseudo-nitzschia*, *Chaetoceros* y *Cocconeis* permite inferir un posible incremento de las especies en futuros estudios. La implementación de una adecuada metodología de recuento e identificación (por ejemplo: cámara Utermöhl) permitirá detectar microorganismos nanoplanctónicos, fundamentales para conocer la dinámica de la producción primaria en los océanos. Esto también se logrará con el uso de la microscopía electrónica de barrido o de transmisión y la aplicación de herramientas moleculares.

El monitoreo de especies FAN permite generar medidas de prevención y control frente a efectos negativos y pérdidas económicas. También se pueden implementar herramientas tecnológicas para la detección de toxinas. Es importante generar una colección de referencia con material fijado, placas semipermanentes y una iconoteca, de forma que sea posible corroborar la identidad de los registros de la bahía de Tumaco y la cuenca pacífica colombiana.

### Agradecimientos

A la dirección general marítima-DIMAR por el apoyo y la financiación de los proyectos Antares, calidad de agua y prevención de la contaminación biológica transferida por el tráfico marítimo internacional a través de la bioincrustación y otros vectores (agua, sedimentos de lastres), Así como agradecer al personal del área de protección al medio marino-APROMM, al Laboratorio del centro de investigaciones oceanográficas e hidrográficas del Pacífico-CCCP; al profesor Luis Alfonso Vidal Velásquez (Q.E.P.D) por la colaboración en la

identificación de algunas especies, a Mauricio Alejandro Perea Ardila por la elaboración del mapa.

## Referencias

- Abarca, N., Zimmermann, J., Kusber, W., Mora, D., Van, A., Skibbe, O. y Jahn, R. 2020. Defining the core group of the genus *Gomphonema* Ehrenberg with molecular and morphological methods. *Botany Letters* 167 (1): 114-159. Doi: <https://doi.org/10.1080/23818107.2019.1694980>.
- Agardh, C.A. 1824. *Systema algarum*. Lundae: Literis Berlingianis, Berling.
- Al-Yamani, F. y Saburova, M.A. 2019a. *Marine phytoplankton of Kuwait's waters. Volume I. Cyanobacteria, Dianoflagellates, Flagellates*. Waves Press, Kuwait.
- Al-Yamani, F. and Saburova, M.A. .2019. *Marine phytoplankton of Kuwait's waters. Volume II. Diatoms*. Waves Press, Kuwait
- Allen, J. 2018. Chapter I. HABSOS Initiative: Training Programs for the Identification of Harmful Algae. En: Steidinger, K.A. y Meave del Castillo, M.E., Editores. *Guide to the Identification of Harmful Microalgae in the Gulf of Mexico, Volume I: Taxonomy*. Fish and Wildlife Conservation Commission, Fish and Wildlife Research Institute; Florida.
- Antonietti, E., Villanueva, P., Delgado, E. y Chang, F. 1993. Organismos indicadores: dinoflagelados indicadores de El Niño 1991-1992. *Boletín ERFEN* 1:20-22.
- Arosemena, D., Cárdenas, H., Garzón, F., Ibáñez, F., Morenos, C. y Sierra, J. 1973. Algunos dinoflagelados y diatomeas de la bahía de Cartagena y sus alrededores. *Informe Museo Marino* 8: 11.
- Arias, F.A. y Durán, J.C. 1984. Variación anual del fitoplancton en la bahía de Cartagena. *Boletín Científico Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica del Caribe* (5): 61-116. Doi: <http://doi:10.26640/22159045.17>.
- Ashworth, M.P., Nakov, T. y Theriot, E.C. 2013. Revisiting Ross and Sims (1971); toward a molecular phylogeny of the Biddulphiaceae and Eupodisceae (Bacillariophyceae). *Journal of Phycology* 49(6): 1207-1222. Doi: <http://doi:10.1111/jpy.12131>.
- Balech, E. 1988. *Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental*. Instituto Español de Oceanografía, Madrid.
- Blanco, S. y Wetzel, C.E. 2016. Replacement names for botanical taxa involving algal genera. *Phytotaxa* 266(3): 195-205.
- Brunel, J. 1962. Le phytoplancton de la Baie des Chaleurs. *Contributions du Ministère de la Chasse et des Pêcheries* 91: 1-365.
- Calado, A. y Huisman, J. 2010. Commentary: Gómez, F., Moreira, D., and López-García, P. (2010). *Neoceratium* gen. nov., a new genus for all marine species currently assigned to *Ceratium* (Dinophyceae). *Protist* 161:35-54. *Protist* 161: 517-519. Doi: <http://doi:10.1016/j.protis.2010.04.003>
- Calderón, S. E. 1979. Contribución al conocimiento del fitoplancton nerítico de Tumaco y alrededores. Tesis de pregrado. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Cali, Valle del Cauca. Colombia.
- Carreto, J., Montoya, N. y Carignan, M. 2008. Florecimientos de algas nocivas. Atlas de sensibilidad ambiental del mar y costa. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar de Plata.
- Castillo, F.A. y 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 Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe* (12): 13-22. <https://doi.org/10.26640/01200542.12.13.22>.
- Castillo, F.A. y Vizcaino, B. 1993. Observación del fitoplancton del Pacífico colombiano durante 1991-1992 en condiciones El Niño. *Bulletin Institute France*: 179-190.
- Caycedo, I.E. 1977. Fitoplancton de la Bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona). mar Caribe, Colombia. *Instituto de Investigaciones Marinas* 9: 17-44. Doi: <http://doi.org/10.25268/bimc.invemar.1977.9.0.518>.
- Collazos, A. 1992. Contribución al estudio del fitoplancton en la ensenada de Tumaco (Pacífico colombiano). Tesis de pregrado. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Compère, P. 2001. Ulnaria (Kützing) Compère, a new genus name for *Fragilaria* subgen. *Alterasynedra* Lange-Bertalot with comments on the typification of *Synedra* Ehrenberg. In: Jahn, R., Kocielek, J.P., Witkowski, A. y Compère, P. Editores. *Studies on diatoms dedicated to Prof. Dr. Dr. h.c. Horst Lange-Bertalot on the occasion of his 65th birthday*. Ruggell Gantner Königstein Koeltz Scientific Books, Berlin.
- Cox, E.J. 1982. Taxonomic studies on the diatom genus *Navicula* Bory. IV. *Climaconeis* Grun., a genus including

- Okedenia inflexa* (Bréb.) Eulenz. ex De Toni and members of *Navicula* sect. Johnsonieae sensu Hustedt, *British Phycological Journal* 17(2): 147-168. Doi: <https://doi.org/10.1080/0007161820065016>.
- Cleve, P.T. y Grunow, A. 1880. Beiträge zur Kenntniss der arctischen Diatomeen. *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar* 17(2): 1-121.
- Cleve, P.T. 1904. *Plankton table for the North Sea. Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*. University of the California Libraries. California.
- Cupp, E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. University of the California Press. Berkeley and Los Angeles.
- Crawford, R. y Sims, P.A. 2006. The diatoms *Radialiplicata sol* (Ehrenberg) Glezer and *R. clavigera* (Grunow) Glezer and their transfer to *Ellerbeckia* Crawford, thus a genus with freshwater and marine representatives. *Nova Hedwigia, Beiheft* 130: 137-162.
- Daugbjerg, N., Hansen, G., Larsen, J. y Moestrup, Ø. 2000. Phylogeny of some of the major genera of dinoflagellates based on ultrastructure and partial LSU rDNA sequence data, including the erection of three new genera of unarmoured dinoflagellates. *Phycologia* 39(4): 302-317. Doi: <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-39-4-302.1>.
- Desianti, N., Potapova, M. y Beals, J. 2015. Examination of the type materials of diatoms described by Hohn and Hellerman from the Atlantic Coast of the USA. *Diatom Research* 30(2): 93-116. Doi: <https://doi.org/10.1080/0269249X.2014.1000020>.
- Devis-Morales, A. 2002. Análisis de las condiciones oceanográficas y meteorológica de la bahía de Tumaco y su relación con eventos de escala global. *Boletín Científico Centro de Control de Contaminación del Pacífico* (9): 1-21. Doi: <https://doi.org/10.26640/01213423.9.5.18>.
- Dodge, J. D. 1981. Three new generic names in the Dinophyceae: *Herdmania*, *Clerodinium* and *Triadinium* to replace *Heteraulacus* and *Goniodoma*. *British Phycological Journal* 16: 273-280. <https://doi.org/10.1080/00071618100650291>.
- Ehrenberg, C.G. 1844. Mittheilung über 2 neue Lager von Gebirgsmassen aus Infusorien als Meeres-Absatz in Nord-Amerika und eine Vergleichung derselben mit den organischen Kreide-Gebilden in Europa und Afrik. Bericht über die zur Bekanntmachung Geeigneten Verhandlungen der Königl. Preuss. Akademie Der Wissenschaften zu Berlin. Berlin.
- Falkowski, P., Katz, M., Knoll, A., Quigg, A. Raven, J., Scholfield, O y Taylor, F. 2004. The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. *Science* 305: 354-360. Doi: <http://doi:10.1126/science.1095964>.
- Fenchel, T. 1988. Marine plankton food chains. *Annual Review of Ecology and Systematics* 19 (1): 19-38. Doi: <http://doi:10.1146/annurev.es.19.110188.000315>.
- Field, C., Behrenfeld, M., Randerson, J. y Falkowski P. 1998. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281: 237-240. Doi: <http://doi:10.1126/science.281.5374.237>.
- Garay-Tinoco, J.A., Gómez López, D. I. y Ortiz Galvis, J.R. 2006. Diagnóstico integral biofísico y socioeconómico relativo al impacto de las fuentes de contaminación terrestre en la bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos básicos para un plan de manejo. Proyecto del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA - Programa de Acción Mundial PAM) y Comisión Permanente del Pacífico Sur CPPS. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar, Centro Control Contaminación del Pacífico CCCP- Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, Santa Marta.
- García-Hansen, I. 2009. The effects of climate variability on the structure of the phytoplankton community in Tumaco Bay, Colombia. Tesis de doctorado. University of Southern Mississippi. URL: <https://aquila.usm.edu/dissertations/1035/>. Consultado 17 de septiembre 2020.
- García-Hansen, I., Cortés-Altamirano, R. y Sierra-Beltrán, A. 2004. La marea roja causada por el dinoflagelado *Alexandrium tamarense* en la costa pacífica colombiana (2001). *Revista de Biología Tropical* 52: 59-68.
- Giraldo-López, A. y Ramírez, D.G. 2010. Fitoplancton costero en Cabo Marzo y Punta Cruces, margen nororiental del Océano Pacífico colombiano. *Boletín Científico Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica del Caribe* (28): 173-203. Doi: <http://doi:10.26640/01200542.28.173.203>.
- Giraldo, A., Valencia, B., Acevedo, J.D. y Rivera, M. 2014. Fitoplancton y zooplancton en el área marina protegida de Isla Gorgona, Colombia y su relación con variables oceanográficas en estaciones lluviosa y seca. *Revista Biológica Tropical* 62 (1):117-132. Doi: <http://doi:10.15517/RBT.V62I0.15982>.
- Gómez, F. 2021. Speciation and infrageneric classification in

- the planktonic dinoflagellate *Tripos* (Gonyaulacales, Dinophyceae). *Current Chinese Science* 1 (3): 346-372. Doi: <https://doi.org/10.2174/2210298101999210101231020>.
- Gómez, F., Wang, L., Hernández-Becerril, D.U., Lisunova, Y.O., Lopes, R.M. y Lin, S. 2017. Molecular phylogeny suggest transfer of *Hemidiscus* into *Actinocyclus* (Coscinodiscales, Coscinodiscophyceae). *Diatom Research* 32 (1): 21-28. Doi: <https://doi.org/10.1080/0269249X.2017.1313783>.
- Gómez, F., López-García, P., Takayama, H. y Moreira, D. 2015. Balechina and the new genus *Cucumeridinium* gen. nov. (Dinophyceae), unarmored dinoflagellates with thick cell coverings. *Journal of phycology* 51 (6): 1088-1105. Doi: <http://doi.org/10.1111/jpy.12346>.
- Gómez, F. 2012. A checklist and classification of living Dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata). *CICIMAR Oceanides* 27(1): 67-140. Doi: <http://doi:10.37543/oceanides.v27i1.111>.
- Gómez, F. 2013. Reinstatement of the Dinoflagellate genus *Tripos* to replace *Neoceratium*, marine species of *Ceratium* (Dinophyceae, Alveolata). *CICIMAR Oceanides* 28 (1): 1-22. Doi: <http://doi:10.37543/oceanides.v28i1.119>.
- Gómez, F. 2021. Speciation and infrageneric classification in the planktonic dinoflagellate *Tripos* (Gonyaulacales, Dinophyceae). *Current Chinese Science* 1 (3): 346-372. <https://doi.org/10.2174/2210298101999210101231020>.
- Gómez, F., Moreira, D. y López-García, P. 2010. *Neoceratium* gen. nov., a new genus for all marine species currently assigned to *Ceratium* (Dinophyceae). *Protist* 161 (1):35-54. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.protis.2009.06.004>.
- Gómez, F., López-García, P., Takayama, H. y Moreira, D. 2015. Balechina and the new genus *Cucumeridinium* gen. nov. (Dinophyceae), unarmored dinoflagellates with thick cell coverings. *Journal of Phycology* 51 (6): 1088-1105. Doi: <http://doi.org/10.1111/jpy.12346>.
- Gómez, F., Wang, L., Hernández-Becerril, D.U., Lisunova, Y.O., Lopes, R.M. y Lin, S. 2017. Molecular phylogeny suggest transfer of *Hemidiscus* into *Actinocyclus* (Coscinodiscales, Coscinodiscophyceae). *Diatom Research* 32 (1): 21-28. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2017.1313783>.
- Gottschling, M., Čalasan, A., Kretschmann, J. y Gu, H. 2017. Two new generic names for dinophytes harbouring a diatom as an endosymbiont, *Blixaea* and *Unruhadinium* (Kryptoperidiniaceae, Peridinales). *Phytotaxa* 306 (4): 296-300. Doi: <http://doi.org/10.11646/phytotaxa.306.4.6>.
- Grados, C., Chaigneau, Echevin, V. y Dominguez, N. 2018. Upper ocean hydrology of the Northern Humboldt Current System at seasonal, interannual and interdecadal scales. *Progress in Oceanography* 165: 123-144. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.05.005>.
- Gregory, W. 1857. On the post-Tertiary diatomaceous sand of Glenshira. Part II. Containing an account of a number of additional undescribed species. *Transactions of the Microscopical Society of London* 5: 67-88.
- Guillard, R. 1978. Counting slides: The Sedgwick-Rafter Slide. En: Sournia, A., Editor. *Phytoplankton manual*. Unesco, París.
- Guiry, M.D. 2019. Nomenclatural notes on two chain-forming marine diatoms described by O.F. Müller. *Notulae Algarum* 92: 1-3.
- Guiry, M. y Guiry, G. 2018. AlgaeBase. Worldwide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <https://www.algaebase.org/>. Consultado 6 enero 2018.
- Guiry, M. y Guiry, G. 2020. AlgaeBase. Worldwide electronic publication, National University of Ireland, Galway URL: <https://www.algaebase.org/>. Consultado: 25 septiembre 2020.
- Guiry, M. y Guiry, G. 2021. AlgaeBase. Worldwide electronic publication, National University of Ireland, Galway URL: <https://www.algaebase.org/>. Consultado: 23 marzo de 2021.
- Guzmán, A., Zambrano-Ortiz, M., Casanova-Rosero, R., Selvaraj, J. y Martínez, A. 2014. La condición ecológica de la bahía de Tumaco (Pacífico colombiano): evaluación de la calidad del agua y del fitoplancton. *Boletín Científico Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica del Caribe* 32: 3-16. Doi: <http://doi:10.26640/01200542.32.3.16>.
- Hallegraeaf, G., Eriksen, R., Davies, C., Slotwinski, A., McEnulty, F., Coman, F., Uribe-Palomino, J., Tonks, M. y Richardson, A. 2020. The marine planktonic dinoflagellate *Tripos*. 60 years of species-level distributions in Australian waters. *Australian Systematic Botany* 33: 392-411. Doi: <http://doi.org/10.1071/SB19043>.
- Hasle, G.R. y Sims, P. A. 1986. The diatom genera *Stellarima* and *Symbolophora* with comments on the genus *Actinoptychus*. *British Phycological Journal* 21(1): 97-114.
- Hasle, G.R. y Syvertsen, E.E. 1997. The Planktonic marine flagellates. En: Tomas, C. Editor. *Identifying marine phytoplankton*. Elsevier, San Diego.

- Hasle, G.R. y Fryxell, G.A. 1977. The genus *Thalassiosira*. some species with a linear areola array. In: Simonsen, R. Editor. *Proceedings of the Fourth Symposium on Recent and Fossil Marine Diatoms*, Beihefte zur Nova Hedwigia, Oslo.
- Higuera, P.J.R. y Ortiz, J.R. 2007. Comportamiento del fitoplancton durante el evento ENOS en el océano Pacífico colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* 6: 5–15.
- Holstein, J. 2018. worms: Retriving Aphia Information from World Register of Marine Species. R package version 0.2.2. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=worms>. Consultado: 25 septiembre 2020.
- Hovasse, R. 1946. Flagellés à squelette siliceux: silicoflagellés et Ébridés provenant du plancton recueilli au cours des campagnes scientifiques du Prince Albert 1er de Monaco (1885-1912). *Resultes Campagnes Sci. Monaco* 107: 1-20.
- Jiménez, R. 1983. Diatomeas y silicoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil: I Edición. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 19 (1): 1-89.
- Jones, D. A., Ealey, B., Livesey, S. y Al-Jamali, F. 2007. Gulf desert developments encompassing a marine environment, a compensatory solution to the loss of coastal habitats by infill and reclamation: The case of the Pearl City Al-Khiran, Kuwait. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 10(3): 268–276. Doi: <https://doi.org/10.1080/14634980701512814>.
- Karajeva, N.I. 1978. New genus of the family Naviculaceae West. *Botanicheskii Zhurnal* 63 (11): 1593-1596.
- Komárek, J., Kaštovský, J., Mareš, J. y Johansen J.R. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes 2014 using a polyphasic approach. *Preslia* 86 (4): 295-335.
- Kretschmann, J., Elbrächter, M., Zinssmeister, C., Soehner, S., Kirsch, M., Kusber, W.H. y Gottschling, M. 2015. Taxonomic clarification of the dinophyte *Peridinium acuminatum* Ehrenberg, = *Scrippsiella acuminata*, comb. nov. (Thoracosphaeraceae, Peridinales). *Phytotaxa* 220(3): 239-256. Doi: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.220.3.3>.
- Lauder, H.S. 1864. Remarks on the marine Diatomaceae found at Hong Kong, with descriptions of new species. *Transactions of the Microscopical Society of London, New Series* 12: 75-79. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2818.1864.tb01628.x>.
- LeGresley, M., y McDermott, G. 2010. Counting chamber methods for quantitative phytoplankton analysis—haemocytometer, Palmer-Maloney cell and Sedgewick-Rafter cell. UNESCO (IOC manuals and guides).
- Lozano-Duque, Y., Vidal, L. A. y Gabriel, R. N. S. 2011. Lista de especies de dinoflagelados (Dinophyta) registrados en el mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 40(2): 361–380. Doi: <http://doi:10.25268/bimc.inveamar.2011.40.2.116>.
- Lozano-Duque, Y., Vidal, L.A. y Navas, G. R. 2010. Listado de especies de diatomeas (Bacillariophyta) registrados en el mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 39 (1): 83–116. Doi: <http://doi:10.25268/bimc.inveamar.2010.39.1.144>.
- Malone, T.E. 1971. The relative importance of nanoplankton and netplankton as primary producers in tropical oceanic and neritic phytoplankton communities. *Limnology y Oceanography* 16: 633-639.
- Mancera-Pineda, J.E., Gavio, B. y Arencibia-Caraballo, G. 2009. Floraciones algales nocivas, intoxicación por microalgas e impactos en el desarrollo regional: El caso de San Andrés Isla, Caribe colombiano. *Cuadernos del Caribe* 7 (13): 46–62.
- Margalef, R. 1957. Fitoplancton de las costas de Puerto Rico. *Revista de investigación pesquera* 6: 39-52.
- Marsson, T. 1901. Diatomaceen von Neu-Vorpommern, Rügen und Usedom. *Zeitschrift für Angewandte Mikroskopie und Klinische Chemie* 6: 253-268.
- Medina, L. 1997. Composición y comportamiento del fitoplancton en el área del Pacífico colombiano, años 1995-1997. *Boletín Científico Centro de Control de Contaminación del Pacífico* 6: 95–108. Doi: [http://doi.org/10.26640/01213423.6.95\\_108](http://doi.org/10.26640/01213423.6.95_108).
- Medina, C. L. 1998. Cambios en la composición y abundancia de la comunidad microalgal del Pacífico colombiano, en relación con el evento " El Niño " 97-98. *Boletín Científico Centro de Control de Contaminación del Pacífico* 7: 58–66. URL: Doi: [https://doi.org/10.26640/01213423.7.58\\_66](https://doi.org/10.26640/01213423.7.58_66).
- Medlin, L.K. y Kaczmarek, I. 2004. Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision. *Phycologia* 43(3): 245–270. Doi: <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-43-3-245.1>.
- Mereschkowsky, C. 1903. K morfologii diatomovykh vodoroslei: Morphology of the diatom algae: Part II. Uchenye zapiski Kazanskogo Gosudarstvennogo Univer. im. V.I. Ulyanova-



*Lenina, Botanika* 70 (11): 33-252.

Morón, O. 2011. *Climatología de la salinidad superficial del mar frente a la costa peruana. 1960-2008*. Instituto del Mar del Perú 38 (1). Informe Imarpe, Lima.

Nizamuddin, M. 1983. New combinations of diatoms found in Libya. *Nova Hedwigia Beiheft* 36 (2-4): 703-707.

Ochoa, N. y Gómez, O. 1997. Dinoflagelados del mar peruano como indicadores de masas de agua durante los años 1982 a 1985. *Boletín Instituto del Mar del Perú* 16(2):1-60.

Ochoa, N., De Mendiola, R.B. y Gómez O. 1985. Identificación del Fenómeno de EL Niño a través de los organismos fitoplanctónicos. *Boletín Instituto del Mar del Perú*. 23-31.

Ochoa, J. L., Nuñez-Vasquez, E. y Saad, J. 2003. Diferentes términos utilizados para describir las "Mareas Rojas". *Revista de Biología Tropical* 51 (3): 621-627.

Ojeda-Rodríguez, A. 1998. Dinoflagelados de Canarias: estudio taxonómico y ecológico. Tesis de Doctorado. Universidad de las palmas de Gran Canarias. Las Palmas de Gran Canarias.

Okolodkov, Y. 2008. *Protoperidinium* Bergh (Dinophyceae) del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Golfo de México, con clave de identificación. *Acta Botánica Mexicana* (84): 93-149. Doi: <https://doi.org/10.21829/abm84.2008.1068>.

Okolodkov, Y. 2010 *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) del parque nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Golfo de México, con clave para identificación. *Acta Botánica Mexicana* 93: 41-101. Doi: <https://doi.org/10.21829/abm93.2010.275>.

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. Tesis de maestría, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

Peña, V. y Pinilla, G.A. 2002. Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 37 (1): 67-81. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572002000100008>.

Poulin, M., Bérard-Therriault, L., Cardinal, A. y Hamilton, P.B. 1991. Les Diatomées (Bacillariophyta) benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 9. Bacillariaceae. *Le Naturaliste Canadien* 117(2): 73-101.

Reid, G. 2012. A revision of the family Pleurosigmaaceae (Bacillariophyta). Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G. Alemania.

Reimann, B.E.F. y Lewin, J.C. 1964. The diatom genus *Cylindrotheca* Rabenhorst. *Journal of the Royal Microscopical Society* 83(3): 283-296.

Ricard, M. 1987. *Atlas du Phytoplankton Marin. Vol. 2. Diatomophycées*. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.

Round, F.E. y Mann, D.G. 1980. *Psammodiscus* nov. gen. based on *Coscinodiscus nitidus*. *Annals of Botany* 46: 367-373.

Round, F.E., Crawford, R.M. y Mann, D.G. 1990. *Diatoms: Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge.

Ruck, E.C., Nakov, T., Alverson, A.J. y Theriot, E.C. 2016. Nomenclatural transfers associated with the phylogenetic reclassification of the Surirellales and Rhopalodiales. *Notulae Algarum* 10: 1-4.

Santos, B.Y. 2015. Morfología del margen continental del Pacífico colombiano en los sectores de bahía Solano y Tumaco. *Boletín Científico CIOH* 33: 169-186. Doi: <http://doi.org/10.26640/22159045.284>.

Sarkar, S.K. 2018. *Marine Algal Bloom: Characteristics, Causes and Climate Change Impacts*. Springer, Singapore.

Sanders, R.W. 1991. Mixotrophic protists in marine and freshwater ecosystems. *The Journal of protozoology* 38(1): 76-81. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.1991.tb04805.x>.

Simonsen, R. 1979. The diatom system: ideas on phylogeny. *Bacillaria* 2: 9-71.

Sims, P.A., Williams, D.M. y Ashworth, M. 2018. Examination of type specimens for the genera *Odontella* and *Zygoceros* (Bacillariophyceae) with evidence for the new family Odontellaceae and a description of three new genera. *Phytotaxa* 382(1): 1-56. Doi: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.382.1.1>.

Siver, P. y Hamilton, P.B. 2005. Observation on new and rare species of freshwater diatoms from Cape Cod, Massachusetts, USA. *Canadian Journal of Botany* 83: 362-378. <https://doi.org/10.1139/b05-010>.

Skvortzov, B.V. 1931. Marine diatoms from Formosa Strait. *Philippine Journal of Science* 47(1): 151-161.

Smayda, T.J. 1963. A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama: I. Results of the regional phytoplankton surveys during July and November 1957 and March 1958.

- Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin* 7(3): 191–253.
- Sournia, A. 1986. *Atlas du phytoplancton marin. Volume 1. Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et raphidophycées*. Éditions du centre national de la recherche scientifique, Paris.
- Stoecker, D. K. 1998. Conceptual models of mixotrophy in planktonic protists and some ecological and evolutionary implications. *European Journal of Protistology* 34(3): 281–290. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0932-4739\(98\)80055-2](https://doi.org/10.1016/S0932-4739(98)80055-2).
- Suárez, B. y Guzmán, L. 2005. *Floraciones de Algas Nocivas: Mareas Rojas y Toxinas Marinas*. Santiago: Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Tangen, S. 1978. Sampling techniques: Nets. En: Sournia, A., Editor. *Phytoplankton manual*. Unesco. París.
- Taylor, F.J.R. 1976. *Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition*. Bibliotheca Botanica, Stuttgart.
- Tempère, J. y Peragallo, H. 1909. *Diatomées du Monde Entier*. Edition 2. 30 fascicules, Paris.
- Thomas, W.H. 1969. Phytoplankton nutrient enrichment experiments off Baja California and in the eastern equatorial Pacific Ocean. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 26(5): 1133–1145. Doi: <https://doi.org/10.1139/f69-104>.
- Thornton, D.C.O. 2012. *Primary production in the ocean. In Advances in Photosynthesis-Fundamental Aspects*. Intech Open, London.
- Thronsdén, J. 1978. Preservation and storage. En: Sournia, A., Editor. *Phytoplankton manual*. París.
- Thronsdén, J. 1997. The Planktonic marine flagellates. En: Tomas, C., Editor. *Identifying marine phytoplankton*. Elsevier. San Diego, California.
- Tomas, C.R. 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Elsevier. San Diego.
- Uribe-Palomino, H.J. 2003. Relaciones entre las condiciones ambientales y la comunidad fitoplanctónicas (Diatomeas y dinoflagelados) en la Cuenca del Pacífico colombiano. Tesis de Pregrado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.
- Van Heurck, H. 1885. *Synopsis des Diatomées de Belgique*. Anvers: Martin Brouwers & Co, Belgique.
- Van Heurck, H. 1909. *Expédition Antarctique Belge, Résultats du Voyage du S.Y. Belgica en 1897-1898-1899*. Rapports Scientifiques. Botanique, Diatomées, Belgique.
- Venrick, E. 1978. Sampling techniques: Water-bottles. En: Sournia, A. Editor. *Phytoplankton manual*. Unesco, París.
- Vidal-Velásquez, L.A. 2010. *Manual de fitoplancton hallado en la Ciénaga Grande de Santa Marta y cuerpos de agua aledaños*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta.
- Vidal, L.A. y Carbonell, M.C. 1977. Diatomeas y dinoflagelados de la Bahía de Cartagena. Tesis de pregrado de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Vizcaino-Bravo, Z. 1993. Fitoplancton del Pacífico colombiano como indicador biológico del Fenómeno El Niño. Tesis de pregrado. Facultad de Biología. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- Winder, M. y Sommer, U. 2012. Phytoplankton response to a changing climate. *Hydrobiologia* 698(1): 5–16. Doi: <http://doi:10.700/s10750-012-1149-2>.
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H. y Metzeltin, D. 2000. Diatom flora of marine coasts I. *Iconographia Diatomologica* 7: 1-925.
- World Register of Marine Species. 2021. Available from URL: <https://www.marinespecies.org>. Consultado: 10 de febrero 2021.

**Citar como:** Hoyos -Acuña, J.J. Quintana-Manotas, H.L., Bermúdez-Rivas, C., Molina-Triana, A.F. Castrillón, F. A. y Parada-Gutiérrez, J.L. Felipe Fredy Albeiro Castrillón y Jenny Lisbeth. 2021. Listado de especies de fitoplancton en la bahía de Tumaco, Pacífico colombiano. *Intropica* 16(2): 214 - 231. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.4064>.