

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



**TINTÍNIDOS (CILIOPHORA: TINTINNIDA) COMO INDICADORES DE MASAS
DE AGUA SUPERFICIALES**

TESIS

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

DANIELA YOMAIRA ROJAS SÁNCHEZ

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. AGOSTO 2018

Tintínidos (Ciliophora: Tintinnida) como indicadores de masas de agua superficiales

Los tintínidos son ciliados planctónicos cuyo tamaño oscila entre los 20 y 300 μm . Constituyen un importante eslabón trófico al transferir materia y energía del nano y picoplancton a niveles superiores. Gracias a la dureza de su lóricas, estos organismos han sido propuestos como indicadores de circulación a escala regional y de zonas de frentes. Pese a su importancia, los estudios relacionados con el grupo en aguas mexicanas son escasos. Durante varios cruceros oceanográficos en el Golfo de California, el Caribe Colombiano y la Península Antártica se obtuvieron un total de 108 muestras de agua a diferentes profundidades (0 -110 m). Las muestras se obtuvieron con botellas oceanográficas tipo Niskin de 5 L acopladas a una roseta, una botella de 30 L o por bombeo directo desde la profundidad máxima del casco (4-5 m). En cada estación, entre 5 - 400 L de agua fueron filtrados a través de un tamiz (20, 34 o 75 μm). Las muestras se fijaron con formol neutralizado con borato de sodio al 2 % y se concentraron por asentamiento. Para la identificación taxonómica se siguieron las descripciones originales incluidas en algunas monografías clásicas. Los conteos celulares se llevaron a cabo en una cámara Sedgewick-Rafter empleando un microscopio de contraste de fases a 200 aumentos. La selección de especies indicadoras se basó en su presencia y abundancia. Con estas variables, se construyeron dendrogramas usando el coeficiente de disimilitud de Jaccard y el coeficiente de correlación de Spearman, respectivamente. Este último estimador fue empleado para asociar las variables físicas con las biológicas. Se identificaron cinco masas de agua: Agua de la Corriente de California (ACC), Agua del Golfo de California (AGC), Agua Tropical Superficial (ATS), Agua Superficial del Caribe (ASC) y Agua Superficial Antártica. (ASA). Se calculó la Primera Función Empírica Ortogonal Estandarizada para caracterizar cada masa según los patrones de distribución de los géneros. Se encontraron 16 nuevos registros de tintínidos para México. Los ensamblajes de las masas de agua en el Golfo de California albergaron especies ampliamente reportadas en ambientes mediterráneos; sin embargo, la composición taxonómica entre masas de agua fue diferente. La riqueza de especies fue mayor en el ATS, con la presencia de más especies exclusivas y una mayor contribución de géneros cosmopolitas y de agua cálida. En esta masa de agua se observaron cambios significativos en la riqueza de especies y la abundancia específica entre los muestreos de marzo y septiembre. El AGC se caracterizó por poseer una mayor abundancia de géneros neríticos respecto a las demás masas y mostró los valores más altos de abundancia. El ASA fue la única masa con presencia de géneros australes y tuvo los valores más bajos de riqueza y abundancia de especies. Se proponen cuatro especies como indicadoras del AGC, que respondieron de forma similar al gradiente de salinidad.: *A. tetragona*, *H. subulata*, *C. pusilla* y *F. adriatica*. Para el ATS se sugieren como indicadoras: *P. simplex*, *R. amor*, *D. lepida*, *S. acuminata* y *P. aculeata*.

Palabras clave: Tintínidos, abundancia, distribución, masas de agua especie indicadora

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

**TINTÍNIDOS (CILIOPHORA: TINTINNIDA) COMO INDICADORES DE MASAS
DE AGUA SUPERFICIALES**

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
OBTENER EL GRADO DE

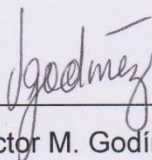
MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA
PRESENTA

Daniela Yomaira Rojas Sánchez

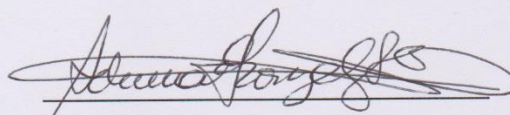
Aprobada por:



Dr. Eduardo Santamaría del Ángel
Director de tesis



Dr. Víctor M. Godínez Sandoval
Sinodal



Dra. Adriana Gisel González Silvera
Sinodal

“Cierra los ojos y lanza un dardo al azar a un eucariota, es probable que golpees a un protista. Los gatos y las aves pueden dominar las ondas y el internet, pero, en términos de pura biodiversidad, los protistas –definidos como eucariotas unicelulares- son infinitamente más variados en términos de forma y función.”

Marshall, 2018

“...cómo es posible para un número de especies coexistir en un ambiente relativamente isotrópico o sin estructura, todas compitiendo por el mismo tipo de materiales. El problema es particularmente agudo porque existe evidencia adecuada, proveniente de experimentos de enriquecimiento, de que las aguas naturales, por lo menos en verano, presentan sorprendentes deficiencias de nutrientes, entonces, es probable que la competencia sea extremadamente severa.”

G.E. Hutchinson, 1961

Agradecimientos

A mi familia, por apoyarme siempre en la consecución de mis objetivos. A mis sobrinos, por ser mi principal motivación.

Al Dr. Eduardo Santamaría del Ángel por darme la oportunidad de integrar mi pasión por los tintínidos con los fenómenos oceanográficos.

A la Dra. Adriana González y al Dr. Victor Godínez por sus comentarios y aportes durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Francisco Correa Sandoval por su apoyo y asesoría constante.

A la Dra. Mary Carmen Ruiz por su colaboración temporal con los equipos de laboratorio.

Al CONACYT por la beca patrocinio # 608783

A la UABC y la Facultad de Ciencias Marinas por mi formación académica y el soporte material brindado.

A los proyectos SEP-CONACyT : “Influencia de remolinos de mesoescala sobre hábitats de larvas de peces (con énfasis en especies de importancia comercial) en la zona de mínimo de oxígeno del océano Pacífico frente a México: Océano abierto y efecto de islas” (2014-236864), “Un estudio de la Corriente Costera Mexicana y el Pacífico adyacente, con un SeaGlider, cruceros oceanográficos y datos de satélite” (2011-168034-T) y “Monitoreo Ecológico del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado” (CB-2010-01 Solicitud 154919); al Proyecto

Multidisciplinario SIP-IPN 20150176 “Ecología de larvas de peces y ambiente en el Golfo de California” y al Proyecto Fronteras de la Ciencia-CONACyT “Probando paradigmas sobre la expansión de la zona de mínimo oxígeno: reducción del hábitat vertical del zooplancton y su efecto en el ecosistema pelágico mediante métodos autónomos” (Fronteras de la Ciencia 236864-T-0893) por el soporte económico para la realización de los Cruceros MARIAS 0316 y MARIAS 0916.

Al proyecto del Instituto de Investigaciones Oceanológicas “Flujo atmosférico de metales bioactivos y su solubilidad en el Golfo de California: un escenario hacia el cambio climático” por las muestras provenientes del crucero EXFINIFE 0916.

Al proyecto interinstitucional internacional “Actividad de la “bomba microbiana de carbono” (BMC) y el ciclo del carbono en dos estaciones oceanográficas en la región de surgencias frente a Ensenada B.C (FCM-UABC, CICESE USDS) por la facilitación de las muestras de Bahía Todos Santos.

Al programa de Monitoreo del Parque Natural Nacional Corales de Profundidad a cargo de Alejandro Henao por las muestras colectadas en esta área protegida colombiana.

Al subproyecto “Caracterización y evaluación de las propiedades bio-ópticas como base para describir la ecología y productividad del fitoplancton del Estrecho de Gerlache” enmarcado en el proyecto "ICEMAN Investigación científica marina para la seguridad marítima en la Antártica” de la Dirección General Marítima y el programa Antártico Colombiano.

Al proyecto “Condiciones oceanográficas del área de refugio para la protección de la vaquita marina e inmediaciones” de la Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada, B.C. adscrita a la Secretaría de Marina por las muestras provenientes del crucero VAQUITAS 0217.

A todo el personal científico y técnico que tomó parte en los cruceros mencionados; en especial a los miembros del grupo POPEYE por su participación en la colecta de muestras y obtención de datos.

Al Oceanólogo de mis días, por navegar conmigo en esta maestría.

A mis amigos, los de allá, por sobrevivir a la distancia. A los de aquí, por todas las sonrisas y momentos compartidos.

CONTENIDO

PREFACIO	XIII
1. COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TINTÍNIDOS (CILIOPHORA: TINTINNIDA) EN EL PACÍFICO ORIENTAL MEXICANO Y EL GOLFO DE CALIFORNIA	1
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	4
Área de estudio	4
Colecta de muestras	6
Identificación taxonómica	7
Cuantificación	8
Análisis de datos	8
RESULTADOS	9
<i>Composición taxonómica</i>	9
<i>Abundancia</i>	13
DISCUSIÓN	17
<i>Composición taxonómica</i>	17
<i>Abundancia</i>	22
CONCLUSIONES	27
2. TINTÍNIDOS (CILIOPHORA: TINTINNIDA) COMO INDICADORES DE MASAS DE AGUA SUPERFICIALES	28
INTRODUCCIÓN	28
METODOLOGÍA	31
Área de estudio	31
Colecta de muestras	33
Identificación taxonómica y cuantificación	35
Análisis de datos	35
Determinación de especies indicadoras	36
RESULTADOS	36
<i>Masas de agua</i>	36
<i>Composición y abundancia</i>	38
<i>Especies indicadoras</i>	44
DISCUSIÓN	48

<i>Masas de agua</i>	48
<i>Composición y abundancia</i>	50
<i>Especies indicadoras</i>	53
CONCLUSIONES	56
LITERATURA CITADA	57
APENDICE I	68
APENDICE II	71

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Especies de tintínidos registradas en este estudio y ocurrencia en cada muestreo.....	10
Tabla II. Estadísticos calculados y de prueba para variables biológicas	13
Tabla III. Especies de tintínidos registradas en este estudio, grupo de distribución y ocurrencia en cada masa de agua.	39
Tabla IV. Valores de la Primera Función Empírica Ortogonal Estandarizada (FEO1) para cada masa de agua.....	44
Tabla V. Valores de correlación de Spearman entre variables ambientales y biológicas.....	45
Tabla VI. Valores de correlación de Spearman entre variables ambientales y la abundancia de especies indicadoras.	46
Tabla VII. Datos de las estaciones muestreadas en Bahía Todos Santos y el Golfo de California.	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las regiones y estaciones de muestreo.	5
Figura 2. Dendrograma de agrupamiento según el coeficiente de disimilitud de Jaccard para la composición de especies entre regiones.....	12
Figura 3. Distribución espacial de las comunidades de tintínidos en las estaciones muestreadas. (a) Riqueza de especies y (b) Abundancia total.....	14
Figura 4. Abundancia de especies dominantes y traza en la región del Alto Golfo de California.....	15
Figura 5. Abundancia de especies dominantes y traza en la región del Sur del Golfo de California	16
Figura 6. Abundancia de especies dominantes en la región de la Boca del Golfo de California durante los dos muestreos.....	17
Figura 7. Abundancia de especies dominantes y traza en la región del Sur del Golfo de California durante marzo.	18
Figura 8. Abundancia de especies dominantes y traza en la región del Sur del Golfo de California durante septiembre	19
Figura 9. Dendrograma de agrupamiento según el coeficiente de correlación de Spearman para la abundancia específica entre las regiones	19
Figura 10. Localización de las tres áreas de estudio incluidas en este trabajo.	31
Figura 11. Distribución espacial de las comunidades de tintínidos en las estaciones del PNNCP muestreadas en agosto de 2016. (a) Riqueza de especies (b) Abundancia total.....	32
Figura 12. Distribución espacial de las comunidades de tintínidos en las estaciones muestreadas en EG. (a) Riqueza de especies y (b) . Abundancia total.	34
Figura 13. Diagrama de temperatura y salinidad para las regiones incluidas en este trabajo	37
Figura 14. (a) Riqueza de especies y (b) Abundancia total de tintínidos en las masas de agua.	41
Figura 15. Dendrograma de agrupamiento según el coeficiente de disimilitud de Jaccard para la composición de especies entre masas de agua.....	43
Figura 16. Especies indicadoras del AGC: a) <i>H. subulata</i> , b) <i>A. tetragona</i> , c) <i>F. adriatica</i> . Respuestas de la abundancia específica a las variaciones de salinidad.	47
Figura 17. Especies indicadoras del ATS: a) <i>P. simplex</i> , b) <i>R. amor</i> , c) <i>D. lepida</i> , d) <i>S. acuminata</i> , e) <i>P. aculeata</i> . Respuestas de la abundancia específica a las variaciones de temperatura y salinidad.....	48
Placa I. Especies indicadoras del AGC. A) <i>Amphorellopsis tetragona</i> B-C) <i>Helicostomella subulata</i> D) <i>Favella adriatica</i> y E) <i>Codonellopsis pusilla</i>	71

Placa II. Especies indicadoras del ATS **A)** *Rhabdonella amor* **B)**
Protorhabdonella simplex **C)** *Dictyocysta lepida* **D)** *Salpingella acuminata* **E)**
Parundella aculeata 72

PREFACIO

El formato de elaboración de esta tesis consta de dos capítulos centrales (Capítulos 1 y 2) escritos a manera de artículo (I y II respectivamente). En el capítulo 1, se describe ampliamente la dinámica espacial y temporal de la comunidad de tintínidos en el Pacífico Oriental Mexicano y el Golfo de California. En el capítulo 2 se desarrolla el tema central de tesis. Se incluyen observaciones de otras áreas de estudio (Antártida y Caribe Colombiano) y se relacionan con las características de las masas de agua presentes para proponer especies útiles como indicadoras.

Artículo I

Rojas-Sánchez, D. and E. Santamaría-del-Ángel. 2018 .Composition, abundance and spatial distribution of tintinnids (Ciliophora: Tintinnida) in the Eastern Mexican Pacific and the Gulf of California. Revista por definir (en proceso).

Artículo II

Rojas-Sánchez, D, E. Santamaría-del-Ángel, A. González-Silvera and V. Godínez. 2018. Tintinnids (Ciliophora: Tintinnida) as indicators of surface water masses. Revista por definir (en proceso).

1. COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TINTÍNIDOS (CILIOPHORA: TINTINNIDA) EN EL PACÍFICO ORIENTAL MEXICANO Y EL GOLFO DE CALIFORNIA

D. Rojas Sánchez y E. Santamaría del Ángel

INTRODUCCIÓN

Los tintínidos conforman un orden de ciliados perteneciente a la subclase Choreotrichia (Lynn, 2008). Su tamaño oscila entre los 30-300 μm (Dolan *et al.*, 2009) y se caracterizan por poseer una lórica de forma variable, cuyo extremo anterior u oral siempre está abierto, mientras el extremo aboral puede o no estarlo. La arquitectura distintiva de esta estructura constituye las bases de los esquemas de identificación taxonómica clásica (Dolan, 2010; Zhang *et al.*, 2014).

Estos organismos constituyen un elemento importante de las comunidades de ciliados de las aguas superficiales de casi todos los ambientes acuáticos (Rychert, 2011) tanto neríticos como oceánicos (Cosper, 1972; Abbound-Abi Saab, 1989; Dolan *et al.*, 2009). Tienen una elevada actividad depredadora sobre organismos del nano y picoplancton (Fernandes, 1999), e incluso, se ha sugerido que su impacto en las redes tróficas podría exceder al del macrozooplancton (Verity, 1985; Pitta *et al.*, 2001). Por lo anterior y por sus altas tasas de metabolismo y crecimiento, son considerados un enlace vital para la renovación de materia orgánica y la transferencia de energía a niveles tróficos superiores (Godhantaraman, 1994; Zhang *et al.*, 2014). Además, gracias a su papel como

remineralizadores de amonio, constituyen temporalmente una fuente importante de nutrientes regenerados dentro de las redes tróficas microbianas (Verity, 1985).

También, han sido propuestos como organismos ideales para el estudio de cambios en la estructura o composición de las comunidades de microzooplancton (Dolan, 2000), ya que en comparación con otros taxones microscópicos, representan un grupo excepcionalmente coherente: ecológicamente como microzooplanctones, morfológicamente como ciliados lorizados y filogenéticamente como miembros del orden Tintinnida (Dolan *et al.*, 2006; Dolan *et al.*, 2009; Dolan, 2010).

En México, los estudios referentes a este grupo son escasos. Según Aladro-Lubel *et al.* (2006) hasta el año 2004 había 180 especies registradas, pero este número puede ser mayor ya que el conocimiento taxonómico, ecológico y molecular de los ciliados en México a la fecha es muy escaso (Mayén-Estrada *et al.*, 2014).

En zonas costeras, se han realizado tres estudios referentes a tintínidos, todos en el litoral mexicano del Golfo de México. Dos fueron en la laguna de Términos (Campeche) y abarcan la abundancia de tintínidos en relación a otros componentes del zooplancton (Suárez-Caabro y Gomez-Aguirre, 1965) y algunas consideraciones sistemáticas (Marrón-Aguilar y López-Ochoterena, 1969) El estudio más reciente es el realizado por Rojas-Sánchez (2014) en la laguna Tampamachoco y el arrecife Tanhuijo (Veracruz), el cual aportó seis nuevos registros de tintínidos para el país.

En zonas alejadas de la costa, Balech (1967) estudió la distribución de tintínidos desde la parte nororiental del Golfo de México hasta el estrecho de Yucatán, Calderón-Aragón y López-Ochoterena (1973) contribuyeron con 27 registros de tintínidos para el estado de Tamaulipas y Aladro-Lubel (1974) registró 81 especies en el oeste, suroeste y sur del Golfo de México. En cuanto al Pacífico, Osorio-Tafall (1941) describió tres especies nuevas de tintínidos en Acapulco; Palomera-García (1987) estudio la diversidad y abundancia a nivel de género en un ciclo anual en la Bahía de Matanchen (Nayarit); en la Bahía de Todos Santos (Baja California), Santamaría-del-Ángel y Orellana-Cepeda (1992) registraron 66 especies a lo largo de 5 años de muestreos y Ayala-Cortés (1992), contribuyó con datos sobre la sistemática y migración vertical diurna de 39 especies para esta misma zona.

Considerando que el conocimiento básico de la diversidad de la comunidad microplanctónica es necesario para evaluar los cambios que pueden ocurrir en sus poblaciones como resultado de variaciones ambientales (Urrutxurtu, 2004), este trabajo busca contribuir al incremento de información sobre la estructura de las comunidades de ciliados marinos. Con base en el bajo número de estudios de este tipo en el país, esta investigación explora por primera vez la variación espacial de la composición y abundancia de tintínidos en el Pacífico Oriental Mexicano y el Golfo de California.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Pacífico Oriental Mexicano: Bahía de Todos Santos (BTS)

La Bahía de Todos Santos (Fig. 1) está localizada sobre la costa noroeste de la península de Baja California entre los 31° 40' y 31° 56' N y los 116° 36' y 116° 50' W (Peña-Manjarrez *et al.*, 2005). Es un cuerpo de agua semicerrado con un área aproximada de 260 Km². Se encuentra limitada al noroeste por Punta San Miguel y al suroeste por Punta Banda. Su comunicación con el océano abierto (aproximadamente 20 Km de ancho) está restringida por las Islas de Todos Santos, localizadas alrededor de 7 Km fuera de Punta Banda. La mayor parte de la bahía presenta una pendiente suave, con profundidades menores a 50 m. Entre las Islas Todos Santos y la Península de Punta Banda se encuentra un cañón submarino, el cual sobrepasa los 400 m de profundidad (Argote-Espinoza *et. al.*, 1991; Larrañaga, 2013).

Golfo de California (GC)

El Golfo de California es un mar semicerrado ubicado sobre la costa del Pacífico mexicano entre la península de Baja California y México. Tiene 1400 Km de longitud y su ancho varía entre los 150 y 200 Km (Lavín y Marinone, 2003). Es un área subtropical de alta productividad (Alvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991) y ha sido reconocido como un área importante para la investigación oceanográfica por su significancia como mar marginal (Álvarez-Borrego, 1983).

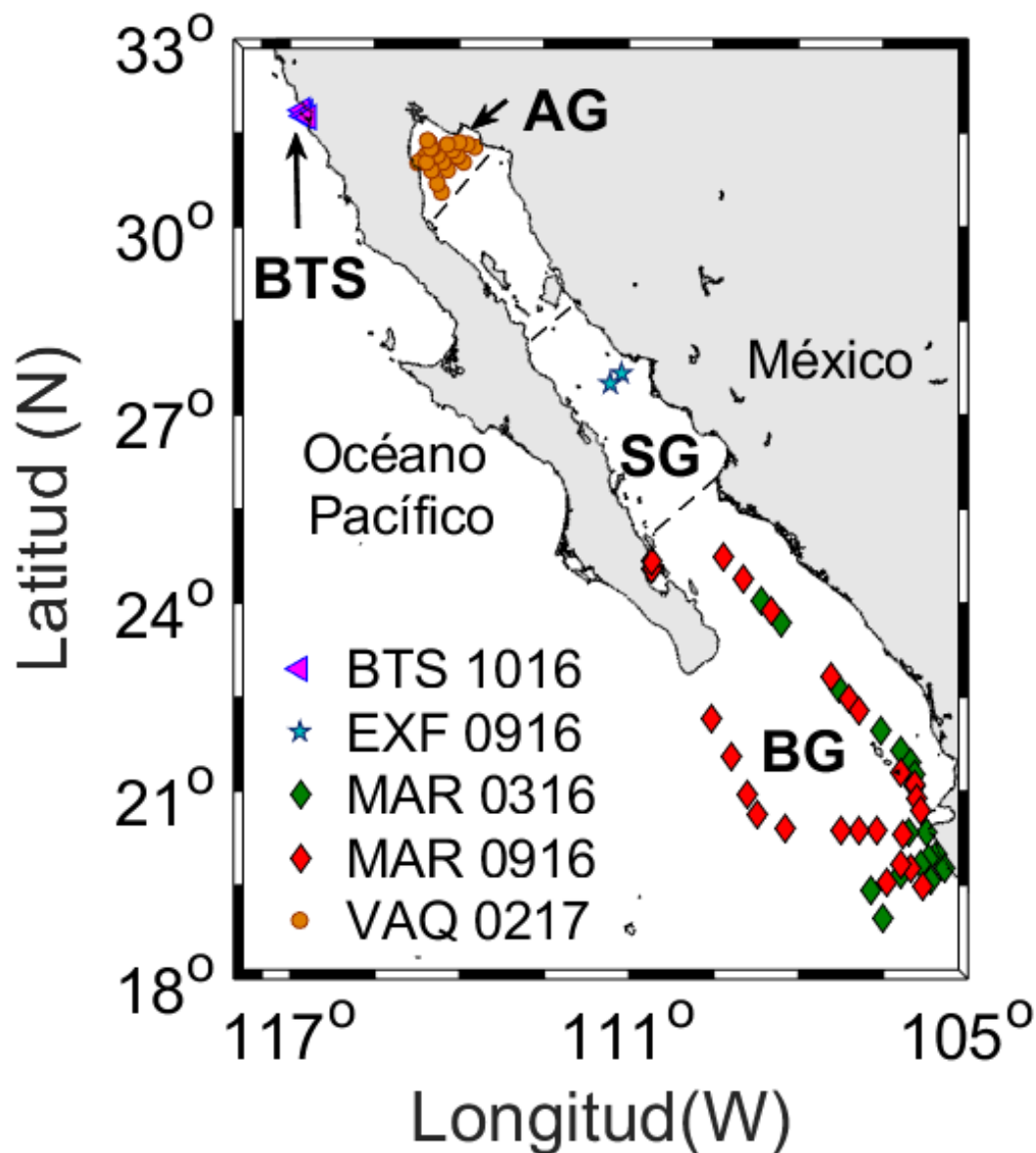


Figura 1. Localización de las regiones y estaciones de muestreo. AG: Alto Golfo; SG: Sur del Golfo; BG: Boca del Golfo y BTS: Bahía Todos Santos.

La batimetría extremadamente variable, juega un papel determinante en los procesos de circulación dentro del golfo (Badan-Dangon *et al.*, 1985). Considerando que el objetivo de este trabajo es analizar comparativamente los cambios en las comunidades de tintínidos entre regiones, el GC fue dividido en

tres áreas indicadas en la Figura 1. Siguiendo lo propuesto por Round (1967) para comparar abundancias fitoplanctónicas, el límite de los 25° N fue empleado para definir el inicio del área de la Boca del Golfo (BG). El Sur del golfo (SG) comprende desde la frontera norte de BG hasta el umbral de las grandes islas y el Alto Golfo (AG) abarca la región ubicada al norte de los 31° N (Lavín y Marinone, 2003).

Colecta de muestras

Los datos presentados y analizados provienen de muestras obtenidas en cinco cruceros oceanográficos: MARIAS 0316 (marzo 2016), MARIAS 0916 (septiembre 2016), EXFINIFE 0916 (septiembre 2016), BTS 1016 (octubre 2016) y VAQUITAS 0217 (febrero 2017) realizados a bordo de diferentes embarcaciones. La ubicación de las estaciones de cada crucero es mostrada en la Figura 1. Perfiles verticales de temperatura, salinidad y fluorescencia *in situ* se realizaron usando un CTD *Sea-Bird*. Un total de 81 muestras de agua fueron obtenidas en profundidades entre los 0 - 110 m y épocas diferentes (Ver Apéndice I). En cada estación, se colectaron entre 30 y 400 L de agua mediante botellas tipo Niskin de 5 L, una botella de 30 L o por bombeo directo desde la profundidad máxima del casco, y se filtraron a través de un tamiz de 20 o 34 μm . Las muestras se fijaron con formol neutralizado con borato de sodio a una concentración final del 2 %. Cada muestra fue concentrada por asentamiento durante mínimo 48 horas para su posterior análisis.

Identificación taxonómica

En esta investigación se trabajó bajo el concepto de morfoespecie, el cual hace referencia a un conjunto de individuos con características morfológicas distintivas que comparten una distribución geográfica definida (Regan, 1926). Pese a que este concepto es meramente pragmático y subestima la diversidad funcional de los organismos (Weisse y Rammer, 2006), las especies de tintínidos fueron identificadas considerando únicamente la morfología y morfometría de la lórica. La infraciliatura, base del nivel alfa en taxonomía de ciliados, no fue considerada ya que ha sido descrita solo para 29 especies de tintínidos (Agatha y Strüder-Kypke, 2014).

En el laboratorio, los organismos fueron observados haciendo uso de un microscopio óptico con contraste de fases (Bausch & Lomb Modelo Baplan). Se realizaron mediciones de la longitud total, diámetro oral, diámetro aboral y otros caracteres de la lórica de cierto número de organismos (dependiente de la abundancia) de cada especie mediante la toma de fotografías con un adaptador de cámara AmScope 10 MP y el programa ToupView en 200 y 400 aumentos. Para la edición de las imágenes se empleó el software ImageJ (Schneider *et al.*, 2012).

Se siguió la clasificación sistemática más reciente del grupo sugerida por Santoferrara *et al.* (2017). Los criterios adoptados para la delimitación de especies (Boenigk *et al.*, 2012) se basaron en las descripciones originales siguiendo lo recomendado por Santoferrara *et al.* (2016). Estas fueron

consultadas en Daday (1887), Brandt (1906) Jörgensen (1924), Kofoid y Campbell (1929), Kofoid y Campbell (1939). La validez de las especies fue consultada en la base World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/>, última consulta 30/03/2018).

Cuantificación

Para el conteo de individuos, se observó la totalidad del volumen concentrado de muestra por alícuotas de 1 mL en una cámara Sedgewick-Rafter. La superficie entera de la cámara fue examinada haciendo uso de un microscopio óptico con contraste de fases (Bausch & Lomb Modelo Baplan) a 200 aumentos. Según los valores de abundancia se establecieron seis categorías: Muy Baja (0.001-21 org L⁻¹), Baja (22-36 org L⁻¹), Media (41-55 org L⁻¹), Moderada (80-200 org L⁻¹), Alta (≥500), Muy alta (≥1000 org L⁻¹).

Análisis de datos

Para conocer la distribución de la riqueza (número total de especies obtenido en un muestreo) (Moreno, 2001) y la abundancia total de especies de tintínidos, se elaboraron mapas de estas variables para cada estación. Se construyeron diagramas de barras para cada región con el fin de conocer el comportamiento de la abundancia específica; estos diagramas solo incluyeron especies con abundancias ≥ 1 org L⁻¹. Se consideró como grupo de especies dominantes aquellas que acumulativamente aportaban el 80 % de la abundancia total, el 20 % restante fue catalogado como especies traza. Con los datos de los dos muestreos en la región de la boca del GC, se aplicó una prueba de Wilcoxon con

la corrección de Kruskal-Wallis para evaluar la existencia de diferencias significativas en la riqueza de especies y la abundancia total de tintínidos entre marzo y septiembre; para el caso de la abundancia específica, se utilizó una prueba de rangos de Wilcoxon. Para agrupar las regiones según su composición de especies, se realizó un dendrograma empleando como distancia la disimilitud de Jaccard ($1 - \text{coeficiente de similitud de Jaccard}$) (Moreno, 2001). Con la abundancia específica el dendrograma fue construido usando como distancia el coeficiente de correlación de Spearman.

RESULTADOS

Composición taxonómica

Se registraron 58 morfoespecies de tintínidos pertenecientes a 10 familias y 31 géneros. Según la última revisión de ciliados de México (Aladro-Lubel *et al.*, 2006) dieciséis de los taxones reportados en este trabajo constituyen nuevos registros para el país (Tabla I).

La Tabla I resume la ocurrencia de cada especie en los diferentes muestreos incluidos en este trabajo. La región en la que se reportó un mayor número de especies fue en la Boca del Golfo, con 44 especies durante el mes de marzo y 55 en el mes de septiembre. El número de especies más bajo fue hallado en la Bahía de Todos Santos (13 especies).

En la Figura 3a se observa la distribución espacial de la riqueza de especies por estación en las zonas muestreadas. En el GC se evidenció un patrón de aumento

hacia el sur. La zona del AG en general, presentó un número bajo de especies (1- 10) a excepción de la estación B3 donde se identificaron 30 morfoespecies.

Tabla I. Especies de tintínidos registradas en este estudio y ocurrencia en cada muestreo. BG (M): Boca del Golfo Marzo; BG (S): Boca del Golfo Septiembre; SG: Sur del Golfo; AG: Alto Golfo; BTS: Bahía Todos Santos. Los números en paréntesis corresponden al total de muestras por región. * Nuevos registros para México, ** *Nomen inquerendum*

Taxón	Crucero				
	BG (M) (26) MAR 0316	BG (S) (26) MAR 0916	SG (4) EXF 0916	BTS (4) BTS 1016	AG (21) VAQ 0217
Tintinnida					
Ascampbelliellidae					
<i>Acanthostomella minutissima</i> *	-	+	-	-	-
<i>Ascampbelliella armilla</i> *	+	+	-	-	-
<i>Ascampbelliella tortulata</i> *	+	+	-	+	+
Cyttarocylididae					
<i>Cyttarocylis</i> sp.	+	+	+	-	+
<i>Petalotricha</i> sp.	+	+	+	-	-
Dictyocystidae					
<i>Codonaria cistellula</i>	+	+	+	-	-
<i>Codonella nationalis</i> *	+	+	+	-	+
<i>Codonellopsis ecaudata</i> *	-	+	-	-	-
<i>Codonellopsis morchella</i> *	+	+	+	-	+
<i>Codonellopsis orthoceras</i>	+	+	+	-	+
<i>Codonellopsis ostenfeldi</i> **	+	+	+	-	+
<i>Codonellopsis pusilla</i> *	-	-	-	-	+
<i>Dictyocysta lepida</i>	+	+	+	+	+
<i>Dictyocysta mitra</i>	+	+	+	-	-
Epiplocylididae					
<i>Epiplocylis blanda</i>	+	+	-	+	+
<i>Epiplocyloides reticulata</i>	+	+	+	-	+
Eutintinnidae					
<i>Eutintinnus apertus</i>	+	+	+	-	-
<i>Eutintinnus brandti</i>	+	+	+	-	+
<i>Eutintinnus fraknoii</i>	+	+	+	-	+
<i>Eutintinnus lusus-undae</i>	+	+	+	+	+
<i>Eutintinnus macilentus</i>	+	+	+	-	-
<i>Eutintinnus stramentus</i>	+	+	+	-	-
<i>Eutintinnus tubulosus</i>	+	+	+	+	-
<i>Eutintinnus tubiformis</i>	+	+	-	-	+
Favellidae					

<i>Favella adriatica</i>	-	-	-	-	+
Rhabdonellidae					
<i>Protorhabdonella simplex</i>	+	+	-	+	+
<i>Rhabdonella amor</i>	+	+	+	+	+
<i>Rhabdonella conica</i> *	+	+	+	-	+
<i>Rhabdonellopsis longicaulis</i>	+	+	-	-	-
Tintinnidae					
<i>Amphorellopsis tetragona</i>	-	+	-	-	+
<i>Amphorides quadrilineata</i>	+	+	+	+	+
<i>Brandtiella palliata</i> *	+	+	-	-	-
<i>Daturella gaussi</i> *	-	+	-	-	-
<i>Salpingella acuminata</i>	+	+	+	-	+
<i>Salpingella curta</i> *	+	+	-	-	+
<i>Salpingella decurtata</i> *	-	+	-	-	-
<i>Steenstrupiella intumescens</i>	+	+	+	-	+
<i>Steenstrupiella steenstrupii</i>	+	+	-	+	+
Undellidae					
<i>Parundella aculeata</i>	+	+	+	-	+
<i>Proplectella perpusilla</i>	+	+	-	-	+
<i>Proplectella subacuta</i>	+	+	-	-	+
<i>Undella hyalina</i>	+	+	-	-	-
<i>Undella pistillum</i> *	+	+	+	-	+
Xystonellidae					
<i>Xystonella treforti</i>	+	+	-	+	+
<i>Xystonellopsis dicymatica</i>	+	+	-	-	-
<i>Xystonellopsis gaussi</i> *	+	+	+	+	+
<i>Xystonellopsis paradoxa</i> *	-	+	-	-	-
<i>Xystonellopsis tenuirostris</i> *	+	+	-	-	+
<i>Dadayiella ganymedes</i>	+	+	+	+	+
Incertae sedis					
<i>Climacocylis scalaria</i>	-	+	-	-	-
<i>Helicostomella subulata</i>	+	+	-	+	+
<i>Rhizodomus tagatzi</i>	-	-	+	-	-
<i>Tintinnopsis dadayi</i>	-	+	+	-	-
<i>Tintinnopsis cf gracilis</i>	-	+	-	-	-
<i>Tintinnopsis mortensenii</i>	+	+	-	-	-
<i>Tintinnopsis parvula</i>	-	+	-	-	-
<i>Tintinnopsis radix</i>	+	+	-	-	+
<i>Tintinnopsis rotundata</i>	-	+	-	-	-
Total	44	55	28	13	34
Exclusivas	0	9	1	0	2

El número de especies incrementó hasta alcanzar, en varias estaciones, cifras superiores a 30 especies en la región de la boca del golfo. En la Bahía de Todos Santos el número de especies osciló entre 8 y 12 especies.

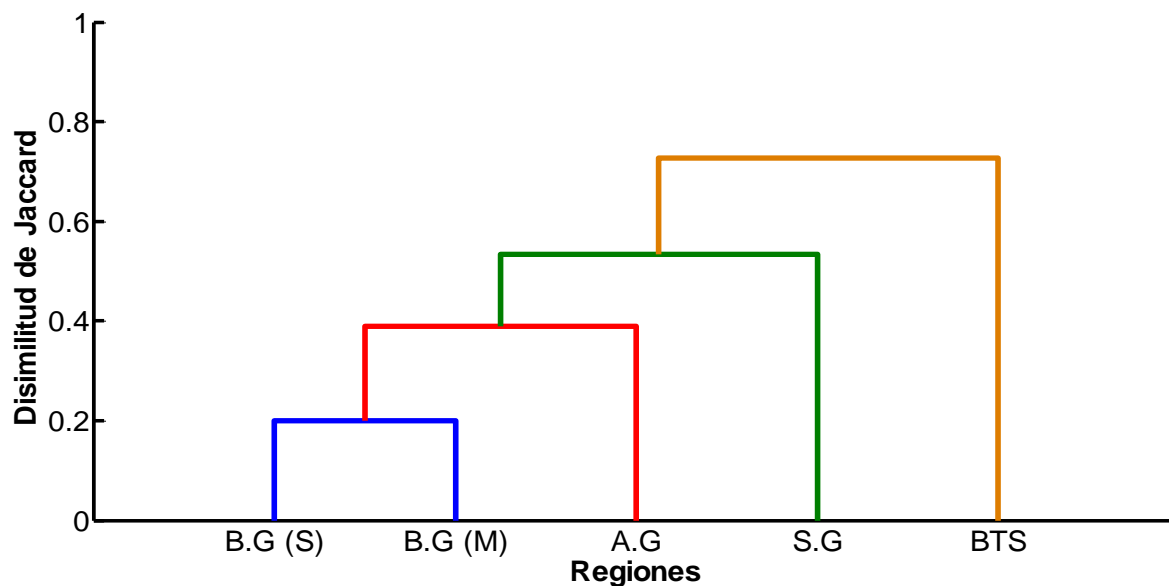


Figura 2. Dendrograma de agrupamiento según el coeficiente de disimilitud de Jaccard para la composición de especies entre regiones. BG (M): Boca del Golfo Marzo; BG (S): Boca del Golfo Septiembre; SG: Sur del Golfo; AG: Alto Golfo; BTS: Bahía Todos Santos.

Cuatro especies fueron registradas en las cuatro regiones y los cinco muestreos:

Dictyocysta lepida, *Eutintinnus lusus-undae*, *Rhabdonella amor* y *Dadayiella ganymedes*. Doce especies fueron consideradas exclusivas de una determinada región (Tabla I). *Favella adriatica* y *Codonellopsis pusilla* solo aparecieron en el Alto Golfo. El único registro de *Rhizodomus tagatzi* se realizó en el Sur del Golfo, cerca de la cuenca de Guaymas, durante el crucero EXFINIFE 0916 (Estación C61); este registro es el primero de la especie para la costa pacífica mexicana.

En la región de la boca, nueve especies (ver Tabla I) fueron encontradas únicamente en el muestreo del crucero MARIAS 0916 durante el mes de septiembre, estando ausentes en el muestreo del mes de marzo. El número total de especies y la exclusividad de algunas especies por región sirvieron como parámetros para poder diferenciar las zonas de muestreo (Fig. 2).

Para la región de la boca del golfo, la diferencia en la riqueza de especies por estación entre las dos temporadas pese a ser significativa (Tabla II) no fue suficiente para separarlas, dado que compartieron un 80% de las especies (Tabla I, Fig. 2).

Abundancia

Los valores de abundancia total y específica fluctuaron entre regiones. La Figura 3b nos muestra el comportamiento espacial de la abundancia total de tintínidos en cada estación. Tanto en Bahía de Todos Santos como en el Sur del Golfo de California los valores de abundancia fueron muy bajos (sumatoria de 32 org L⁻¹ y 49 org L⁻¹, respectivamente).

Tabla II. Estadísticos calculados y de prueba para variables biológicas

Variable	Valor calculado	Estadístico de prueba
Riqueza de especies	12.04*	$\chi^2 = 3.84$
Abundancia total	1.85	$\chi^2 = 3.84$
Abundancia específica	640*	$W+ = 626$

En la parte de la boca del Golfo algunas estaciones mostraron abundancias bajas y moderadas; durante el mes de marzo la abundancia total en la región alcanzó valores de 712 org L^{-1} y disminuyó a 587 org L^{-1} en el mes de septiembre. Fue únicamente en algunas estaciones del Alto Golfo, donde se evidenciaron abundancias tanto altas como muy altas; la abundancia integrada de todas las estaciones en esta región superó los 1978 org L^{-1} .

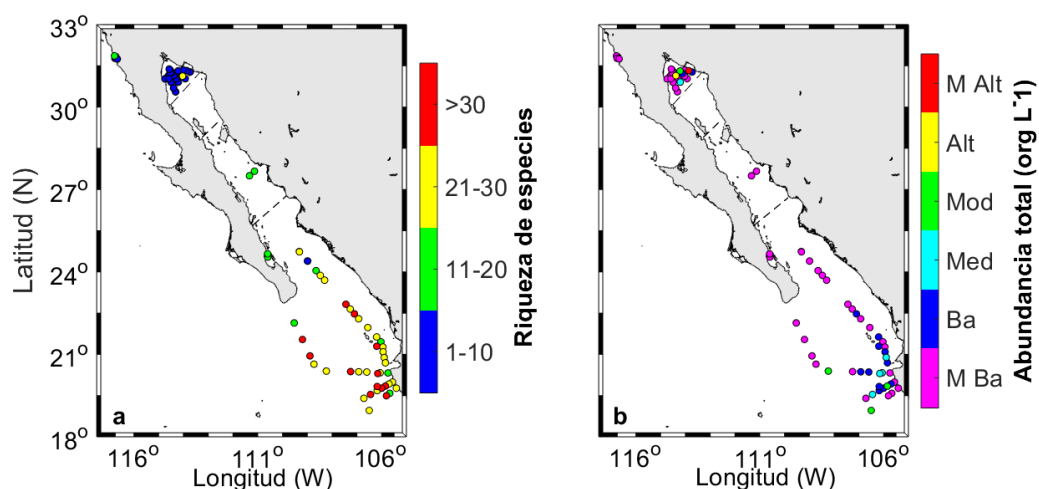


Figura 3. Distribución espacial de las comunidades de tintínidos en las estaciones muestreadas. (a) Riqueza de especies y (b) Abundancia total. M. Ba: Muy baja; Ba: Baja; Med: Media; Mod: Moderada; Al: Alta; M. Al: Muy alta.

Respecto a la abundancia específica, la comunidad de tintínidos de cada región puede ser descrita de manera diferente. En el Alto Golfo, dos especies, *Amphorellopsis tetragona* y *Helicostomella subulata*, fueron dominantes al aportar más del 90% de la abundancia total de la comunidad, mientras que los aportes de las especies traza fueron inferiores (Fig. 4).

En la region del Sur del Golfo, un total de seis especies conformaron el grupo dominante, pero fue *Xystonellopsis gaussi* la especie preponderante en la comunidad. Pese a que ninguna de las especies dominantes en el Alto Golfo fue representativa en el Sur del Golfo, ni siquiera como especie traza (Fig. 5) el dendrograma de la Figura 8 muestra que estas dos regiones conforman un solo grupo, dado que son mayores las diferencias entre cada una de estas regiones y la parte de la Boca del Golfo y BTS.

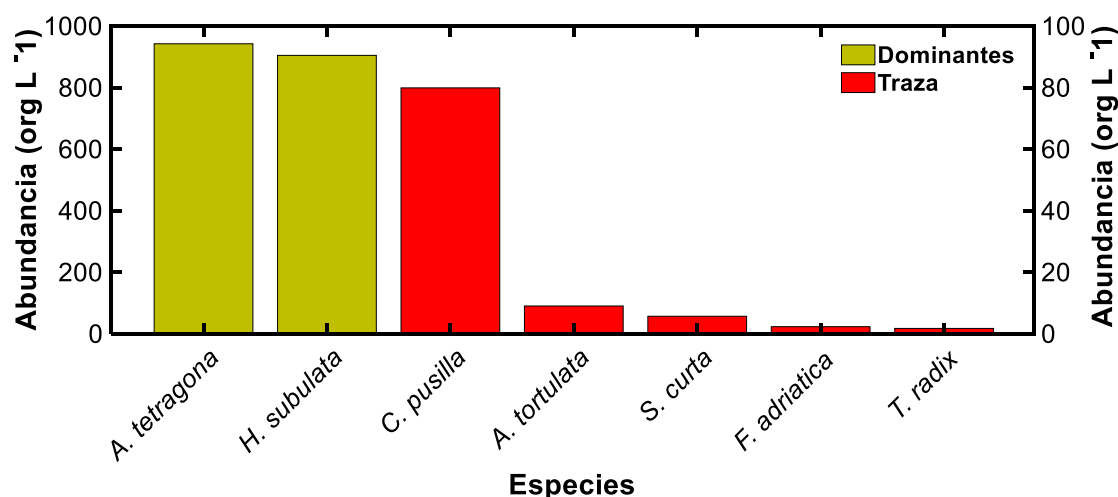


Figura 4. Abundancia de especies dominantes y traza en la región del Alto Golfo de California. El eje de la izquierda corresponde a las especies dominantes y el de la derecha a las especies traza.

La comparación entre la abundancia específica en las dos épocas de muestreo en la región de la boca del Golfo mediante una prueba de signos de Wilcoxon, permitió observar un cambio significativo (Tabla II) en el patrón de esta variable. En general, el número de especies, tanto trazas como dominantes, aumentó en el mes de septiembre pero la abundancia disminuyó; tal es el caso de las especies dominantes *Parundella aculeata* y *Eutintinnus lusus-undae*. En

contraste, especies dominantes como *Salpingella acuminata* y *Steenstrupiella intumescens* parecieron desarrollarse mejor en septiembre, pues su abundancia incrementó (Fig. 6).

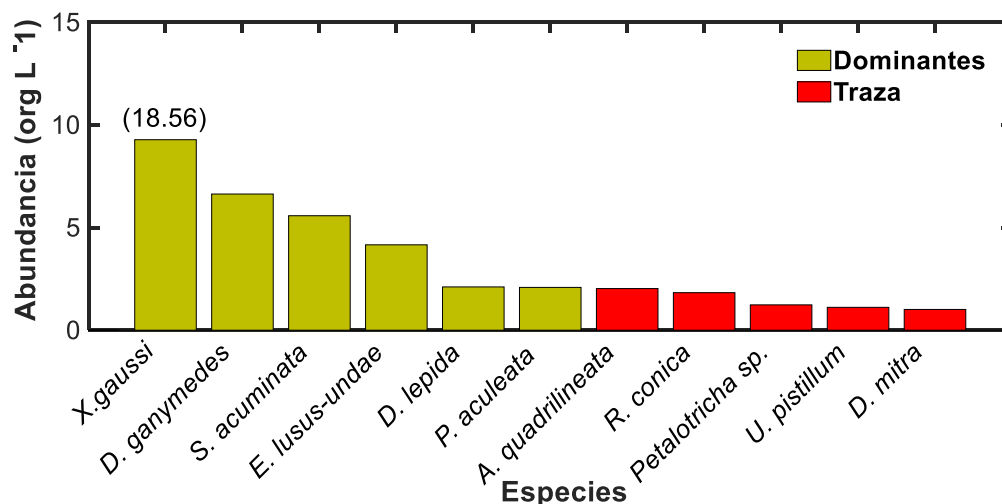


Figura 5. Abundancia de especies dominantes y traza en la región del Sur del Golfo de California. El valor en parentesis corresponde al valor de abundancia de *X. gaussi*.

Un cambio en el rol de las especies entre temporadas pudo ser notado al comparar las figuras 7 y 8; por ejemplo, *Dictyocysta lepida*, *Amphorides quadrilineata*, *Codonellopsis morchella* y *C. ostenfeldi*, pasaron de ser especies traza en marzo a convertirse en especies dominantes en septiembre. El caso contrario experimentaron *Rhabdonella amor*, *Protorhabdonella simplex* y *Proplectella subacuta* cuya abundancia disminuyó a niveles traza en septiembre. La diferencia significativa en la abundancia específica de la comunidad de tintínidos en estas dos temporadas es reafirmada por el dendrograma de la Figura 9, el cual nos presenta estas dos temporadas como dos grupos diferentes, de lo

cual se puede inferir que el efecto temporal en la región sur del GC es mas evidente en la abundancia especifica que en la composición de especies.

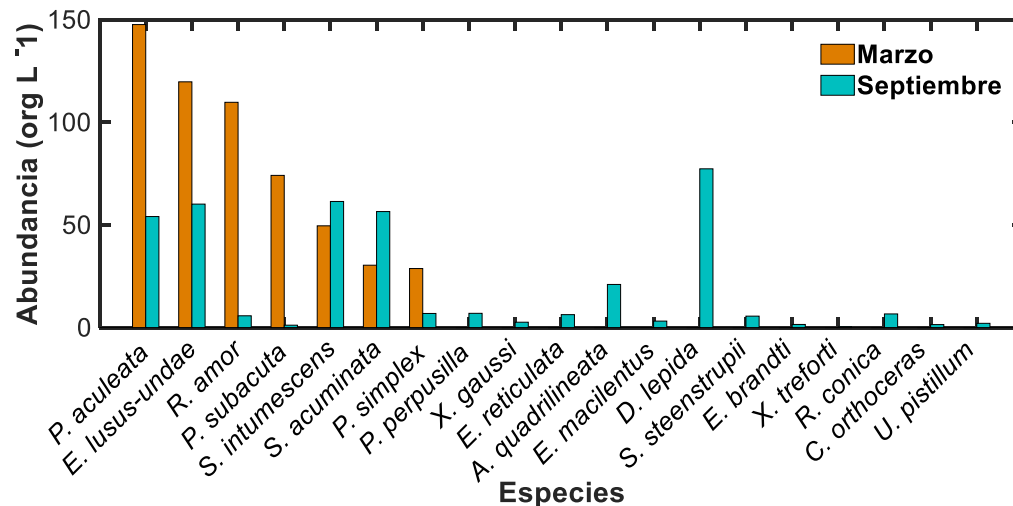


Figura 6. Abundancia de especies dominantes en la región de la Boca del Golfo de California durante los dos muestreos.

DISCUSIÓN

Composición taxonómica

La composición de especies de tintínidos listada en la Tabla I incluye cuatro especies ampliamente distribuidas y frecuentemente reportadas: *Amphorides quadrilineata*, *Dadayiella ganymedes*, *Eutintinnus apertus*, y *Steenstrupiella steenstrupii* (Dolan y Pierce, 2013), de las cuales solo las primeras dos fueron registradas en todos los muestreos.

La comparación entre estudios presenta dificultades debido a la falta de una estandarización de los métodos de muestreo y los protocolos analíticos (Gómez, 2007; McManus y Santoferrara, 2013). Todos los métodos para el análisis del plancton presentan falencias al estimar la composición y abundancia de las

comunidades (Álvarez *et al.*, 2014); por ejemplo, Santoferrara y Alder (2009) demostraron que al analizar volúmenes pequeños se subestima la presencia y abundancia de especies y Botinelli *et al.* (2010) reportaron que, dependiendo como se realicen, los conteos por el método de Utermöhl pueden sobreestimar la abundancia de especies poco abundantes. En este trabajo, con el filtrado de grandes volúmenes de agua y el análisis de la totalidad de las cámaras de conteo se trató de minimizar dichas fallas metodológicas.

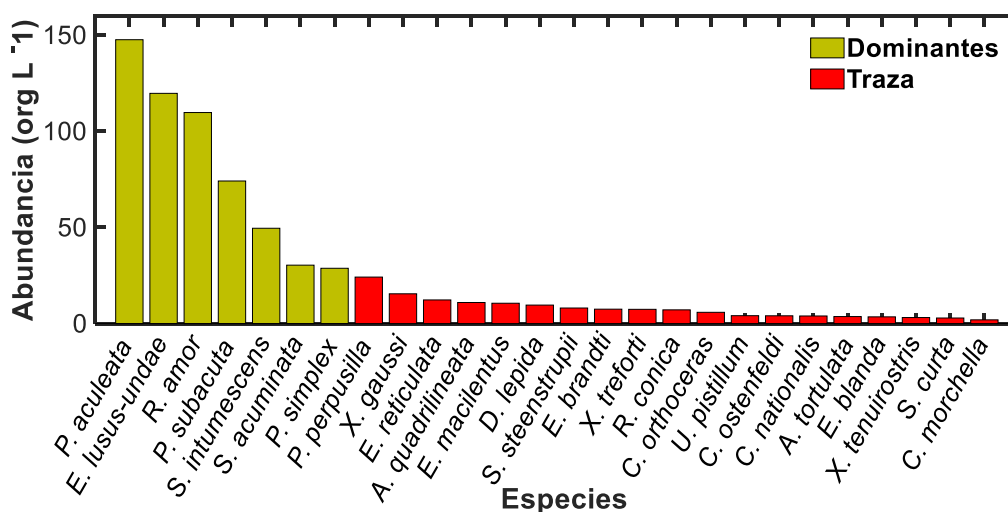


Figura 7. Abundancia de especies dominantes y traza en la región del Sur del Golfo de California durante marzo.

En Bahía Todos Santos, el número de especies encontradas fue muy bajo (13 especies, Tabla I) comparado con el reportado por Santamaría-del-Ángel y Orellana-Cepeda (1992) y Ayala-Cortés (1992) (66 y 39 especies respectivamente). Santamaría-del-Ángel y Orellana-Cepeda (1992) colectaron las muestras, mediante arrastres con una malla de 75 μm , durante cinco años en 83 estaciones, mientras Ayala-Cortés (1992) lo hizo con botellas Van Dorn, filtrando 24 L a través de un tamiz de 35 μm .

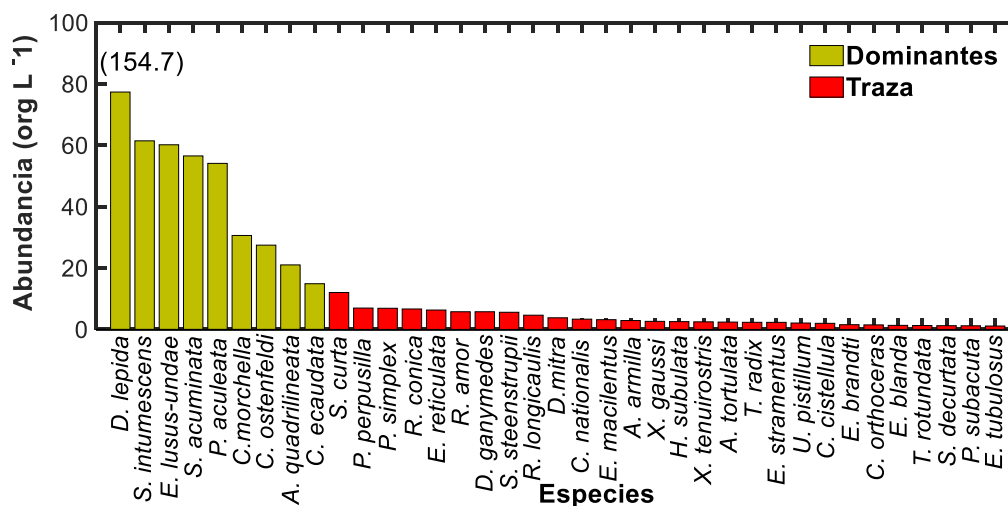


Figura 8. Abundancia de especies dominantes y traza en la región del Sur del Golfo de California durante septiembre. El valor en parentesis corresponde al valor de abundancia de *D. lepida*.

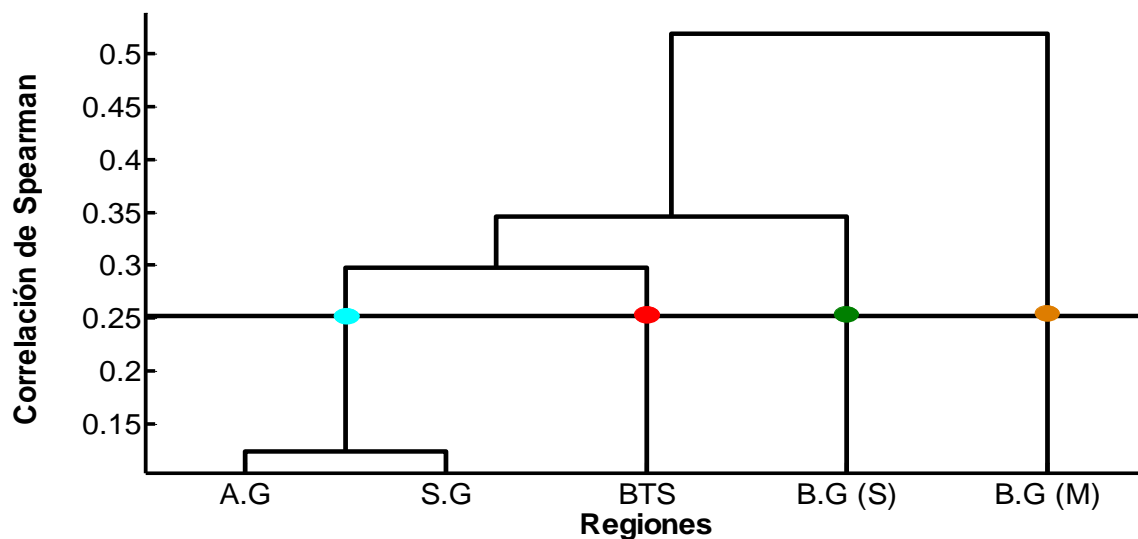


Figura 9. Dendrograma de agrupamiento según el coeficiente de correlación de Spearman para la abundancia específica entre las regiones. La línea de corte se hace a un valor de correlación de 0.259, valor significativo para $n = 58$, $\alpha 0.05$. BG (M): Boca del Golfo Marzo; BG (S): Boca del Golfo Septiembre; SG: Sur del Golfo; AG: Alto Golfo; BTS: Bahía Todos Santos.

Considerando que en este estudio se filtró un mayor volumen de agua al de Ayala-Cortes (1992) a través de un tamiz de 34 μm , una malla más fina que la usado por Santamaría-del-Ángel y Orellana-Cepeda (1992) suponemos que la diferencia respecto a este estudio se debe al número de estaciones muestreadas (83 vs 4).

Tres de las especies consideradas permanentes por Santamaría-del-Ángel y Orellana-Cepeda (1992) fueron encontradas también en este estudio (*E. apertus*, *X. treforti*, *D. ganymedes*). Respecto a la abundancia de tintínidos en esta región, los conteos arrojaron valores menores a los planteados por Ayala-Cortés, (1992) quien encontró abundancias de hasta 158 org L⁻¹; en este estudio el valor máximo de abundancia fue de 16 org L⁻¹, coincidiendo con lo reportado por Palomera-García (1987) para la Bahía de San Blas, Nayarit (máximo de 15 org L⁻¹).

Para el GC, la composición de tintínidos reveló una presencia mayoritaria de especies tropicales y subtropicales; comportamiento que ha sido ya reportado para el fitoplancton de esta zona (Round, 1967). En particular, la comunidad de tintínidos fue muy similar a la descrita para ambientes mediterráneos (Dolan, 2000; Modigh y Castaldo, 2002; Krsinić y Grbec, 2006; Sitran et al., 2007; Sitran et al., 2009; Bojanić et al., 2012) ubicados entre los 34° y 45 ° N, que poseen temperaturas y salinidades altas, parecidas a las de la zona de estudio. Sin embargo, algunas de las especies encontradas en este trabajo han sido reportadas también en aguas subantárticas (Fernandes, 1999; Fernandes,

2004a; Fernandes, 2004b; Fonda Umani *et al.*, 2011) y en el Golfo de México (Balech, 1967; Aladro-Lubel, 1974).

Aunque se compartan especies entre regiones, es evidente que no todas las especies son encontradas en todas partes (Ver especies exclusivas Tabla I, Fig. 2). En este sentido, se ha sugerido la existencia de un patrón a gran escala, en el que la riqueza de especies incrementa desde los polos hacia latitudes bajas con un pico alrededor de los 20-30° N o S y un ligero declive hacia el ecuador (Dolan, 2005; Dolan *et al.*, 2006). Lo anterior coincide con lo plasmado en la Figura 3a, en la que se observa la presencia de un menor número de especies en BTS y el AG y un incremento a menores latitudes en la zona de la boca del golfo. Según Dolan (2005), la concurrencia de formas tropicales y taxa ampliamente distribuidos sugiere que el pico en la riqueza de especies hallado en latitudes bajas es posiblemente un efecto atribuido a la variación en temperatura.

Es importante resaltar la presencia de *Rhizodomus tagatzi* en el área Sur del Golfo, ya que este representa el primer reporte de la especie para la costa pacífica mexicana (Tabla I). En el pacífico oriental, esta especie solo ha sido registrada en el estuario hipersalino de Mission Bay en California (Elliot y Kaufmann, 2007) sin existir aún evidencia de su presencia en el hemisferio sur. Según la información recopilada en Saccà y Giuffrè (2013), *R. tagatzi* parece tolerar amplios cambios de salinidad (16-37) y prefiere condiciones relativamente cálidas (entre 18–29 °C); en este estudio fue encontrado a temperaturas mayores a los 30 °C pero dentro del intervalo de salinidad descrito.

El patrón de distribución de esta especie revela que es frecuentemente encontrada en puertos o en áreas de cultivos de bivalvos, un comportamiento consistente con el de una especie invasora (Saccà y Giuffrè, 2013) por lo que se cree, que su presencia en estaciones cercanas al puerto de Guaymas (Estación CG1, Apéndice I) puede deberse a dispersión por aguas de lastre; sin embargo, esta hipótesis requiere la realización de más estudios sobre la distribución de la especie en el Pacífico Mexicano y el Golfo de California para ser confirmada.

Abundancia

Considerando que ha sido poco en el énfasis en las variaciones latitudinales de las poblaciones planctónicas del golfo, en este estudio se buscó identificar un patrón de distribución con base en la abundancia de los organismos. Los valores de abundancia de tintínidos registrados en este trabajo, fueron altamente variables entre regiones (Fig. 3b) coincidiendo con lo reportado por Thompson *et al.* (1999). Zhang *et al.* (2015), sugieren que debido a su limitada movilidad, la distribución y el tamaño de las comunidades de ciliados está más influenciado por factores físicos como corrientes e intrusiones de agua dulce.

Para el plancton, se ha descrito una distribución en parches, que considerando la escala espacial, pueden ser divididos en meso (Km) y micro (cm) parches; la distribución de los ciliados parece seguir este comportamiento (Zhang *et al.*, 2015). En la Figura 3b puede observarse que algunas estaciones de la zona del Alto Golfo actúan como 'hot-spots' de abundancia, al albergar una gran cantidad

de organismos. Una de las especies dominantes en esta zona, *Helicostomella subulata* (Fig.4) ha sido reportada como dominante en otros sistemas mediterráneos (Modigh y Castaldo, 2002; Bojanić *et al.*, 2012) y en aguas costeras de la plataforma argentina (Santoferrara y Alder, 2009) donde su abundancia alcanzó 1872 org L⁻¹. En este estudio exhibió variaciones morfológicas en la longitud de la lorica (Apéndice II, Placa I) siendo la forma de menor tamaño la más frecuente.

El aumento en la abundancia de tintínidos puede relacionarse con la abundancia de las presas (Modigh y Castaldo, 2002) dado que la distribución espacial de la productividad primaria en el golfo revela un gradiente latitudinal con valores muy altos y florecimientos ocasionales en el norte (Brinton *et al.*, 1986; Mercado-Santana *et al.*, 2017). Lo anterior coincide con Round (1967), quien planteó que la presencia de *Gonyaulax polyedra*, un organismo reconocido como formador de florecimientos, es característica de la región por encima de los 29° N. Con base en datos del mismo crucero (VAQUITAS 0217), Aguilar-Maldonado *et al.* (2018) reportaron un florecimiento de picoplancton y una gran contribución de diatomeas, lo cual sugiere que las altas abundancias de tintínidos en algunas estaciones del Alto Golfo pueden ser consecuencia de la rápida respuesta de los tintínidos a los cambios en las condiciones de disponibilidad de alimento gracias a sus cortos tiempos de duplicación (Thompson y Alder, 2005). Adicionalmente esta zona ha sido reconocida por su alta turbidez y fuerte mezcla por mareas (Santamaria-del-Angel *et al.*, 1994) lo cual la convierte en un área con poca

estabilidad. Las áreas con una variabilidad marcada en la columna de agua son catalogadas como pobres en especies (Fig. 3a), presumiblemente porque el número de nichos disponibles es muy bajo (Brinton *et al.*, 1986; Thompson *et al.*, 1999; Dolan y Pierce, 2013).

El área de la boca del Golfo de California es la región más oceánica muestreada en este trabajo, allí se acumula agua del pacífico tropical oriental la cual es considerada relativamente pobre en nutrientes debido a su largo tiempo de residencia; por lo que la productividad del fitoplancton es usualmente baja (Brinton *et al.*, 1986). Estos factores convierten a la boca en la zona más oligotrófica del golfo (Santamaria-del-Ángel *et al.*, 1994), excepto durante la inyección temporal de nutrientes por eventos de surgencia (Brinton *et al.*, 1986; Round, 1967).

Los cambios en la composición del grupo de especies dominantes, como el observado en la Figura 6 entre los muestreos de marzo y septiembre, se han asociado con la capacidad de las comunidades microbianas de cambiar rápidamente su estructura. Entre los factores que pueden controlar dicho cambio se han sugerido la mortalidad dependiente de la densidad y la importancia de la infección por parásitos; sin embargo estos supuestos han sido poco explorados (Dolan *et al.*, 2013a),

En esta zona, Sánchez-Velasco *et al.*, (2017) detectaron la señal del “El Niño Godzilla” (ENG) desde comienzos de 2015 hasta el verano de 2016. Sin

embargo, estos autores sugieren, con base en el análisis de anomalías estandarizadas de temperatura que para marzo de 2016, el evento estaba en una fase de relajación. La diferencia significativa en el número de especies y la abundancia específica entre los cruceros de marzo y septiembre (Tabla II, Figs. 8 y 9) puede deberse a la disminución del efecto de este fenómeno en el mes de septiembre, lo cual permitió que se registrara un mayor número de taxa (Tabla I) y de organismos por especie (Fig. 9). La mencionada variación temporal en la composición del ensamblaje (Fig. 2) y la abundancia de especies para la zona entre las dos temporadas no es mayor a la variación geográfica (Fig.10). No obstante, no se puede afirmar, que las variaciones temporales se deban al efecto del fenómeno ENG y no a la variación estacional propiamente.

Para evaluar con mayor precisión los efectos de fenómenos interanuales como el ENG, es ideal contar con información pre y post evento, ya que así será posible determinar si las comunidades de tintínidos responden de manera semejante a otros taxa al estrés termal y cuáles son los cambios en las redes tróficas marinas.

Además, hay que tener en cuenta que la zona de la boca del golfo posee características transicionales gracias a la confluencia de masas de agua tropicales, subtropicales y templadas y la presencia de fenómenos de mesoescala (Torres-Orozco, 1993; Lavín y Marinone, 2003; Lavín *et al.*, 2013; Castro *et al.*, 2017), por lo que se requieren más investigaciones para discernir sobre el efecto de esta dinámica en las comunidades de tintínidos.

De acuerdo con Spalding *et al.* (2007), el Golfo de California conforma la ecoregión “Corteziana” y la Bahía de Todos Santos pertenece a la ecoregión “Ensenada del Sur de California”. El concepto de ecoregión propuesto por estos autores refleja patrones ecológicos únicos que se extienden más allá del efecto de los procesos evolutivos; por lo cual las diferencias entre estas dos regiones en cuanto a composición y abundancia de especies de tintínidos son notorias (Figs. 4 y 10). Sin embargo, la variabilidad descrita en las comunidades de tintínidos dentro del Golfo es congruente , a grandes rasgos, con patrones biogeográficos descritos para otras variables como la concentración de pigmentos fitoplanctónicos (Santamaria-del-Ángel *et al.*, 1994) y la productividad primaria (Mercado-Santana *et al.*, 2017)

Considerando que el Golfo es un mar marginal bastante dinámico, un mayor número de divisiones biogeográficas podrá describir mejor su variabilidad (Santamaría-del-Ángel *et al.*, 2011). Este sistema no puede ser considerado entonces como una entidad homogénea (Mercado-Santana *et al.*, 2017) y la división propuesta debe contemplar la variaciones en las condiciones oceanográficas a escala local.

Los cambios observados en las estructuras de las comunidades de tintínidos y sus patrones de distribución nos ayudan a entender la dinámica ecosistémica en términos de variabilidad ambiental y heterogeneidad de hábitats; no obstante, quedan por relacionar la forma en que los patrones biogeográficos de estos organismos reflejan la dinámica de las masas de agua (Ver Cap. II), corrientes y

frentes oceánicos por lo que para poder establecer un patrón más detallado en el comportamiento de las comunidades de tintínidos dentro del golfo son necesarios estudios con muestreos de mayor resolución.

CONCLUSIONES

La diferencia entre BTS y el GC en la composición de las comunidades de tintínidos y su abundancia puede reflejar los patrones biogeográficos establecidos por las condiciones oceanográficas de cada zona. En el GC se evidenció un patrón latitudinal de aumento hacia bajas latitudes en la riqueza de especies de tintínidos. En particular, la zona del AG albergó mayoritariamente especies encontradas en ambientes mediterráneos con características termohalinas similares y 'hot-spots' de abundancia de tintínidos posiblemente relacionados con la gran productividad en este sector y su alto dinamismo. Los cambios en la riqueza de especies y la abundancia específica de tintínidos para las dos temporadas de estudio en la zona de la BG posiblemente fueron consecuencia del evento interanual ENG de 2015; sin embargo, más estudios son necesarios para separar el efecto de este fenómeno de la variación estacional. Preliminarmente, los patrones de distribución de la riqueza y abundancia de tintínidos en el GC corresponden con la alta heterogeneidad de este sistema y confirman que dicho ambiente no debe ser considerado como una entidad biogeográfica.

2. TINTÍNIDOS (CILIOPHORA: TINTINNIDA) COMO INDICADORES DE MASAS DE AGUA SUPERFICIALES

D. Rojas Sánchez, E. Santamaría del Ángel, A. González Silvera y V.M.

Godínez

INTRODUCCIÓN

La temperatura es un factor que afecta notoriamente a los ciliados, principalmente por el control que ejerce sobre sus tasas de crecimiento poblacional (Fenchel, 1968; Finlay, 1977; Aelion y Chisholm, 1985). Para el caso de los tintínidos, pese a que existen registros en casi todas las aguas marinas a nivel global, se ha sugerido que su distribución está relacionada con la temperatura del agua. Actualmente se reconocen cinco patrones de distribución de géneros con relación a esta variable: cosmopolitas, de agua cálida, neríticos, boreales y australes (Pierce y Turner, 1993; Dolan y Pierce, 2013).

Considerando lo anterior, y gracias a la dureza de su lórica (Lee y Kim, 2010), estos organismos son reconocidos como indicadores hidrológicos de circulación oceánica de masas de agua y de zonas de frentes (Balech, 1972). Comparados con otros grupos del plancton, por ejemplo, radiolarios o foraminíferos, los miembros de este grupo muestran una serie de ventajas como bioindicadores; entre estas se cuenta su diversidad de especies, su abundancia absoluta, sus altas tasas de reproducción y su presencia tanto en áreas costeras como oceánicas, mientras que otros grupos están restringidos a estas últimas (Thompson *et al.*, 1999).

El primer trabajo que aportó al conocimiento de la utilidad de los tintínidos como bioindicadores de procesos oceánicos fue realizado por Hada (1957) quien sugirió especies pertenecientes a cinco géneros como indicadoras de las condiciones de la corriente cálida de Kuroshio. Zeitzschel (1969) tras analizar muestras colectadas en 22 estaciones en el oeste del Mar Árabe durante la expedición alemana “*Meteor*”, propuso tres especies indicadoras para la Corriente de Somalia y dos para la Corriente Costera del Este de África. En años posteriores, Balech (1972) formuló una clasificación de cuatro grupos según la preferencia de las especies por condiciones umbrófilas y con base en ello planteó su valor oceanográfico como indicadoras de ascenso de aguas. Kato y Taniguchi (1993) emplearon la presencia y abundancia de ocho especies y dos grupos de tintínidos para describir la dinámica del Frente Polar del Norte del Pacífico formado por las corrientes de Kuroshio y Oyashio. En este mismo año Pierce y Turner (1993) publicaron la primera aproximación biogeográfica a nivel de género planteando seis patrones de distribución; sin embargo, estos autores no consideraron información concerniente a la temperatura, salinidad y profundidad de ocurrencia de los organismos. Una actualización planteada por Dolan y Pierce (2013) para 47 géneros mantiene cinco de los patrones de distribución propuestos anteriormente. Thompson *et al.* (1999), lograron establecer ensamblajes de tintínidos indicadores de diferentes zonas en una región oceanográficamente compleja: el área de confluencia de las corrientes Brasil-Malvinas. Pocos años después, Thompson y Alder (2005) tras notar la persistencia en la presencia, abundancia y biomasa de tres especies de tintínidos

reconocieron su importancia en la identificación de la señal de fenómenos oceanográficos interanuales que afectan la dinámica de la zona. Kim *et al.*, (2012a) y colaboradores, con base en la composición de los ensamblajes de tintínidos de la corriente de Kuroshio establecieron 44 especies indicadoras que alertaron sobre la intrusión de aguas oceánicas cálidas y saladas en aguas costeras de Corea. En otra publicación, *Dadayiella ganymedes* fue propuesta como una especie clave en la detección de intrusiones de agua de la corriente de Kuroshio en el Mar del Este de China (Kim *et al.*, 2012b). Zhang *et al.*, (2015), en un estudio en esta misma zona, concluyeron que las masas de agua influyeron ligeramente en la distribución de ciliados. No obstante, identificaron patrones de incremento en la abundancia de estos organismos en zonas de frentes, así como una prevalencia de organismos de agua cálida y cosmopolitas en aguas de la corriente de Kuroshio. Finalmente, Li *et al.*, (2016) utilizaron la distribución de las masas de agua para dividir el ensamblaje boreal, encontrando una alta congruencia entre los criterios oceanográficos y biológicos.

A pesar de que se han realizado contribuciones al respecto; la información acerca de la utilidad de los tintínidos como indicadores hidrológicos sigue siendo escasa. En particular, para Norteamérica y la franja tropical de Centro y Suramérica no se cuenta con trabajos direccionados hacia este tópico, por lo que, el presente estudio contribuirá notablemente en la determinación de la utilidad de la composición de especies y la abundancia de tintínidos como variables indicadoras de la presencia de diferentes masas de agua.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Las tres zonas de estudio incluidas en este trabajo son mostradas en la Figura 10. La descripción correspondiente al Pacífico Oriental Mexicano (Golfo de California y Bahía Todos Santos) puede ser consultada en este mismo apartado en el Capítulo I (Fig. 1).

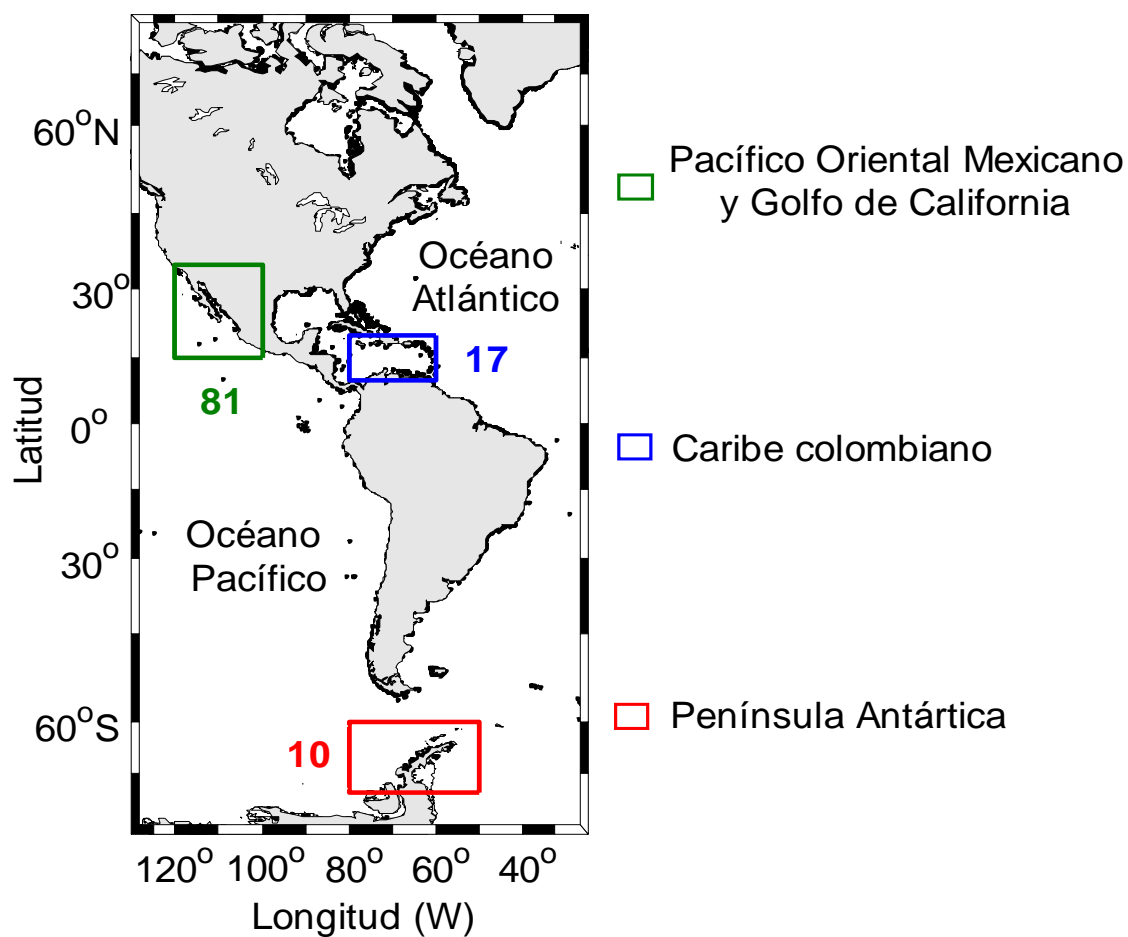


Figura 10. Localización de las tres áreas de estudio incluidas en este trabajo.

Caribe colombiano: Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNNCP)

El parque está ubicado en la costa noroccidental de Colombia, sobre el Mar Caribe, entre los 75° 40'' - 75° 56'' W y los 09° 39'' -10° 15'' N cerca a la Isla de Barú en la plataforma continental submarina del Departamento de Bolívar (Celis-Rincón *et al.*, 1999).

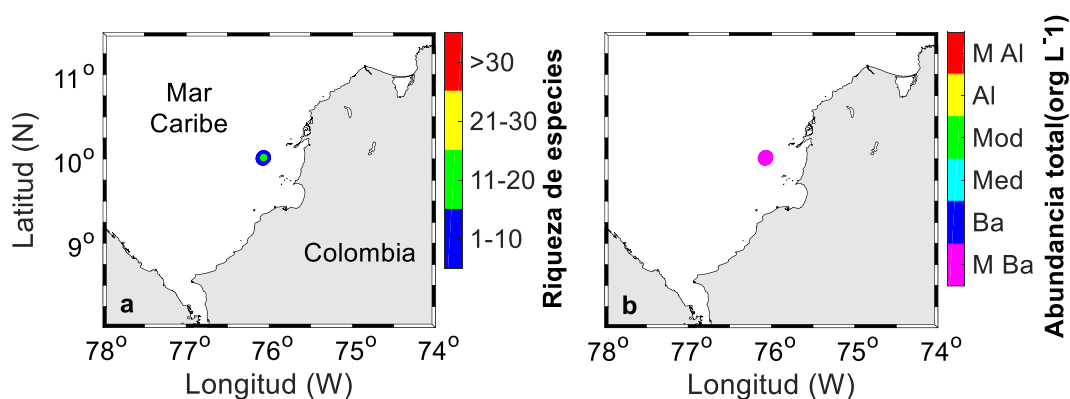


Figura 11. Distribución espacial de las comunidades de tintínidos en las estaciones del PNNCP muestreadas en agosto de 2016. **(a)** Riqueza de especies y **(b)** Abundancia total. M. Ba: Muy baja; Ba: Baja; Med: Media; Mod: Moderada; Al: Alta; M. Al: Muy alta.

Según la regionalización oceanográfica propuesta por Ricaurte-Villota y Bastidas-Salamanca (2017) el parque pertenece a la región Ciénaga Grande de Santa Marta, Río Magdalena, Bolívar. Esta zona se caracteriza por los aportes de agua dulce provenientes del río Magdalena, los cuales determinan un núcleo de bajas salinidades. La temperatura de las aguas superficiales a lo largo del año varía

entre 28 y 30 °C (Celis-Rincón *et al.*, 1999). La ubicación de las cinco estaciones de muestreo en esta área es mostrada en la Figura 11.

Península Antártica Oeste: Estrecho de Gerlache (EG)

La región oeste de la Península Antártica comprende un área de 22,000 Km² que abarcan desde la punta de la península hasta la Isla Alexander, extendiéndose desde las aguas costeras adyacentes hasta el rompimiento de la plataforma continental (Hofmann *et al.*, 1996). El estrecho de Gerlache es un sistema acuático dinámico (Massana *et al.*, 1998) localizado aproximadamente entre los 61 ° W - 64° S y 64° W-65° S (Fig. 12), es un paso de entre 8 y 60 Km de ancho, con muchas islas pequeñas distribuidas en su interior; limitado al norte por el margen de la Península y al sur por el Archipiélago Palmer. El margen noreste del estrecho es el acceso más profundo con más de 1000 m de profundidad mientras la mitad oeste tiene una profundidad media de 300 m (Isla *et al.*, 2002). Este lugar ha sido identificado como un sitio altamente productivo gracias a que se encuentra aislado de la turbulencia del estrecho de Bransfield y sus aguas son enriquecidas por el hierro proveniente de la plataforma continental (Bird y Karl, 1999). En la Figura 12 se observa la localización de las diez estaciones de muestreo en el área del estrecho.

Colecta de muestras

En este trabajo se incluyeron las muestras colectadas según lo especificado en este mismo apartado en el Capítulo I. Adicionalmente, se obtuvieron diez muestras en el estrecho de Gerlache a través de la II Expedición Antártica

Colombiana (Verano Austral 2016-2017) realizada entre el 6 y 30 de enero de 2017 a bordo del ARC 20 de Julio.

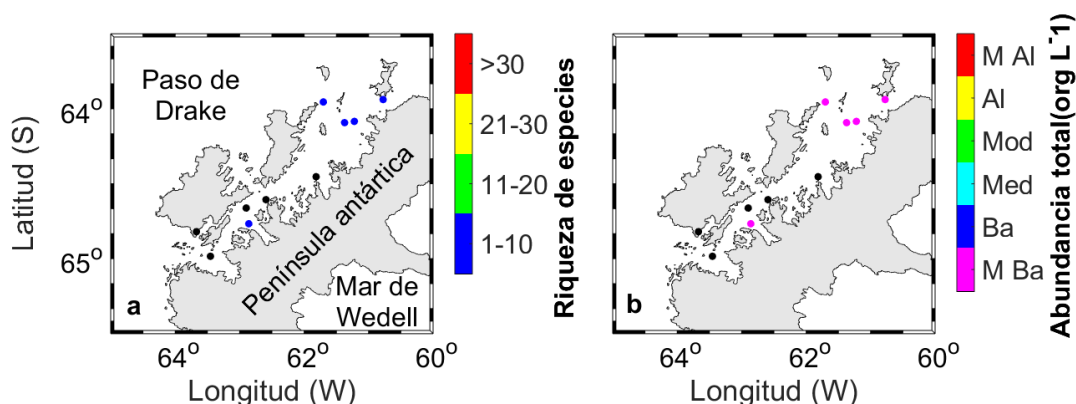


Figura 12. Distribución espacial de las comunidades de tintínidos en las estaciones muestreadas en EG. **(a)** Riqueza de especies y **(b)**. Abundancia total. Los puntos negros corresponden a estaciones sin presencia de organismos. M. Ba: Muy baja; Ba: Baja; Med: Media; Mod: Moderada; Al: Alta; M. Al: Muy alta.

Para la colecta se empleó una roseta muestreadora que fue disparada a la profundidad del máximo de fluorescencia (entre 15-40 m). Un volumen de 16 L por muestra fue filtrado a través de un tamiz de 20 μm . En el Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, 17 muestras fueron obtenidas en cinco estaciones durante agosto y diciembre de 2016 a diferentes profundidades (entre 5 y 70 m) mediante bombeo directo. Un volumen de 24 L por muestra fue filtrado a través de un tamiz de 75 μm . En ambas zonas, para cada estación se obtuvieron datos de temperatura y salinidad puntuales para la profundidad de muestreo. Las muestras se fijaron con formol neutralizado con borato de sodio a

una concentración final del 2 %. Cada muestra fue concentrada por asentamiento durante mínimo 48 horas para su posterior análisis.

Identificación taxonómica y cuantificación

Las particularidades consideradas para identificación taxonómica de los organismos y su cuantificación pueden ser revisadas en el Capítulo I.

Análisis de datos

Utilizando los datos de temperatura y salinidad de cada muestra se elaboraron diagramas T-S con el fin de identificar las masas de agua presentes en las zonas de estudio. Con un fin comparativo, se construyó un diagrama de barras con la riqueza de especies y abundancia total de tintínidos para cada masa de agua. Para conocer la variación en la composición y abundancia de las comunidades de tintínidos en cada masa se realizaron mapas con la información de estas variables para cada estación.

Para agrupar las masas de agua según la composición de especies, se realizó un dendrograma empleando como distancia la disimilitud de Jaccard (1-coeficiente de similitud de Jaccard) (Moreno, 2001). Siguiendo los patrones de distribución de géneros propuestos por Dolan y Pierce (2013), se conformaron cuatro grupos: austral, cosmopolita, de agua cálida y nerítico. La abundancia total de cada grupo se calculó mediante la suma de la abundancia de todas las especies pertenecientes a cada género incluido en el grupo. Para cada masa de agua se integró la abundancia total de cada grupo mediante la Primera Función Empírica Ortogonal Estandarizada (FEOE1), dado que esta corresponde a la

mejor aproximación lineal del conjunto de variables (Santamaría-del-Ángel *et al.*, 2011). En busca de asociaciones significativas, se estimó el coeficiente de correlación de Spearman (S_c) entre las variables ambientales (temperatura y salinidad) y las biológicas (riqueza de especies y abundancia) para todo el conjunto de datos y para cada masa de agua por separado.

Determinación de especies indicadoras

Según Kato y Taniguchi (1993) una especie indicadora debe ser resistente a los cambios graduales en las propiedades del agua pero, su capacidad de sobrevivir a un amplio rango de variaciones debe ser reducida. En este sentido, puede asumirse, que las especies son más abundantes en áreas más adecuadas como hábitats (Fager y McGowan, 1963). Fundamentada en lo anterior, la determinación de las especies indicadoras se basó en dos criterios: la presencia/ausencia de la especie y su abundancia en cada masa de agua.

Una vez propuestas las posibles especies indicadoras, su utilidad fue confirmada mediante la estimación del coeficiente de correlación de Spearman (S_c) entre la abundancia específica y la temperatura y salinidad, variables que identifican a una masa de agua. Las asociaciones significativas fueron graficadas empleando diagramas de dispersión.

RESULTADOS

Masas de agua

Las propiedades de temperatura y salinidad de cada masa de agua identificada en este trabajo se muestran en la Figura 13. La temperatura en Bahía Todos

Santos osciló entre 14.9 y 17.3 °C mientras que la salinidad registró valores de 33.3-33.4. Las características termohalinas del agua corresponden al Agua de la Corriente de California (ACC) según los límites propuestos por Pérez-Brunius *et al.* (2006) y Durazo (2015), quienes la denominan Agua Subártica.

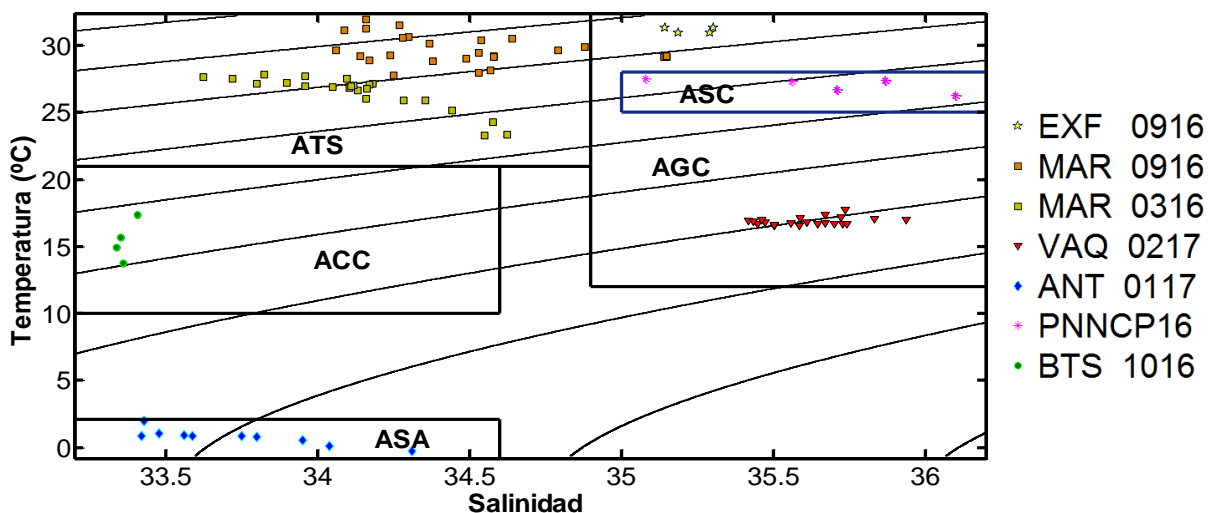


Figura 13. Diagrama de temperatura y salinidad para las regiones incluidas en este trabajo. AGC: Agua del Golfo de California, ATS: Agua Tropical Superficial, ACC: Agua de la Corriente de California, ASC: Agua Superficial del Caribe, ASA: Agua Superficial Antártica. La línea azul indica que ASC no es un núcleo dentro de AGC.

En el Golfo de California las variaciones en temperatura y salinidad fueron más amplias, pudiéndose diferenciar dos masas de agua. Con temperaturas superiores a 18 °C y salinidades menores a 34.9 en el área de la Boca del Golfo, para los cruceros MARIAS 0316 y MARIAS 0916 (excepto tres estaciones) fue registrada Agua Tropical Superficial (ATS) según lo plasmado en Castro *et al.* (2006) ; de acuerdo con Torres-Orozco (1993) el agua con estas características es denominada Agua Superficial Ecuatorial.

En el Alto (Crucero VAQUITAS 0217) y Sur del Golfo (Crucero EXFINIFE 0916), todas las estaciones pertenecieron a Agua del Golfo de California (AGC) con temperaturas y salinidades mayores a los 12 °C y 34.9, respectivamente (Torres-Orozco, 1993; Castro *et al.*, 2006). El límite entre estas dos masas de agua es definido por los altos valores de salinidad que presenta el AGC, siendo la más salina del Pacífico Nororiental (Portela *et al.*, 2016).

En el Caribe Colombiano, siguiendo lo ya reportado por Ricaurte-Villota y Bastidas-Salamanca (2017) para la zona, el agua presente en PNNCP fue considerada como Agua Superficial del Caribe (ASC) con temperaturas entre 26.2 y 27.4 °C y salinidades entre 35 y 36.1.

El Agua Superficial Antártica (ASA) encontrada en el estrecho de Gerlache, mostró las temperaturas más bajas (-0.1-2.1 °C) mientras que las salinidades fluctuaron entre 33.42 y 34.31 (Fig. 13)

Composición y abundancia

En las cinco masas de agua estudiadas se registraron 61 especies de tintínidos asignadas a 11 familias y 32 géneros. En la Tabla III, la columna alusiva al grupo hace referencia al patrón de distribución de cada género según Dolan y Pierce (2013); el grupo correspondiente solo es mencionado cuando el género aparece por primera vez en la tabla. La mayoría de los géneros reportados tienen distribución cosmopolita (12) y de agua cálida (15) mientras que cuatro son neríticos y solo uno es austral.

Dada la distinta procedencia geográfica de las muestras, ninguna especie fue encontrada en todas las masas de agua. Excluyendo al ASA, ocho especies fueron encontradas en las cuatro masas de agua restantes.

Para la riqueza de especies y la abundancia total, las dos masas de agua encontradas en el Golfo de California registraron los valores más altos (55 especies y $> 1500 \text{ org L}^{-1}$).

En particular, se evidenció un comportamiento contrario entre estas dos variables: el ATS albergó un mayor número de especies, pero el AGC alcanzó abundancias más altas (Fig. 14).

Tabla III. Especies de tintínidos registradas en este estudio, grupo de distribución y ocurrencia en cada masa de agua. C: Cosmopolita; AC: Agua cálida; A: Austral; N: Nerítico. ** *Nomen inquerendum*.

Taxón	Grupo	Masas de agua				
		AGC	ATS	ACC	ASC	ASA
Tintinnida						
Ascampbelliellidae						
<i>Acanthostomella minutissima</i>	C	+	+	-	-	-
<i>Ascampbelliella armilla</i>	AC	+	+	-	-	-
<i>Ascampbelliella tortulata</i>		+	+	+	-	-
Cyttarocylididae						
<i>Cyttarocylis</i> sp.	AC	+	+	-	-	-
<i>Petalotricha</i> sp.	AC	+	+	-	-	-
Dictyocystidae						
<i>Codonaria cistellula</i>	AC	+	+	-	-	-
<i>Codonella nationalis</i>	C	+	+	-	+	-
<i>Codonellopsis gaussi</i>	C	-	-	-	-	+
<i>Codonellopsis ecaudata</i>		+	+	-	+	-
<i>Codonellopsis morchella</i>		+	+	-	+	-
<i>Codonellopsis orthoceras</i>		+	+	-	+	-
<i>Codonellopsis ostenfeldi</i> **		+	+	-	-	-
<i>Codonellopsis pusilla</i>		+	-	-	-	-
<i>Dictyocysta lepida</i>	C	+	+	+	-	-
<i>Dictyocysta mitra</i>		+	+	-	-	-

Epiplocyloididae						
<i>Epiplocyilis blanda</i>	AC	+	+	+	+	-
<i>Epiplocyloides reticulata</i>	AC	+	+	-	+	-
Eutintinnidae						
<i>Eutintinnus apertus</i>	C	-	+	-	-	-
<i>Eutintinnus brandti</i>		+	+	-	+	-
<i>Eutintinnus fraknoii</i>		+	+	-	+	-
<i>Eutintinnus lusus-undae</i>		+	+	+	+	-
<i>Eutintinnus macilentus</i>		+	+	-	+	-
<i>Eutintinnus stramentus</i>		+	+	-	+	-
<i>Eutintinnus tubulosus</i>		+	+	+	+	-
<i>Eutintinnus tubiformis</i>		+	+	-	-	-
Favellidae						
<i>Favella adriatica</i>	N	+	-	-	-	-
Ptychocyloididae						
<i>Cymatocyilis convallaria</i>	A	-	-	-	-	+
<i>Cymatocyilis drygalskii</i>		-	-	-	-	+
Rhabdonellidae						
<i>Protorhabdonella simplex</i>	C	+	+	+	+	-
<i>Rhabdonella amor</i>	AC	+	+	+	+	-
<i>Rhabdonella conica</i>		+	+	-	+	-
<i>Rhabdonellopsis longicaulis</i>	AC	-	+	-	+	-
Tintinnidae						
<i>Amphorellopsis tetragona</i>	C	+	+	-	+	-
<i>Amphorides quadrilineata</i>	C	+	+	+	+	-
<i>Brandtiella palliata</i>	AC	-	+	-	-	-
<i>Daturella gaussi</i>	AC	-	+	-	-	-
<i>Salpingella acuminata</i>	C	+	+	-	+	-
<i>Salpingella curta</i>		+	+	-	-	-
<i>Salpingella decurtata</i>		-	+	-	-	-
<i>Steenstrupiella intumescens</i>	C	+	+	-	+	-
<i>Steenstrupiella steenstrupii</i>		+	+	+	+	-
Undellidae						
<i>Parundella aculeata</i>	C	+	+	-	+	-
<i>Proplectella perpusilla</i>	AC	+	+	-	+	-
<i>Proplectella subacuta</i>		+	+	-	+	-
<i>Undella hyalina</i>	AC	-	+	-	-	-
<i>Undella pistillum</i>		+	+	-	-	-
Xystonellidae						
<i>Xystonella treforti</i>	AC	+	+	+	+	-
<i>Xystonellopsis dicymatica</i>	AC	-	+	-	-	-
<i>Xystonellopsis gaussi</i>		+	+	+	-	-
<i>Xystonellopsis paradoxa</i>		-	+	-	-	-
<i>Xystonellopsis tenuirostris</i>		+	+	-	-	-

<i>Dadayiella ganymedes</i>	C	+	+	+	+	-
Incertae sedis						
<i>Climacocylis scalaria</i>	AC	-	+	-	+	-
<i>Helicostomella subulata</i>	N	+	+	+	-	-
<i>Rhizodomus tagatzi</i>	N	+	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis dadayi</i>	N	+	+	-	-	-
<i>Tintinnopsis cf gracilis</i>		-	+	-	-	-
<i>Tintinnopsis mortensenii</i>		-	+	-	+	-
<i>Tintinnopsis parvula</i>		-	+	-	-	-
<i>Tintinnopsis radix</i>		+	+	-	+	-
<i>Tintinnopsis rotundata</i>		-	+	-	-	-
Total		45	55	13	29	3
Exclusivas		3	10	0	0	3

Para la mayoría de las estaciones en el AGC la riqueza específica osciló entre 1-20 especies; solo en una estación se registraron 30 taxones (Fig. 3a, Cap. I).

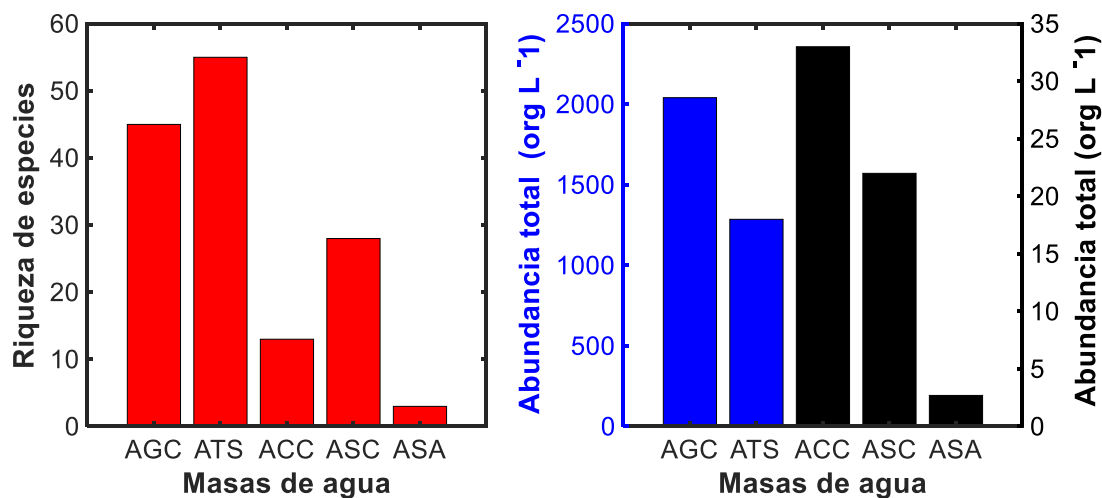


Figura 14. Riqueza de especies (a) y abundancia total de tintínidos (b) en las masas de agua. AGC: Agua del Golfo de California, ATS: Agua Tropical Superficial, ACC: Agua de la Corriente de California, ASC: Agua Superficial del Caribe, ASA: Agua Superficial Antártica.

En cuanto a la distribución espacial de la abundancia, las estaciones del lado de la península mostraron cifras muy bajas, mientras que en la costa oeste los

valores fueron desde moderados hasta muy altos (Fig. 3b, Cap. I). En el ATS, a excepción de una de las estaciones, se detectaron más de 11 especies por estación (Fig. 3a, Cap. I).

La abundancia fluctuó entre valores muy bajos y moderados; ninguna estación fue catalogada con abundancia alta o muy alta (Fig. 3b, Cap. I). Para las otras masas de agua, el número de especies se redujo casi a la mitad, sin sobrepasar el umbral de las 20 especies por estación (Fig. 3a, Fig. 11a). Respecto a la abundancia, es importante notar la diferencia en la magnitud de esta variable entre las masas de agua del GC respecto a las otras regiones: los valores máximos en estas últimas no sobrepasan los 40 org L⁻¹; por lo que la abundancia en el ACC y el ASC fue considerada muy baja (Fig. 3b y Fig. 11b, respectivamente). El ASA presentó los valores más bajos para las dos variables. En la mitad de las estaciones (5) no fueron registrados tintínidos (Fig. 12a) y cuando estuvieron presentes sus abundancias fueron muy bajas (Fig. 12b).

Con base en la ocurrencia de especies mostrada en la Tabla III el ASA se diferencia fácilmente por contar con el menor número de especies y por la presencia exclusiva de géneros australes. Con un bajo número de especies y una exclusividad nula, el ASC es la segunda masa de agua en separarse del grupo. La composición de especies del ACC la asemeja más con el ATS que con el AGC (Fig. 15). Estas últimas, son las masas de agua que más se parecen al compartir 45 taxones, separándose por el número superior de especies exclusivas en ATS.

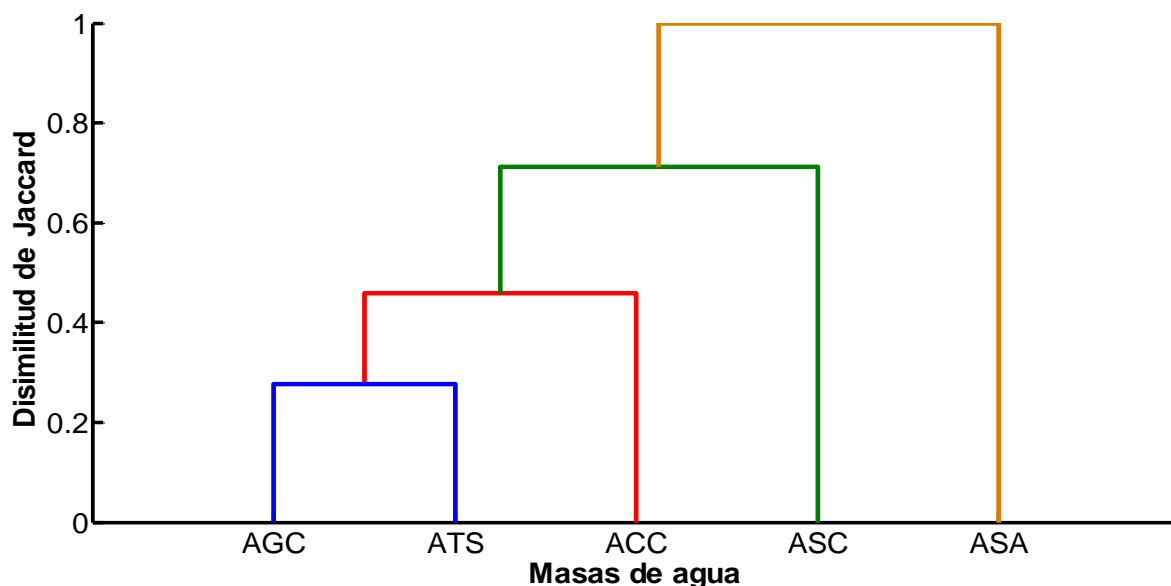


Figura 15. Dendrograma de agrupamiento según el coeficiente de disimilitud de Jaccard para la composición de especies entre masas de agua. AGC: Agua del Golfo de California, ATS: Agua Tropical Superficial, ACC: Agua de la Corriente de California, ASC: Agua Superficial del Caribe, ASA: Agua Superficial Antártica.

Los valores de la Primera Función Empírica Ortogonal Estandarizada (FEOE1) permitieron diferenciar las masas de agua por la abundancia de cada uno de los grupos de distribución. En la Tabla IV se observa como para el ASA el grupo austral se separa de los demás con un alto valor positivo. Una vez más, esta masa de agua se diferenció fácilmente gracias a que es la única con presencia de géneros australes (Tabla III).

El AGC se diferenció de las demás masas por la alta abundancia de géneros neríticos. La importancia de este grupo para el AGC radica en que a este grupo pertenece una de las especies que más aportó a la comunidad: *H. subulata* (Fig. 4 Cap. I). Para el ACC y el ASC no se encontró ningún patrón en la abundancia

de grupos que permita caracterizarlas (Tabla IV); sin embargo, considerando que para ambas masas los grupos nerítico y austral arrojaron los valores más bajos, puede decirse que estas masas se asemejan más al ATS. Por su parte el ATS se caracteriza por la alta frecuencia de géneros con distribución cosmopolita y de agua cálida, con una reducida abundancia de organismos neríticos y nula representación de géneros australes (Tabla IV).

Tabla IV. Valores de la Primera Función Empírica Ortogonal Estandarizada (FEO1) para cada masa de agua

Grupo	ATS	AGC	ACC	ASC	ASA
Agua Cálida	-0.9293	-2.7224	0.2339	-0.9009	-0.7256
Austral	0.3954	-0.55	0.147	-0.6037	4.4111
Cosmopolita	-0.9289	-2.7209	0.2337	-0.9004	-0.7252
Nerítico	0.3778	0.8347	0.1498	-0.5988	-0.4609

Especies indicadoras

La Tabla V muestra los valores de correlación entre las variables ambientales (temperatura y salinidad) y las biológicas (riqueza de especies y abundancia de tintínidos). La abundancia total tuvo una asociación significativa directa con la temperatura, mientras que la riqueza de especies solo se asoció significativamente, y de forma inversa, con la salinidad.

Se proponen cuatro especies indicadoras para el AGC (Apéndice II, Placa I) y cinco para el ATS (Apéndice II, Placa II). Los valores de asociación de Spearman de la abundancia específica con la temperatura y salinidad de cada masa de agua son mostrados en la Tabla VI.

Tabla V. Valores de correlación de Spearman entre variables ambientales y biológicas; ** correlaciones significativas α 0.01 (n = 108, $S_c = 0.257$)

	Abundancia total (org * L⁻¹)	Riqueza de especies
Temperatura (°C)	0.3720**	-0.1840
Salinidad	0.7449**	-0.2604**

Favella adriatica fue considerada una especie indicadora por su presencia exclusiva en esa masa (Tabla III) y por la robusta correlación de su abundancia con las altas salinidades del AGC (Fig. 16c). *Amphorellopsis tetragona*, pese a ser registrada en otras masas de agua (Tabla III) solo alcanzó valores de abundancia alta en AGC (Figura 16b) exhibiendo una fuerte correlación directa con la salinidad (Tabla VI). Por su parte, la abundancia de *Helicostomella subulata* covarió significativamente tanto con la temperatura como con la salinidad; sin embargo, con esta última la asociación se mantuvo a un nivel de confianza más alto (99 %). Estas tres especies conforman un grupo que responde de manera similar a los cambios en la temperatura y la salinidad, dado que sus abundancias se asocian significativamente (coeficientes de correlación >0.60, datos no mostrados). Existió una asociación significativa entre la abundancia de *Codonellopsis pusilla* y la temperatura, pero a un nivel de confianza más bajo (95 %, α 0.05, $S_c = 0.366$); con la salinidad, la correlación no fue robusta (Tabla VI), por lo que su carácter indicador se deriva de su presencia exclusiva en esta masa de agua (Tabla III). Tres de los taxones sugeridos como indicadores del AGC pertenecen a géneros de hábitos neríticos (Tabla III) por lo que se reafirma que

esta masa de agua puede ser diferenciada de otras masas de la zona por el alto número de taxones de este hábito (Tabla IV).

Tabla VI. Valores de correlación de Spearman entre variables ambientales y la abundancia de especies indicadoras.* Correlaciones significativas α 0.05 (n = 28, S_c = 0.375; n = 49, S_c = 0.282); ** correlaciones positivas α 0.01 (n = 28, S_c = 0.483; n = 4, S_c = 0.366).

		Especies indicadoras de AGC			
n = 28		<i>H.subulata</i>	<i>A. tetragona</i>	<i>C. pusilla</i>	<i>F. adriatica</i>
Temperatura (°C)		-0.4512*	-0.3312	-0.44*	-0.1062
Salinidad		0.5120**	0.5070**	0.2920	0.4858**

		Especies indicadoras de ATS				
n = 49		<i>P.aculeata</i>	<i>D.lepida</i>	<i>P. simplex</i>	<i>R. amor</i>	<i>S. acuminata</i>
Temperatura (°C)		-0.1091	0.3070*	-0.4213**	-0.5581**	0.3256*
Salinidad		-0.3433*	-0.0496	-0.3203*	-0.3946**	0.1743

Para el ATS, las especies indicadoras pertenecen a géneros cosmopolitas (4) y de agua cálida (1); además, ninguna especie fue exclusiva de esta masa de agua (Tabla III). *Rhabdonella amor* expresó la correlación más sólida para las propiedades termohalinas del ATS, asociándose inversamente con la temperatura y la salinidad (Tabla VI). La abundancia de *Prothorabdonella simplex* varió de manera directa y significativa con la temperatura; sin embargo, la significancia no se mantuvo al mismo nivel de confianza con la salinidad (Tabla VI). Con una confianza del 95%, la relación entre la abundancia de *Dictyocysta lepida* y *Salpingella acuminata* con la temperatura fue significativa; para el caso de *Parundella aculeata* este patrón se repitió con la salinidad (Tabla VI). Al ser la temperatura la variable física con la que más se relacionaron significativamente

las abundancias de cada especie, en la Figura 17, se muestra el comportamiento de dichas variables; solo para *P. aculeata* se empleó la salinidad en la elaboración del diagrama (Figura 17e).

Contrario a lo que sucedió con las especies indicadoras del AGC, la respuesta en las especies indicadoras de ATS no es similar en todas las especies pudiéndose distinguir dos grupos. En el primer grupo, se encuentran *R. amor* y *P. simplex*, especies con los valores de asociación más altos y cuya abundancia responde de manera inversa al aumento de la temperatura. En el segundo grupo se incluyen las especies que exhiben un patrón de cambio directo entre la temperatura y la abundancia como *S. acuminata* y *D. lepida*.

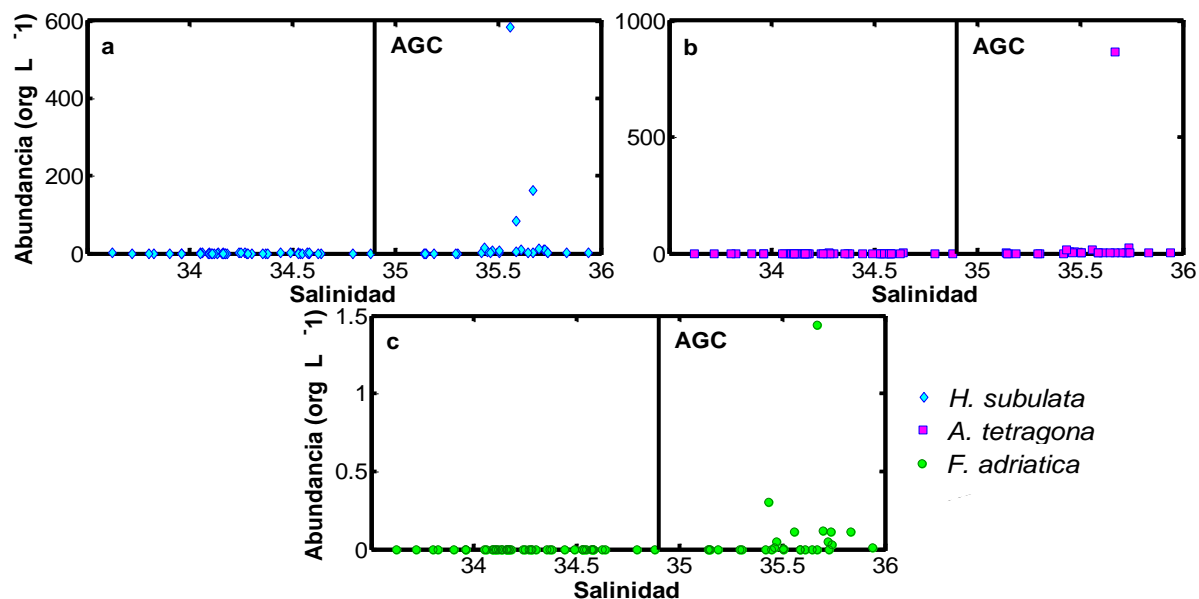


Figura 16. Especies indicadoras del AGC: **a)** *H. subulata*, **b)** *A. tetragona*, **c)** *F. adriatica*. Respuestas de la abundancia específica a las variaciones de salinidad.

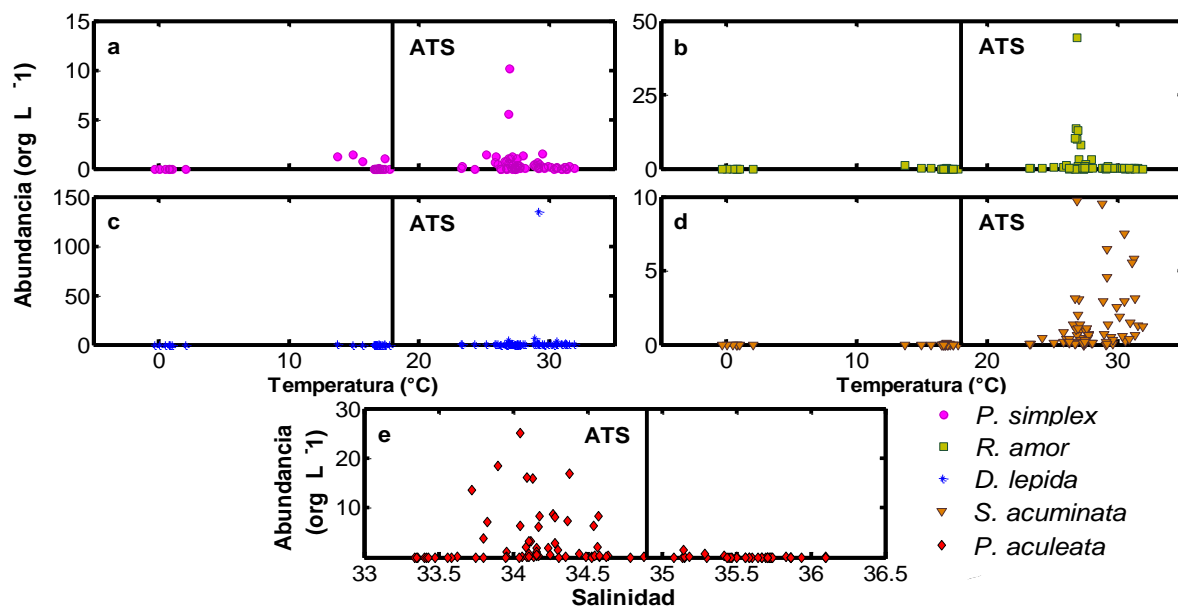


Figura 17. Especies indicadoras del ATS: **a)** *P. simplex*, **b)** *R. amor*, **c)** *D. lepida*, **d)** *S. acuminata*, **e)** *P. aculeata*. Respuestas de la abundancia específica a las variaciones de temperatura y salinidad.

DISCUSIÓN

Masas de agua

En Bahía Todos Santos, la Corriente de California transporta agua con salinidades <34.5, temperaturas entre 8 y 21 °C (Pérez-Brunius *et al.*, 2006; Durazo, 2015) y altas concentraciones de oxígeno disuelto (Larrañaga, 2013) desde el Subártico con dirección al Ecuador y facilita el intercambio de agua en la región noroeste de la bahía. La influencia de esta masa de agua se extiende hasta la zona sur de la Península de Baja California (Fiedler y Talley, 2006) y la boca del Golfo (Warsh *et al.*, 1973).

En este estudio, según las propiedades físicas de las estaciones muestreadas no hay coincidencia con las características termohalinas de esta masa de agua en

el GC, lo cual concuerda con Torres-Orozco (1983), quien tampoco la detectó en su investigación. Portela *et al.*, (2016) solo identifican esta masa de agua en la boca externa del golfo durante primavera mientras que en verano (periodo muestreado) y otoño se halla confinada a la parte norte del Sistema de la Corriente de California.

Según Warsh *et al.*, (1973), el AGC es una mezcla de ACC y Agua del Pacífico Ecuatorial transformada por el calentamiento y la evaporación. La presencia de esta masa de agua en la zona del Alto Golfo durante el invierno y en el Sur del Golfo durante el verano coincide con Torres-Orozco (1993) quien demuestra que esta masa de agua llena toda la columna de agua en la parte norte y se extiende más hacia las costas de Sonora, cerca de la Cuenca de Guaymas (EXFINIFE 0916) en el sur.

El registro de ATS en la zona boca del Golfo coincide con Torres-Orozco (1993) quien indica que esta masa de agua se distribuye hasta la Cuenca Pescadero en los meses de primavera (marzo, MARIAS 0316) alcanzando su máxima extensión hacia la cuenca del Carmen en otoño. Portela *et al.*, (2016) plantea un patrón de distribución diferente, con el ingreso de ATS propiamente y aguas transicionales solamente hacia la boca interna del Golfo durante invierno.

Emery y Meincke (1986) y Emery (2001) describen el Agua Central del Atlántico Noroeste con temperaturas entre los 7 y 20 °C y salinidades entre 35 y 36.7. Giraldo (1994) definió para las profundidades entre 0-50 m del Caribe Colombiano el Agua Superficial Ecuatorial con temperaturas entre 28 y 30 °C y

salinidades entre 34.5 y 36; en contraste, Hernández-Guerra y Joyce (2000) sugieren que aguas con salinidades mayores a 35.5 pertenecen al Agua Superficial del Caribe. En la Figura 13 destaca la alta salinidad del ASC, que contrasta con la influencia de las descargas de agua dulce provenientes del Río Magdalena en el área del PNNCP. Sin embargo, 11 de los 17 datos fueron tomados en el mes de agosto, el cual ha sido reportado como uno de los dos picos anuales de bajo caudal fluvial para los años 1991-2014 (Ricaurte-Villota y Bastidas-Salamanca, 2017).

Para el ASA, los límites de temperatura y salinidad son poco estables (Emery y Meincke, 1986; Whitworth III *et al.*, 1998; Heywood *et al.*, 1998; Bindoff *et al.*, 2000; Emery, 2001; Klinck *et al.*, 2004). Por su ubicación superficial en la que interactúan aire, mar y hielo, el ASA es la más variable en propiedades de todas las masas de agua antárticas (Klinck *et al.*, 2004). Para la temporada muestreada (verano) esta masa de agua es relativamente más cálida y menos salada debido al calentamiento solar y a la adición de agua dulce por hielo fundido (Heywood *et al.*, 1998; Lascara *et al.*, 1999).

Composición y abundancia

La variación en la composición y abundancia de tintínidos en el ACC (Bahía Todos Santos), el AGC (Alto y Sur del Golfo) ya ha sido discutida en el Capítulo I.

Respecto al ATS (Boca del Golfo) posiblemente el mayor número de especies exclusivas (Tabla III) obedece a la afinidad tropical de las mismas. Especies

exclusivas de esta masa de agua como *Xystonellopsis paradoxa* (Dolan, 2006), *Brandtiella palliata* y *Daturella gaussi* (Kofoid y Campbell, 1929) han sido reportadas para latitudes tropicales. La presencia exclusiva en esta masa de varias morfoespecies del género *Tintinnopsis* (Tabla III) puede relacionarse con el influjo de aguas estuarinas del lado de la costa este del Golfo, ya que este género está restringido a aguas someras con alta resuspensión donde se encuentren a disposición las partículas que incorpora a su lórica; de otro modo puede sugerir transporte de aguas costeras (Pierce y Turner, 1993).

Los trabajos realizados por García (1987) y Vanegas-González y Arregocés-Silva (2015) en el Caribe Colombiano han reportado 48 y 39 taxa respectivamente; un número alto comparado con el encontrado en este trabajo (Tabla III, Fig. 11a). De las especies reportadas previamente para la zona, únicamente ocho fueron registrados en este estudio; cuatro de ellas pertenecientes al género *Eutintinnus*; no obstante, esta comparación está sesgada por las limitaciones taxonómicas de los estudios mencionados, dado que entre siete y trece taxones solo fueron identificados hasta la categoría de género. Los valores de abundancia consignados en García (1987) alcanzan en algunos casos los 200 org L⁻¹, siendo mucho mayores a los reportados en esta investigación (Fig. 11b, Fig. 14).

Un mayor número de estudios con tintínidos ha sido realizado a latitudes altas en el hemisferio sur. El número de especies oscila entre 5-11 en aguas propiamente antárticas (Garrison y Buck, 1989; Boltovskoy y Alder, 1992; Leakey *et al.*, 1994;

Fonda-Umani *et al.*, 2005), por lo que la información contenida en la Figuras 12a y 14a coincide con lo descrito para este tipo de ambientes. En aguas subantárticas el número de taxones incrementa considerablemente hasta alcanzar un máximo de 87 taxones (Fernandes, 1999; Thompson *et al.*, 1999; Fernandes, 2004a; Fernandes, 2004b; Thompson, 2004; Thompson y Alder, 2005; Dolan *et al.*, 2013).

Respecto a la abundancia, los valores encontrados en la literatura son muy variables con cifras totales desde 15 org L⁻¹ (Dolan *et al.*, 2013b) hasta 167 org L⁻¹ (Garrison y Buck, 1989; Boltovskoy y Alder, 1992); incluso para la cuenca Drygalsky se han reportado florecimientos de *Codonellopsis gaussi* con densidades que alcanzan los 3017 org L⁻¹ (Fonda-Umani *et al.*, 2005). Por lo anterior, la baja abundancia total de tintínidos en el EG (Fig. 14b) parece armonizar con la alta variabilidad propia del ASA. La baja abundancia de organismos por estación mostrada en la Figura 12b concuerda con lo encontrado por Dolan *et al.*, (2013) en el Mar de Amundsen.

De manera general, la región suroceánica ha sido descrita como una región con altas concentraciones de nutrientes que alberga altas densidades de plancton y predadores de niveles tróficos superiores (Marrari *et al.*, 2008). Para la Península Antártica, la dinámica del fitoplancton revela una variabilidad espacial y temporal considerable en las concentraciones de clorofila durante la primavera y el verano austral (Lascara *et al.*, 1999) con acumulación de clorofila en las zonas costeras y bajas concentraciones en aguas abiertas (Marrari *et al.*, 2008). En particular

para el estrecho de Gerlache y la zona de confluencia con el mar de Bellingshausen, las concentraciones oscilan entre 150 y >200 mg Chl-a m² (Varela *et al.*, 2002) y algunos pigmentos exceden los 20 mg m⁻³ (Mitchell y Holm-Hansen, 1991). Adicionalmente, se ha planteado que esta región los eventos meteorológicos como el viento y las tormentas son de menor importancia y la capa de mezcla es más profunda favoreciendo el desarrollo de florecimientos fitoplanctónicos (Mitchell y Holm-Hansen, 1991; Marrari *et al.*, 2008).

Pese a lo anterior; el análisis de muestras colectadas durante el mismo muestreo, indican que el ensamblaje fitoplanctónico de la zona de estudio estaba dominado por diatomeas (Cañón-Páez y Santamaría-del-Ángel, comunicación personal). Presumiblemente fue la ausencia de alimento el factor que impidió el desarrollo de una comunidad de tintínidos más diversa y abundante, ya que estos organismos consumen mayoritariamente bacterias y nanoflagelados (Bernard y Rassoulzadegan, 1993; Fernandes, 2004a) cuyo tamaño no exceda el 25 % del diámetro oral de su lórica (Dolan *et al.*, 2002). De hecho, Dolan *et al.*, (2012) con base en un estudio biogeográfico de las especies de tintínidos presentes en regiones oceánicas australes sugieren que la mayoría de las especies explotan presas entre los 10- 15 µm.

Especies indicadoras

A pesar de que algunas especies habitan áreas oceánicas muy amplias, la mayoría de ellas tienen patrones de distribución y abundancia bien definidos. Algunos de estos, semejan de manera muy amplia la distribución de las masas

de agua (Fager y McGowan, 1963) por lo que se ha sugerido que cada masa de agua está habitada por diferentes ensamblajes planctónicos con diferentes preferencias ecológicas (Thompson *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2012b).

Según lo encontrado por Thompson *et al.*(1999) y Zhang *et al.*(2015), la temperatura suele ser la variable responsable de las disimilitudes en la composición de especies. En este estudio, la salinidad fue la variable que mostró una asociación fuerte con la riqueza de especies (Tabla V). De las nueve especies sugeridas como indicadoras, solamente dos responden al gradiente de temperatura de una manera significativa a un nivel de confianza del 99 % (Tabla VI): *P. simplex* (Fig. 17a) y *R. amor* (Fig. 17b); ambas indicadoras del ATS.

La salinidad ha sido descrita como un factor que regula la distribución de tintínidos (Modigh y Castaldo, 2002; Zhang *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2016); en este estudio, esta variable mostró una asociación robusta con la abundancia de especies (Tabla V). La abundancia de seis especies indicadoras evidenció una asociación significativa con esta variable; de las cuales sólo 4 mantienen esta relación a un nivel de confianza del 99% (Tabla VI). Tres de las especies mencionadas corresponden a indicadoras del AGC: *A tetragona*, *F adriatica*, *H. subulata*.

Los patrones de correlación exhibidos por las especies indicadoras permiten inferir que la condición determinante de la distribución de organismos difiere en cada masa de agua. Para el caso del ATS, es la temperatura la que controla mayoritariamente la abundancia de las especies, ya que muy pocas especies

responden al gradiente de salinidad (Tabla VI; Fig. 17d). De manera contrastante, para el AGC, es la salinidad la propiedad que determina la abundancia de las especies (Fig. 16). Justamente los altos valores de salinidad son los que diferencian esta masa de agua, de otras masas de agua superficiales de la zona (Fig. 13).

La mayor presencia de especies neríticas en el AGC se ve facilitada por las profundidades someras del Alto Golfo (< 200 m) (Lavín y Marinone, 2003). El agrupamiento de especies con hábitos neríticos en el grupo indicador del AGC (Tabla IV) y la fuerte correlación positiva de la abundancia de las especies dentro del grupo (datos no mostrados) sugiere que este grupo está compuesto de especies con reacciones similares a las propiedades del ambiente (Fager y McGowan, 1963). Por otra parte, la influencia de aguas antárticas en otras latitudes puede ser identificada fácilmente por la presencia del género *Cimatocyllis*, el cual es exclusivamente austral (Tabla III, Tabla IV) (Pierce y Turner, 1993).

Modigh y Castaldo (2002) proponen que las especies dominantes de cada región (o en este caso, masa de agua) funcionan como una “huella dactilar”. Sin embargo, este concepto debe ser aplicado con cuidado en ensamblajes muy diversos. Además, el potencial indicador de un ensamblaje o de una especie estará limitado a la región de influencia; es decir, una especie *x* sugerida como indicadora de *y* condición en el Pacífico posiblemente represente una condición *z* en el Atlántico. Por ejemplo la presencia de *H. subulata* en el Frente Polar del

Norte del Pacífico sirvió para identificar la influencia del agua de la corriente de Kuroshio (Kato y Taniguchi, 1993); pero en este estudio actúa como indicadora del AGC.

Gracias al análisis de los patrones de distribución de tintínidos, por su presencia exclusiva y/ o altas abundancias (Thompson y Alder, 2005) los taxa mencionados en la Tabla VI pueden ser considerados especies clave de tintínidos que pueden ser empleados para identificar la presencia de diferentes masas de agua en una región con condiciones oceanográficas complejas como lo es el Golfo de California.

En algunos casos el movimiento de las masas de agua ha sido detectado de forma más sensible por la distribución de tintínidos que por la propiedades físicas (Kim *et al.*, 2012b), por lo que la información proveniente de los indicadores biológicos puede soportar datos oceanográficos y confirmar cambios en el ambiente y las condiciones hidrográficas. En este sentido, la aproximación biogeográfica clásica de examinar ensamblajes de plancton debe ser reconocida como una herramienta valiosa con muchas aplicaciones oceanográficas.

CONCLUSIONES

La comparación de las comunidades de tintínidos de diferentes masas de agua mostró diferencias en la composición de especies y abundancia de tintínidos. A excepción del ASA, todas las masas tuvieron presencia mayoritaria de géneros con distribución cosmopolita y de agua cálida. Las masas de agua presentes en el Golfo de California (AGC y ATS) mostraron los valores más altos en la riqueza

y abundancia de especies. El empleo de la abundancia de cada patrón de distribución a nivel de género para caracterizar las masas de agua fue útil para diferenciar el AGC por la presencia de géneros neríticos, el ATS por la mayor frecuencia de géneros cosmopolitas y de agua cálida y el ASA por la presencia exclusiva de géneros australes. La riqueza de especies se asoció positivamente únicamente con la salinidad, mientras que la abundancia lo hizo también con la temperatura. Cuatro especies fueron consideradas como indicadoras del AGC y parecieron responder de manera similar a los cambios en la salinidad. Cinco especies se sugirieron como indicadoras del ATS sin revelar una respuesta común a los cambios en las variables ambientales.

LITERATURA CITADA

- Abbound-abi Saab, M., 1989. Distribution and ecology of tintinnids in the plankton of Lebanese coastal waters (eastern Mediterranean). *J. Plankton Res.* 11, 203–222. doi:10.1093/plankt/11.2.203
- Aelion, C.M., Chisholm, S.W., 1985. Effect of temperature on growth and ingestion rate of *Favella* sp. *J. Plankton Res.* 7, 821–830.
- Agatha, S., Strüder-Kypke, M.C., 2014. What morphology and molecules tell us about the evolution of Oligotrichea (Alveolata, Ciliophora). *Acta Protozool.* 53, 77–90. doi:10.4467/16890027AP.14.008.1445
- Aguilar-Maldonado, J.A., Santamaría-del-Ángel, E., González, A.G., Cervantes-Rosas, O.D., López, L.M., Gutiérrez-Magness, A., Sebastiá-Frasquet, M.T., 2018. Identification of Phytoplankton Blooms under the Index of Inherent Optical Properties (IOP Index). *Proceedings* 7, 1–15. doi:10.3390/ecws-2-04956
- Aladro-Lubel, M.A., 1974. Distribución de los tintínidos (Protozoa, Ciliata) de la parte oeste, suroeste y sur del Golfo de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 35, 45–75.
- Aladro-Lubel, M.A., R. Mayén-Estrada y M. Reyes-Santos. 2006., Listados faunísticos de México XI. Registro actualizado de ciliados (Agosto, 2004). Universidad Nacional Autónoma de México. 97 pp.

- Álvarez, E., Moyano, M., López-Urrutia, A., Nogueira, E., Scharek, R., 2014., Routine determination of plankton community composition and size structure: a comparison between FlowCAM and light microscopy. *J. Plankton Res.* 36(1): 170–184.
- Álvarez-Borrego, 1983. Gulf of California, en: Ketchum, B. (Ed.), *Estuaries and enclosed seas*. Elsevier, Amsterdam, pp. 427–449.
- Alvarez-Borrego, S., Lara-Lara, R., 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California, en: Dauphin, J.P., Simoneit, B.R.T. (Eds.), *The Gulf and Peninsular Province of the California*. American Association of Petroleum Geologists, pp. 555–567.
- Argote-Espinoza, M., Gavidia-Medina, F. J., Buenrostro, A., 1991. Wind-induced circulation in Todos Santos bay, B.C., Mexico. *Atmosfera* 4, 101–115.
- Ayala-Cortés, M.A., 1992. Sistemática y migración vertical diurna de 39 especies de tintínidos en la isla de Todos Santos, Baja California, México, en el verano de 1987. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Badan-Dangon, A., Koblinsky, C., Baumgartner, T., 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta* 8, 13–22.
- Balech, E., 1972. Los Tintinnidos indicadores de afloramientos de agua (Ciliata). *Physis* 31, 519–528.
- Balech, E., 1967. Dinoflagellates and tintinnids in the northeastern Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 17, 280–298.
- Bernard, C., Rassoulzadegan, F., 1993. The role of picoplankton (cyanobacteria and plastidic picoflagellates) in the diet of tintinnids. *J. Plankton Res.* 15, 361–373. doi:10.1093/plankt/15.4.361
- Bindoff, N.L., Rosenberg, M.A., Warner, M.J., 2000. On the circulation and water masses over the Antarctic continental slope and rise between 80 and 150°E. *Deep. Res. Part II* 47, 2299–2326. doi:10.1016/S0967-0645(00)00038-2
- Bird, D.F., Karl, D.M., 1999. Uncoupling of bacteria and phytoplankton during the austral spring bloom in Gerlache Strait, Antarctic Peninsula. *Aquat. Microb. Ecol.* 19, 13–27. doi:10.3354/ame019013
- Boenigk, J., Ereshefsky, M., Hoef-Emden, K., Mallet, J., Bass, D., 2012. Concepts in protistology: Species definitions and boundaries. *Eur. J. Protistol.* 48, 96–102. doi:10.1016/j.ejop.2011.11.004
- Bojanić, N., Vidjak, O., Šolić, M., Krstulović, N., Brautović, I., Matijević, S., Kušpilić, G., Šestanovi, S., Ninčević Gladan, Ž., Marasović, I., 2012. Community structure and seasonal dynamics of tintinnid ciliates in Kaštela Bay (middle Adriatic Sea). *J. Plankton Res.* 34, 510–530.

doi:10.1093/plankt/fbs019

- Boltovskoy, D., Alder, V.A., 1992. Microzooplankton and tintinnid species-specific assemblage structures: Patterns of distribution and year-to-year variations in the Weddell Sea (Antarctica). *J. Plankton Res.* 14, 1405–1423. doi:10.1093/plankt/14.10.1405
- Botinelli, T., Di Festa, T., Pastorelli, A.M., Ungaro, N., y M.R. Vadrucchi.,2010. Numerical abundance and number of taxa in phytoplankton samples: Preliminary comparison between two different counting strategies. *Biol Mar Mediterr* 17(1): 364-365.
- Brandt, K., 1906. Die Tintinnodeen der Plankton-Expedition. Systematischer Teil, en: V. Hensen (Ed.), *Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung*. Lipsius and Tischer, Kiel, Leipzig, pp. 1–488.
- Brinton, E., Fleminger, A., Sieguel-Causey, D., 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *CalCOFI Reports* 27, 228–266.
- Calderón-Aragón, L. del C., López-Ochoterena, E., 1973. Protozoarios ciliados de Mexico. XX sistemática y morfología de algunas especies del orden tintinnida Kofoid y Campbell, del noroeste del Golfo de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 34, 71–86.
- Castro, R., Collins, C.A., Rago, T.A., Margolina, T., Navarro-Olache, L.F., 2017. Currents, transport, and thermohaline variability at the entrance to the Gulf of California (19 – 21 April 2013). *Ciencias Mar.* 43, 173–190.
- Castro, R., Durazo, R., Mascarenhas, A., Collins, C.A., Trasviña, A., 2006. Thermohaline variability and geostrophic circulation in the southern portion of the Gulf of California. *Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.* 53, 188–200. doi:10.1016/j.dsr.2005.09.010
- Celis-Rincón, A., Alvarez-León, R., Bula-Meyer, G., 1999. Epifitismo y Epizoismo de Algas Coralináceas (Rhodophyta: Corallinales) en el Archipiélago del Rosario, Caribe Colombiano. *Caribb. J. Sci.* 35, 296–303.
- Cosper, T.C., 1972. The identification of tintinnids (Protozoa: Ciliata: Tintinnida) of the St. Andrew Bay system, Florida. *Bull. Mar. Sci.* 22, 391–418.
- Daday, E. V., 1887. Monographie der Familie der Tintinnodeen. *Mitth. aus der Zool. Stn. zu Neapel* 7, 473–591.
- Dolan, J., Pierce, R., Yang, E.J., Kim, S., 2012. Southern Ocean Biogeography of Tintinnid Ciliates of the Marine Plankton. *J. Eukaryot. Microbiol.* 59, 511–519. doi:10.1111/j.1550-7408.2012.00646.x
- Dolan, J.R., 2010. Morphology and Ecology in Tintinnid Ciliates of the Marine Plankton: Correlates of Lorica Dimensions. *Acta Protozool.* 49, 235–244.

- Dolan, J.R., 2006. Re-Discovered Beauty — New Images for Old Descriptions — Tropical Tintinnids of the Genus *Xystonellopsis* (Ciliophora, Tintinnia). *Protist* 157, 251–253. doi:10.1016/j.protis.2006.05.004
- Dolan, J.R., 2005. An introduction to the biogeography of aquatic microbes. *Aquat. Microb. Ecol.* 41, 39–48.
- Dolan, J.R., 2000. Tintinnid ciliate diversity in the Mediterranean sea: Longitudinal patterns related to water column structure in late spring-early summer. *Aquat. Microb. Ecol.* 22, 69–78. doi:10.3354/ame022069
- Dolan, J.R., Claustre, H., Carlotti, F., Plounevez, S., Moutin, T., 2002. Microzooplankton diversity: relationships of tintinnid ciliates with resources, competitors and predators from the Atlantic Coast of Morocco to the Eastern Mediterranean. *Deep. Res. I* 49, 1217–1232.
- Dolan, J.R., Jacquet, S., Torr ton, J.-P., 2006. Comparing taxonomic and morphological biodiversity of tintinnids (planktonic ciliates) of New Caledonia. *Limnol. Oceanogr.* 51, 950–958.
- Dolan, J.R., Landry, M.R., Ritchie, M.E., 2013a. The species-rich assemblages of tintinnids (marine planktonic protists) are structured by mouth size. *ISME J.* 7, 1237–1243. doi:10.1038/ismej.2013.23
- Dolan, J.R., Pierce, R.W., 2013. Diversity and distributions of tintinnids, en: Dolan, J.R., Montagnes, J., Agatha, S., Coats, D.W., Stoecker, D.K. (Eds.), . John Wiley & Sons. Ltd, pp. 214–243.
- Dolan, J.R., Ritchie, M.E., Tunin-Ley, A., Pizay, M.-D., 2009. Dynamics of core and occasional species in the marine plankton: tintinnid ciliates in the north-west Mediterranean Sea. *J. Biogeogr.* 36, 887–895. doi:10.1111/j.1365-2699.2008.02046.x
- Dolan, J.R., Yang, E.J., Lee, S.H., Kim, S.Y., 2013b. Tintinnid ciliates of Amundsen Sea (Antarctica) plankton communities Tintinnid ciliates of Amundsen Sea (Antarctica) plankton communities. *Polar Res.* 32, 1–12. doi:10.3402/polar.v32i0.19784
- Durazo, R., 2015. Seasonality of the transitional region of the California Current System off Baja California. *J. Geophys. Res. Ocean.* 120, 1173–1196. doi:10.1002/2014JC010405.Received
- Elliot, D.T., Kaufmann, R.S., 2007. Spatial and Temporal Variability of Mesozooplankton and Tintinnid Ciliates in a Seasonally Hypersaline Estuary. *Estuaries and Coasts* 30, 418–430.
- Emery, W.J., 2001. Water Types And Water Masses, *Encyclopedia of Ocean Sciences Vol 4*. Academic Press, San Diego. doi:10.1006/rwos.2001.0108
- Emery, W.J., Meincke, J., 1986. Global water masses: summary and review.

- Oceanol. Acta 9, 383–391.
- Fager., E. W. y J. A. McGowan., 1963. Zooplankton species groups in the North Pacific. *Science* 140: 453-460.
- Fenchel, T., 1968. The ecology of marine microbenthos III. the reproductive potential of ciliates. *Ophelia* 5, 123–136.
- Fernandes, L.F., 2004a. Tintininos (Ciliophora, Tintinnina) de águas subtropicais na região Sudeste-Sul do Brasil. I. Famílias Codonellidae, Codonellopsidae, Coxliellidae, Cyttarocylidae, Epiplocylidae, Petalotrichidae, Ptychocylidae, Tintinnididae e Undellidae. *Rev. Bras. Zool.* 21, 551–576.
- Fernandes, L.F., 2004b. Tintininos (Ciliophora, Tintinnina) de águas subtropicais na região Sudeste-Sul do Brasil. II. Famílias Dictyocystidae, Rhabdonellidae, Tintinnidae e Xystonellidae. *Rev. Bras. Zool.* 21, 605–628.
- Fernandes, L.F., 1999. Tintininos (Ciliophora - 5ubordem Tintinnina) de águas subantárticas e antárticas entre a Argentina e a Península Antártica (35°5-62°5) (Novembro de 1992). *Rev. Bras. Oceanogr.* 47, 155–171.
- Fiedler, P.C., Talley, L.D., 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Prog. Oceanogr.* 69, 143–180. doi:10.1016/j.pocean.2006.03.008
- Finlay, B.J., 1977. The Dependence of Reproductive Rate on Cell Size and Temperature in Freshwater Ciliated Protozoa. *Oecologia* 830, 75–81.
- Fonda-Umani, S.F., Monti, M., Bergamasco, A., Cabrini, M., De Vittor, C., Burba, N., Del Negro, P., 2005. Plankton community structure and dynamics versus physical structure from Terra Nova Bay to Ross Ice Shelf (Antarctica). *J. Mar. Syst.* 55, 31–46. doi:10.1016/j.jmarsys.2004.05.030
- Fonda-Umani, S., Monti, M., Cataletto, B., Budillon, G., 2011. Tintinnid distributions in the Strait of Magellan (Chile). *Polar Biol.* 34, 1285–1299. doi:10.1007/s00300-011-0972-7
- García, R., 1987. Composición y distribución vertical y abundancia de tintínidos y dinoflagelados en la Bahía de Cartagena, Septiembre-Diciembre de 1984. Tesis de Pregrado. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Garrison, D.L., Buck, K.R., 1989. Protozooplankton in the Weddell Sea , Antarctica : Abundance and Distribution in the Ice-Edge Zone. *Polar Biol.* 9, 341–351.
- Giraldo, L., 1994. Análisis de masas de agua y control de calidad de la información oceanográfica. *Bol. Cient. CIOH* 15, 17–38.
- Godhantaraman, N., 1994. Species Composition And Abundance Of Tintinnids And Copepods In The Pichavaram Mangroves (South India). *Ciencias Mar.* 20, 371–391. doi:10.7773/cm.v20i3.969

- Gómez, F., 2007. Trends on the distribution of ciliates in the open Pacific Ocean. *Acta oecologica* 32:188-202.
- Hada, Y., 1957. The Tintinnoinea, useful microplankton for judging oceanographical conditions. *Inf Bull Planktol Japan* 5:10-12.
- Hernández-Guerra, A., Joyce, T.M., 2000. Water Masses and Circulation in the Surface Layers of the Caribbean at 66° W. *Geophys. Res. Lett.* 27, 3497–3500.
- Heywood, K.J., Locarnini, R.A., Frew, R.D., Dennis, P.F., King, B.A., 1998. Transport and water masses of the Antarctic Slope Front System in the Eastern Wedell Sea. *Ocean. Ice, Atmos. Interact. Antarct. Cont. Margin Antarct. Res. Ser.* 75, 203–214. doi:10.1029/AR075
- Hofmann, E.E., Klinck, J.M., Lascara, C.M., Smith, D.A., 1996. Water mass distribution and circulation west of the Antarctic Peninsula and including Bransfield Strait. *Found. Ecol. Res. West Antart. Penins. Antart. Res. Ser.* 70, 61–80. doi:10.1029/AR070p0061
- Isla, E., Masqué, P., Palanques, A., Sanchez-Cabeza, J.A., Bruach, J.M., Guillén, J., Puig, P., 2002. Sediment accumulation rates and carbon burial in the bottom sediment in a high-productivity area: Gerlache Strait (Antarctica). *Deep. Res. Part II* 49, 3275–3287. doi:10.1016/S0967-0645(02)00083-8
- Jørgensen, E., 1924. Mediterranean Tintinnidae. *Rep. Danish Oceanogr. Exped. 1908-1910 to Mediterr. Adjac. seas* 2 (Biolog, 1–110).
- Kato, S., Taniguchi, A., 1993. Tintinnid ciliates as indicator species of different water masses in the western North Pacific Polar Front. *Fish. Oceanogr.* 2, 166–174. doi:10.1111/j.1365-2419.1993.tb00132.x
- Kim, Y.-O., Noh, J.-H., Lee, T.-H., Jang, P.-G., Ju, S.-J., Choi, D.-L., 2012a. Using Tintinnid Distribution for Monitoring Water Mass Changes in the Northern East China Sea. *Ocean Polar Res.* 34, 219–228.
- Kim, Y.-O., Shin, K., Jang, P.-G., Choi, H.-W., Noh, J.-H., Yang, E.-J., Kim, E., Jeon, D., 2012b. Tintinnid Species as Biological Indicators for Monitoring Intrusion of the Warm Oceanic Waters into Korean Coastal Waters. *Ocean Sci. J.* 47, 161–172.
- Klinck, J.M., Hofmann, E.E., Beardsley, R.C., Salihoglu, B., Howard, S., 2004. Water-mass properties and circulation on the west Antarctic Peninsula Continental Shelf in Austral Fall and Winter 2001. *Deep. Res. Part II* 51, 1925–1946. doi:10.1016/j.dsr2.2004.08.001
- Kofoed, C.A., Campbell, A.S., 1939. Reports on the scientific results of the expedition to the Eastern tropical Pacific, in charge to Alexander Agassiz, by U.S. Fish commission steamer “Albatross”, from October, 1904, to March,

- 1905, Lieut.-Commander L.M. Garrett, U.S.N. commanding. XXXVII. T. Bull. Museum Comp. Zool. Harvard Coll. 34, 1–473.
- Kofoid, C.A., Campbell, A.S., 1929a. A conspectus of the marine and fresh-water ciliata belonging to the suborder Tintinnoinea with description of new species principally from the Agassiz expedition to the Eastern Tropical Pacific 1904-1905. Univ. Calif. Publ. Zool. 34, 403.
- Kofoid, C.A., Campbell, A.S., 1929b. A Conspectus of the Marine and Fresh-water Ciliata belonging to the suborder Tintinnoinea, with descriptions of new species principally from the Agassiz Expedition to the eastern tropical Pacific 1904-1905. Univ. Calif. Publ. Zool.
- Krsinić, F., Grbec, B., 2006. Horizontal distribution of tintinnids in the open waters of the South Adriatic (Eastern Mediterranean). Sci. Mar. 70, 77–88.
- Lascara, C.M., Hofmann, E.E., Ross, R.M., Quetin, L.B., 1999. Seasonal variability in the distribution of Antarctic krill, *Euphausia superba*, west of the Antarctic Peninsula. Deep. Res. Part I-Oceanographic Res. Pap. 46, 951–984.
- Lavín, M., Castro, R., Beier, E., Godínez, V.M., 2013. Mesoscale eddies in the southern Gulf of California during summer : Characteristics and interaction with the wind stress. J. Geophys. Res. Ocean. 118, 1367–1381. doi:10.1002/jgrc.20132
- Lavín, M.F., Marinone, S.G., 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California, en: Velasco-Fuentes, O., Sheinbaum, J., Ochoa, J. (Eds.), Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 173–204. doi:10.1029/RG021i005p01105
- Leakey, R.J.G., Fenton, N., Clarke, A., 1994. The annual cycle of planktonic ciliates in nearshore waters at Signy Island, Antarctica. J. Plankton Res. 16, 841–856. doi:10.1093/plankt/16.7.841
- Lee, J.-B., Kim, Y.-H., 2010. Distribution of Tintinnids (Loricata Ciliates) in East Asian Waters in Summer. Coast. Environ. Ecosyst. Issues East China Sea 173–180.
- Li, H., Xu, Z., Zhang, W., Wang, S., Zhang, G., Xiao, T., 2016. Boreal tintinnid assemblage in the northwest pacific and its connection with the Japan sea in summer 2014. PLoS One 11, 1–16. doi:10.1371/journal.pone.0153379
- Lynn, D.H., 2008. The Ciliated Protozoa: Characterization, classification and guide to the literature. Springer Science, United States of America.
- McManus, G.B, Santoferrara, L.F., 2013. Tintinnids in microzooplankton communities. en: Dolan, J.R., Montagnes, J., Agatha, S., Coats, D.W.,

- Stoecker, D.K. (Eds.), . John Wiley & Sons. Ltd, pp. 198-213.
- Marrari, M., Daly, K.L., Hu, C., 2008. Spatial and temporal variability of SeaWiFS chlorophyll a distributions west of the Antarctic Peninsula: Implications for krill production. *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 55, 377–392. doi:10.1016/j.dsr2.2007.11.011
- Marrón-Aguilar, M.A., López-Ochoterena, E., 1969. Protozoarios ciliados de México XVI. Sistemática de algunas especies del orden Tintinnida Kofoid y Campbell, de la laguna de Términos, Campeche. *Rev. la Soc. Mex. Hist. Nat.* 30 30, 43–64.
- Massana, R., Taylor, L.T., Murray, A.E., Wu, K.Y., Jeffrey, W.H., DeLong, E.F., 1998. Vertical distribution and temporal variation of marine planktonic archaea in the Gerlache Strait, Antarctica, during early spring. *Limnol. Oceanogr.* 43, 607–617.
- Mayén-Estrada, Rosaura., M.R.-S. y R.A.-A., 2014. Biodiversidad de Ciliophora en México Biodiversity of Ciliophora in Mexico. *Rev. Mex. Biodivers. Suplemento*, 34–43. doi:10.7550/rmb.31993
- Mercado-Santana, J.A., Santamaría-del-Ángel, E., González-Silvera, A., Sánchez-Velasco, L., Gracia-Escobar, M.F., Millán-Núñez, R., Torres-Navarrete, C., 2017. Productivity in the Gulf of California large marine ecosystem. *Environ. Dev.* 22, 18–29. doi:10.1016/j.envdev.2017.01.003
- Mitchell, B.G., Holm-Hansen, O., 1991. Bio-optical properties of Antarctic Peninsula waters: differentiation from temperate ocean models. *Deep Sea Res. Part A, Oceanogr. Res. Pap.* 38, 1009–1028. doi:10.1016/0198-0149(91)90094-V
- Modigh, M., Castaldo, S., 2002. Variability and persistence in tintinnid assemblages at a Mediterranean coastal site. *Aquat. Microb. Ecol.* 28, 299–311. doi:10.3354/ame028299
- Moreno, C.E., 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T- Manuales y Tesis SEA. Vol. I. Zaragoza, 84 pp.
- Palomera-García, C., 1987. Contribución al estudio de los tintínidos (Ciliata Oligotricha) en la Bahía de Matanchen, San Blas, Nayarit. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara.
- Peña-Manjarrez, J.L., Helenes, J., Gaxiola-Castro, G., Orellana-cepeda, E., 2005. Dinoflagellate cysts and bloom events at Todos Santos Bay , Baja California , México, 1999-2000. *Cont. Shelf Res.* 25, 1375–1393. doi:10.1016/j.csr.2005.02.002
- Pérez-Brunius, P., López, M., Pineda, J., 2006. Hydrographic conditions near the coast of northwestern Baja California: 1997-2004. *Cont. Shelf Res.* 26, 885–

901. doi:10.1016/j.csr.2006.01.017

- Pierce, R.W., Turner, J.T., 1993. Global biogeography of marine tintinnids. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 94, 11–26.
- Pitta, P., Giannakourou, A., Christaki, U., 2001. Planktonic ciliates in the oligotrophic Mediterranean Sea: longitudinal trends of standing stocks, distributions and analysis of food vacuole contents. *Aquat. Microb. Ecol.* 24, 297–311.
- Portela, E., Beier, E., Barton, E.D., Castro, R., Godínez, V., Palacios-Hernández, E., Fiedler, P.C., Sánchez-Velasco, L., Trasviña, A., 2016. Water Masses and Circulation in the Tropical Pacific off Central Mexico and Surrounding Areas. *J. Phys. Oceanogr.* 46, 3069–3081. doi:10.1175/JPO-D-16-0068.1
- Regan, C.T., 1926. Organic evolution. *Rep. Br. Assoc. Adv. Sci.* 68th, 75–86.
- Ricaurte-Villota, C., Bastidas-Salamanca, M., 2017. Regionalización oceanográfica una visión dinámica del Caribe, Serie de P. ed. Santa Marta, Colombia.
- Rojas-Sánchez, D., 2014. Composición, abundancia, diversidad taxonómica y morfológica de las comunidades de tintínidos (Ciliophora: Tintinnida) del Arrecife Tanhujio y la laguna Tampamachoco, Tuxpan-Veracruz, México. Tesis de Pregrado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Round, F., 1967. The phytoplankton of the Gulf of California. Part I. Its composition, distribution and contribution to the sediments. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 1, 76–97.
- Rychert, K., 2011. Dependence between Volumes of Protoplast and Lorica in Lugol-fixed Tintinnid Ciliates. *Protist* 162, 249–252. doi:10.1016/j.protis.2010.05.004
- Saccà, A., Giuffrè, G., 2013. Biogeography and ecology of *Rhizodomus tagatzi*, a presumptive invasive tintinnid ciliate. *J. Plankton Res.* 35, 894–906. doi:10.1093/plankt/fbt036
- Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Godínez, V., Barton, E.D., Santamaría-del-Ángel, E., Jiménez-Rosemberg, S.P., Marinone, S.G., 2017. Hydrographic and fish larvae distribution during the “Godzilla El Niño 2015–2016” in the northern end of the shallow oxygen minimum zone of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *J. Geophys. Res. Ocean.* 122, 1–15. doi:10.1002/2017JC013313
- Santamaría-del-Ángel E., S. Alvarez-Borrego y F.E. Müller-Karger., 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *J. Geophys. Res.* 99: 7411-7421. <https://doi.org/10.1029/93JC02154>
- Santamaría-del-Ángel, E., González-Silvera, A., Millán-Núñez, R., Callejas-

- Jiménez, M., Cajal-Medrano, R., 2011. Determining Dynamic Biogeographic Regions using Remote Sensing Data, en: Morales, J., Stuart, V., Platt, T., Sathyendranath, S. (Eds.), Handbook of Satellite Remote Sensing Image Interpretation: Applications for Marine Living Resources Conservation and Management. EU PRESPO Y IOCCG, pp. 273–293.
- Santamaría-del-Ángel, E., Orellana-Cepeda, E., 1992. Tintínidos de la Bahía de Todos Santos, B.C., México (1980-1985). I. Taxonomía. *Ciencias Mar.* 18, 171–197.
- Santoferrara, L.F., Alder, V. V., McManus, G.B., 2017. Phylogeny, classification and diversity of Choreotrichia and Oligotrichia (Ciliophora, Spirotrichea). *Mol. Phylogenet. Evol.* 112, 12–22. doi:10.1016/j.ympev.2017.03.010
- Santoferrara, L.F., Alder, V.A., 2009. Morphological variability , spatial distribution and abundance of Helicostomella species (Ciliophora : Tintinnina) in relation to environmental factors (Argentine shelf; 40-55 ° S) 73, 701–716. doi:10.3989/scimar.2009.73n4701
- Santoferrara, L.F., Bachy, C., Alder, V.A., Gong, J., Kim, Y.O., Saccà, A., da Silva Neto, I.D., Strüder-Kypke, M.C., Warren, A., Xu, D., Yi, Z., Agatha, S., 2016. Updating Biodiversity Studies in Loricata Protists: The Case of the Tintinnids (Alveolata, Ciliophora, Spirotrichea). *J. Eukaryot. Microbiol.* 63, 651–656. doi:10.1111/jeu.12303
- Schneider, C. A.; Rasband, W. S. & Eliceiri, K. W. (2012), "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis", *Nature methods* 9(7): 671-675,
- Sitran, R., Bergamasco, A., Decembrini, F., Guglielmo, L., 2009. Microzooplankton (tintinnid ciliates) diversity: Coastal community structure and driving mechanisms in the southern Tyrrhenian Sea (Western Mediterranean). *J. Plankton Res.* 31, 153–170. doi:10.1093/plankt/fbn111
- Sitran, R., Bergamasco, A., Decembrini, F., Guglielmo, L., 2007. Temporal succession of tintinnids in the northern Ionian Sea, Central Mediterranean. *J. Plankton Res.* 29, 495–508. doi:10.1093/plankt/fbm032
- Spalding, M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N., Ferdaña, Z.A., Finlayson, M., Halpern, B.S., Jorge, M.A., Lombana, A., Lourie, S.A., Martin, K.D., McManus, E., Molnar, J., Recchia, C.A., Robertson, J., 2007. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *Bioscience* 57, 573–583. doi:10.1641/B570707
- Suárez-Caabro, J.A., Gomez-Aguirre, S., 1965. Observaciones sobre el plancton de la laguna de Términos, Campeche, México. *Bull. Mar. Sci.* 15, 1072–1119.
- Thompson, G., Alder, V., Boltovskoy, D., Brandini, F., 1999. Abundance and biogeography of tintinnids (Ciliophora) and associated microzooplankton in the Southwestern Atlantic Ocean. *J. Plankton Res.* 21, 1265–1298.

doi:10.1093/plankt/21.7.1265

- Thompson, G.A., 2004. Tintinnid diversity trends in the southwestern Atlantic Ocean (29 to 60°S). *Aquat. Microb. Ecol.* 35, 93–103. doi:10.3354/ame035093
- Thompson, G.A., Alder, V.A., 2005. Patterns in tintinnid species composition and abundance in relation to hydrological conditions of the southwestern Atlantic during austral spring. *Patterns in tintinnid species composition and abundance in relation to hydrological conditions of the southwe.* *Aquat. Microb. Ecol.* 40, 85–101. doi:10.3354/ame040085
- Torres-Orozco, E., 1993. Análisis volumétrico de las masas de Agua del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Urrutxurtu, I., 2004. Seasonal succession of tintinnids in the Nervión River estuary, Basque Country, Spain. *J. Plankton Res.* 26, 307–314. doi:10.1093/plankt/fbh034
- Vanegas-González, M., Arregocés-Silva, L., 2015. Aportes al conocimiento de la riqueza de los tintínidos (Protozoa; Ciliophora) de aguas superficiales del Caribe colombiano. *Boletín Científico CIOH* 33, 107–121.
- Varela, M., Fernandez, E., Serret, P., 2002. Size-fractionated phytoplankton biomass and primary production in the Gerlache and south Bransfield Straits (Antarctic Peninsula) in Austral summer 1995-1996. *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 49, 749–768. doi:10.1016/S0967-0645(01)00122-9
- Verity, P.G., 1985. Grazing, respiration, excretion and growth rates of tintinnids. *Limnol. Oceanogr.* 30, 1268–1282.
- Warsh, C., Warsh, K., Staley, R., 1973. Nutrients and water masses at the mouth of the Gulf of California. *Deep. Res.* 20, 561–570.
- Weisse, T., Rammer, S., 2006. Pronounced ecophysiological clonal differences of two common freshwater ciliates, *Coleps spetai* (Prostomatida) and *Rimostrombidium lacustris* (Oligotrichida), challenge the morphospecies concept. *J. Plankton Res.* 28, 55–63. doi:10.1093/plankt/fbi100
- Whitworth III, T., Orsi, A.H., Kim, S.-J., Nowlin Jr, W.D., Locarnini, R.A., 1998. Water masses and mixing near the Antarctic Slope Front. *Ocean. ice, Atmos. Interact. Antarct. Cont. Margin Antart. Res. Ser.* 75, 1–27. doi:10.1029/AR075p0001
- Zeitzschel, B., 1969. Tintinnen des westlichen Arabischen Meeres, ihre Bedeutung als Indikatoren für Wasserkörper und Gliedder Nahrungskette. *Forsch Ergebn 'Meteor' (Reihe D)* 4:47-101
- Zhang, C., Zhang, W., Ni, X., Zhao, Y., Huang, L., Xiao, T., 2015. Influence of

different water masses on planktonic ciliate distribution on the East China Sea shelf. *J. Mar. Syst.* 141, 98–111. doi:10.1016/j.jmarsys.2014.09.003

Zhang, W., Feng, M., Yu, Y., Chen, X., Xiao, T., 2014. A new tintinnid ciliate (Ciliophora : Spirotrichea) from Yangtze River Estuary , with notes on its habitat. *Zool. Syst.* 39, 372–379. doi:10.11865/zs20140303

APENDICE I

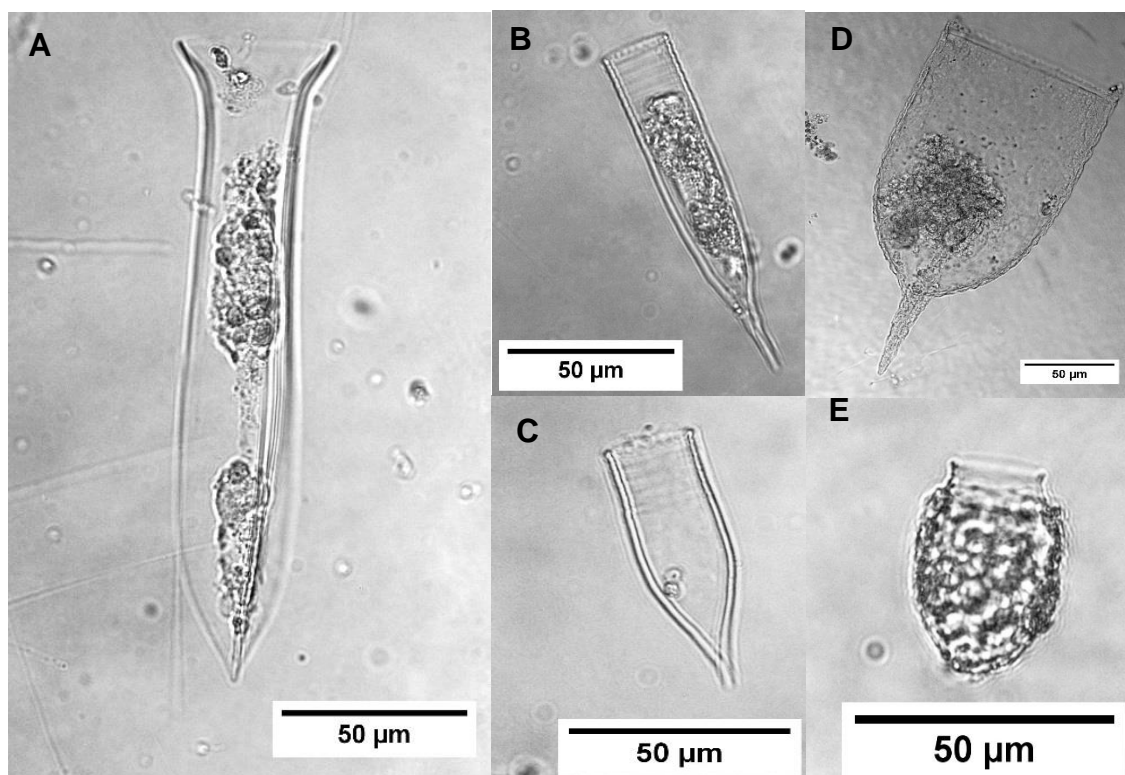
Tabla VII. Datos de las estaciones muestreadas en Bahía Todos Santos y el Golfo de California.

Crucero	Fecha	Estación	Prof (m)	Temp (°C)	Sal (g/Kg)	Lat	Long
	01/03/16	A1	30	23.321	34.624	24.744	-109.320
	02/03/16	A5	27	23.265	34.549	24.048	-108.646
	02/03/16	A7	25	24.251	34.577	23.700	-108.300
	03/03/16	A13	50	25.144	34.444	22.650	-107.269
	03/03/16	A15	40	25.870	34.354	22.295	-106.927
	03/03/16	A17	50	25.880	34.285	21.976	-106.557
	04/03/16	A19	40	26.610	34.134	21.635	-106.202
	04/03/16	A20	50	27.675	33.960	21.458	-106.028
	04/03/16	B1	50	27.144	34.181	21.268	-105.948
	04/03/16	B2	47	27.100	34.170	21.088	-105.941
	05/03/16	B3	30	27.030	34.120	20.890	-105.894
MAR	05/03/16	C1	30	26.963	33.960	20.325	-105.746
0316	08/03/16	C3	45	27.200	33.900	20.330	-106.059
	08/03/16	C6	45	26.040	34.159	20.364	-106.923
	05/03/16	D1	35	27.799	33.825	19.991	-105.564
	07/03/16	D2	110	27.538	34.097	19.924	-105.700
	07/03/16	D2	45	27.538	34.097	19.924	-105.700
	07/03/16	D3	55	26.900	34.050	19.845	-105.850
	07/03/16	D3	35	26.900	34.050	19.845	-105.850
	07/03/16	D4	40	26.837	34.104	19.770	-105.996
	07/03/16	D4	95	26.837	34.104	19.770	-105.996
	07/03/16	D5	40	26.761	34.162	19.682	-106.178
	07/03/16	D7	50	27.160	33.800	19.402	-106.717
	05/03/16	E1	30	27.646	33.624	19.769	-105.406

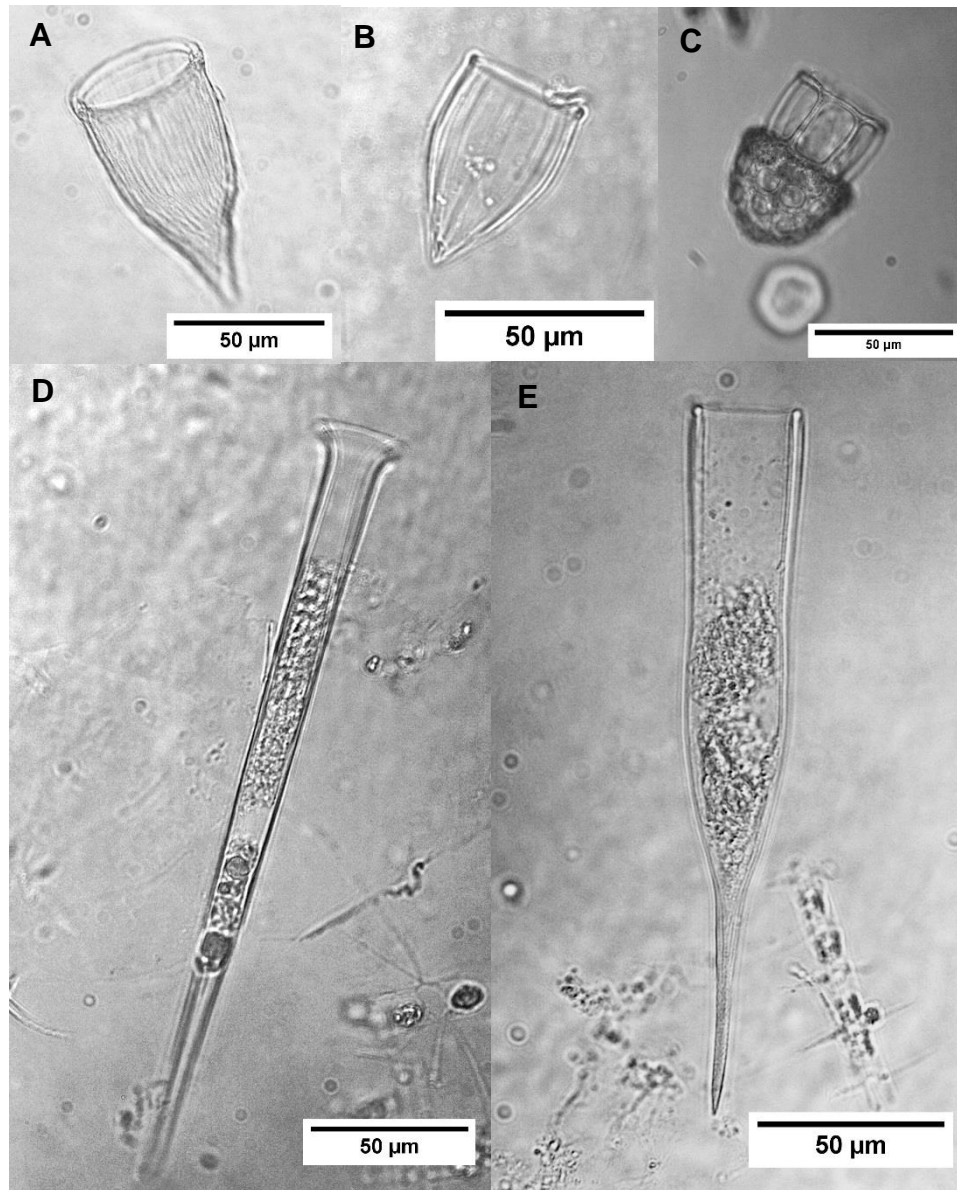
	05/03/16	E3	50	27.516	33.721	19.583	-105.672
	06/03/16	E7	42	26.941	34.110	18.960	-106.501
	13/09/16	A1	40	29.890	34.880	24.731	-109.316
	14/09/16	A3	4	29.634	34.792	24.396	-108.989
	14/09/16	A6	55	30.388	34.540	23.875	-108.473
	15/09/16	A12	55	28.980	34.490	22.824	-107.442
	15/09/16	A14	55	30.137	34.370	22.475	-107.098
	15/09/16	A16	53	30.610	34.300	22.297	-106.927
	16/09/16	A19	60	30.490	34.640	21.295	-106.195
	16/09/16	B2	47	31.525	34.270	21.092	-105.942
	16/09/16	B3	43	31.930	34.160	20.883	-105.897
	16/09/16	B4	38	31.240	34.160	20.693	-105.846
	19/09/16	C3	40	30.550	34.280	20.304	-106.157
	19/09/16	C5	55	28.868	34.170	20.358	-106.597
MAR	19/09/16	C6	44	31.143	34.090	20.366	-106.925
0916	19/09/16	C7	52	29.470	34.530	20.373	-107.252
	20/09/16	C10	35	29.204	34.580	20.391	-108.232
	18/09/16	D3	40	28.832	34.380	19.541	-106.449
	18/09/16	D4	40	29.180	34.140	19.771	-105.996
	18/09/16	D5	48	29.273	34.240	19.831	-106.179
	17/09/16	E4	52	29.616	34.060	19.494	-105.807
	21/09/16	F3	4	27.966	34.530	22.144	-109.527
	21/09/16	F5	53	27.780	34.250	21.541	-109.194
	20/09/16	F7	43	28.110	34.570	20.945	-108.892
	20/09/16	F8	48	29.116	34.580	20.643	-108.731
	22/09/16	L3	4	29.143	35.140	24.591	-110.558
	22/09/16	L4	4	29.135	35.150	24.540	-110.591
	23/09/16	L5	4	29.184	35.150	24.656	-110.600
	03/09/16	C61	45	31.310	35.143	27.500	-111.334
EXF	03/09/16	C61	45	30.940	35.188	27.503	-111.330
0916	04/09/16	C62	52	31.308	35.303	27.666	-111.132
	04/09/16	C62	50	30.924	35.292	27.501	-111.333
	13/10/16	BTS1	15	14.948	33.339	31.830	-116.732
BTS	13/10/16	BTS2	20	13.727	33.360	31.862	-116.782
1016	13/10/16	BTS3	15	15.698	33.352	31.774	-116.761
	13/10/16	BTS4	12	17.373	33.407	31.751	-116.673
	01/03/17	A2	0	16.553	35.504	30.556	-114.318
VAQ	26/02/17	A4	25	16.781	35.473	31.034	-113.929
0217	26/02/17	A5	10	17.759	35.736	31.274	-113.733
	26/02/17	B1	20	16.598	35.504	30.692	-114.395
	26/02/17	B2	0	16.666	35.449	30.909	-114.210

26/02/17	B3	25	16.900	35.419	31.126	-114.033
26/02/17	B4	10	17.379	35.670	31.322	-113.862
25/02/17	C2	40	16.972	35.463	31.032	-114.295
25/02/17	C3	35	16.849	35.436	31.222	-114.121
25/02/17	C4	10	17.200	35.723	31.349	-114.008
23/02/17	D2	15	16.718	35.559	31.142	-114.384
23/02/17	D3	20	17.124	35.589	31.314	-114.217
23/02/17	E1	10	16.654	35.730	31.104	-114.631
24/02/17	E1-2	10	16.698	35.700	31.164	-114.585
23/02/17	E2	10	16.814	35.610	31.258	-114.473
24/02/17	F2	10	17.025	35.833	31.354	-114.539
27/02/17	RA2	10	16.530	35.586	30.902	-114.498
27/02/17	RB1	0	16.978	35.938	31.027	-114.739
27/02/17	RB2	10	16.754	35.672	31.032	-114.587
28/02/17	RD3	0	16.677	35.646	31.250	-114.517
28/02/17	RE2	0	16.642	35.742	31.381	-114.569

APENDICE II



Placa I. Especies indicadoras del AGC. **A)** *Amphorellopsis tetragona* **B-C)** *Helicostomella subulata* **D)** *Favella adriatica* y **E)** *Codonellopsis pusilla*.



Placa II. Especies indicadoras del ATS **A)** *Rhabdonella amor* **B)** *Protorhabdonella simplex* **C)** *Dictyocysta lepida* **D)** *Salpingella acuminata* **E)** *Parundella aculeata*.