

**CPT-CAM-001-15**

**Concepto Técnico Tipo "D"**

## **CONCEPTO TÉCNICO SOBRE APARICIÓN DE MANCHA ROJA FRENTE A PLAYA BLANCA Y LA BAHÍA DE SANTA MARTA**

**Solicitado por:**

**Corporación Autónoma Regional del  
Magdalena – CORPAMAG**



***Santa Marta, febrero 05 de 2015***

**CONCEPTO TÉCNICO SOBRE LA APARICIÓN DE UNA MANCHA ROJA  
FRENTE A PLAYA BLANCA Y LA BAHÍA DE SANTA MARTA  
CPT-CAM-001-15**

---

## CONCEPTO TÉCNICO SOBRE LA APARICIÓN DE UNA MANCHA ROJA FRENTE A PLAYA BLANCA Y LA BAHÍA DE SANTA MARTA

### CUERPO DIRECTIVO

Director  
Francisco A. Arias Isaza

Subdirector  
Coordinación Científica  
Jesús Antonio Garay Tinoco

Coordinador  
Programa Biodiversidad y Ecosistemas  
Marinos (BEM)  
David Alonso Carvajal

Coordinador  
Programa Valoración y Aprovechamiento  
de Recursos Marinos (VAR)  
Mario Rueda Hernández

Coordinadora  
Programa Calidad Ambiental Marina  
(CAM)  
Luisa Fernanda Espinosa

Coordinadora  
Coordinación de Investigación e  
Información para Gestión Marina y  
Costera (GEZ)  
Paula Cristina Sierra Correa

Coordinadora  
Programa de Geociencias Marinas (GEO)  
Constanza Ricaurte

Coordinador  
Coordinación de Servicios Científicos  
(CSC)  
Julián Mauricio Betancourt

Subdirectora  
Subdirección Administrativa (SRA)  
Sandra Rincón Cabal

*Preparado por:*

**Subdirección de Coordinación de  
Investigaciones –SCI**

### **Programa CAM**

Max F. Martínez  
Edgar Arteaga  
Karen P. Ibarra  
Laura V. Perdomo

### **Apoyo técnico:**

Luisa F. Espinosa  
Jesús A. Garay Tinoco

**Imagen portada:** Mancha observada en la Bahía de Santa Marta el jueves 15 de enero de 2015. Tomada por: Max Martínez.

INVEMAR  
Calle 25 No. 2-55, Playa Salguero  
Santa Marta – Colombia  
Tel: (57) (5) 4328600, Fax: (57) (5) 4328682  
[www.invemar.org.co](http://www.invemar.org.co)

## Contenido

1. INTRODUCCIÓN/ANTECEDENTES .....	1
2. OBJETIVO .....	2
3. METODOLOGÍA .....	3
3.1. Fase de Campo .....	3
3.2. Análisis de Laboratorio .....	5
3.2.1. Variables Fisicoquímicas, Hidrocarburos y Bacterias indicadoras de calidad de aguas .....	5
3.2.1. Componente Fitoplancton .....	5
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	6
4.1. Calidad de Aguas .....	6
4.1.1. Variables Fisicoquímicas .....	6
4.1.2. Hidrocarburos derivados del Petróleo .....	8
4.1.3. Bacterias indicadoras de calidad de aguas .....	9
4.1.4. Fitoplancton .....	9
5. CONCLUSIONES .....	13
6. RECOMENDACIONES .....	14
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	15

## Índice de Figuras

Figura 1.1. Recolección de muestras de agua superficiales durante el recorrido de inspección realizado el 15 de enero de 2015. a) Embarcación de la Armada Nacional en la cual se realizó el recorrido desde la bahía de Santa Marta hasta Playa Blanca, con personal de Guardacostas, funcionarios de CORPAMAG y el Grupo GAMA del INVEMAR, b) Punto 3 en el cual se observó mancha de coloración roja, c) recolección de muestras de agua en Punto 2 (Playa Blanca) por parte del personal de LABCAM. Fotos: Max Martínez .....	1
Figura 3.1. Mapa con la ubicación de las estaciones donde se recolectaron muestra el 15 de enero de 2015 y se realizaron las mediciones in situ. Las estrellas rojas corresponden a las estaciones monitoreadas, la estrella rodeada de un círculo es el Punto 3 donde se observó la mancha. ....	3
Figura 3.2. . Registro fotográfico de la salida realizada el 15 de enero de 2015. a) Inspección realizada en Playa Blanca tras la aparición de una mancha de coloración roja y presunta mortandad de peces. b) Medición de parámetros fisicoquímicos in situ y fijación de muestras de fitoplancton con lugol.....	5
Figura 4.1. Porcentaje de abundancia de los principales grupos planctónicos encontrados en las muestras recolectadas durante la inspección del 15 de enero de 2015.....	10
Figura 4.3. Microfotografías del ciliado Mesodinium cf. rubrum hallados en las muestras recolectadas en la bahía de Santa Marta el 15 de enero de 2015. Imágenes en microscopia invertido (20 X). Foto: Edgar Arteaga. ....	12

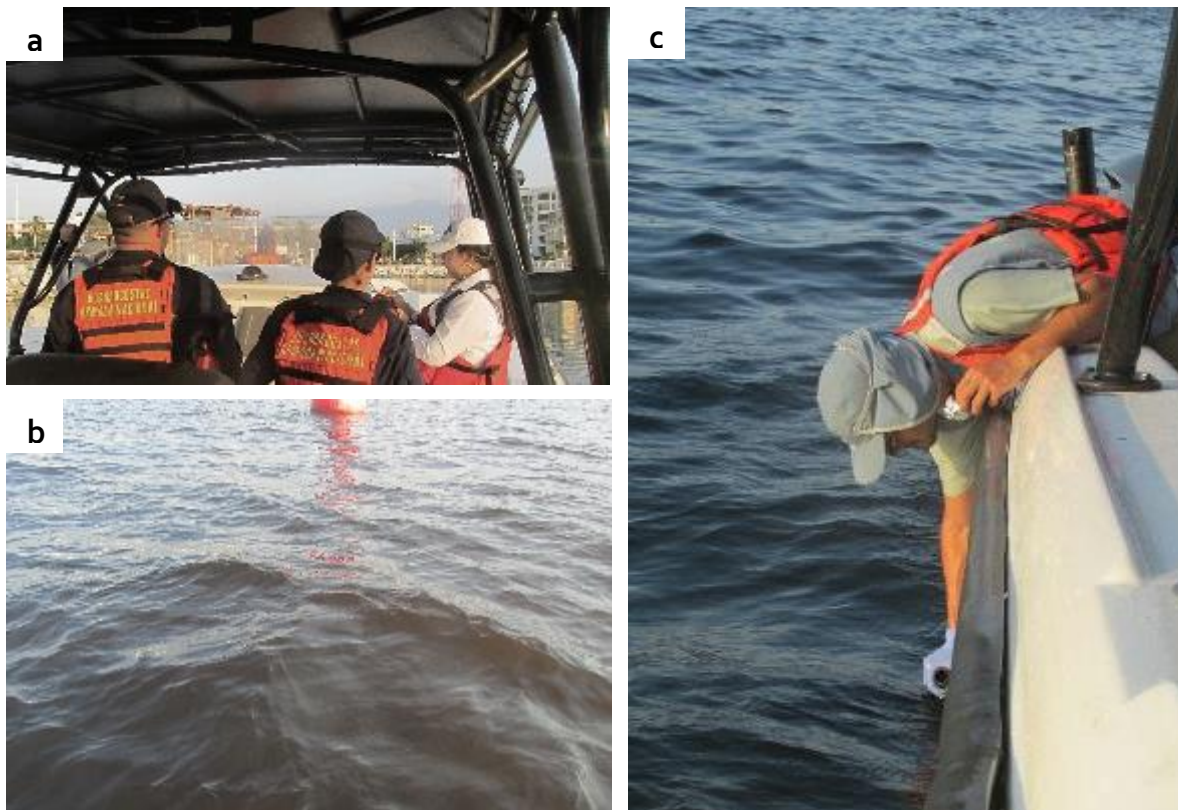
## Índice de Tablas

Tabla 3.1. Descripción de la hora de toma de la muestra y la ubicación de las estaciones evaluados el 15 de enero de 2015. ....	4
Tabla 3.2. Metodologías empleadas para las mediciones in situ durante la inspección realizada por el grupo GAMA de INVEMAR el 15 de enero de 2015. ....	4
Tabla 3.3. Metodologías empleadas en el LABCAM para los análisis de las muestras recolectadas durante la inspección realizada por el grupo GAMA de INVEMAR el 15 de enero de 2015.....	6
Tabla 4.1. Resultados de los parámetros in situ medidos en las estaciones muestreadas el 15 de enero de 2015. ....	7
Tabla 4.2. Resultados de las variables fisicoquímicas medidas en las muestras recolectadas el 15 de enero de 2015. ....	8
Tabla 4.3. Resultados de mediciones de bacterias indicadoras de calidad de aguas en las muestras recolectadas. ....	9
Tabla 4.4. Resultados de la abundancia de células planctónicas en las muestras recolectadas durante la inspección del 15 de enero de 2015. ....	10
Tabla 4.5. Densidades registradas de floraciones producidas por Mesodinium rubrum en otros países. (Modificada de Garate-Lizárraga et al., 2002). ....	11



## 1. INTRODUCCIÓN/ANTECEDENTES

El día 15 de enero del 2015, se dio activación al Grupo de Respuesta a las Emergencias Ambientales Marinas – GAMA por solicitud de CORPAMAG, debido a la información que recibió la corporación por parte de la fundación FIATMAR acerca de una presunta mortandad de peces y mancha en las aguas frente a Playa Blanca. La inspección fue realizada por el personal de laboratorio de Calidad Ambiental Marina LABCAM del INVEMAR, con acompañamiento de funcionarias de CORPAMAG, Eliana Álvarez y Julieth Prieto, y el personal de guardacostas, Damaris Vivas e Israel Díaz. Se visitó la zona de Playa Blanca, donde se consultó con personas quienes describieron que la mancha tenía unos 50 cm de profundidad desde la superficie. En ninguna zona durante la salida de inspección se observaron peces muertos, sin embargo se tomaron muestras de agua superficial, tanto en Playa Blanca como en la Bahía de Santa Marta, lugares donde se evidenció la mancha (Figura 1.1).



**Figura 1.1. Recolección de muestras de agua superficial durante el recorrido de inspección realizado el 15 de enero de 2015. a) Embarcación de la Armada Nacional en la cual se realizó el recorrido desde la bahía de Santa Marta hasta Playa Blanca, con personal de Guardacostas, CORPAMAG y el Grupo GAMA del INVEMAR, b) Punto 3 en el cual se observó mancha de coloración roja), c) recolección de muestras de agua en Punto 2 (Playa Blanca) por parte del personal de LABCAM. Fotos: Max Martínez**

En el presente concepto se describen las actividades de inspección y recolección de muestras durante la salida de campo y los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua recolectadas, con el fin de dar respuesta a la solicitud de CORPAMAG. Por revisión de antecedentes, se asume que el posible origen de la mancha roja puede obedecer a un florecimiento generado por algún organismo perteneciente a la comunidad fitoplanctónica, es así que se incluyeron además de los análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de contaminantes orgánicos la determinación de abundancia de organismos del fitoplancton.

## 2. OBJETIVO

Determinar la posible causa de la mancha observada en la bahía de Santa Marta y evaluar el efecto de esta sobre la calidad del agua en las estaciones monitoreadas.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Fase de Campo

En respuesta a la solicitud de CORPAMAG, se envió personal LABCAM del INVEMAR, para acompañar a la inspección y recolección de muestras de agua, para atender la denuncia realizada en la mañana por la FIATMAR sobre la aparición de una mancha roja en frente de Playa Blanca y la presencia de peces muertos en la zona. La salida dio inició a las 15:30 contando con cielo despejado y brisa moderada con dirección al Noreste, estas condiciones permitieron divisar el cambio de la coloración del agua entre la Boya 2 y la Sociedad Portuaria. Se escogieron 3 puntos en la bahía para toma de muestra; el Punto 2 (Boya 2 – Bahía Santa Marta), estación de monitoreada por la REDCAM en donde ya la mancha se había dispersado, Punto 3 (Presencia de la mancha roja), un punto sobre la mancha de coloración roja y Punto 4 (Muelle cabotaje – Calle 10), la zona del muelle de cabotaje por sus antecedentes de emergencias y el Punto 1 (Playa Blanca), donde se originó la denuncia del GAMA (INVEMAR, 2014; Figura 3.1). Cabe destacar que durante el recorrido no se observaron peces muertos ni en la estación de Playa blanca, ni en la Bahía de Santa Marta.

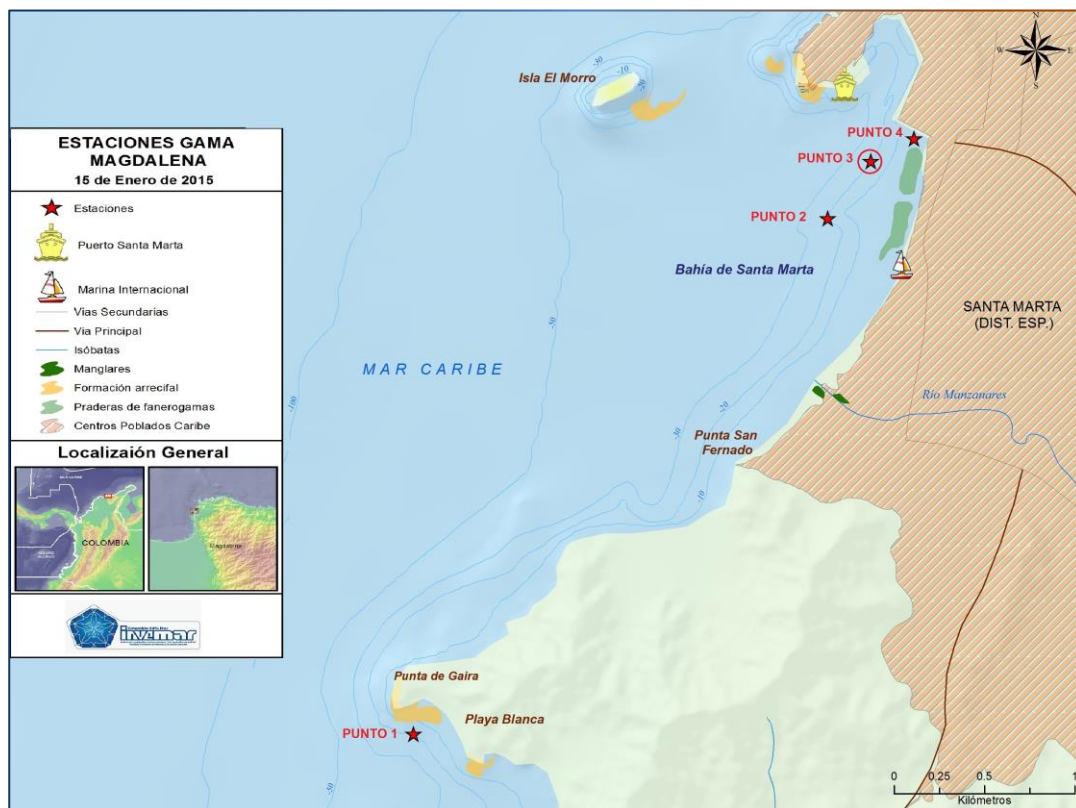


Figura 3.1. Mapa con la ubicación de las estaciones donde se recolectaron muestra el 15 de enero de 2015 y se realizaron las mediciones in situ. Las estrellas rojas corresponden a las estaciones monitoreadas, la estrella rodeada de un círculo es el Punto 3 donde se observó la mancha.



Las coordenadas de los puntos donde se recolectaron muestras así como las observaciones de la estación se muestran en la Tabla 3.1. En todos los puntos se midieron los parámetros de campo *in situ* según el método de referencia (Tabla 3.2) y se recolectaron muestras para realizar análisis de nutrientes, sólidos suspendidos totales, sólidos volátiles; y en algunos puntos DBO<sub>5</sub>, Coliformes totales y termotolerantes e hidrocarburos aromáticos totales. Las muestras se recolectaron según los procedimientos del laboratorio y se transportaron bajo refrigeración en neveras de fibra de vidrio hasta el LABCAM. En los cuatro puntos se recolectaron muestras para análisis de fitoplancton (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

**Tabla 3.1. Descripción de la hora de toma de la muestra y la ubicación de las estaciones evaluados el 15 de enero de 2015.**

Estación/Muestra	Hora	Coordenadas		Observación
		Latitud (N)	Longitud (O)	
Punto 1 (P1)	16:43	11°13'6,10"	74°14'26,49"	Estación Playa Blanca
Punto 2 (P2)	16:59	11°14'38,74"	74°13'10,82"	Estación Boya 2
Punto 3 (P3)	16:01	11°14'48,90"	74°13'2,89"	Presencia de la mancha roja
Punto 4 (P4)	15:54	11°14'53,15"	74°12'55,06"	Estación Muelle Cabotaje – Calle 10

**Tabla 3.2. Metodologías empleadas para las mediciones *in situ* durante la inspección realizada por el grupo GAMA de INVEMAR el 15 de enero de 2015.**

Variable	Método de análisis (Referencia)
Temperatura	Medición electrométrica con termocupla acoplada a sonda portátil.
Oxígeno disuelto (OD)	Medición en campo con electrodo de membrana (Standard Methods N° 4500-O G, <a href="#">APHA et al., 2012</a> ).
pH	Medición potenciométrica con sonda portátil (Standard Methods N° 4500-H, <a href="#">APHA et al., 2012</a> ).
Salinidad	Medición electrométrica acoplada a sonda (Standard Methods N° 2520-B, <a href="#">APHA et al., 2012</a> ).



**Figura 3.2. . Registro fotográfico de la salida realizada el 15 de enero de 2015. a) Inspección realizada en Playa Blanca tras la aparición de una mancha de coloración roja y presunta mortandad de peces. b) Medición de parámetros fisicoquímicos in situ y fijación de muestras de fitoplancton con lugol.**

### 3.2. Análisis de Laboratorio

#### 3.2.1. Variables Fisicoquímicas, Hidrocarburos y Bacterias indicadoras de calidad de aguas

Las muestras de agua fueron analizadas en LABCAM siguiendo las metodologías de referencia descritas en la Tabla 3.3. Los resultados obtenidos fueron evaluados de acuerdo a los lineamientos del decreto 1594 de 1984 (Minsalud, 1984), para aquellas variables con valores de referencia definidos; las demás fueron comparadas con los valores históricos durante época seca en las estaciones que hacen parte de la “Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM” (INVEMAR, 2014)

#### 3.2.2. Componente Fitoplancton

Con el fin de determinar si la mancha roja estaba asociada a una floración “bloom” de organismos fitoplanctónicos que pudieran ser nocivos, se recolectaron 500 mL de muestra de agua superficial en todos los puntos. Las muestras fueron preservadas con 4 mL de lugol y se mantuvieron bajo oscuridad hasta su recepción por el personal especialista en fitoplancton en el laboratorio. Para el análisis de las muestras se empleó el método de Utermöhl teniendo en cuenta las recomendaciones de Villafañe y Reid (1995), el cual consiste en concentrar los organismos de un determinado volumen de agua por sedimentación en cámaras especiales, para su posterior conteo e identificación en microscopio invertido, empleando los microscopios Nikon Eclipse TS 100 y Leica DMIL, provistos de rejillas Whipple. Para la identificación taxonómica mediante caracteres se emplearon las descripciones y claves de Cupp (1943); Balech (1988); Round et al., (1990); Thomas (1996) y Vidal (2010).

**Tabla 3.3. Metodologías empleadas en el LABCAM para los análisis de las muestras recolectadas durante la inspección realizada por el grupo GAMA de INVEMAR el 15 de enero de 2015**

Variable	Método de análisis (Referencia)
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Filtración en membrana de fibra de vidrio, secado 103-105°C y gravimetría (Standard Methods N° 2540-D, <u>APHA</u> , et al., 2012)
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> )	Método colorimétrico de la sulfanilamida ( <u>Strickland y Parsons</u> , 1972)
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Reducción con cadmio y método colorimétrico de la sulfanilamida ( <u>Strickland y Parsons</u> , 1972)
Amonio (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Método colorimétrico del azul de indofenol ( <u>Strickland y Parsons</u> , 1972)
Fosfatos (P-PO <sub>4</sub> )	Método colorimétrico del ácido ascórbico ( <u>Strickland y Parsons</u> , 1972)
DBO <sub>5</sub>	Incubación a 20°C sin dilución (Standard Methods N° 5210 B, <u>APHA</u> , et al., 2012)
Coliformes Totales (CTT)	Fermentación en tubos múltiples método de número más probable (Standard Methods 9221-B, <u>APHA</u> , et al., 2012)
Coliformes Termotolerantes (CTE)	Fermentación en tubos múltiples método de número más probable (Standard Methods 9221-E, <u>APHA</u> , et al., 2012)
Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT)	Extracción líquido-líquido con diclorometano y determinación fluorométrica ( <u>UNESCO</u> , 1984; <u>Garay</u> et al., 2003)

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Calidad de Aguas

#### 4.1.1. Variables Fisicoquímicas

Cómo se presenta en la Tabla 4.1, los parámetros fisicoquímicos medidos *in situ* corresponden a los valores típicos en aguas marinas (Libes, 1992) y se encontraron dentro del rango de registros históricos (época seca) para la REDCAM en las estaciones Playa Blanca, Boya 2 y Muelle Cabotaje-Calle 10 (INVEMAR, 2014). Con respecto al oxígeno disuelto, se encontró que las concentraciones en el Punto 4 y Punto 3 fueron las más altas, lo cual se pudo haber dado por la presencia de microorganismos fotosintetizadores, además el Punto 4 era el más cercano a la costa lo cual por acción mecánicas de las olas y el viento se aumenta la disponibilidad de oxígeno en la zona superficial (EPA, 2007).

**Tabla 4.1. Resultados de los parámetros in situ medidos en las estaciones muestreadas el 15 de enero de 2015.**

Estación	Temperatura (°C)	Salinidad	pH	OD (mg/L)
Punto 1 (Playa Blanca)	25,6	37,0	8,20	6,54
Punto 2 (Boya 2)	25,5	36,9	8,17	6,34
Punto 3 (Mancha)	25,6	36,9	8,18	6,62
Punto 4 (Muelle Cabotaje-calle 10)	26,1	36,9	8,14	7,35
<b>Promedio Histórico Playa Blanca *</b>	26,4 ± 1,1	36,2 ± 0,8	8,17 ± 0,08	6,90 ± 0,96
<b>Promedio Histórico Boya 2 *</b>	25,5 ± 1,1	35,3 ± 2,8	8,18 ± 0,10	6,65 ± 0,80
<b>Promedio Histórico Muelle cabotaje-CII 10 *</b>	26,1 ± 1,9	35,1 ± 2,2	8,20 ± 0,14	6,77 ± 1,58
<b>Valores de referencia **</b>	ND	ND	6,5 – 8,5	>4,0

\*Promedios históricos a partir de los resultados de los muestreos durante la época seca de la REDCAM (INVEMAR, 2014).

\*\*Valores de referencia para la preservación de fauna y flora según el Decreto 1594 de 1984 (Minsalud, 1984).

El análisis de sólidos suspendidos totales (SST), permite determinar la cantidad de materiales en suspensión en la columna de agua. Con esta variable y los sólidos volátiles se puede estimar la proporción de materia orgánica volatilizable presente en la muestras, la cual puede incrementar por la erosión, descargas de aguas residuales y escorrentía urbana entre otras actividades antropogénicas (Ohrel y Register, 2006). El contenido de materia orgánica volatilizable fue menor al 46 % en todos los puntos, lo cual indica que las concentraciones de materia orgánica no son representativas y se descarta que se haya dado introducción por una descarga de aguas residuales que pudieran dar origen a la mancha (Lowrey, 2011). Por otro lado, la estación Punto 1 (Playa Blanca) tiene los valores más altos de SST siendo un dato por encima del promedio histórico, esto se puede deber a actividad de transporte de turistas en lanchas las cuales resuspenden los sedimentos.

La DBO<sub>5</sub> es una herramienta que permite determinar la concentración de materia orgánica biodegradable (APHA et al. 2012). Los resultados de esta variable en el Punto 3 donde se observó la mancha, fueron más altos en comparación con el Punto 1 (Playa Blanca) (Tabla 4.2), debido a que como se explicará más adelante había un incremento de la densidad de algas, por lo tanto esta materia orgánica estaría representada principalmente por la biomasa de estos organismos.

Los nutrientes inorgánicos nitratos (NO<sub>3</sub>), nitritos (NO<sub>2</sub>), amonio (NH<sub>4</sub>) y fosfatos (PO<sub>4</sub>), son indicadores de aportes de materia orgánica y de la descomposición de esta. De manera natural, se encuentran en mayor proporción los nitratos, sin embargo, cuando se alteran las condiciones estas proporciones cambian, presentándose mayor concentración del amonio el cual indica procesos de mineralización de la materia orgánica. Así mismo sucede con el fósforo, que en condiciones normales presenta niveles de concentración bajos y un aumento en la

concentración de este, se relaciona inmediatamente con el ingreso de aportes continentales, ya sea de aguas residuales o de ríos y escorrentías (Paerl, 2006; Carpenter y Douglas, 1983).

Las concentraciones de nitritos y nitratos, se encontraron dentro del promedio histórico para aquellas estaciones que pertenecen a la REDCAM (INVEMAR, 2014). En general, las concentraciones de amonio y fosfato, en los Puntos 2, 3 y 4 (Bahía Santa Marta), eran más elevadas que las del Punto 1 (Playa Blanca), lo que puede indicar que la mancha observada en la mañana era producida por un amento de organismos fitoplanctónicos, los cuales consumen estos nutrientes, disminuyendo su concentraciones en la columna de agua. Si bien los niveles de amonio y fosfatos estuvieron dentro de los rangos históricos, se encontró que el fosfato en el Punto 4 estaba por debajo del promedio histórico para esta época lo cual puede deberse a la actividad por los organismos del fitoplancton (Jiménez y Gualancaña, 2006).

**Tabla 4.2. Resultados de las variables fisicoquímicas medidas en las muestras recolectadas el 15 de enero de 2015.**

Estación	SST (mg/L)	SV (mg/L)	DBO5 (mg/L)	NO2 (µg/L)	NO3 (µg/L)	NH4 (µg/L)	PO4 (µg/L)
Punto 1 (Playa Blanca)	26,6	7,7	ND	2,3	3,0	10,1	5,4
Punto 2 (Boya 2)	21,0	8,2	4,2	1,7	8,2	34,6	45,2
Punto 3 (Mancha)	20,8	9,2	6,5	1,4	3,4	62,9	6,0
Punto 4 (Muelle cabotaje)	24,6	2,2	ND	1,6	5,8	127,8	15,9
<b>Promedio Histórico Playa Blanca*</b>	<b>22,1 ± 11,4</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>2,6 ± 2,7</b>	<b>40,9 ± 101,2</b>	<b>12,7 ± 15,3</b>	<b>10,5 ± 12,8</b>
<b>Promedio Histórico Boya 2*</b>	<b>26,6 ± 14,2</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>1,8 ± 1,6</b>	<b>37,0 ± 66,6</b>	<b>19,7 ± 38,8</b>	<b>12,5 ± 21,5</b>
<b>Promedio Histórico Muelle cabotaje-CII 10*</b>	<b>26,1 ± 11,7</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>6,3 ± 6,6</b>	<b>9,8 ± 7,7</b>	<b>203,8 ± 378,0</b>	<b>93,7 ± 179,3</b>
<b>Valores de referencia**</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>&lt;5</b>	<b>&lt;2</b>	<b>&lt;40</b>	<b>ND</b>	<b>&lt;2</b>

ND= No hay datos

\*Promedios históricos a partir de los resultados de los muestreos durante la época seca de la REDCAM (INVEMAR, 2014).

\*\*Criterios ecológicos de calidad del agua (CE-CCA-001/89) para protección de la vida acuática en áreas costeras en México y valores internacionales para calidad de aguas costeras en Brasil (SEMARNAP, 1989).

#### 4.1.2. Hidrocarburos derivados del Petróleo

Las concentraciones de hidrocarburos aromáticos totales (HAT) en las estaciones Punto 2 (Boya 2; 0,67 µg/L) y Punto 3 (Mancha; 1,10 µg/L), se encontraban hasta un orden de magnitud por debajo del valor de referencia para aguas no contaminadas (<10,0 µg/L; UNESCO, 1984) y dentro del rango histórico para la estación Boya 2 monitoreada por la REDCAM en el departamento del Magdalena (INVEMAR, 2014). Lo anterior descarta que la mancha observada sea producto de contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo.



#### 4.1.3. Bacterias indicadoras de calidad de aguas

El análisis de Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE), permite establecer si existió alguna afectación por introducción de aguas residuales en el cuerpo de agua monitoreado. Los resultados demuestran que las estaciones Punto 1 y Punto 2, estuvieron por debajo de las concentraciones para Coliformes en aguas residuales (100.000.000 NMP/100 mL; Cortés, 2003), descartando que la mancha fuera originada por este tipo de contaminación. Si bien los valores más altos fueron registrados en el Punto 4 (Muelle de Cabotaje), estos se encuentran dentro de los valores históricos registrados por la REDCAM para esa estación durante la época seca, ya que en esta estación hay una descarga constante de aguas residuales domésticas (INVEMAR, 2014; Tabla 4.3).

**Tabla 4.3. Resultados de mediciones de bacterias indicadoras de calidad de aguas en las muestras recolectadas.**

Nombre Estación	Coliformes totales-CTT (NMP/100 mL)	Coliformes termotolerantes-CTE (NMP/100 mL)
Punto 1 (Playa Blanca)	<LD	<LD
Punto 2 (Boya 2)	<LD	<LD
Punto 3 (Mancha)	ND	ND
Punto 4 (Muelle cabotaje)	3.500	2.400
<b>Rangos históricos Playa Municipal*</b>	<LD - 2700	<LD - 770
<b>Rangos históricos Playa Blanca*</b>	<LD - 540	<LD - 80
<b>Rangos históricos Muelle cabotaje-CII 10*</b>	<LD - 29000000	<LD - 11000000

<LD= Por debajo del límite de detección (<18 NMP/100 mL, para este análisis)

ND= No hay datos

\*Promedio a partir de los valores históricos registrados por la REDCAM desde 2001-2014, durante la época seca (INVEMAR, 2014).

#### 4.1.4. Fitoplancton

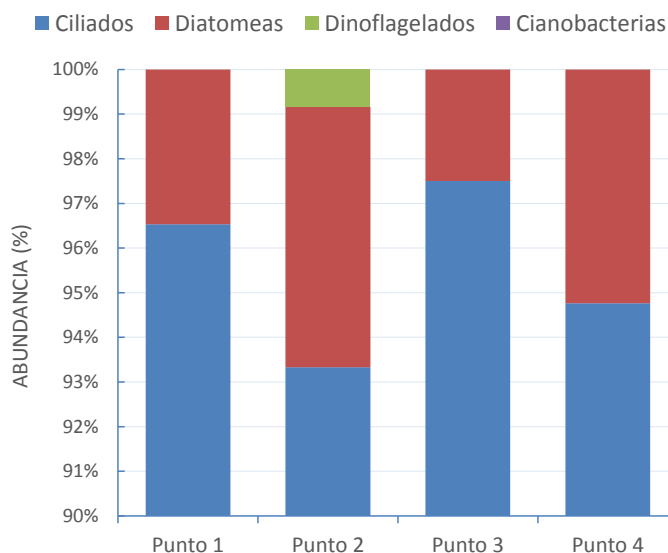
El análisis de las cuatro muestras recolectadas mostró que más del 93% de la abundancia del fitoplancton en las muestras colectadas en los puntos 1 y 3 correspondían al ciliado fotosintetizador *Mesodinium* (= *Myrionecta*) cf. *rubrum*, con valores que oscilaron entre 55.328 células/L en el Punto 1 y 278.289 células/L en el Punto 3 (Tabla 4.4 y Figura 4.1). Estos valores de densidad superaron el rango de densidad de la comunidad fitoplanctónica total determinada en los muestreos realizados por INVEMAR en los meses de diciembre 2012, enero y febrero 2013 (> 100.000 cél/L) (Arbeláez et al., 2014), indicando un aumento de la biomasa de fitoplancton en la bahía correspondiente a un solo grupo taxonómico.

**Tabla 4.4. Resultados de la abundancia de células planctónicas en las muestras recolectadas durante la inspección del 15 de enero de 2015.**

Grupo Organismos Planctónicos	Abundancia (células/L)			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3*	Punto 4
Ciliados fotosintetizadores	93.600	55.328	<b>278.289</b>	130.544
Diatomeas	3.360	3.458	7.135	<b>7.216</b>
Dinoflagelados	ND	<b>494</b>	ND	ND
Cianobacterias	ND	ND	ND	ND
<b>Total</b>	96.960	59.280	<b>285.424</b>	137.760

ND= No detectados

\*Punto 3, esta muestra se recolectó sobre la mancha de coloración roja a unos 30 cm de la superficie.



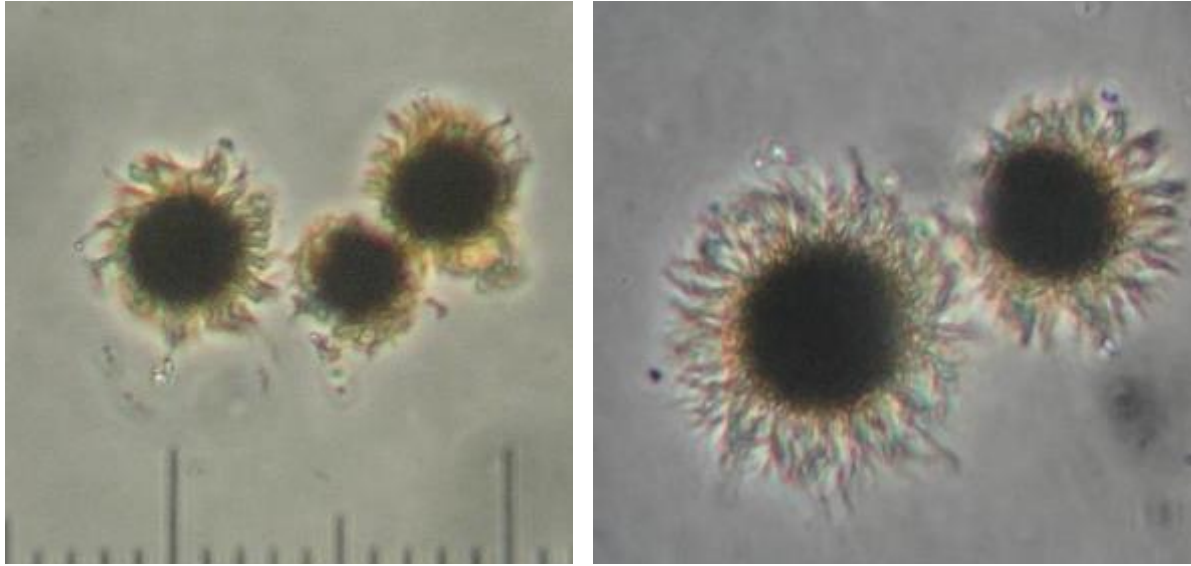
**Figura 4.1. Porcentaje de abundancia de los principales grupos planctónicos encontrados en las muestras recolectadas durante la inspección del 15 de enero de 2015.**

Las densidades de estos ciliados en las muestras se encuentran dentro de las reportadas por otros autores para diferentes países (Tabla 4.5). Este organismo se puede decir que es un género cosmopolita, de amplia distribución (Taylor et al., 1971), el cual es conocido por formar floraciones que causan cambios de color en el agua, principalmente en zonas costeras, bahías protegidas y en zonas de surgencia enriquecidas por nutrientes, generalmente fosfatos (Jiménez y Gualancaña, 2006; Lindholm, 1985; **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Aunque las floraciones de este ciliado no son tóxicas (Johnson y Stoecker, 2005), pueden, en algunos casos, inducir ambientes con hipoxia (Hayes et al., 1989) o generar irritación en las branquias de crustáceos y moluscos causándoles la muerte (Horstman, 1981).

**Tabla 4.5. Densidades registradas de floraciones producidas por *Mesodinium rubrum* en otros países.  
(Modificada de Garate-Lizárraga et al., 2002).**

Lugar	Fecha	Autores	Densidad de <i>Mesodinium rubrum</i> (células/L)
Aysén y Valparaíso (Chile)	Febrero de 1978	Avaria et al., 1999	1.300 – 800.000
Golfo de California–Isla Carralvo (México)	1872, febrero, 1994, 1996 junio,	Streets, 1872; Garate-Lizárraga et al., 2001	400.000 – 525.000
Golfo de California-Parte central (México)	Junio de 1982	Hernández-Becerril, 1987	1.000.000
Mazatlán, Sinaloa (México)	1980, marzo, 1995, 1996, enero-febrero (1997)	Cortés-Altamirano, 1984; Cortés-Altamirano y Alonso-Rodríguez, 1997	860.000 – 3.500.000
Golfo de California (México)	Enero-marzo de 1998	Garate-Lizárraga et al., 2002	254.000 – 19.993.000
Bahía de las Animas en Cartagena (Colombia)	Marzo de 2013	INVEMAR, 2013	141.094 – 727.403
<b>Presente estudio en la Bahía de Santa Marta (Colombia)</b>	<b>Enero 15 de 2015</b>	<b>INVEMAR, 2015</b>	<b>55.328 – 278.289</b>

Los otros organismos que se destacaron por su mayor abundancia después de *Mesodinium* (= *Myrionecta*) cf. *rubrum*, fueron las diatomeas pennadas del género *Pseudo-nitzschia* con concentración máxima en la muestra Punto 3 de 4.281 células/L. Si bien para este género sí se han reportado especies formadoras de floraciones tóxicas, las densidades en que se presentaron no son suficientes para considerarlas como floraciones nocivas de estas microalgas.



**Figura 4.2.** Microfotografías del ciliado *Mesodinium cf. rubrum* hallados en las muestras recolectadas en la bahía de Santa Marta el 15 de enero de 2015. Imágenes en microscopía invertido (20 X). Foto: Edgar Arteaga.

## 5. CONCLUSIONES

- Los parámetros fisicoquímicos *in situ* no evidencian alteración en la calidad del agua, en razón a que estuvieron dentro de los límites permisibles establecidos por la legislación nacional para preservación de fauna y flora (MinSalud, 1984) y entre los intervalos históricos reportados por la REDCAM (INVEMAR, 2014) en estaciones del departamento del Magdalena.
- Los resultados de hidrocarburos aromáticos totales, permitieron descartar la presencia de compuestos derivados del petróleo que pudieran estar relacionados con la mancha de coloración roja.
- Las bajas concentraciones de bacterias indicadoras de calidad del agua (Coliformes), junto con las concentraciones de nutrientes y materia orgánica, que en general se encontraron dentro de los rangos históricos para la Bahía de Santa Marta, descartan que la mancha haya sido producida por una descarga de aguas residuales domésticas.
- Debido a la abundancia que presentó el organismo ciliado fotosintetizador *Mesodinium* cf. *Rubrum*, respecto a los otros grupos del plancton, encontrados en las muestras de la bahía de Santa Marta y a la disminución de la concentración de nutrientes en la zona, se considera que la mancha observada el día 15 de enero de 2015, fue producto de una floración de microalgas, con predominio del organismo mencionado. Pero que no representan peligro alguno, en razón a que no son tóxicos para los organismos marinos o el hombre.
- Los datos arrojados por el laboratorio a partir de ese único muestreo el 15 de enero de 2015, no permiten establecer el origen del florecimiento. Sin embargo por las condiciones de las variables medidas en el agua, se descarta que la floración haya iniciado en la bahía o en playa blanca. Por la dirección de la corriente y la forma como se estaba desplazando la mancha se sospecha que ésta inició en la costa sur del Departamento y fue arrastrada por las corrientes marinas superficiales.



## 6. RECOMENDACIONES

- Aunque *Mesodinium* no forma floraciones tóxicas, hay que estar monitoreando su presencia ya que en algunos casos, la alta densidad, puede causar problemas de anoxia (falta de oxígeno), principalmente en zonas con poca renovación de agua tales como bahías, pudiendo afectar de manera negativa a la fauna presente en ella.
- En general, es importante realizar seguimiento a las floraciones algales, ya que generan alteraciones de la calidad del agua, como por ejemplo insuficiencia de oxígeno. Adicionalmente, la presencia de especies tóxicas podría, en un momento determinado, afectar no solo a la fauna presente, sino a los seres humanos.
- Se recomienda contar con un monitoreo frecuente (Bimestral) de las estaciones de la Bahía de Santa Marta, ya que pueden ofrecer datos más precisos sobre las variables fisicoquímicas y biológicas evaluadas permitiendo determinar las condiciones naturales y las fluctuaciones respecto a las condiciones climáticas de esta zona costera.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arbeláez, N., E. Arteaga, L. Perdomo. 2014. Levantamiento de las especies de fitoplancton y calidad sanitaria de las aguas de lastre en buques carboneros y su impacto en la bahía de Santa Marta. Informe Técnico Final. INVEMAR, Santa Marta 50 pp.
- APHA, AWWA y WEF. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed. United States of America. 1406 pp.
- Arce-Velázquez, A.L. 2001. Muestreo y preservación de grasas y aceites, y determinación en campo de pH, temperatura y materia flotante. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Serie Autodidáctica de Medición de la Calidad del Agua, México 30 pp.
- Avaria, S., M. Cáceres, P. Muñoz, S. Palma y P. Vera. 1999. Plan nacional sobre floraciones de algas nocivas en Chile. 31 p.
- EPA. 2007. Water Quality Criteria and Standards for Freshwater and Marine Aquaculture. Annex 2.
- Balech, 1988. Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr. 1. 310 p.
- Carpenter, J. y C. G. Douglas. 1983. Nitrogen in the Marine Environment, Academic Press Inc., New York: 2-30.
- Cortés-Altamirano, R. 1984. Mareas rojas producidas por el ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohman) en el litoral de Mazatlán, Sinaloa, México. Biótica 9: 259-269.
- Cortés-Altamirano, R. y R. Alonso-Rodríguez. 1997. Mareas rojas durante 1997 en la bahía de Mazatlán, Sinaloa, Mexico. Ciencias del mar, UAS. 15:31-37.
- Cortés, María del C. 2003. Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. Rev Biomed, 14: 121-123.
- Cupp, E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. University of California Press, Bulletin Scripps of institute of Oceanography, 5 (1): 1-138.
- EQS. Environmental Quality Standard for Water Pollution Japan. En: <http://www.env.go.jp/en/water/wq/wbcbbeach.html>. Fecha de consulta: noviembre de 2014
- Gárate-Lizárraga, I., M. L. Hernández-Orozco, C. Band-Schmidt and G. Serrano-Casillas. 2001. Red tides along the coasts of Baja California Peninsula, México 1984 to 2001. Oceánides, 16(2): 127-134.
- Gárate-Lizárraga, I., C. J. Band-Schmidt, A. Cervantes-Duarte y D. Escobedo-Urías. 2002. Mareas rojas de *Mesodinium rubrum* (Lohmann) Hamburger y Buddenbrock en el Golfo de California (invierno de 1998). Hidrobiológica, 12(1): 15-20.
- Garay, J., G. Ramirez, J. M. Betancourt, B. Marin, B. Cadavid, L. Panizzo, L. Lesmes, J.E. Sanchez, S.H. Lozano y A. Franco, 2003. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos: agua, sedimentos. Santa Marta. 148 p.
- Hayes, G. C., D. A. Puerdie and J. A. Williams. 1989. The distribution of ichthyoplankton in Southampton Water in response to low oxygen levels produced by *Mesodinium rubrum* bloom. J. Fish. Biol., 34: 811-813.
- Hernández-Becerril, D.U. 1987. Un caso de mareas rojas en el Golfo de California, Revista latinoamericana de microbiología. 29: 171-174.
- Horstman, D. A. 1981. Reported red-water outbreaks and their effects on fauna of the west and south coasts of South Africa, 1959-1980. Fish Bull. S Afr., 15:71-88.
- INVEMAR. 2010. Concepto técnico sobre el evento de florecimiento de microalgas en el área de Santa Marta. CPT-CAM-044-10. 14p.
- INVEMAR. 2013. Concepto técnico sobre el análisis del fitoplancton de cuatro muestras de agua de la bahía de Cartagena tomadas por el CIOH el 27 de marzo de 2013. CPT-CAM-008-13. 6 p.
- INVEMAR. 2014. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia – SIAM. Base de datos. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. <http://www.invemar.org.co/siam/redcam.28/01/2015>.

- INVEMAR. 2014. Concepto técnico sobre la mancha oscura en la bahía de Santa Marta, CPT-CAM-033-14. INVEMAR, Santa Marta. 18 p.
- Jiménez, R. y E. Gualancaña. 2006. Floraciones de *Mesodinium rubrum* en los procesos de surgencia en el pacífico ecuatorial. Acta Oceanográfica del Pacífico, 13(1). 71-78.
- Johnson M. D. y D. K. Stoecker. 2005. Role of feeding in growth and photophysiology of *Myrionecta rubra*. Aquat. Microb. Ecol., 39: 303-312.
- Libes, S.M. 1992. An Introduction to Marine Biogeochemistry. John Wiley and Sons, Inc., Nueva York. 734 p.
- Lindholm, I. 1985. *Mesodinium rubrum* – a unique photosynthetic ciliate. Advanced Aquatic Microbiology, 3: 1-48.
- Minsalud. 1984. Decreto No. 1594 del 26 de junio de 1984. 52 p.
- Ohrel, R.L. y K.M. Register (Eds.). 2006. Volunteer Estuary Monitoring. A Methods Manual. 2a. Edición. The Ocean Conservancy and EPA. Washington, D.C. 325 pp.
- Paerl, H. 2006. Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations. Ecological Engineering 26: 40-54.
- Round F. E., Crawford R. M. y D. G. Mann. 1990. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press. Cambridge. 747 p.
- Lowrey, J., 2011. Seawater/Wastewater production of microalgae-based biofuels in closed loop tubular photobioreactors. Thesis of Master of Science in Agriculture, with specialization in: Agricultural Engineering Technology. The Faculty of California Polytechnic State University. 125 p.
- Semarnap, Comisión Nacional del Agua, con base en: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, «Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89», Diario Oficial de la Federación, Miércoles 13 de diciembre de 1989
- Streets, T. H. 1878. The discolored waters of the Gulf of California. American Naturalist, 12: 85-92.
- Strickland, D. H. y T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin 167. 2a Ed. Fisheries Research. Board of Canada. Ottawa. 310 p.
- Taylor, F., D. Blackburn and J. Blackburn. 1971. The red-water ciliate *Mesodinium rubrum* and its "incomplete symbionts": A review include new ultrastructural observations. Journal Fisheries Resources Board Canada, 28: 391-407.
- Thomas C. R. 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, San Diego, CA. 598 p.
- Vidal, L. A. 2010. Manual del fitoplancton hallado en la Ciénaga Grande de Santa Marta y cuerpos de agua aledaños. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 384p.
- Villafañe, V. E., y F. M. Reid. 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En: Alveal, K., M. Ferrario, E. de Oliveira y E. Sar (Eds). Manual de métodos ficológicos. Universidad de Concepción, Chile. 850 pp.
- UNESCO/COI, 1984. Manuales y guías No. 13 de la COI. Manual para la vigilancia del aceite y de los hidrocarburos del petróleo disueltos/dispersos en el agua de mar y en las playas. 87 p.