

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**Trabajo de Graduación:**

**“ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE *Pyrodinium bahamense*  
EN FASE VEGETATIVA Y QUÍSTICA,  
EN LAS PLAYAS: EL SUNZAL, TAQUILLO Y MIZATA,  
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR.”**

**Presentado por:**

**TONATIUH EDDIE MIGUEL ORANTES RAMOS OR - 02004**

**BEGONIA MARÍA VIEYTEZ BASAGOITIA VB - 02008**

**PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADOS EN BIOLOGÍA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2007.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**Trabajo de Graduación:**

**“ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE *Pyrodinium bahamense*  
EN FASE VEGETATIVA Y QUÍSTICA,  
EN LAS PLAYAS: EL SUNZAL, TAQUILLO Y MIZATA,  
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR.”**

**Presentado por:**

**TONATIUH EDDIE MIGUEL ORANTES RAMOS OR - 02004**

**BEGONIA MARÍA VIEYTEZ BASAGOITIA VB - 02008**

**PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADOS EN BIOLOGÍA**

**ASESOR INTERNO: \_\_\_\_\_**

**LIC. RODOLFO FERNANDO MENJÍVAR**

**ASESOR EXTERNO: \_\_\_\_\_**

**MD MEpi FETP. JULIO ARMERO GUARDADO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2007.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**Trabajo de Graduación:**

**“ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE *Pyrodinium bahamense*  
EN FASE VEGETATIVA Y QUÍSTICA,  
EN LAS PLAYAS: EL SUNZAL, TAQUILLO Y MIZATA,  
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, EL SALVADOR.”**

**Presentado por:**

**TONATIUH EDDIE MIGUEL ORANTES RAMOS OR - 02004**

**BEGONIA MARÍA VIEYTEZ BASAGOITIA VB - 02008**

**PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADOS EN BIOLOGÍA**

**JURADO: \_\_\_\_\_**

**M.Sc. Olga Lidia Tejada**

**JURADO: \_\_\_\_\_**

**Dr. Rigoberto Ayala**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2007.**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTORA:**

**Dra. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ**

**SECRETARIA GENERAL:**

**Licda. MARGARITA RIVAS DE RECINOS**

**FISCAL:**

**Lic. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA**

**DECANO:**

**Lic. JOSÉ HÉCTOR ELÍAS DÍAZ**

**DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA:**

**M.Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERÓN**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE 2007.**

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a Dios por concederme concluir este proyecto; a mis papás Leonor y Alfonso y a mi hermana Gracia, quienes con todo su cariño y apoyo me han animado y ayudado siempre a seguir adelante y alcanzar mis sueños.

Begonia.

A Dios, a mi mamá Aída Ramos, a mi papá Eddie Orantes y mi hermano Angel Orantes, quienes me apoyaron en todo momento y me transmitieron su confianza en alcanzar el éxito.

Tonatiuh.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por acompañarnos en todo momento y permitirnos finalizar este proyecto de manera satisfactoria.

A nuestras Familias y Amigos/as quienes nos apoyaron y animaron incondicionalmente.

A nuestros Asesores y Jurados por enriquecer nuestro trabajo con sus observaciones y aportes, así como por la ayuda brindada.

A todas las instituciones que colaboraron con la investigación, especialmente a la Escuela de Biología, por la formación académica, préstamo de equipo y espacio de trabajo; a CENDEPESCA, a través de la CONAMAR, al Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES y a la Cooperativa de Pescadores y Ostreros de Playa Mizata; por su valioso aporte en cuanto a préstamo de materiales y equipo, asignación de insumos, así como apoyo logístico y técnico.

A Expertos Colaboradores, quienes con sus invaluable aportes enriquecieron grandemente el estudio, especialmente a: *Dr. Sergio Licea, MSc. Ruth Luna, Lic. María Eugenia Zamudio y Lic. Jesús Soto*, del Laboratorio de Fitoplancton y Productividad del ICMYL, UNAM; *PhD. Yasuwo Fukuyo*, de la Tokyo University; *MSc. Koichiro Mizushima* de la Nagasaki University; *Dr. José Bustillos* del CIBNOR, México; *MD. Suárez Islas*, del Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de Chile; *Dr. Álvaro Morales*, de la UCR; *MD. Sergio Ghiringhello*, departamento de Salud Ambiental, del MSPAS.

# ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	x
Resumen	xiii
I. Introducción	1
II. Fundamento Teórico	4
2.1 Los Dinoflagelados	5
2.1.1 Dinoflagelados No Armados	6
2.1.2 Dinoflagelados Armados	6
2.2 <i>Pyrodinium bahamense</i>	8
2.2.1 <i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>compressum</i>	10
2.2.2 <i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>bahamense</i>	11
2.2.3 <i>Polysphaeridium zoharyi</i>	12
2.2.4 Ciclo de vida	13
2.2.5 Requerimientos	13
2.2.6 Distribución	14
2.2.7 Efectos tóxicos	15
2.3 Florecimientos Algales Nocivos	15
2.3.1 Dinámica de los Florecimientos Algales Nocivos	17
2.3.2 Causas de los Florecimientos Algales Nocivos	19
2.3.3 Efectos de los Florecimientos Algales Nocivos	20
2.3.4 Florecimientos Algales Nocivos en El Salvador	21
III. Metodología	26
3.1 Descripción y Ubicación del Área de Estudio	26
3.2 Sistemática de Trabajo	30
3.2.1 Fase de Campo	30
3.2.2 Fase de Laboratorio	35
3.3 Análisis de Datos	41

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
IV. Resultados	<b>45</b>
4.1 Características de <i>Pyrodinium bahamense</i> de La Libertad	<b>50</b>
4.2 Abundancia <i>Pyrodinium bahamense</i>	<b>52</b>
4.3 Relación de las condiciones ambientales y concentraciones celulares.	<b>59</b>
4.4 Distribución de <i>Pyrodinium bahamense</i>	<b>70</b>
4.5 Calculo de la constancia de <i>Pyrodinium bahamense</i>	<b>76</b>
V. Discusión	<b>77</b>
VI. Conclusiones	<b>91</b>
VII. Recomendaciones	<b>94</b>
VIII. Referencias Bibliográficas	<b>96</b>
IX. Anexos	<b>104</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
<b>Tabla 1:</b> Dinoflagelados Identificados en las Estaciones El Sunzal, Taquillo y Mizata, Departamento de La Libertad, de septiembre / 2006 a enero/ 2007.	<b>46</b>
<b>Tabla 2:</b> Abundancia de <i>Pyrodinium bahamense</i> , en fase vegetativa, por muestreo en Células/Litro (Cél./L). Septiembre / 2006 a Enero / 2007.	<b>52</b>
<b>Tabla 3:</b> Calculo de la Frecuencia Relativa de <i>Pyrodinium bahamense</i> en la Estación El Sunzal, septiembre / 2006 a enero / 2007.	<b>54</b>
<b>Tabla 4:</b> Cálculo de la Frecuencia Relativa de <i>Pyrodinium bahamense</i> en la Estación Taquillo, septiembre / 2006 a enero / 2007.	<b>56</b>
<b>Tabla 5:</b> Cálculo de la Frecuencia Relativa de <i>Pyrodinium bahamense</i> en la Estación Mizata, septiembre / 2006 a enero / 2007.	<b>58</b>
<b>Tabla 6:</b> Abundancia de <i>Pyrodinium bahamense</i> , respecto a los valores promedio de parámetros Físico–Químicos, de septiembre / 2006 a enero / 2007	<b>60</b>
<b>Tabla 7:</b> Relación entre Abundancia de <i>Pyrodinium bahamense</i> y las Concentraciones de Nutrientes, septiembre / 2006 a enero / 2007.	<b>67</b>
<b>Tabla 8:</b> Presencia – Ausencia de <i>Pyrodinium bahamense</i> , en fase vegetativa y quística, Comparada con los promedios de Parámetros Físico – Químicos.	<b>71</b>
<b>Tabla 9:</b> Presencia – Ausencia de <i>Pyrodinium bahamense</i> , en fase vegetativa y quística, Comparada con las Concentraciones de Nutrientes.	<b>73</b>
<b>Tabla 10:</b> Constancia de <i>Pyrodinium bahamense</i> por estación de muestreo, septiembre / 2006 a enero / 2007.	<b>76</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
<b>Figura 1:</b> Estructura de un Dinoflagelado Armado.	7
<b>Figura 2:</b> Fotomicrografías de <i>Pyrodinium bahamense</i> .	10
<b>Figura 3:</b> Diferencias morfológicas entre las dos variedades de <i>Pyrodinium bahamense</i> Plate (1906); basadas en observaciones con el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).	11
<b>Figura 4:</b> A: esquema del quiste de la var. <i>compressum</i> <i>Polysphaeridium zoharyi</i> . B: fotomicrografía de la superficie granulada. C: muestra de las finas espinas característicos de <i>P. zoharyi</i> .	12
<b>Figura 5:</b> Distribución de <i>P. bahamense</i> a nivel mundial.	14
<b>Figura 6:</b> Dinámica de las mareas rojas.	18
<b>Figura 7:</b> Mapa del Departamento de La Libertad. Área de estudio comprendida entre las playas Mizata y El Sunzal.	28
<b>Figura 8:</b> Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo georreferenciadas junto a la zona costera del Departamento de Libertad y las desembocaduras de los ríos.	29
<b>Figura 9:</b> Uso de la red de fitoplancton para coleccionar muestras cualitativas.	31
<b>Figura 10:</b> Colecta de muestras utilizando una botella muestreadora tipo Van Dorm.	31
<b>Figura 11:</b> Nucleadores utilizados para coleccionar las muestras de sedimentos superficiales.	32
<b>Figura 12:</b> Ilustraciones sobre la medición de los diferentes parámetros: A) Turbidez; B) Temperatura; C) Oxígeno Disuelto; D) Salinidad.	34
<b>Figura 13:</b> A y B: Proceso de identificación de los organismos en muestras cualitativas, efectuado en el Laboratorio de Ficología, UES. C: Esquema del Método de transectas, explica los conteos en franjas horizontales de izquierda a derecha (modificado de Hasle, 1978a)	38

<b>Figura 14:</b> A: Microscopio óptico con cámara digital adaptada provisto con el programa Carl Zeiss B y C: Observación y cuantificación de células utilizando el Microscopios Invertidos.	<b>39</b>
<b>Figura 15:</b> Esquema de una Cámara o Cubeta de sedimentación.	<b>40</b>
<b>Figura 16:</b> Fotomicrografías de <i>P. bahamense</i> var. <i>compressum</i> y <i>P. bahamense</i> var. <i>bahamense</i>	<b>51</b>
<b>Figura 17:</b> Comparación de los resultados cuantitativos de <i>Pyrodinium bahamense</i> por muestreo en Cél./L. de Septiembre/ 2006 a Enero/ 2007.	<b>53</b>
<b>Figura 18:</b> Correlación de los resultados cuantitativos de <i>Pyrodinium bahamense</i> por muestreo en Cél./L. de Septiembre/ 2006 a Enero/ 2007.	<b>53</b>
<b>Figura 19:</b> Frecuencia Relativa de <i>P. bahamense</i> en fase vegetativa, con respecto a las diferentes especies FAN identificadas en la Estación El Sunzal. De septiembre / 2006 a enero / 2007.	<b>55</b>
<b>Figura 20:</b> Frecuencia Relativa de <i>P. bahamense</i> en fase vegetativa, con respecto a las diferentes especies FAN identificadas en la Estación Taquillo. De Septiembre / 2006 a enero / 2007.	<b>57</b>
<b>Figura 21:</b> Frecuencia Relativa de <i>P. bahamense</i> en fase vegetativa, con respecto a las diferentes especies FAN identificadas en la Estación Mizata. De Septiembre / 2006 a enero / 2007.	<b>59</b>
<b>Figura 22:</b> Comparación de la Abundancia de <i>P. bahamense</i> con los valores de Temperatura, para las tres estaciones de muestreo; Septiembre /2006 - Enero /2007.	<b>61</b>
<b>Figura 23:</b> Comparación de la Abundancia de <i>P. bahamense</i> (concentración) con los valores de Salinidad, para las tres estaciones de muestreo; Septiembre /2006 - Enero /2007.	<b>62</b>
<b>Figura 24:</b> Comparación de la Abundancia de <i>P. bahamense</i> (concentración) con los valores de Oxígeno Disuelto, para las tres estaciones de muestreo; Septiembre /2006 - Enero /2007.	<b>63</b>
<b>Figura 25:</b> Comparación de la Abundancia de <i>P. bahamense</i> (concentración) con los valores de pH, para las tres estaciones de muestreo; Septiembre /2006 - Enero /2007.	<b>65</b>
<b>Figura 26:</b> Comparación de la Abundancia de <i>P. bahamense</i> (concentración) con los valores de Turbidez, para las tres estaciones de muestreo; Septiembre /2006 - Enero /2007.	<b>66</b>

<b>Figura 27:</b> Comparación de la Abundancia de <i>P. bahamense</i> , con los valores de Ión Férrico, Fosfatos y Nitratos para la Estación El Sunzal; Septiembre /2006 - Enero /2007.	<b>68</b>
<b>Figura 28:</b> Comparación de la Abundancia de <i>P. bahamense</i> , con los valores de Ión Férrico, Fosfatos y Nitratos para la Estación Taquillo; Septiembre /2006 - Enero /2007.	<b>69</b>
<b>Figura 29:</b> Comparación de la Abundancia de <i>P. bahamense</i> , con los valores de Ión Férrico, Fosfatos y Nitratos para la Estación Mizata; Septiembre /2006 - Enero /2007.	<b>70</b>
<b>Figura 30:</b> Comparación de los resultados del Análisis Químico de Nitratos Totales para las tres estaciones de muestreo de Septiembre/ 2006 a Enero/ 2007.	<b>74</b>
<b>Figura 31:</b> Comparación de los resultados del Análisis Químico de Hierro (Ión Férrico $Fe^{+3}$ ) para las tres estaciones de muestreo de Septiembre/ 2006 a Enero/ 2007.	<b>75</b>

## RESUMEN

Desde la primera descripción del dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* (Plate) para el pacífico centroamericano en 1942 (Balech, 1985 y Sierra-Beltrán, 2004), ningún estudio de la especie ha sido realizado en El Salvador hasta el FAN ocurrido entre 2005 y 2006 (White, 2006 inédito; Licea *et al.*, 2007a en prensa). Con el propósito de documentar la distribución habitual de éste y determinar su abundancia dentro de la región costera del Departamento de La Libertad, fuertemente afectado en los últimos 6 años por residualidad de FAN recurrentes, se desarrolla el presente estudio. Entre agosto de 2006 y enero de 2007 se colectaron muestras de fitoplancton y sedimentos marinos frente a las playas *El Sunzal*, *Taquillo* y *Mizata*; realizándose a su vez mediciones de las condiciones ambientales que usualmente definen el comportamiento de las especies fitoplanctónicas. Los resultados del procesamiento de las muestras reflejan gran diversidad dentro del grupo de los dinoflagelados, reportándose 81 especies, de las cuales 45 constituyen nuevos registros para el país, y 24 son consideradas nocivas; describiéndose entre ellas, las dos variedades asignadas a *P. bahamense*, caracterizadas por la producción de biotoxinas del tipo paralizante. Esta especie en particular, presentó un carácter de ocurrencia habitual en los sitios de muestreo, pero ha resultado poco abundante. Las condiciones encontradas dentro de la columna de agua durante el período de estudio, salvo por los niveles de nutrientes disponibles, parecen ser favorables para el desarrollo de *P. bahamense* en su fase vegetativa, tanto en la estación seca como lluviosa; pero no demostraron fluctuaciones suficientes como para generar una proliferación masiva o un declive total de la población de acuerdo con otros estudios realizados para la especie. Los sedimentos marinos de la zona muestreada no han resultado adecuados para la deposición de quistes viables de *P. bahamense* (*Polysphaeridium zoharyi*), cuya presencia no fue determinada. No obstante, si fue posible identificar otros dinoquistes, siendo más frecuentes los de *Gymnodinium catenatum*; especie que al igual que *P. bahamense*, produce toxinas de tipo paralizante.

## I. INTRODUCCIÓN

Los Florecimientos Algales Nocivos (FAN), son fenómenos naturales caracterizados por la proliferación de organismos fitoplanctónicos, generalmente diatomeas o dinoflagelados, que en ocasiones pueden provocar variaciones en la coloración del agua del mar.

En las últimas décadas su frecuencia, intensidad y distribución geográfica se ha incrementado (Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998; Sierra-Beltrán *et al.*, 2004), a causa de la eutrofización de las aguas costeras y las alteraciones climáticas que actúan como catalizadores aumentando la producción de fitoplancton y en consecuencia la frecuencia con que se desarrollan las proliferaciones de microalgas (Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998; Bravo-Sierra, 2004; Mee *et al.*, 1984 citado por Cortés-Altamirano y Licea, 2004).

Algunos de estos florecimientos se han caracterizado por la producción de biotoxinas que afectan la salud y prosperidad de las pesquerías, principalmente de aquellas relacionadas con mariscos, los cuales se convierten en una amenaza potencial para la salud del ser humano al consumir dichos productos contaminados, que en repetidas ocasiones han provocado la muerte de las personas intoxicadas (Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998).

El primer FAN registrado para el Pacífico Mesoamericano se desarrolló frente a la costa guatemalteca en 1987; no obstante, el primer reporte de uno de estos eventos en la costa salvadoreña fue en 1989 (Cortés-Altamirano *et al.*, 1993 y Barraza *et al.*, 2004); desde entonces es posible apreciar como los FAN se han ido presentado en el país con mayor frecuencia e intensidad; al igual que en todo el Istmo Centroamericano.

Diversas investigaciones realizadas a partir de 1987 en la costa Pacífica de México y Centroamérica, han determinado que el dinoflagelado tóxico relacionado con los FAN dentro de la región es *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*; estudios anteriores han documentado la presencia de *Pyrodinium bahamense* frente

a la costa de El Salvador (Armero, 2002; Barraza *et al.*, 2004; White, 2006 Inédito; Licea *et al.*, 2007a), atribuyéndose a su proliferación desmedida el último FAN ocurrido de noviembre/2005 a marzo/2006 (White, 2006 Inédito; Licea *et al.*, 2007a); dicho fenómeno, al igual que los anteriores, persistió y alcanzó niveles elevados de toxicidad dentro de la franja marino-costera perteneciente al Departamento de La Libertad.

Por estas razones países como México (Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998) y Guatemala (Rosales-Loessener, 1989), entre otros, históricamente afectados por FAN, han desarrollado sistemas de monitoreo y observación de alocromías en el agua de mar a fin de llevar un registro permanente de las proliferaciones algales que se desarrollan en sus costas, además de trabajar en la detección de toxinas. Sin embargo, en El Salvador no se han sistematizado este tipo de monitoreos ya que implican una considerable inversión económica inicial y recurso humano idóneo.

Pese a que en el país no se ha establecido un sistema de monitoreo y alerta temprana de FAN en la costa salvadoreña, si se cuenta con un sistema de vigilancia, desarrollado por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) el cual ha permitido llevar un registro de los niveles toxicológicos alcanzados por los FAN, a través del análisis de saxitoxinas en moluscos bivalvos mediante bioensayo ratón, desde 1992. Este monitoreo ha revelado que en la costa del Departamento de La Libertad, las toxinas permanecen prolongados períodos en los moluscos, los cuales además suelen presentar las concentraciones de toxinas más elevadas del país, motivo por el cual, en el área se han establecido 3 de los 7 sitios centinela utilizados por el MSPAS para monitorear saxitoxinas en la costa salvadoreña.

La zona costera de este Departamento presenta recurrentes florecimientos, que podrían estar relacionados con las características físicas del relieve terrestre y los elevados niveles de eutrofización, además de sus antecedentes que la vinculan con el mantenimiento y la residualidad de los fenómenos tóxicos; razones por las cuales fue el lugar indicado para desarrollar el presente estudio, con el objetivo de determinar la abundancia y distribución de *Pyrodinium bahamense* en tres estaciones

de muestreo frente a la desembocadura de los ríos Sunzal, Taquillo y Mizata del Departamento de La Libertad; conociéndose qué estadio del ciclo de vida del dinoflagelado es el más abundante del período de muestreo y la relación que este organismo establece con las condiciones ambientales en la columna de agua.

Además, con este estudio se provee la información básica para posteriores investigaciones y desarrolla los lineamientos fundamentales para sistematizar un programa de monitoreo y alerta temprana de los FAN en la costa salvadoreña.

Por otra parte, el estudio de la población de *P. bahamense* en la zona costera de La Libertad, así como las caracterizaciones del área estudiada proporcionan información útil para inferir sobre el comportamiento que presentan los FAN en el sitio y en toda la costa salvadoreña, lo cual es indispensable para su posterior manejo.

## II. FUNDAMENTO TEÓRICO

Los organismos marinos se distribuyen en dos grandes sistemas de acuerdo con sus adaptaciones y características: el *Sistema Pelágico*, que comprende las aguas de mares y océanos; y el *Sistema Bentónico*, que comprende la totalidad de los fondos marinos y de las costas (Tait, 1987). Por esta razón se reconocen dos grandes grupos de organismos marinos: *Plancton* y *Bentos*, cuyos integrantes han desarrollado estrategias únicas para sobrevivir de acuerdo a las características del medio en que habitan (Tait, 1987 y Brenes, 2001).

La palabra plancton procede del griego *Planktos* y significa “andar errante”; se usa para referirse genéricamente a todas aquellas formas pelágicas de organismos que se trasladan, al ser arrastrados por los movimientos del agua más que por su propia capacidad de natación. Su principal desplazamiento, independiente de los movimientos del agua, es en sentido vertical, por lo que pueden ser encontrados a lo largo de la columna de agua (Bouglis, 1976 y Tait, 1987). De acuerdo a su forma de alimentación, el plancton puede ser: autótrofo denominado *fitoplancton* (parte vegetal) o heterótrofo y se denomina *zooplancton* (parte animal).

Según Tait (1987), el fitoplancton se localiza principalmente cerca de las costas, donde la capa superficial de agua es rica en elementos nutritivos; además es el responsable de más del 90% de la producción de materia orgánica en el mar a través de la fotosíntesis; taxonómicamente en él predominan microalgas de las clases *Bacillariophyceae* (diatomeas) y *Dinophyceae* (dinoflagelados).

La palabra bentos proviene del griego *Benthos* y significa profundidad. Comprende a todos los organismos que residen sobre el fondo (*epifauna*) o dentro del sustrato marino (*infauna* o *infrafauna*); estos organismos por lo general no nadan ni quedan a la deriva (Lerman, 1986).

Las comunidades bentónicas cambian según la naturaleza del sustrato (roca, arena, limo) y la profundidad de este. Los fondos marinos suelen presentar condiciones muy estables a diferencia de las que reinan en las aguas superficiales y

a lo largo de buena parte de la columna de agua, que además está sometida a movimiento constante (Cifuentes *et al.*, 1997); por otra parte, a medida que la luz escasea con el aumento de la profundidad, la productividad fotosintética va disminuyendo (Lerman, 1986).

Entre las diferentes estrategias desarrolladas por los organismos marinos, es posible identificar el acoplamiento plancton – bentos; el cual consiste básicamente en las interacciones establecidas entre los organismos del sistema pelágico y los del sistema bentónico, indispensables para garantizar la supervivencia de ambos grupos y para mantener equilibrada la dinámica ecológica de los océanos. Esta interacción puede vislumbrarse mejor separando a los organismos planctónicos en dos grandes grupos: *Holoplancton* o plancton permanente, todo su ciclo de vida es planctónico; y *Meroplancton* o plancton temporal, solo en algunas etapas de su ciclo de vida forman parte del plancton (Cifuentes *et al.*, 1997).

## 2.1 LOS DINOFLAGELADOS

La palabra dinoflagelado proviene del griego *dinos* = giratorio; son organismos eucarióticos; unicelulares, pocas veces coloniales; microscópicos y fotosintéticos. Pertenecen al Reino *Protista* y a la División *Pyrrophyta* (del griego *pyrrhos* = color flama). Un dinoflagelado típico presenta dos flagelos, uno enrollado en un surco transversal en el centro de la célula y otro en un surco longitudinal, utilizado para la locomoción. (Spector, 1984 y Solomon *et al.*, 2001). Su forma más frecuente de reproducción es asexual o por mitosis (Llorente y Cereceda, 2001).

Presentan dos estadios en su ciclo vital: *vegetativo o móvil*, en el cual la célula está envuelta en una membrana llamada *amphiesma* que en algunos casos presentan una estructura celulósica llamada *teca*; y otro *quístico o inmóvil*, correspondiente a un cigoto dentro de una envoltura de un material proteínico muy resistente o a una célula que ha perdido su flagelo. (Matsuoka y Fukuyo, 2000 y Llorente & Cereceda, 2001).

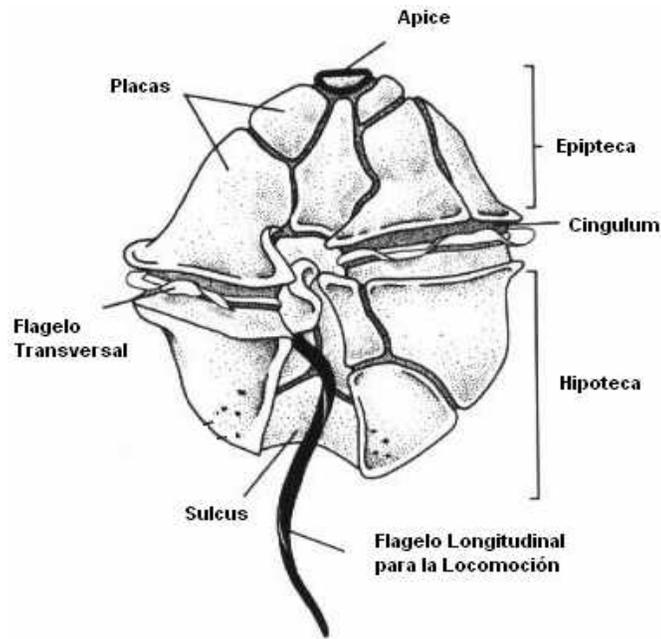
Según Llorente y Cereceda (2001) y Brieba (2003), los dinoflagelados son cosmopolitas, sus características morfológicas y requerimientos nutritivos los hacen exitosos en reproducción y crecimiento, principalmente en aguas tropicales, donde la estabilidad en la columna de agua es mayor y la concentración de nutrientes más baja. Pueden dividirse en dos grupos diferenciados por la presencia o ausencia de placas de celulosa impregnadas de silicatos, en su pared celular o en el *anfiesma*; de acuerdo con esta característica se les denomina *Armados* o *No Armados*.

### **2.1.1 Dinoflagelados No Armados**

Presentan dos regiones una superior o Epicono y una inferior o Hipocono, ambas separadas por el *Cingulum*, surco transversal que rodea a toda la célula y que aloja al Flagelo Transversal. En el hipocono, en posición ventral, se encuentra el *Sulcus*, surco longitudinal que aloja el Flagelo Longitudinal. Por su morfología resulta difícil su preservación, ya que con formalina se destruyen o pierden su forma original.

### **2.1.2 Dinoflagelados Armados**

Estructurados también en dos regiones la Epiteca (superior) e Hipoteca (inferior); ambas separadas por el *Cingulum*, que aloja al flagelo transversal, y en la región ventral de la hipoteca el *Sulcus* que aloja el flagelo longitudinal. Generalmente sus epitecas e hipotecas, presentan prolongaciones denominadas Cuernos ya sean Apicales, en la epiteca o Antapicales en la hipoteca; en algunas especies estos corresponden a espinas. Estas estructuras se utilizan como características taxonómicas; sin embargo, la más importante según Brieba (2003), son las placas celulósicas, que forman parte de la pared; debido a que su forma, número y posición es propia de cada especie (Llorente & Cereceda, 2001) (Figura 1).



**Figura 1:** Estructura de un Dinoflagelado Armado.  
Fuente: <http://cuhwww.upr.clu.edu/~cgarcia/ecologiacostanera/Clase/tema/DIFL-R.JPG>

Fukuyo y Matsuoka (2000), explican que este grupo se caracteriza por el desarrollo de estructuras de supervivencia denominadas **Quiste** o **Cisto**, término que describe a una célula inmóvil que carece de flagelos y capacidad de movimiento; estos se clasifican como: **quiste temporal**, formas celulares no móviles que carecen de flagelos y capacidad de movimiento, a causa de situaciones accidentales o por que acaban de concluir su proceso de división asexual. Y **quiste de resistencia**, que es un **zigoto** perdurable formado durante el proceso de división sexual.

Los dinoquistes pueden formar parte del plancton y flotar a la deriva; sin embargo, en un determinado momento se precipitarán hasta llegar al sedimento marino, donde permanecerán *latentes*; en ocasiones pueden ser transportados lentamente junto con la capa superficial de sedimento fino hacia lugares diferentes. Los quistes permanecerán en el fondo hasta que, por causa de la turbulencia del agua, se ocasione su resuspensión; de encontrarse un ambiente con las condiciones favorables para su desarrollo germinarán. Los dinoquistes en ocasiones se denominan bentos temporal, lo cual es relativo, ya que en pueden permanecen hasta más de seis años en el fondo marino. En el sedimento superficial, se encuentran quistes en dos estados: *Viables*, que pueden germinar al presentarse las condiciones

adecuadas para ello y *Vacíos*, que son los restos de la envoltura de un quiste tras su germinación.

Las paredes celulares de los quistes de los dinoflagelados están compuestas por materiales extremadamente resistentes a la degradación química y biológica (Dale, 2001), están formadas por dos cubiertas o *fragmas*, una orgánica de *esporopolenina* y otra de material calcáreo. La pared orgánica será la que determine las características de resistencia del quiste.

Al finalizar un florecimiento de dinoflagelados, sus quistes se acumulan o depositan en ciertas áreas denominadas “*semilleros*”, donde permanecen latentes como “*población semilla*”, hasta encontrar las condiciones favorables para proliferar en forma masiva (Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998 y Matsuoka y Fukuyo, 2000).

Un género típico de dinoflagelados formadores de verdaderos quistes de resistencia es *Pyrodinium*, caracterizado por desarrollar masivos florecimientos.

## **2.2 *Pyrodinium bahamense* Plate (1906)**

Sinónimos: *Pyrodinium bahamense f. compressum (compressa)* Böhm (1931); *Gonyaulax schilleri* Matzenauer (1933); *Pyrodinium schilleri* (Matzenauer) Schiller (1937) (Balech, 1985; IOC, 2004 y Badylak *et al.*, 2004)

*Pyrodinium* es un género monotípico con dos variedades (Steidinger & Tangen, 1996) de dinoflagelados armados y planctónicos (FWRI, 2004), pertenecientes al Orden ***Gonyaulacales*** (Steidinger & Tangen, 1996; Fukuyo, 2000; Badylak *et al.*, 2004 y IOC, 2004), y a la Familia ***Goniodomataceae*** (Balech, 1985; Steidinger & Tangen, 1996; Fukuyo, 2000 y Badylak *et al.*, 2004).

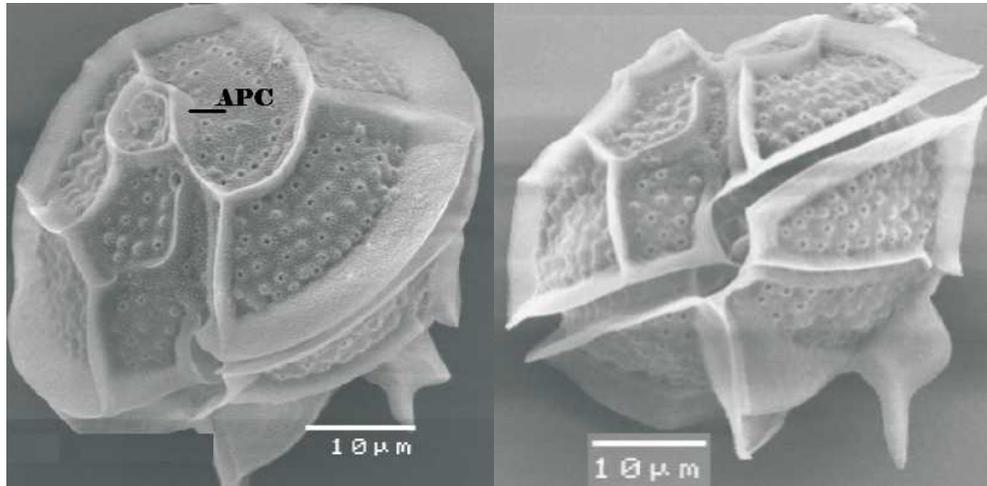
*P. bahamense* se caracteriza por ser una célula angular, de tamaño mediano, en cuya superficie se observan bordes crestados a lo largo de las suturas de las placas, sobresalen en el margen del cingulum y sulcus anchas listas reforzadas por pequeñas proyecciones de las suturas pre y post-cingulares. (Balech, 1985; Cortés

Altamirano y Hernández-Becerril, 1998). Cingulum escavado y desplazado a la izquierda (Taylor *et al.*, 1995). Es una de las pocas especies que presentan un *Complejo del Poro Apical* (APC en inglés), el cual incluye la placa del poro apical, donde se aprecian  $\pm 10$  poros periféricos; un inusual poro apical prominente de forma irregular y un dosel (*canopy*) en forma de coma (Balech, 1985, Dodge, 1985; Faust & Gullledge, 2002 y Badylak *et al.*, 2004). La hipoteca y la epiteca son aproximadamente del mismo tamaño, sin tomar en cuenta el cuerno apical (Balech, 1985). Se presenta como células solitarias o formando cadenas, observándose las distintivas espinas apicales y antapicales en ambos casos (Balech 1985, Steidinger & Tangen, 1996 y Cortés Altamirano y Hernández-Becerril, 1998). Para ambas variedades se reporta el desarrollo de quistes de resistencia (Steidinger & Tangen, 1996) (Figura 2).

La especie *Pyrodinium bahamense* (*Pyro*= fuego y *bahamense*= de las Bahamas) (Hallegraeff & Maclean, 1989), fue descrita originalmente para el lago Waterloo en New Providence Island, Bahamas, por Plate en 1906 (Matsuoka *et al.*, 1989; Taylor & Fukuyo, 1989). Más adelante Böhrn 1931, reconoció una *forma* de esta especie, basándose en especímenes obtenidos del Golfo Pérsico (Balech, 1985). Posteriormente en 1980 Steidinger *et al.*, compararon cuidadosamente células obtenidas de Borneo y Papúa Nueva Guinea, con especímenes de Tampa Bay en EE. UU. y Oyster Bay en Jamaica; descubriendo diferencias morfológicas muy significativas entre ellas (Badylak *et al.*, 2004). Al revisar la taxonomía de la especie se establecieron dos variedades: *P. bahamense var. bahamense* para el Atlántico y *P. bahamense var. compressum* (Böhm) Steidinger, Tester *et* Taylor 1980, para especímenes del Indo P acífico (Steidinger & Tangen, 1996; Badylak *et al.*, 2004, Fukuyo\*, 2007).

---

\* Com. Pers.: *PhD. Yasuwo Fukuyo*, Asian Natural Environmental Science Center, The University of Tokyo



**Figura 2:** Fotomicrografías de *Pyrodinium bahamense* en las cuales se aprecian las características antes descritas. (Fuente: Licea *et al.*, 2007b)

### **2.2.1 *Pyrodinium bahamense* (Plate) var. *compressum* (Böhm) Steidinger, Tester et Taylor, 1980**

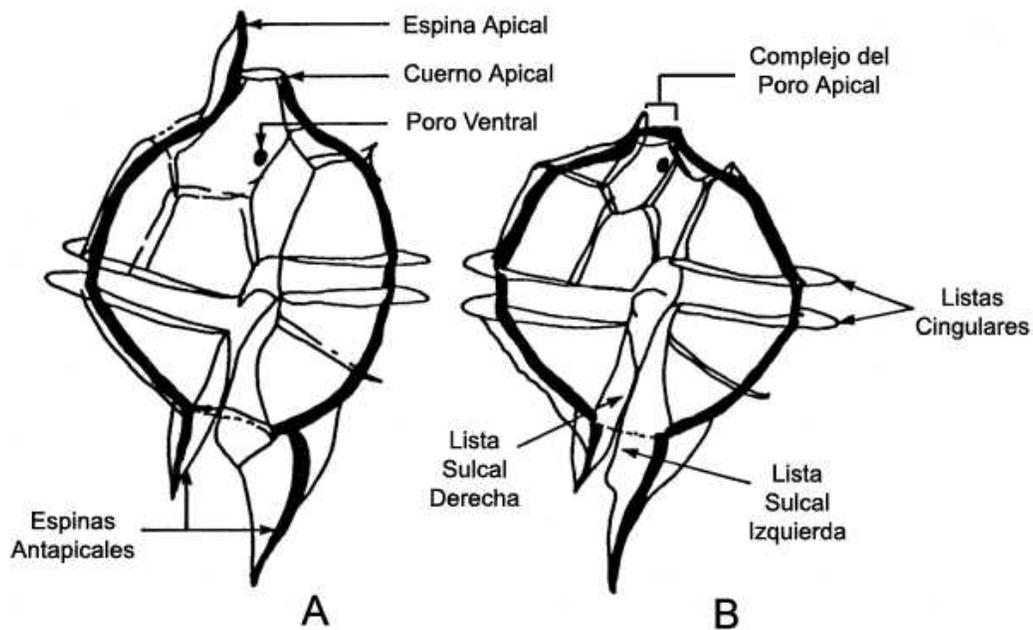
Puede presentarse como células solitarias redondeadas, pero generalmente se encuentra formando cadenas, en las cuales las células se muestran distintivamente aplanadas apical-antapicalmente; la superficie de la teca presenta poros prominentes y se encuentra densamente cubierta por finas y largas espinas, visibles únicamente al Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). Presentan un distintivo poro ventral a la derecha de la unión de la cuarta placa apical. El ápice es un cuerno bajo. Células individuales presentan prominentes espinas posteriores y una pequeña espina antapical; en cadenas intactas, únicamente el primer individuo tiene la inconspicua espina apical y sólo en la última célula se aprecian las espinas antapicales. El cingulum presenta listas bien desarrolladas. La longitud celular es de 33-47  $\mu\text{m}$ . y el transdiámetro de 37-52  $\mu\text{m}$ . (Taylor *et al.*, 1995) (Figura 3).

Por otra parte, la variedad Pacífica *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, puede producir saxitoxinas que se acumulan en mariscos y causan la denominada *Intoxicación Parálitica por consumo de Moluscos* (IPM ó PSP por sus siglas en ingles) (Hallegraeff, & Maclean, 1989); actualmente se sabe que ésta variedad también es bioluminiscente.

### 2.2.2 *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense*

Esta variedad fue esquematizada por primera vez por Steidinger (1990, citada por Taylor *et al.*, 1995); una de sus características es que no forma cadenas largas y todas las células de una población son bruscamente iso-diamétricas, con largas espinas apicales y antapicales con listas (Taylor *et al.*, 1995; Steidinger y Tangen, 1997). Los poros no son tan prominentes como en la var. *compressum*. (Taylor *et al.*, 1995). Longitud celular 33-71 $\mu$ m.; transdiámetro 33-67 $\mu$ m. (Taylor & Fukuyo, 1989). Hasta hace pocos años se creía que esta variedad no era tóxica, recientes estudios realizados en Florida parecen demostrar lo contrario, porque la producción de saxitoxinas coincidió con grandes florecimientos de *P. bahamense* en el mismo lugar y período (Taylor *et al.*, 1995, Landsberg *et al.*, 2002 citado por Badylak *et al.*, 2004; Philips *et al.*, 2004; Philips *et al.*, 2006 y Landsberg *et al.*, 2006) (Figura 3).

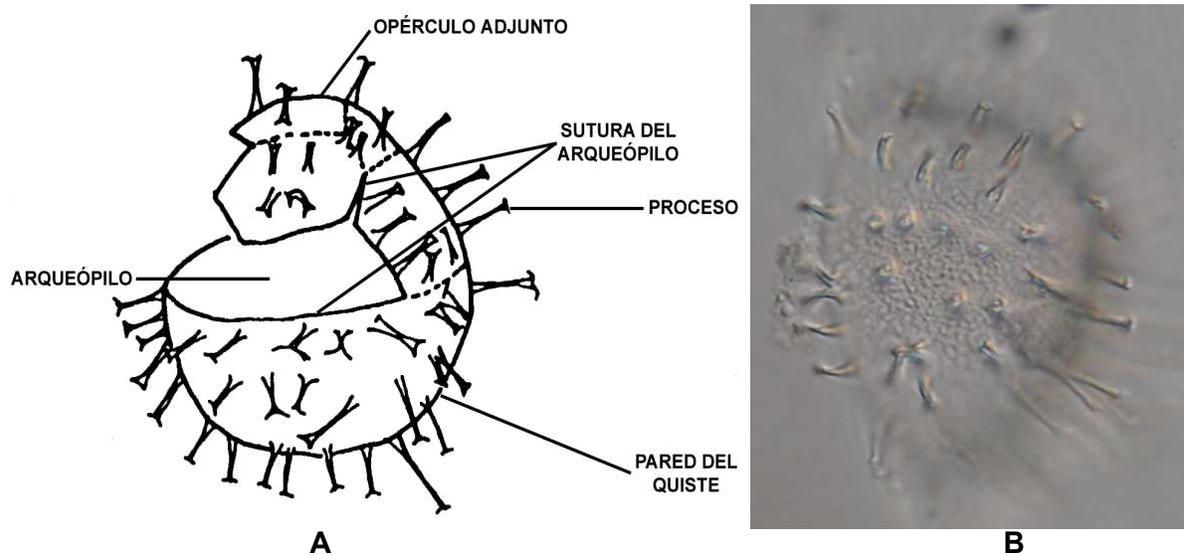
Este dinoflagelado se caracteriza por producir despliegues bioluminiscentes en el agua marina por la noche (FWRI, 2004). Habitando principalmente en el Caribe, la microalga es una gran atracción turística en Bahía Fosforescente, Puerto Rico y en Bahía de las Ostras, Jamaica (Hallegraeff, & Maclean, 1989).



**Figura 3:** Diferencias morfológicas entre las dos variedades de *Pyrodinium bahamense* Plate (1906); basadas en observaciones con el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). A: Especimen típico del Atlántico (var. *bahamense*) B: Especimen típico del Pacífico (var. *compressum*) Fuente: Taylor & Fukuyo, 1989

### 2.2.3 *Polysphaeridium zoharyi* (Rossignol) Bujak, Downie, Eaton et Williams, 1980.

El quiste de la var. *compressum* se denomina *Polysphaeridium zoharyi* (Rossignol) Bujak *et al.* 1980 y su sinónimo es *Hemicystodinium zoharyi* Rossignol 1962; este dinoquiste se caracteriza por poseer una cubierta espinosa con muchos procesos (Taylor *et al.*, 1995 y Matsuoka & Fukuyo, 1995) (Figura 4-A). En general su forma es esférica o semiesférica; con base en la longitud de sus procesos o espinas la forma de su cubierta es “*Chorate*” (procesos cuya longitud es >30% del diámetro total del quiste). Superficie granulada (Figura 4-B). Tamaño intermedio, entre 55-70  $\mu\text{m}$  de diámetro. Pared celular carente de coloración y estructurada en dos capas (perifragma y endofragma). Procesos largos, delgados, de cilíndricos a tubiformes, longitud entre 6-15  $\mu\text{m}$ . (Figura 4). Arqueópilo epicistal (en la región superior); opérculo posición para (rodeado por 6 placas), mostrando suturas adjuntas al arqueópilo (Matsuoka y Fukuyo, 1995).



**Figura 4:** A: esquema del quiste de la var. *compressum* *Polysphaeridium zoharyi* (Matsuoka & Fukuyo, 1995). B: fotomicrografía de la superficie granulada, muestra las finas espinas características de *P. zoharyi*. (cortesía del MSc. Koichiro Mizushima, Nagasaki University)

La var. *bahamense* también produce quistes de forma esférica; con una superficie menos tosca y ornamentada que presentan muchos más proceso, siendo aún más delgados que los del cisto de la var. *compressum*. Sin embargo, las

estructuras de resistencia de las dos variedades de *P. bahamense* no están completamente estudiada ni descritas, hasta la fecha (Matsuoka y Fukuyo, 1995).

#### **2.2.4 Ciclo de vida**

El ciclo vital del *Pyrodinium bahamense* comprende una alternancia entre fases haploide y diploide y la formación de quistes; presenta una fase vegetativa (nadador fitoplanctónico) y una quística (formación de cistos o estructuras de resistencia). Según Anderson (1989), la reproducción dominante en dinoflagelados es la fisión asexual; no obstante, especies capaces de formar quistes de resistencia pueden reproducirse también sexualmente, a través de la fusión de sus gametos en un cigoto (planocigoto) el cual generalmente se transforma en un dinoquiste no motil de gruesas paredes celulares.

Los quistes son muy resistentes a la degradación química, sobreviven largos períodos bajo circunstancias adversas entre los sedimentos marinos; germinando en células vegetativas al mejorar las condiciones ambientales. Sirven como un inóculo iniciador de áreas propicias para florecimientos algales (Anderson, 1989); además, determinan el inicio, permanencia y localización de las proliferaciones de ciertas especies; en el caso de dinoflagelados tóxicos como *P. bahamense*, los cistos pueden ser fuente de toxinas. Por estas razones, es importante elaborar mapas de su distribución (Borja *et al.*, 2000).

Estudios realizados en Port Moresby, sobre las migraciones verticales de *P. bahamense var. compressum*, en la columna de agua, muestran que tienden a subir cerca de la superficie de la mañana al mediodía y a descender entre el mediodía y el atardecer. Los dinoflagelados en general y *P. bahamense* en especial utiliza estas migraciones para evitar ser arrastrados fuera de las bahías. (Maclean, 1989).

#### **2.2.5 Requerimientos**

*Pyrodinium bahamense var. compressum* es una especie nerítica que prefiere aguas bastante salinas, entre 24.7 y 36.8 ppm. y una temperatura del agua entre 24.4° y 32.5° C, lo que demuestra su carácter tropical. Sin embargo la var. *bahamense* se encuentra en aguas templadas, cerca de Florida, con temperaturas

incluso por debajo de 22.2° C, pudiendo sobrevivir también a mayor temperatura, cerca de Jamaica (Maclean, 1989).

### 2.2.6 Distribución

En general *P. bahamense* se encuentra ampliamente distribuido cerca de las zonas costeras tropicales y subtropicales de los Océanos Pacífico y Atlántico. Hallegraeff & Maclean (1989), esquematizaron su rango de ocurrencia (Figura 5) de acuerdo a los reportes de *P. bahamense* hasta 1989.

La var. *compressum* se distribuye principalmente al sudeste de las aguas asiáticas, de Filipinas a Nueva Guinea, incluyendo Palau, las Islas Solomon, Halmahera, Sabah, Borneo y también el norte del Océano Indico, Mar Rojo. (Taylor *et al.*, 1995). En el Océano Pacífico, se ha reportado en la costa Mesoamericana a partir de los 80's (CENDEPESCA, 1989, 2001-2002, 2005-2006; Mata *et al.*, 1990; Cortés-Altamirano, *et al.*, 1993; Vargas-Montero y Freer, 2003; Barraza *et al.*, 2004 y Licea *et al.*, 2007a). Mientras que la var. *bahamense* ocurre en la porción tropical oeste del Océano Atlántico. (Taylor *et al.*, 1995).

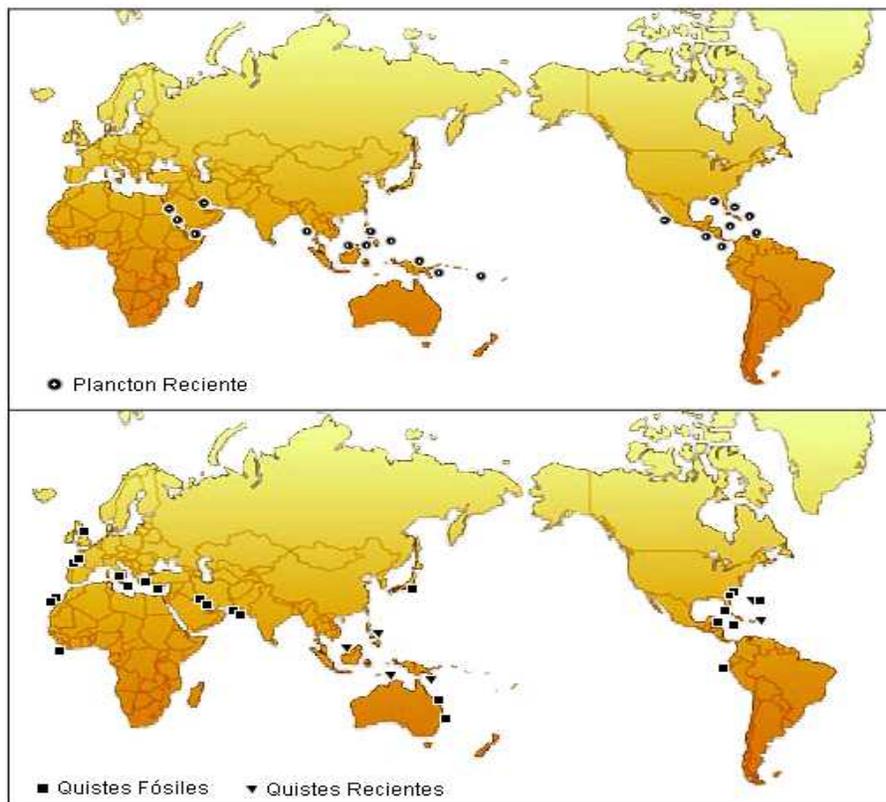


Figura 5: Distribución de *P. bahamense* a nivel mundial de acuerdo con Hallegraeff & Maclean (1989).

### **2.2.7 Efectos tóxicos**

Las primeras implicaciones dañinas de un florecimiento de *P. bahamense* se reportaron en 1972, en Papúa, Nueva Guinea. Las coloraciones pardo-rojizas del agua coincidieron con la muerte de 2 niños; con base a posteriores bioensayos ratón, se estableció a *P. bahamense var. compressum* como una especie fuente de PSP. Desde entonces se han presentaron fenómenos tóxicos en Borneo, Sabah, Filipinas, etc. Inesperadamente en 1987, se comenzaron a presentar en el Pacífico Centroamericano frente a las costas de Guatemala, donde 187 personas fueron hospitalizadas y 26 fallecieron (Hallegraeff & Maclean, 1989).

Desde su descubrimiento como alga tóxica, para 1989 ya se le responsabilizaba de más de 1000 intoxicaciones y 60 muertes, producto del consumo de moluscos o peces contaminados con sus toxinas. Desafortunadamente, las naciones afectadas en gran medida dependen de la extracción o cultivo de alimentos marinos como fuente de proteínas e ingresos; a esto se suma su poca experiencia previa y la falta de estudios sobre estos fenómenos (Hallegraeff, & Maclean, 1989).

Según el *Marine Science Institute, University of the Philippines*, actualmente, *P. bahamense* es el dinoflagelado responsable de los mayores problemas económicos y de salud en el sureste de Asia, donde hace mas de 30 años sufren sus efectos; asimismo, en el Pacífico Mesoamericano, desde su primera aparición hace 20 años, ha sido el principal responsable de intoxicación y muerte por saxitoxinas.

## **2.3 FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS (FAN)**

A las proliferación de microalgas (tóxicas o no), se les ha denominado de muchas formas, siendo los nombres más comunes “red tide” (países angloparlantes) y “marea roja” (países latinos); independientemente del nombre que reciba, es un fenómeno natural caracterizado por un aumento descontrolado en la concentración de ciertos microorganismos planctónicos, generalmente microalgas como dinoflagelados o diatomeas (Suárez *et al.*, 2002)

En términos científicos, a este fenómeno se le conoce como Proliferación (Ochoa et al, 2003), Florecimiento, Floraciones Algales o *Blooms* (Gutiérrez, 1987; Cortés y Páez-Osuna, 1998; Suárez et al., 2002; Cortés-Altamirano y Licea, 2004); en ocasiones este fenómeno se identifica por variar la coloración el agua, generalmente a tonalidades rojizas, de allí el nombre de “marea roja”; sin embargo los especialistas sugieren denominarles *Alocromías* (Ochoa et al., 2003), *Decoloraciones* o *Discoloraciones* (Gutiérrez, 1987; Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998; Suárez et al., 2002; Cortés-Altamirano y Licea, 2004).

El cambio en el color del agua se debe a los pigmentos fotosintéticos que poseen los microorganismos, los cuales pueden ser: rojos, rosados, amarillos, anaranjados, verdes, cafés o combinaciones de éstos; variando con relación a la/s especie/s dominante/s (Gutiérrez, 1987; Suárez et al., 2002). Esta “tinción” depende también de la concentración del organismo involucrado y la profundidad a la que se distribuye, por lo que en ocasiones no son visibles; la ausencia de alocromía ha sido una de las características de eventos severamente tóxicos en diferentes zonas a nivel mundial; dado que las “*mareas rojas*” no siempre son rojas, en la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (Hallegraeff et al., 1995) se acordó denominarlas Floraciones Algales Nocivas o FAN (traducción del inglés HAB o Harmful Algal Blooms). (Suárez et al., 2002; Cortés-Altamirano y Licea, 2004).

No todas las especies de microorganismos que ocasionan florecimientos algales, producen toxinas peligrosas para la salud humana o para otros organismos marinos. (Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998; Córdova, 1999 citado por Peña, 1999). En términos generales los FAN son beneficiosos, puesto que las microalgas son el alimento de muchos organismos marinos; solamente alrededor de 40 especies producen sustancias tóxicas, siendo más de 2000 especies identificadas a la fecha (Suárez et al., 2002).

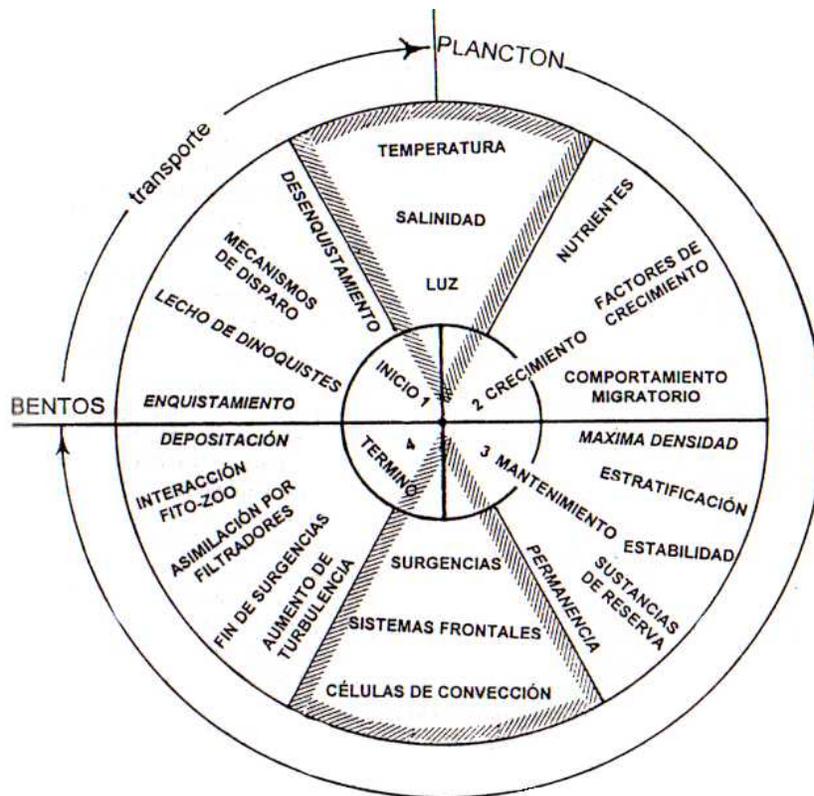
Los FAN se caracterizan por sus efectos tóxicos y por ser fenómenos aperiódicos e impredecibles, que pueden durar días, semanas e incluso meses (Suárez et al., 2002); sin embargo, en algunos sectores pueden presentarse

periódicamente y en otros en forma ocasional (Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998; Córdova, 1999 citado por Peña, 1999).

Las poblaciones algales viven en equilibrio con su medio ambiente, es decir, que son influenciadas por los factores abióticos (físicos y químicos) como por los bióticos; la estabilidad de esta relación permite que una población se mantenga controlada. Cuando un factor físico como la temperatura, el viento, la luz o la acidez del agua (pH); al igual que un factor químico como las concentraciones de nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos y sulfatos) varían bruscamente, pueden estimular la proliferación desmedida de una especie determinada. Los ciclos de reproducción del fitoplancton son cortos (entre 6–17 horas) y mientras el factor promotor que ha variado continúe igual, la multiplicación se seguirá dando, ocasionando alzas en la cantidad de células por litro, que por lo común alcanzan rápidamente entre 300,000 y 1,000,000 Cél./L., cantidad suficiente para variar el color del agua. Un disturbio ecológico de este tipo, no desaparece momentáneamente, pues cuando un especie va decreciendo, otra puede aumentar fácilmente; dando como resultado una “*sucesión de especies*”; el fenómeno tiende a desaparecer lentamente, conforme se recupera el equilibrio ecológico (Gutiérrez, 1987).

### **2.3.1 DINÁMICA DE LOS FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS.**

Esta dinámica se conceptualizó, con base a los sucesos comunes en la mayoría de los FAN, en un modelo que integra los diferentes elementos que influyen de manera coadyuvante en el desarrollo de estos fenómenos, en cuatro fases cíclicas: **iniciación, crecimiento, mantenimiento y finalización** (Steidinger, 1975-1983 y Steidinger & Vargo, 1988; citados por Cortés-Altamirano y Paéz-Osuna, 1998) (Figura 6).



**Figura 6:** Dinámica de las mareas rojas. Círculo central etapas del desarrollo; círculo mediano factores fisicoquímicos involucrados; en cursivas procesos que afectan. Círculo externo paso de la región bentónica a la planctónica. Las zonas asuradas representan los factores que afectan a determinadas etapas del desarrollo. (Fuente: Cortés-Altamirano y Páez-Osuna 1998)

**Fase de Iniciación:** implica la existencia de un “lecho de quistes” de resistencia en el lecho marino; esta fase requiere de la presencia de ciertos elementos y sustancias que actúen como disparadores (Fe, Mn y vitamina B<sub>12</sub>), aunque su acción no se conoce bien hasta la fecha (Ingle, 1971; Wells *et al.*, 1991; citados por Cortés-Altamirano y Paéz-Osuna, 1998)

**Fase de Crecimiento:** implica que la población mantenga un crecimiento constante, para lo cual necesita de la división asexual, adaptaciones a la luz y la disponibilidad de los nutrientes básicos. Debe considerarse que la tasa de crecimiento es “normal”, si se da una división al día en la especie dominante. Entre los factores ambientales, la temperatura, salinidad e intensidad luminosa se consideran importantes en estas dos primeras fases para sustentar el florecimiento algal.

**Fase de Mantenimiento:** es la más conocida por ser la única visible del fenómeno. En ella se alcanza la máxima densidad de la especie dominante del florecimiento. En este momento se presenta una competencia intraespecífica, en la que la especie mejor adaptada será la que logre imponer su dominancia. Discontinuidades de temperatura o barreras salinas, pueden restringir, concentrar, mantener o transportar poblaciones de microalgas tal y como ocurre en el caso de dinoflagelados. Así mismo las fuerzas de deslizamiento en estas fronteras, frentes y surgencias son factores importantes para mantener las poblaciones concentradas, así como el suministro de nutrientes del fondo.

**Fase de Terminación:** esta etapa posiblemente se debe al efecto directo del aumento de la turbulencia sobre el crecimiento celular. Es la menos conocida y parece ser que los mismos factores físicos que la concentran también la disipan. Otras evidencias no descartan el pastoreo y obviamente la asimilación por moluscos bivalvos filtradores. En esta etapa se produce el enquistamiento, influenciado por los factores adversos como una consecuencia adaptativa de su ciclo de vida; posteriormente inicia la deposición de dinoquistes (en el caso de dinoflagelados) que van al fondo para formar un reciente “*lecho de quistes*” latentes y de resistencia con los cuales iniciar en un futuro un nuevo Florecimiento Algal (Cortés-Altamirano y Paéz-Osuna, 1998).

Esta capacidad de *enquistamiento* y *exquistamiento*, es la que le confiere un carácter cíclico a los FAN (Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998; Matsuoka y Fukuyo, 2000).

### **2.3.2 CAUSAS DE LOS FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS**

Como fenómenos naturales los FAN han ocurrido históricamente, sin embargo en las últimas dos décadas han incrementado su frecuencia, intensidad y distribución geográfica; responsabilizándose de ello a la eutroficación de las regiones y ambientes marino-costeros, ocasionada por el ser humano. Los efectos de la eutrofización conllevan incremento en la producción de fitoplancton, desarrollo masivo de la comunidad microalgal y aumento en la frecuencia de FAN visibles o no

(Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998). Sin embargo, las causas de estos fenómenos aún no se han determinado con exactitud debido a que éstas varían según la región geográfica (Suárez *et al.*, 2002).

Para el desarrollo y comportamiento de los FAN interactúan en el medio marino los factores *Biológicos*, siendo el más importante la presencia de una población "semilla" (quistes) de los organismos fitoplanctónicos; *Ambientales* (físicoquímicos), como el aporte de nutrientes desde la atmósfera y a través de la descarga de aguas continentales, además de los movimientos (circulación) del agua, cambios en la temperatura, aumentos en la radiación solar, o una combinación ellos; y *Antropogénicos*, entre los que destaca la contaminación orgánica del mar, que incrementa anormalmente la cantidad de los principales nutrientes (nitrógeno y fósforo), generando condiciones de eutrofización ideales para la reproducción del fitoplancton (Suárez *et al.*, 2002; SEMARNAT, 2006).

### **2.3.3 EFECTOS DE LOS FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS**

El aumento poblacional de las diferentes especies del fitoplancton, como los dinoflagelados, puede llevar al agotamiento de los nutrientes disponibles en el agua marina; así como también, a disminuir la penetración de la radiación solar y la disponibilidad de oxígeno disuelto (ya que este último se utiliza para descomponer los restos del fitoplancton), de forma tal que otros organismos mueren asfixiados (Tait, 1987 y Suárez *et al.*, 2002).

Por otra parte, animales filtradores como moluscos bivalvos (almejas, mejillones y ostras), otros moluscos, crustáceos y peces, terminan acumulando grandes cantidades de microalgas y por consiguiente biotoxinas en sus glándulas digestivas y/o tejidos, a consecuencia de la continua filtración del plancton tóxico. Dichas toxinas permanecen en ellos por largos períodos hasta ser depuradas por su organismo (Armero, 2002 y Barraza *et al.*, 2004).

En general las toxinas del fitoplancton causan mortalidad en peces y toxicidad en los moluscos, así como envenenamiento o la muerte en humanos, mamíferos

marinos (delfines, manatíes, ballenas), aves marinas (pelícanos y cormoranes), reptiles marinos (tortugas) y peces. (SEMARNAT, 1999 y Suárez *et al.*, 2002).

Los mariscos afectados directamente por los FAN, no sufren ningún tipo de alteración en sus características físicas ni organolépticas, de manera tal que a "simple vista" no es posible detectar su toxicidad (Armero, 2002). Por otro lado, la eliminación de las toxinas es lenta, por lo que puede permanecer en el tejido animal desde meses hasta años, sobre todo en lugares con temperaturas bajas donde la capacidad metabólica se reduce (Suárez *et al.*, 2002).

Las biotoxinas del fitoplancton degradan la calidad ambiental afectando a la flora y fauna; inciden también en la salud y la prosperidad de las pesquerías, afectando específicamente la extracción de cualquier tipo de marisco (Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998); y cuando se reporta un FAN en un sitio específico se procede a establecer vedas sobre la extracción y comercialización de las especies afectadas (SEMARNAT, 2006), ocasionando serias repercusiones sobre los sectores sociales que los utilizan, extraen y comercializan, desestabilizando su economía.

#### **2.3.4 FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS EN EL SALVADOR**

Desde el siglo XIX se han realizado múltiples investigaciones enfocadas a los organismos que integran el fitoplancton; gracias a ellas se determinó que el principal grupo de microalgas, responsables de muchos FAN a nivel mundial, lo constituyen los dinoflagelados. Steidinger & Badem (1984), afirman que al menos 21 especies del grupo provocan florecimientos tóxicos masivos; entre estos destacan los géneros *Gymnodinium*, *Gonyaulax*, *Alexandrium* y *Pyrodinium*. Steidinger (1973, citado por Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998) menciona que sólo 8 de ellas son bentónicas; según Mata *et al.* (1990), *Gymnodinium*, *Alexandrium* y *Pyrodinium* son los principales géneros responsables de FAN en las costas tropicales y se han asociado con *Intoxicaciones Paralíticas por consumo de Moluscos* (IPM).

En la Costa Pacífica Mesoamericana, se han reportado FAN desde Mazatlán, México hasta Panamá; los registros indican que entre el año 1976 y el 2001, se desarrollaron 24 FAN en este sector, 13 de ellos presuntamente causados por *P.*

*bahamense* var. *compressum*; dos de los cuales se han desarrollado frente a la costa salvadoreña (Hernández-Becerril y Almazán-Becerril, 2004).

El primer FAN, dominado por *P. bahamense* var. *compressum*, en la región Centroamericana ocurrió frente a la costa Pacífica de Guatemala en 1987, pese a que la especie se había reportado para el istmo desde 1942. A partir de este suceso se han reportado FAN durante la transición de época lluviosa a seca a lo largo de la costa Pacífica Mesoamericana (De La Garza, 1983; Rosales-Loessener *et al.*, 1989; Saldade *et al.*, 1991; Colmenares y Barradas-Sánchez, 1996; citados por Hernández-Becerril y Almazán-Becerril, 2004).

Las primeras IPM registradas en el país fueron en 1988, con 15 intoxicados; el “brote” fue precedido por alocromía del agua costera acompañada de un olor fétido (CENDEPESCA, 1990). El primer FAN reportado en aguas salvadoreñas fue en noviembre de 1989, frente a la costa del Departamento de La Libertad, específicamente en la desembocadura del Río La Perla; reportándose 3 muertes y cerca de 100 intoxicados por IPM (Cortés-Altamirano *et al.*, 1993 y Barraza *et al.*, 2004). Este evento se originó frente a la costa pacífica guatemalteca, donde causó 4 muertes; se extendió hasta Panamá y al sudeste de México, dejando 99 intoxicados y 3 muertes (Cortés-Altamirano *et al.*, 1993).

Con base a los datos proporcionados por la *Food and Drug Administration* (FDA) y los obtenidos para México, Guatemala, Nicaragua y Costa Rica del análisis de muestras de agua de mar, que establecían valores de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* arriba del 80% de la composición total de las muestras, se infirió que el FAN de 1989 frente a la costa salvadoreña habría sido causado por este dinoflagelado (Cortés-Altamirano *et al.*, 1993; Armero, 2002 y Ghiringhello, 2006\*).

En 1990 se capacita personal salvadoreño en la realización de *Bioensayo ratón* para monitorear las concentraciones de saxitoxinas en moluscos bivalvos.

---

\* Com. Pers.: Dr. Santiago Ghiringhello, Gerente de Salud Ambiental, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS).

Desde 1992, el Laboratorio de Bromatología del MSPAS, ha monitoreado las concentraciones de saxitoxinas en moluscos. (Ghiringhello, 2006\*).

Entre 1989 y 1993 equipos técnico-científicos integrados por miembros del MSPAS y el Centro para el Desarrollo Pesquero (CENDEPESCA), elaboraron una propuesta integral con las acciones a desarrollar ante un FAN, la cual incluía: determinación de la composición florística fitoplanctónica, conteos celulares, determinación de concentraciones de nutrientes en agua marina, análisis de sedimentos marinos, ostricultivos experimentales y educación a pescadores (CENDEPESCA, s. a.); lamentablemente estas actividades no pudieron ser concretadas.

Entre 1992 y 2001 el único florecimiento algal registrado fue entre marzo y abril de 1997, durante la transición de estación seca a lluviosa; se focalizó frente al Departamento de La Libertad y tornó marrón el océano (Barraza *et al.*, 2004). Los análisis demostraron que este fenómeno no fue tóxico (Ghiringhello, 2006\*; Valencia – Villatoro, 2002).

Con el monitoreo de las concentraciones de saxitoxinas en moluscos, procedentes de los Departamentos de Ahuachapán, La Libertad y La Unión, se detectó en agosto de 2001 el FAN que afectaría seriamente la región costera del Departamento de La Libertad (Playas: Mizata, Shutía, El Sunzal, El Tunco y La Libertad). Dicho evento se originó frente a la costa guatemalteca cerca del Departamento de Ahuachapán y se extendió en dirección sur hasta Costa Rica y al norte frente a la costa del Estado de Guerrero en México. (Armero, 2002; Hernández-Becerril y Almazán-Becerril, 2004). Este FAN perduró hasta enero de 2002 y dejó 41 intoxicados (Barraza *et al.*, 2004 y Armero, 2002).

En respuesta al evento de 2001-2002, se establecieron siete sitios de monitoreo para *saxitoxinas* en moluscos, llamados “sitios centinelas”, estudiándose “ostras”, “almejas” y “conchas” (Armero, 2002; Ghiringhello, 2006<sup>l</sup>). Instaurándose una veda nacional para la recolección, comercio y consumo de moluscos, focalizada en los Departamentos de Sonsonate y La Libertad. En enero de 2002, la veda permaneció sólo para el Departamento de La Libertad. Los últimos sitios donde

---

\* Com. Pers.: Dr. Santiago Ghiringhello, Gerente de Salud Ambiental, MSPAS.

permaneció vedado el consumo de moluscos fueron las playas: *Mizata*, *Shutía* y *El Zonte*, levantándose la restricción la primera semana del mes de febrero de 2002. Nuevamente se especuló que *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* pudiera haber estado involucrado en el FAN 2001-2002, dado que los intoxicados presentaron cuadros de IPM (Ghiringhello,<sup>1</sup> 2006).

En diciembre de 2001 se creó la *Comisión Nacional de Marea Roja* (CONAMAR) conforme al decreto N° 225, integrada por representantes de CENDEPESCA-MAG, MSPAS y Patrimonio Natural del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y contaría con el apoyo de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador (Valencia – Villatoro, 2002). Lográndose la sistematización del monitoreo de saxitoxinas en moluscos bivalvos, el cual se mantiene hasta la fecha (Anexo 1).

En el 2004 las autoridades de salud registraron otro florecimiento algal, el cual a pesar de ocasionar cambios en el color del agua, no resultó ser un fenómeno tóxico (Ghiringhello, 2006\*).

El último FAN registrado para el país, se originó frente a la costa pacífica de Nicaragua y se extendió hasta El Salvador en noviembre de 2005. Los niveles de toxicidad en moluscos superaron en 50 veces el límite permisible para el consumo inocuo (400 U.R./100g.), con valores superiores a 20,000 U.R./100g.; las máximas concentraciones de toxinas se registraron durante el mes de noviembre, en las muestras procedentes de la Playa Taquillo (MSPAS, 2005). Nuevamente se estableció una veda a nivel nacional para el consumo de moluscos, la cual permaneció hasta marzo de 2006 (Salaverría<sup>▼</sup>, 2006). El motivo de la prolongada restricción fueron los altos niveles de toxina que se mantuvieron sobre todo en muestras provenientes del Departamento de La Libertad (MSPAS, 2005). El fenómeno dejó 33 intoxicados y 1 fallecido (Salaverría<sup>▼</sup>, 2006).

---

\* Com. Pers.: *Dr. Santiago Ghiringhello*, Gerente de Salud Ambiental, MSPAS.

▼ Com. Pers.: *Lic. Sonia Salaverría*, Departamento de Pesquerías Centro para el Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA).

Durante el FAN 2005-2006, fue la primera vez que se analizaron muestras de agua y moluscos además de efectuarse conteos celulares, identificándose con precisión a *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (White, 2006, inédito; y Licea *et al.*, 2007a en prensa) como el responsable de la proliferación algal tóxica; esta especie produce *Saxitoxina*, una de las toxinas más efectivas entre los dinoflagelados tóxicos y causante de IPM (Armero, 2002 y White, 2006 inédito). Los análisis fueron realizados por el Instituto de Ciencias del Mar y limnología de El Salvador (ICMARES-UES) con el apoyo de especialistas del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) y el Instituto Nacional de la Pesca (INP) de México. La causa del florecimiento fue explicada, por cambios en la temperatura del agua (White, 2006 Inédito y Licea *et al.*, 2007a en prensa).

### III. METODOLOGÍA

Con el propósito de conocer la abundancia y distribución de *P. bahamense* sobre la plataforma marina somera del *Departamento de La Libertad*, se delimitó un área de trabajo de 23.5 Km lineales de su franja costera; dentro de la cual se establecieron tres sitios representativos de muestreo, tal como se explica a continuación.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El *Departamento de La Libertad* posee una extensión de 1,652.88 Km<sup>2</sup>. Limita al norte con *Chalatenango*; al este con *San Salvador*; al sur con el océano Pacífico; y al oeste con *Santa Ana* y *Sonsonate* (CORSAUR, 2004). Presenta un paisaje costero muy característico dominado por farallones y acantilados, donde es posible observar las típicas costas de hundimiento, playas de cantos rodados, plataformas rocosas y numerosas playas arenosas, las cuales sobresalen por sus arenas negras producto de la erosión del lecho rocoso basáltico y de los farallones costeros aledaños, así como de los aportes terrígenos de limo efectuados por los ríos. (Menjívar, 2003).

El área de estudio comprendió tres sitios dentro del litoral de *La Libertad* (figura 7), siendo éstos los siguientes:

1. **Playa El Sunzal**, perteneciente al Municipio de *Tamanique*, se encuentra a 40 Km. al sur de *San Salvador*, y a 10 Km. del Puerto de *La Libertad*; en las coordenadas geográficas: LN 13° 29' 33'' LO 89° 23' 31''.
2. **Playa Taquillo**, Municipalidad de *Chiltiupán*, asentada en las inmediaciones de la bocana del río de *Taquillo*. Se ubica en las coordenadas geográficas: LN 13° 29' 42'' y LO 89° 28' 51''.
3. **Playa Mizata**, territorio del Municipio de *Teotepeque*, ubicada hacia el ángulo suroeste del departamento de La Libertad; a una distancia de 66 Km. de Nueva San Salvador, en las coordenadas geográficas: LN 13° 31' 43'' y LO 89° 35' 14'' (Buró de Convenciones de El Salvador, 2004).

Los lugares seleccionados, para colectar las muestras, debieron cumplir los siguientes criterios básicos:

- Cercanía a los recursos que se desea proteger, para minimizar el impacto de los FAN sobre la población local (Anderson *et al.*, 2001).
- Representatividad para el análisis de la residualidad de dichos fenómenos en El Salvador de acuerdo a sus antecedentes, lo cual se encuentra ligado a:
- Su anterior elección como sitios centinelas del proyecto de vigilancia que ejecuta el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), para monitoreo toxicológico en moluscos bivalvos (CENDEPESCA, 1990; MSPAS, 2002 y Barraza *et al.*, 2004).
- Accesibilidad de los lugares y viabilidad para realizar muestreos.

Cada una de las estaciones de muestreo fue georreferenciada utilizando un Geo-Posicionador Satelital (GPS) básico, estandarizándose así los puntos de muestreo, asegurándose que todos contaran con: Una profundidad máxima de 10 m, para garantizar la correcta extracción de los sedimentos marinos de acuerdo con el protocolo empleado (Namba *et al.*, 1998; Matsuoka y Fukuyo, 2000); proximidad con una vertiente de agua dulce, donde la deposición de materiales hacia el fondo es acelerada facilitando la acumulación de material fino (Anderson *et al.*, 1995), y una distancia desde la línea de costa no mayor de 1 Milla Náutica (1.8 Km.). Así las estaciones para recolección de muestras se delimitaron de la siguiente manera:

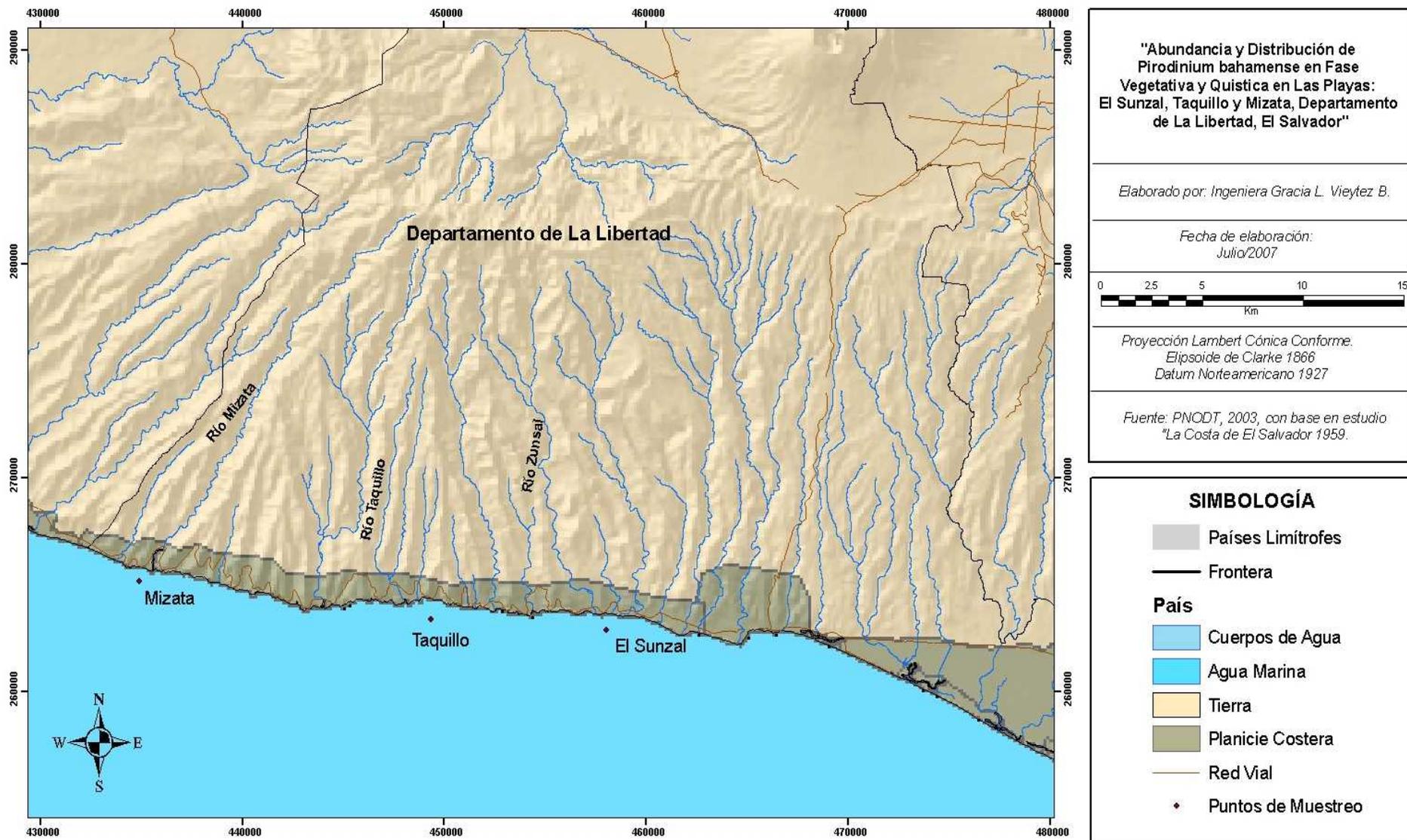
- **Estación 1: Mizata.** Se ubicó al sureste del Río de Mizata, fijando su posición entre los N 13° 30' 32.3" y O 89° 36' 07.9"

- **Estación 2: Taquillo.** Hacia el sureste del Río de Taquillo, frente al Área Natural Protegida de la localidad en el punto N 13° 29' 37.6" y O 89° 28' 07.8"

- **Estación 3: El Sunzal.** Frente al río del mismo nombre, se ubicó en el punto situado N 13° 29' 10.3" y O 89° 23' 27.6" (Figura 8).



**Figura 7:** Mapa del Departamento de La Libertad. Área de estudio comprendida entre las playas de Mizata y El Sunzal, señalados en rojo los sitios de muestreo. Modificación de la figura publicada en el Almanaque de Mapas, Escudos y Datos de los Departamentos de El Salvador, (s. a.); y Mapa de El Salvador de la Human Rights Watch HRW, 2007.



**Figura 8:** El mapa muestra la ubicación exacta de las estaciones de muestreo georreferenciadas. Es posible apreciar la cercanía de éstas con la zona costera del Departamento de Libertad y las desembocaduras de los ríos.

### 3.2 SISTEMÁTICA DE TRABAJO

El desarrollo del estudio se dividió en dos etapas complementarias: una fase *de campo* que representó la obtención de muestras y medición de parámetros ambientales; y una *fase de laboratorio*, que incluyó la manipulación y el procesamiento de las muestras. Los datos generados se procesaron con estadísticos descriptivos simples, para ser analizados.

#### 3.2.1 FASE DE CAMPO

El trabajo de campo requirió 11 viajes al área de estudio, el primero de ellos se llevó a cabo en Marzo de 2006, con el propósito de determinar el área de trabajo y los sitios en donde se establecerían las estaciones de muestreo.

Los siguientes diez viajes integraron el *período de muestreo*, que se realizó en un lapso de 5 meses con visitas al área de estudio a intervalos de 15 días, como sugieren Cortés-Lara *et al.* (2004); iniciando en septiembre de 2006 y finalizando en enero de 2007, cubriendo así, la transición entre las estaciones lluviosa y seca.

#### **Muestreos:**

Para llegar a los sitios de muestreo se utilizó una lancha con motor fuera de borda. Todos los muestreos se realizaron por la mañana, entre las 7:00 y 11:00 a.m., tomándose en cada uno de ellos dos tipos de muestras por estación:

1. **Muestra Cualitativa:** Utilizada para determinar la presencia o ausencia de *P. bahamense* en estado vegetativo en cada sitio. Se colectó empleando una red de fitoplancton con luz de malla de 20 micrones (Fig. 9), eficiente para muestreos cualitativos (Anderson *et al.*, 2001; Vargas-Montero y Freer, 2004 a); los arrastres efectuados fueron sub-superficiales, a 2 m. de profundidad, describiendo un patrón circular; con el motor sostenido al mínimo y velocidad constante (0,5 nudos aproximadamente) durante 5 minutos, tiempo establecido con base a la turbidez y condiciones ambientales al momento del muestreo (Ferrario, Sar y Sala, 1995).



**Fig. 9:** Uso de la red de fitoplancton para coleccionar muestras cualitativas.

2. **Muestra *Cuantitativa*:** Necesaria para efectuar cuantificaciones celulares y determinar la abundancia de *P. bahamense* en fase vegetativa. Estas se coleccionaron utilizando una botella muestreadora tipo Van Dorn con capacidad de 500 ml. (Fig. 10); la cual se sumergía a una profundidad de 5 m. permitiendo tomar una *muestra cuali-cuantitativamente representativa* de la *zona fótica* (Ferrario, Sar y Sala, 1995). El proceso implicaba tres repeticiones por estación de muestreo, el agua obtenida durante cada una de las repeticiones se almacenaba y mezclaba, tomándose del consolidado un volumen de 1000 ml como muestra integral del sitio. Técnica sugerida y utilizada por Cortés-Altamirano *et al.* (1998) y Anderson *et al.* (2001); puesto que permite coleccionar volúmenes de agua representativos de la distribución de los organismos fitoplanctónicos, de acuerdo con la profundidad de interés.



**Fig. 10:** Colecta de muestras utilizando una botella muestreadora tipo Van Dorm

Para determinar la presencia de quistes de *P. bahamense* en la zona, se colectaron en adición a las muestras fitoplanctónicas, muestras de los sedimentos marinos de cada estación de muestreo:

3. **Muestras de Sedimentos:** Permiten documentar la presencia de dinoquistes o las variaciones en las comunidades de los mismos (Matsuoka y Fukuyo, 2000). Las muestras se obtuvieron en los sitios descritos anteriormente, utilizando un *nucleador* o *tubo saca testigo simple* que opera bajo el principio de gravedad (Fig.11); este tipo de instrumento resultó ser el más adecuado para capturar la capa de sedimentos superficiales, que contiene los quistes recientes (Boltovskoy, 1995; Namba *et al.*, 1998; y Matsuoka y Fukuyo, 2000), especialmente por las condiciones determinadas en el área de estudio, donde la visibilidad es escasa a lo largo de la columna de agua; se presentan corrientes de fondo y existen numerosas salientes rocosas; que dificultan y vuelven riesgosa la extracción manual de sedimento.

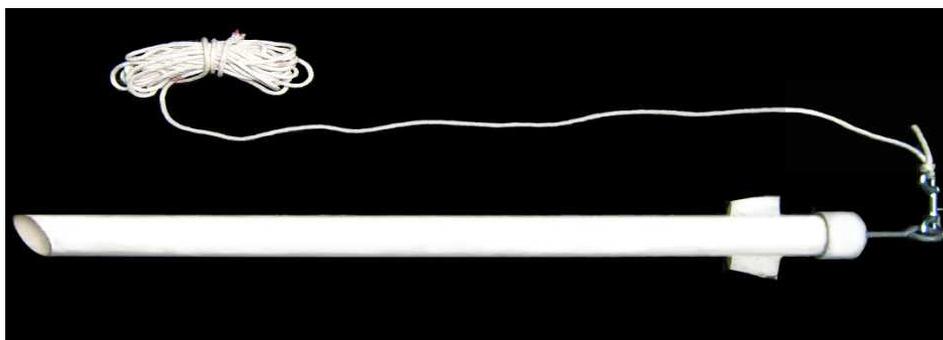


Fig. 11: Nucleador utilizado para colectar las muestras de sedimentos superficiales (Anexo 2-B)

El nucleador utilizado en el presente estudio, se construyó modificando el diseño desarrollado por el Laboratorio de Oceanografía Pesquera de la Universidad de Tokio (Anderson *et al.*, 1995), con dimensiones de 1 m de longitud y 5 cm de diámetro interior (Namba *et al.*, 1998) (Anexo 2 A y B). Con este instrumento se extrajo sedimento mediante tres repeticiones sucesivas que se consolidaban en una sola muestra; el material así colectado se almacenaba dentro de frascos plásticos de 4 Oz. (Onzas) fluidas de capacidad.

Una vez tomadas las muestras, se rotularon y etiquetaron adecuadamente; anotándose los códigos y transcritos de las etiquetas en las fichas de campo correspondientes.

### ***Preservación de las muestras***

Los frascos dentro de los que se depositaban las muestras de fitoplancton (cualitativas y cuantitativas) se llevaban al campo conteniendo el preservante respectivo, según el tipo de muestra; de este modo se garantiza una fijación casi instantánea, con menor probabilidad de deformaciones o desintegración de los materiales más sensibles (Boltovskoy, 1995), evitándose al mismo tiempo la interacción con el zooplancton (Licea, 2007<sup>\*\*</sup>). Sin embargo, para las muestras de sedimento fue preferible llevar el preservante al campo y suministrarlo hasta después de colectada la muestra.

Las *muestras cualitativas* de fitoplancton se preservaron con 3 ml. de Lugol (Cortés-Lara *et al.*, 2004; García-Hansen *et al.*, 2004; Andreu y Camacho, 2002), con el objetivo de colorear y conservar en buen estado las estructuras delicadas como flagelos, para facilitar la identificación posterior de los organismos. (Vargas – Montero y Freer, 2004 a; Vargas –Montero y Freer, 2004 b). Dado que el lugol es susceptible de alterarse por acción de la luz, se emplearon frascos color ámbar para depositar las muestras (Boltovskoy, 1995).

Las muestras para análisis cuantitativo de *P. bahamense* se preservaron al 5% de formalina; preservante eficaz que conserva las estructuras celulósicas necesarias para la cuantificación celular de dinoflagelados (Cortés-Lara *et al.*, 2004; García-Hansen *et al.*, 2004).

Las *muestras de sedimentos* se preservaron con formalina al 10 %. El proceso de fijación de los sedimentos no es necesario cuando las muestras se van a utilizar en cultivos; sin embargo, en este estudio fue necesario emplear dicho procedimiento, como recomiendan Matsuoka y Fukuyo (2000), para evitar cambios en la

---

<sup>\*\*</sup> Com. Pers.: Dr. Sergio Licea Durán, Director del Laboratorio de Fitoplancton y Productividad del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

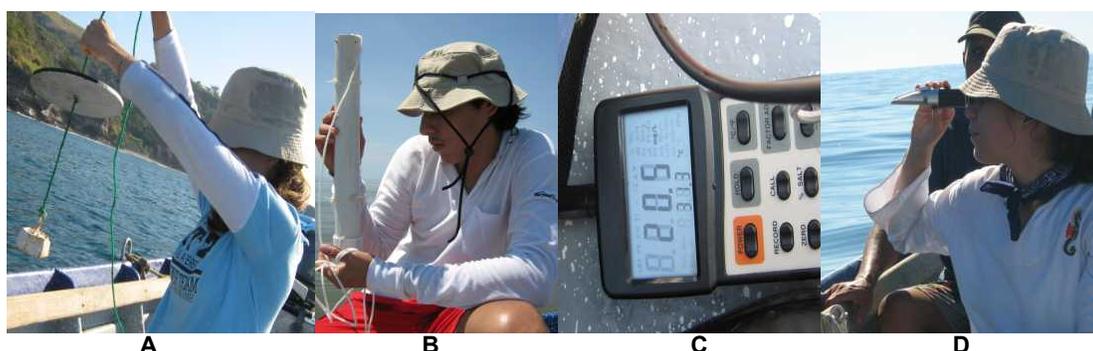
composición de las muestras por exquistamiento e impedir que agentes biológicos externos deterioraran la calidad de las muestras, hasta su observación al finalizar el periodo de muestreo.

### **Almacenado de muestras**

En campo todas las muestras se almacenaban temporalmente dentro de una hielera de 16Q (Cuartos de Galón) de capacidad, la cual contenía el hielo necesario para mantenerlas frescas (a una temperatura estimada de entre 4° C y 6° C) y al mismo tiempo las protegía de la luz (García-Hansen *et al.*, 2004; Cortés-Lara *et al.*, 2004), hasta que pudieran ser almacenadas correctamente en reposo y refrigeradas.

### **Toma de parámetros ambientales.**

En cada una de las estaciones de muestreo se realizaron mediciones de las condiciones ambientales imperantes en la columna de agua; las cuales delimitan la distribución y fisiología de los organismos acuáticos. Los parámetros fueron: Nutrientes (Ión Férrico, Fosfatos y Nitratos), Oxígeno (O<sub>2</sub>) disuelto, Temperatura, Salinidad, Potencial de iones Hidrógeno (pH), y turbidez (figura 12).



**Fig. 12:** Las fotografías ilustran como se midieron los diferentes parámetros: A) Turbidez; B) Temperatura; C) Oxígeno Disuelto; D) Salinidad.

Para conocer la disponibilidad de los principales nutrientes que contribuyen al desarrollo de los Florecimientos Algales, se realizaron análisis químicos de muestras de agua, en el Laboratorio de Calidad Integral de la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), determinándose la concentración de iones Férricos (Fe<sup>+3</sup>), Nitratos (NO<sub>3</sub>) totales y Fosfatos (PO<sub>4</sub>) totales en cada uno de

los sitios de muestreo (Cifuentes *et al.*, 1997; Cortés-Altamirano y Páez-Osuna, 1998; Pardo y Camara, 2004; y Philips *et al.*, 2006). Para ello, en cada estación se tomaba una muestra de agua de 1000 ml. a una profundidad de 5 m., utilizándose una botella muestreadora tipo Van Dorm de 500 ml. de capacidad, mediante tres repeticiones sucesivas; dichas muestras también se almacenaron en la hielera, minimizando así las posibles alteraciones o variaciones en la naturaleza de las especies químicas en análisis.

La Turbidez del agua (zona fótica) se estimó en metros, midiéndose una vez por estación y utilizando un Disco Secchi (Cortés-Lara *et al.*, 2004). Para los demás parámetros físico-químicos se registraron tres mediciones por estación, tanto en la superficie como a 5 m y 10 m de profundidad, obteniéndose el valor promedio de cada parámetro en la columna de agua; el pH se midió con un pHímetro digital; la temperatura, con un termómetro de mercurio (García-Hansen *et al.*, 2004); y finalmente, el Porcentaje de salinidad empleando un refractómetro óptico de 0 – 100‰ (Cortés-Lara *et al.*, 2004). Todos los aparatos se calibraban antes de cada muestreo. Los datos de cada estación se apuntaban en una hoja de registro especialmente diseñada para este estudio (Anexo 3). Adicionalmente se anotaron observaciones como: hora de inicio y finalización de cada recolección, el estado del mar y las condiciones atmosféricas y cualquier otro acontecimiento relevante (Ferrario, Sar y Sala, 1995).

### **3.2.2 FASE DE LABORATORIO**

El trabajo de laboratorio se realizó en dos etapas; la primera etapa se llevó a cabo en el Laboratorio de Ficología de la Escuela de Biología, Universidad de El Salvador (UES), donde se efectuó la preparación y procesamiento preliminar de las muestras; mientras que la segunda etapa, correspondiente al procesamiento final de las muestras y la cuantificación celular, se realizó en el Laboratorio de Fitoplancton y Productividad de la Universidad Autónoma de México (UNAM). En ambas instituciones, se contó con la colaboración y supervisión del personal técnico y científico encargado del área.

## **1. Preparación de las muestras.**

Consistió en adecuar las muestras, tanto de fitoplancton como de sedimentos, para su apropiada observación a través de sesiones de microscopía. El procedimiento realizado fue diferente para los tres tipos de muestras colectadas; sin embargo, todas eran previa y posteriormente refrigeradas a 6° C., para evitar su deterioro o posible contaminación por agentes microbiológicos externos; manteniéndose así mismo en reposo.

### **1.1. Muestras cualitativas.**

Inicialmente se tamizaron utilizando un filtro con abertura de poro de 1000 µm., con el objetivo de eliminar los fragmentos grandes de material orgánico e inorgánico, así como los organismos de mayor tamaño capturados durante los arrastres, facilitando el trabajo de observación.

Las muestras tamizadas se dejaban sedimentar manteniéndose en reposo al menos 24 horas. Durante este lapso, el lugol empleado como fijador se iba acumulando en los organismos volviéndolos más pesados, agilizando el proceso de sedimentación (Cortés-Altamirano *et al.*, 1998 y Boltovskoy, 1995). Seguidamente se procedía a reducir el volumen de las muestras por *decantación* simple, removiendo el sobrenadante de cada muestra precipitada, hasta llevarlas a un volumen de 100 ml., depositándose en frascos oscuros de la misma capacidad. Los 900 ml. separados de cada muestra se filtraban nuevamente en un tamiz de 20 µm. de abertura de poro, devolviéndose el material atrapado para evitar la pérdida de especímenes; finalmente se etiquetaban los frascos.

### **1.2. Muestras cuantitativas.**

Se dejaron sedimentar por 72 horas, para garantizar la acumulación de células en el fondo de los frascos. Transcurrido este período inicial, las muestras se decantaron reduciendo su volumen a 100 ml. y se depositaron en frascos de la misma capacidad, los cuales se rotulaban, para dejarlos sedimentar por 72 horas más. Cumplido este lapso, las muestras se sometieron a un cuidadoso proceso de

reducción manual del líquido sobrenadante; succionando repetidamente con una jeringa volumétrica de 10 ml., hasta reducir el contenido total de la muestra a 10 ml. Cantidad que se depositó en viales de 15 ml. de capacidad, los cuales fueron sellados y etiquetados con el respectivo código de la muestra (García-Hansen *et al.*, 2004; Licea, 2006\*\*).

### **1.3. Muestras de sedimento.**

Estas muestras usualmente contienen partículas de material orgánico e inorgánico proveniente del fondo marino; por lo que se requiere de tratamientos especiales de limpieza previos a su observación (Boltovskoy, 1995; Matsuoka y Fukuyo, 2000).

El procedimiento consistió en depurar las muestras empleando un tamiz de 500  $\mu\text{m}$ . de abertura de malla, cuyo tamaño es mayor que el de los dinoquistes; reteniéndose así las partículas más grandes mientras el resto se recogía en una malla de 20  $\mu\text{m}$ ., por donde se dejó escapar a las más pequeñas. Boltovskoy (1995) señala que el material así tratado no está del todo limpio; sin embargo, se elimina el material innecesario y se clarifica y reduce el contenido de la muestra. Posteriormente se transfirió el material contenido en la malla a los frascos de almacenado, resuspendiéndolo con agua de mar filtrada hasta un volumen de 50 ml., para su posterior observación (Matsuoka y Fukuyo, 2000).

## **2. Procesamiento preliminar de muestras.**

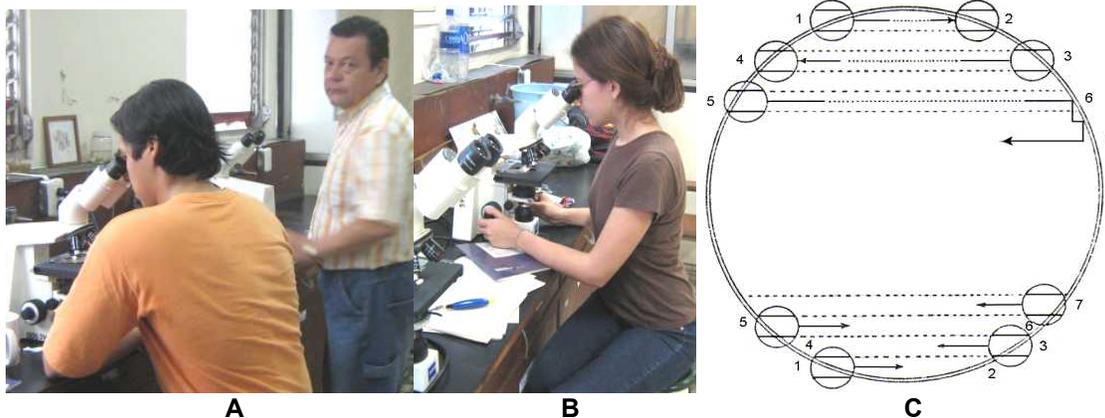
Las muestras previamente tratadas se llevaron al Microscopio Óptico (MO) para su observación preliminar (Figura 13 A y B), durante la cual se inició la identificación taxonómica de las especies fitoplanctónicas presentes.

Para cada muestra cualitativa se elaboraban 5 preparaciones al fresco, las cuales se observaban al MO empleando una adaptación del método de transectas, el cual consiste en mover la platina lentamente barriendo el campo visual, de forma horizontal, contando los organismos presentes en cada campo de observación (Figura 13-C), así como también aquellos que se encuentran cruzando su límite superior derecho (los que se encuentran cruzando en su límite inferior e izquierdo se

---

\*\* Com. Pers.: *Dr. Sergio Licea Durán*, Director del Laboratorio de Fitoplancton y Productividad, ICMYL, UNAM.

van a contar en la transecta o campo siguiente) (Villafañe y Reid, 1995 y Cortés-Altamirano *et al.*, 1998). Durante el proceso, bajo la supervisión y apoyo del Lic. Rodolfo Menjívar, se identificaron los organismos fitoplanctónicos observados, llevándose a su vez, un registro de la presencia o ausencia del dinoflagelado *Pyrodinium bahamense*. Para desarrollar esta actividad se contó con literatura y claves taxonómicas especializadas; obteniéndose además *fotomicrografías* de las diferentes especies, en especial de aquellas que requerirían posterior corroboración.



**Fig. 13 A y B:** Proceso de identificación de los organismos en muestras cualitativas, efectuado en el Laboratorio de Ficología, UES. **C:** Esquema del Método de transectas, explica los conteos en franjas horizontales de izquierda a derecha (modificado de Hasle, 1978a).

Las muestras de sedimentos también se observaron preliminarmente al MO, empleándose la misma adaptación del método de transectas; variando respecto de las muestras de fitoplancton, en el número de preparaciones analizadas, ya que se efectuaron tres revisiones.

Las muestras cuantitativas no se procesaron preliminarmente, para evitar la pérdida de su contenido y estandarizar su análisis bajo un solo método de cuantificación celular.

### **3. Procesamiento final de Muestras**

Consistió en la revisión definitiva de las muestras cualitativas de fitoplancton y sedimento, así como del procesamiento de las muestras cuantitativas.

a. *Corroboración taxonómica de especies*

Las muestras cualitativas se analizaron nuevamente, utilizando un MO equipado con función de *contraste de fases* (CF) y cámara digital adaptable (Figura14-A); el cual estaba interconectado a un computador convencional provisto con el Programa: Carl Zeiss, Imaging System 28, Software Release 4.5. AxioVision. Los microscopios equipados con dispositivo de contraste (objetivos y condensadores especiales) consiguen un mayor contraste entre el objeto y el medio que lo rodea, con lo que se distinguen mejor los objetos no coloreados o transparentes como las placas que conforman la teca en los dinoflagelados (Boltovskoy, 1995).



**Fig. 14:** **A:** Microscopio óptico con cámara digital adaptada provisto con el programa Carl Zeiss **B y C:** Observación y cuantificación de células utilizando el microscopios invertidos en el Laboratorio de Fitoplancton y Productividad del ICMyL en la UNAM.

Para cada muestra se observaron tres preparaciones temporales, que se analizaron de igual manera que en el procesamiento preliminar. Con el software utilizado, se consiguió medir los especímenes observados y aplicar escalas a las fotomicrográficas obtenidas; para confrontarlas con los datos disponibles en la literatura especializada y así lograr una determinación taxonómica más precisa de *P. bahamense* y las demás especies.

La corroboración taxonómica de las especies se efectuó con el apoyo y supervisión de los expertos del Laboratorio de Fitoplancton y Productividad del ICMyL: *Dr. Sergio Licea Duran, Lic. María Eugenia Zamudio, MSc. Ruth Luna y Lic. Jesús Soto.*

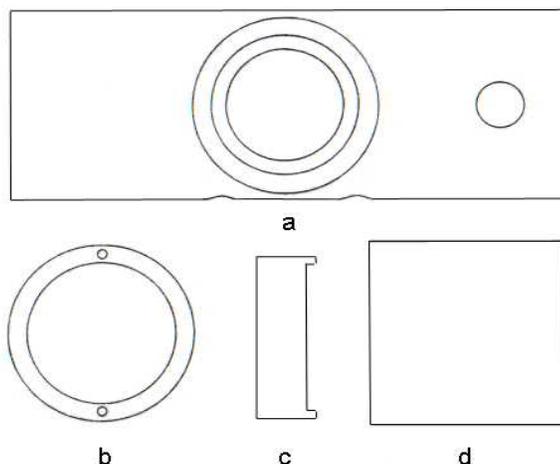
b. *Cuantificación celular*

Para la determinación de las concentraciones de *P. bahamense* se realizaron conteos celulares empleando una variación del método descrito por Utermöhl (1958, Citado por Hasle, 1978a), cuyo principio es la sedimentación de cierto volumen de muestra, que se observa a través de un *Microscopio Invertido* (MI) (Anexo 4); en el cual, la fuente de luz y el condensador iluminan la preparación desde arriba y los objetivos muestran al espécimen desde abajo (Hasle, 1978a y Villafañé y Reid, 1995) (Figura 14 B y C).

*Procedimiento:*

Se homogenizaba el contenido de cada muestra agitándola suavemente para evitar su deterioro (Villafañé y Reid, 1995); posteriormente se tomaba una submuestra de 2 ml. de volumen, utilizando un gotero volumétrico para fitoplancton de 1,5 ml., ésta se vertía en una cámara o *cupeta de sedimentación* de 2 ml. de capacidad (Figura 15) y se dejaba en reposo por un período de 15 minutos hasta sedimentar.

Transcurrido este período, la preparación se observaba utilizando un MI equipado con contraste de fases (Licea *et al.*, 1995), identificando y contabilizando las células de *P. bahamense*, y de los otros dinoflagelados FAN presentes. Para ello se empleó el método de conteo por transectas, descrito anteriormente.



**Fig. 15:** Esquema de una Cámara o Cubeta de sedimentación: a) vista en perspectiva, permite apreciar la abertura para colocar cilindros de sedimentación y el agujero para drenado; b) aro metálico que soporta la base de la placa; c) llave sujetadora del aro d) laminilla. (Fuente: Hasle, 1978b).

Por cada muestra se hicieron cinco preparaciones temporales, siguiendo el procedimiento anterior, hasta analizar los 10 ml. de la muestra concentrada para cuantificación. Las cinco preparaciones de cada una de las muestras, se observaron en su totalidad, por lo que no se realizaron cálculos para estimar las concentraciones celulares, simplemente se procedió a llevar un registro detallado de los resultados.

c. *Procesamiento de muestras de sedimento.*

Las muestras de sedimento se analizaron empleando la variación del método de Utermöhl antes descrita (Hasle, 1978a); efectuándose cuatro preparaciones por muestra, en cada una de las cuales se dejaron sedimentar 2 ml. hasta analizar los 8 ml de sub-muestra. Estas preparaciones también fueron observadas a través de un MI equipado con contraste de fases, empleándose el método de transectas antes descrito.

Los dinoquistes observados se identificaron y registraron empleando literatura especializada, claves taxonómicas y con el apoyo del personal del Laboratorio de Fitoplancton y Productividad del ICMYL. La identificación de las especies fue corroborada por: *PhD. Yasuwo Fukuyo*, de la Universidad de Tokio y *MSc. Koichiro Mizushima*, Universidad de Nagasaki.

### **3.3 ANÁLISIS DE DATOS.**

Para el análisis de datos del presente estudio se utilizaron *Estadísticos Descriptivos* simples. Así los resultados del procesamiento de las muestras cuantitativas y cualitativas, se tabularon y graficaron en hojas de cálculo electrónicas del programa *Microsoft Excel*, junto con los registros de parámetros ambientales obtenidos durante las giras de campo; efectuándose con ello dos tipos de análisis:

#### ***Análisis Cuantitativo***

Utilizado para determinar la *Abundancia* de *Pyrodinium bahamense* en cada una de las estaciones de muestreo, durante los cinco meses que comprendió la fase de campo.

El término *Abundancia* se emplea como la concentración de células presentes en un volumen conocido; es decir, que al hablar de abundancia de *P. bahamense*, se hace referencia a la cantidad de dinoflagelados de esta especie presentes en un litro de agua de mar; dicha información se obtuvo de los conteos celulares.

Para determinar la abundancia relativa de *P. bahamense* en su fase vegetativa, se trabajaron los datos estadísticamente y se compararon en gráficos de pastel con los resultados de la cuantificación de las otras especies de dinoflagelados FAN presentes al procesar las muestras.

Las herramientas de estadística descriptiva utilizadas para la valoración de los resultados se tomaron de Bonilla (1993), siendo estas:

Cálculo de la *Frecuencia*, entendida como el número total de veces que se repitió cada especie, durante los diez muestreos realizados; para ello se procedió a sumar los datos de abundancia obtenidos por especie.

Cálculo de la *Frecuencia Relativa* por especie, para ello se utilizaron los datos de frecuencia aplicados a la fórmula siguiente:

$$Fr = \frac{n}{N} \quad (1)$$

Donde:

Fr = Frecuencia relativa.

n = Frecuencia de cada especie (obtenida de sumar los datos de los diez muestreos, para cada especie)

N = Sumatoria total (obtenida de la suma de todas las "n").

Cálculo de la *Frecuencia Relativa Porcentual*, el cual se realizó con los valores obtenidos de Frecuencia Relativa, utilizándose la siguiente fórmula:

$$Fr \% = (Fr) * 100\% \quad (2)$$

Donde:

Fr % = Frecuencia Relativa Porcentual

$F_r$  = Valor obtenido de Frecuencia Relativa para cada especie.

100% = cien por ciento.

Los valores obtenidos con el cálculo de la *Frecuencia Relativa Porcentual* se analizaron utilizando una escala particular de cuatro categorías, la cual se definió tal y como lo hicieron en investigaciones similares Monterrosa – Urias (1993) y De León y Chalar (2003), con base a los datos obtenidos al calcular la  $F_r \%$  de la siguiente manera:

<b>Especie dominante:</b>	frecuencia relativa porcentual mayor al <b>50%</b> .
<b>Especie abundante:</b>	frecuencia relativa porcentual entre el <b>10%</b> y <b>50 %</b> .
<b>Especie frecuente:</b>	frecuencia relativa porcentual entre el <b>5%</b> y el <b>10%</b> .
<b>Especie rara:</b>	frecuencia relativa porcentual menor al <b>5 %</b> .

Finalmente con el propósito de conocer la relación existente entre las variaciones de la abundancia de *P. bahamense* con las condiciones ambientales de la columna de agua, se cotejaron los datos de abundancia con las concentraciones de nutrientes y los valores promedio de los parámetros físico–químicos monitoreados.

### **Análisis Cualitativo**

Este tipo de análisis se utilizó para determinar la *Distribución* de *P. bahamense* en sus fases vegetativa y quística, en las estaciones de muestreo durante el período de estudio; al mismo tiempo, sirvió para conocer qué tan habitual es este dinoflagelado en el área de estudio y determinar qué estadio de su ciclo vital era el más abundante en la zona.

La distribución de *P. bahamense*, se determinó con los resultados obtenidos del procesamiento de las muestras cualitativas y de sedimentos; elaborándose tablas comparativas con base al criterio descriptivo de *Presencia – Ausencia* (Anderson *et al.*, 1995) del dinoflagelado y/o su quiste; al mismo tiempo dicha información se fue

cotejando con los datos promedio de los parámetros físico-químicos en la columna de agua y las concentraciones de los nutrientes; de esta manera se facilita observar la relación entre las condiciones ambientales en la columna de agua con las variaciones en la distribución de *P. bahamense* en las dos fases de su ciclo de vida.

Los datos de *Presencia – Ausencia*, se emplearon también para el cálculo de la *Constancia* de los organismos en todo el período de colecta, utilizándose la fórmula propuesta por Neto *et al.* (1976, Citado por Monterrosa, 1993), siendo ésta:

$$C = \frac{P * 100}{N} \quad (3)$$

Donde:

C = Constancia.

P = Número de colectas conteniendo al organismo estudiado.

N = Número total de colectas efectuadas.

Con base al valor calculado “C”, se asignan las siguientes categorías propuestas por Bodenheimer (1955, citado por Neto *et al.*, 1976 en Monterrosa, 1993):

<b><i>Especie Constante:</i></b>	Presente en más del 50% de colectas.
<b><i>Especie Accesoría:</i></b>	Presente entre el 25 % y el 50 % de colectas.
<b><i>Especie Accidental:</i></b>	Presente en menos del 25 % de colectas.

## IV. RESULTADOS

Entre el 14 de Septiembre de 2006 y el 19 de enero de 2007, se efectuaron diez viajes de campo, durante los cuales se colectó un total de 60 muestras de agua de mar para la identificación de los organismos fitoplanctónicos presentes, de las cuales 30 fueron de tipo cualitativas y 30 cuantitativas; así como 30 muestras de sedimentos marinos.

Durante el procesamiento y análisis de las muestras fitoplanctónicas, fue posible identificar al dinoflagelado tóxico *P. bahamense* en fase vegetativa, distribuido a través de todas las estaciones de trabajo; variando su constancia de acuerdo con los cambios ambientales experimentados en la región costera.

Se identificaron también taxonómicamente, otras especies de dinoflagelados presentes en dichas muestras; elaborándose un inventario para la zona costera del Departamento de La Libertad reportándose un total de 8 ordenes, 16 familias, 23 géneros, 81 especies y 14 variedades de dinoflagelados (Tabla 1); de los cuales, 4 ordenes, 6 familias, 9 géneros, 45 especies y 10 variedades constituyen nuevos registros para El Salvador. Del total de especies reportadas, 24 se consideran tóxicas o potencialmente tóxicas.

Asimismo, en las muestras de sedimentos marinos, se identificaron los quistes de tres dinoflagelados: *Gymnodinium catenatum*, perteneciente al dinoflagelado del mismo nombre, presente en las tres estaciones de muestreo; *Lingulodinium machaerophorum*, quiste de *Lingulodinium polyedrum*, el cual no se encontró en la Estación Taquillo; y *Stelladinium robustum*, perteneciente a *Protoperidinium sp.*, este dinoquiste sólo se encontró en las muestras de la Estación Taquillo. No obstante la presencia de *Polysphaeridium zoharyi*, quiste de *P. bahamense*, no fue determinada en ninguna estación de muestreo.

**Tabla 1: Dinoflagelados Identificados en las Estaciones El Sunzal, Taquillo y Mizata, Departamento de La Libertad, de septiembre / 2006 a enero/ 2007.**

Orden	Familia	Género	Especie	Autoridad	Fuente
Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum</i> (Ehrenberg, 1833)	<i>compressum</i>	(Bailey) Abe ex Dodge 1975	Dodge, 1982
			<i>gracile</i>	Schütt 1895	Balech, 1988
			<i>micans</i>	Ehrenberg 1833	Balech, 1988
			<i>minimum</i> *	(Pávillard) Shiller 1933	Balech, 1988
			<i>sigmoides</i> *	Böhm 1933	Fukuyo, 2001
Dinophysiales		<i>Dinophysis</i> (Ehrenberg, 1839)	<i>acuminata</i> *	Claparède et Lachmann 1859	Steidinger y Tangen, 1997
			<i>caudata</i>	Saville-Kent 1881	Steidinger y Tangen, 1997
			<i>fortii</i> *	Pavillard 1923	Steidinger y Tangen, 1997
	Dinophysiaceae	<i>Ornithocercus</i> (Stein, 1883)	<i>magnificus</i>	Stein 1883	Steidinger y Tangen, 1997
			<i>steinii</i>	Schütt 1900	Steidinger y Tangen, 1997
			<i>thumii</i>	(Schmidt) Kofoid et Skogsberg 1928	Steidinger y Tangen, 1997
			<i>quadratus</i> *	Schütt 1900	Steidinger y Tangen, 1997
		<i>Phalacroma</i> (Stein, 1883)	<i>argus</i>	Stein 1883	Steidinger y Tangen, 1997
			<i>doryphorum</i> *	Stein 1883	Steidinger y Tangen, 1997
			<i>rapa</i> *	Jørgensen 1922	Steidinger y Tangen, 1997
Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	<i>Gymnodinium</i> (Stein, 1878)	<i>catenatum</i> *	Graham 1943	Balech, 1988
		<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i> *	(Hirasaka) G. Hansen et Moestrup 2000	Fukuyo, 2001
Ptychodiscales	Ptychodiscaceae	<i>Balechina</i> ( <i>Gymnodinium</i> ) (Loeblich et Loeblich III, 1968)	<i>coerulea</i> *	(Dogiel) F. J. R. Taylor 1976	Taylor, 1976
Noctilucales	Noctilucaeae	<i>Noctiluca</i> (Suriray, 1836)	<i>scintillans</i> *	(Macartney) Kofoid et Swiezy 1921	Balech, 1988

Orden	Familia	Género	Especie	Autoridad	Fuente
Actinicales	<i>Actiniscaceae</i>	<i>Actiniscus</i> (Ehrenberg, 1841)	<i>pentasterias</i> *	Ehrenberg 1854	Balech, 1988
Gonyaulacales	<i>Ceratiaceae</i>	<i>Ceratium</i> (Schrank, 1793)	<i>balechii</i> *	Meave, Okolodkov et Zamudio 2003	Meave, Okolodkov et Zamudio, 2003
			<i>breve</i>	(Ostenfeld et Schmidt) B. Schröder 1906	Wood, 1968
			<i>breve var. paraellum</i> *	(J. Schmidt) Jörgensen 1901	Taylor, 1976
			<i>breve var. schmidt</i> *	(Jörgensen) Sournia 1966	Taylor, 1976
			<i>candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein 1833	Steidinger y Tangen, 1997
			<i>deflexum</i>	(Kofoid) Jörgensen 1911	Taylor, 1976
			<i>dens</i> *	Ostenfeld et Schmidt 1901	Balech, 1988
			<i>extensum</i> *	(Gourret) Cleve 1901	Wood, 1965
			<i>falcatiforme</i>	Jörgensen 1920	Balech, 1988
			<i>falcatum</i>	(Kofoid) Jörgensen 1920	Wood, 1965
			<i>furca</i>	(Ehrenberg) Claparède et Lachmann 1859	Balech, 1988
			<i>fuscus</i>	(Ehrenberg) Dujardin 1841	Balech, 1988
			<i>gibberum</i>	Gourret 1883	Balech, 1988
			<i>gibberum var. dispar</i> *	(Pouhet) Sournia 1966	Taylor, 1976
			<i>gibberum var. subaequale</i> *	Jörgensen 1920	Taylor, 1976
			<i>horridum var. claviger</i> *	(Kofoid) Graham et Bronikovsky 1944	Taylor, 1976
			<i>koffoidii</i> *	Jörgensen 1911	Balech, 1988
			<i>lineatum</i> *	(Ehrenberg) Cleve 1899	Steidinger y Tangen, 1997
			<i>macroceros</i>	(Ehrenberg) Vanhöffen 1897	Balech, 1988
			<i>masiliense</i> *	(Gourret) Jörgensen 1911	Balech, 1988
<i>pentagonum</i> *	Gourret 1883	Taylor, 1976			
<i>trichoceros</i> *	(Ehrenberg) Kofoid 1908	Balech, 1988			
<i>tripos</i>	(Müller) Nitzsch 1817	Balech, 1988			
<i>tripos var. atlanticum</i> *	(Ostenfeld) Paulsen 1908	Taylor, 1976			

Orden	Familia	Género	Especie	Autoridad	Fuente
Gonyaulales	Ceratiaceae	<b>Ceratium</b> (Schrank, 1793)	<i>tripos</i> var. <i>tripos</i> *	Jørgensen 1920	Balech, 1988
			<i>tripos</i> var. <i>pulchellum</i> *	B. Schröder 1906	Wood, 1968
			<i>vultur</i> *	Cleve 1900	Taylor, 1976
			<i>vulture</i> var. <i>sumatranum</i> *	Karsten 1907	Balech, 1988
	Ceratocoryaceae	<b>Ceratocorys</b> (Stein, 1883)	<i>horrida</i> *	Stein 1883	Balech, 1988
	Goniodomataceae	<b>Alexandrium</b> (Halim, 1960)	<i>cohortacula</i> *	(Balech) Balech 1985	Steidinger y Tangen, 1997
			<i>monilatum</i> *	(Howell) F.J.R. Taylor 1979	Steidinger y Tangen, 1997
			<b>Goniodoma</b> (Stein, 1883)	<i>polyedricum</i>	(Pouchet) Jørgensen 1899
	<i>sphaericum</i> *	Murria et Whitting 1899		Balech, 1988	
	Gonyaulacaceae	<b>Gonyaulax</b> (Diesing, 1866)	<i>bahamense</i> var. <i>bahamense</i> *	Plate 1906	Steidinger y Tangen, 1997
<i>bahamense</i> var. <i>compressum</i>				(Böhm) Steidinger, Tester et Taylor 1980	Steidinger y Tangen, 1997
<i>digitalis</i> *			(Pouchet) Kofoid 1911	Balech, 1988	
			<i>jollifei</i> *	Murray et Whitting 1899	Balech, 1988
			<i>moncantha</i> *	Pavillard 1916	Wood, 1968
<i>polygramma</i> *	Stein 1883	Balech, 1988			
	<i>spinifera</i>	(Claparède et Lachmann) Diesing 1866	Balech, 1988		
	<b>Lingulodinium</b> (Dodge, 1989)	<i>polyedrum</i>	(Stein) Dodge 1989	Faust y Gulledge, 2002	
Pyrocystaceae	<b>Pyrocystis</b> (Murray ex Haeckel, 1890)	<i>fusiformis</i> *	(Wyville -Thompson) Blackman 1902	Balech, 1988	
		<i>lunula</i> *	(Schütt) Schütt 1896	Steidinger y Tangen, 1997	
		<i>noctiluca</i> *	Murray ex Haeckel 1890	Steidinger y Tangen, 1997	
Pyrophaceae	<b>Pyrophacus</b> (Stein, 1883)	<i>horologicum</i>	Stein 1883	Balech, 1988	
		<i>steinii</i>	(Schiller) Wall et Dale 1971	Balech, 1988	
Peridinales	Calciodinellaceae	<b>Scrippsiella</b> (Balech et Loeblich III, 1965)	<i>trochoidea</i> *	(Stein) Fine et Loeblich III 1976	Balech, 1988
	Kolkwitziellaceae	<b>Zygabikodinium</b> ( <b>Diplopsalis</b> )  (Loeblich et Loeblich III, 1970)	<i>lenticulatum</i>	(Paulsen) Loeblich et Loeblich III 1970	Dodge, 1982

Orden	Familia	Género	Especie	Autoridad	Fuente
Peridinales	<i>Podolampaceae</i>	<i>Podolampas</i> (Stein, 1883)	<i>bipes</i>	Stein 1883	Balech, 1988
			<i>palmipes</i> *	Stein 1883	Balech, 1988
			<i>reticulatum</i> *	Kofoid 1907	Balech, 1988
			<i>spinifera</i> *	Okamura 1912	Balech, 1988
	<i>Protoperidiniaceae</i>	<i>Protoperidinium</i> (Berg, 1881)	<i>abeii</i>	(Paulsen) Balech 1974	Licea <i>et al.</i> ,1995
			<i>caludicans</i>	(Paulsen) Balech 1974	Balech, 1988
			<i>conicum</i>	(Gran) Balech 1974	Balech, 1988
			<i>crassipes</i>	(Kofoid) Balech1974	Balech, 1988
			<i>curtipes</i> *	(Jørgensen) Balech 1974	Pesantes, 1979
			<i>divaricatum</i> *	(Meunier) Parker <i>et</i> Dodge 1976	Balech, 1988
			<i>divergens</i>	(Ehrenberg) Balech 1974	Balech, 1988
			<i>elegans</i>	(Cleve) Balech 1974	Balech, 1988
			<i>grande</i>	(Kofoid) Balech 1974	Balech, 1988
			<i>humile</i> *	(Schiller) Balech 1974	Balech, 1988
			<i>latispinum</i> *	(Mangin) Balech 1974	Balech, 1988
			<i>oblongum</i> *	(Aurivillius) Parke <i>et</i> Dodge 1976	Dodge,1982
			<i>oceanicum</i>	(Vanhöffen) Balech 1974	Balech, 1988
			<i>oviforme</i> *	(Dangeard) Balech1974	Balech, 1988
			<i>pentagonum</i>	(Gram) Balech1974	Balech, 1988
			<i>punctulatum</i> *	(Paulsen) Balech1974	Licea <i>et al.</i> ,1995
			<i>pellucidum</i> *	(Bergh) 1882	Dodge, 1982
			<i>cf. quarnerense</i> *	(Schöder) Balech 1974	Balech, 1988
	<i>steinii</i>	(Jørgensen) Balech 1974	Pesantes, 1979		

\* Nuevos registros para El Salvador

#### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE *Pyrodinium bahamense* DE LA LIBERTAD.

Con la revisión taxonómica de los organismos colectados, se determinó la presencia de individuos con características morfológicas afines a las atribuidas para las variedades: *P. bahamense* var. *compressum* y *P. bahamense* var. *bahamense* (Figura 16), en sus fases vegetativas (Balech, 1985; Vargas-Montero y Freer, 2003; Badylak *et al.*, 2004; Philips *et al.*, 2004; Lansberg, 2006; y Philips *et al.*, 2006).

Apoyándose en las mediciones efectuadas a través de las fotomicrografías de los especímenes, se determinaron las dimensiones celulares promedio aproximadas, siendo éstas:

– *P. bahamense* var. *compressum*

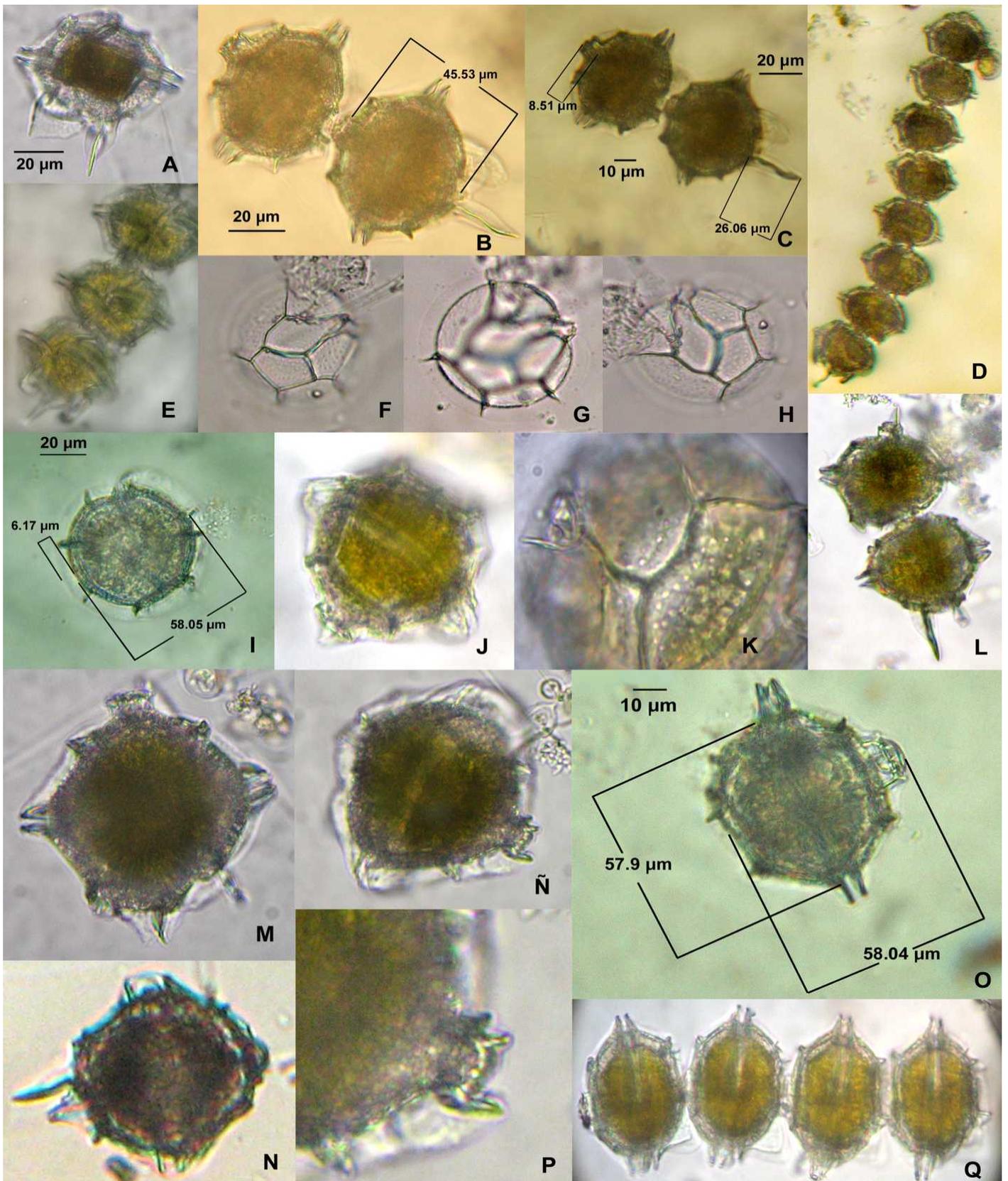
Largo promedio celular de 44.96  $\mu\text{m}$ ., con un Ancho celular de: 45.33  $\mu\text{m}$ ., denotando una compresión antero-posterior pronunciada (Figura 16 A, D, E y Q). La longitud de la *Espina Antapical* más prominente de entre 25.71  $\mu\text{m}$ . y 26.06  $\mu\text{m}$  (Figura 16 B y C). Cuerno apical desarrollado (Figura 16 B y C) y sobresalientes listas (Figura 16 E), especialmente evidentes las velas de las espinas antapicales (Figura 16 A, B y Q).

En las muestras tomadas con la red de fitoplancton se colectaron ejemplares agrupados en cadenas de hasta ocho individuos (Figura 16 D y Q), siendo más frecuentes las observaciones de especímenes individuales de esta variedad.

– *P. bahamense* var. *bahamense*

Largo celular de 58.04  $\mu\text{m}$ . y ancho promedio de 58.03  $\mu\text{m}$ . Presencia de una espina apical a menudo considerablemente desarrollada (Figura 16 K, L, Ñ y P), con una longitud aproximada en estos casos de entre 8.05  $\mu\text{m}$ . y 10.15  $\mu\text{m}$ . La espina antapical más prominente con una longitud de entre 18.05 y 20.65 micras. Cuerno apical muy evidente y listas bastante desarrolladas (Figura 16 J, M y N).

La ocurrencia de ejemplares bajo estas características fue escasa, a menudo los especímenes se observaron en forma individual (Figura 16 I, J, M y N), o enfilados en parejas (Figura 16, L).



**Fig. 16:** Fotomicrografías de *P. bahamense* var. *compressum*: **A**, **B** y **C**, muestran dimensiones de especímenes capturados; **D**, individuos en cadena larga; **E**, sobresalientes listas y **Q**, vista lateral de una cadena donde se aprecian las velas. **F**, **G** y **H** vista antapical de *P. bahamense*, muestran la distribución de sus placas. Fotomicrografías de *P. bahamense* var. *bahamense*: **I**, vista apical; **J**, **M** y **N** vista frontal y lateral de una célula solitaria; **K**, **Ñ** y **P**, vista del complejo del poro apical (APC); **L**, células en cadena; **O**, medidas de un ejemplar sin espinas apical y antapical.

#### 4.2 ABUNDANCIA DE *Pyrodinium bahamense*

En la Tabla 2 se presentan los datos correspondientes a la abundancia del dinoflagelado tóxico *P. bahamense*, como la cantidad total de células en fase vegetativa presentes en un litro de muestra cuantitativa.

Las concentraciones celulares de *P. bahamense* en fase vegetativa (Tabla 2), son bajas; permitiendo apreciar que este dinoflagelado no fue una especie dominante en la comunidad fitoplanctónica del área de estudio durante la período de trabajo. Las mayores concentraciones registradas para este dinoflagelado se obtuvieron en la Estación *El Sunzal* durante el séptimo muestreo del 09 de diciembre de 2006 (7 Cél./L); y en la Estación *Mizata* para el último muestreo, correspondiente al 19 de enero de 2007 (6 Cél./L).

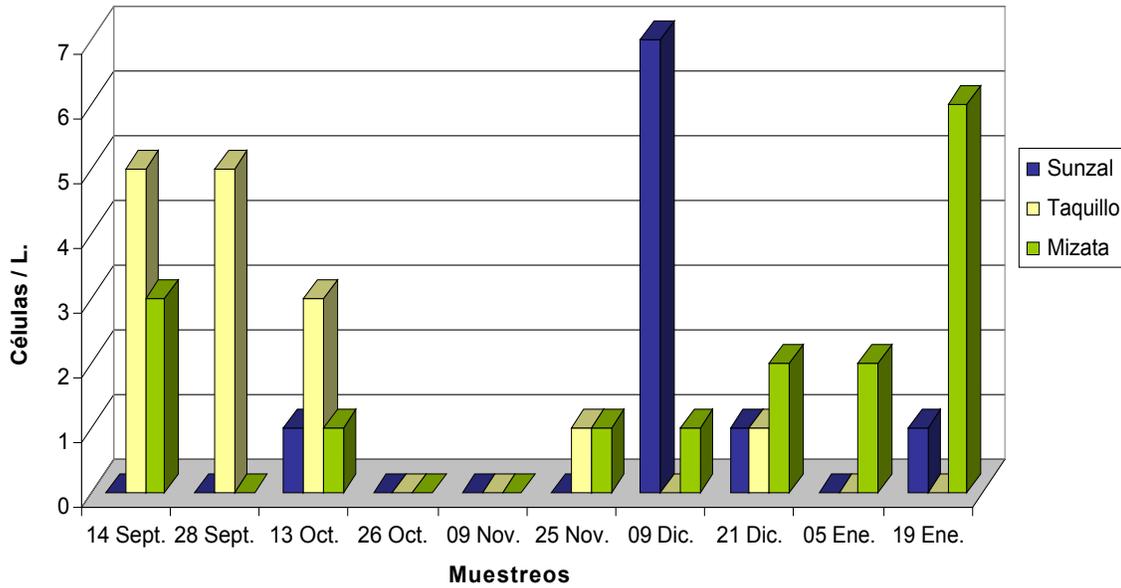
**TABLA 2: Abundancia de *Pyrodinium bahamense*, en fase vegetativa, por muestreo en Células/Litro (Cél/L). Septiembre / 2006 a Enero / 2007.**

Sitio	FECHA DE MUESTREO									
	muestreo	14 Sep.]	28 Sep.]	13 Oct.]	26 Oct.]	09 Nov.]	25 Nov.]	09 Dic.]	21 Dic.]	05 Ene.]
<b>Sunzal</b>	0	0	1	0	0	0	7	1	0	1
<b>Taquillo</b>	5	5	3	0	0	1	0	1	0	0
<b>Mizata</b>	3	0	1	0	0	1	1	2	2	6

De acuerdo con los valores de cuantificación de *P. bahamense*, es en la Estación *Mizata* donde se obtuvieron datos más constantes de presencia; reportándose la especie en siete de los muestreos efectuados, mientras que en las estaciones Taquillo y El Sunzal se registró sólo en 5 y 4 muestreos respectivamente (Figura 17).

Como se observa en el Gráfico de la Figura 17, durante los muestreos del 26 de octubre y 9 de noviembre de 2006, no se obtuvieron registros de la presencia de *P. bahamense* en las tres estaciones. Estos datos no indican necesariamente la ausencia de la especie, sino que reflejan que las concentraciones celulares fueron inferiores a una célula por litro; situación que pudo estar relacionada con las condiciones ambientales imperantes.

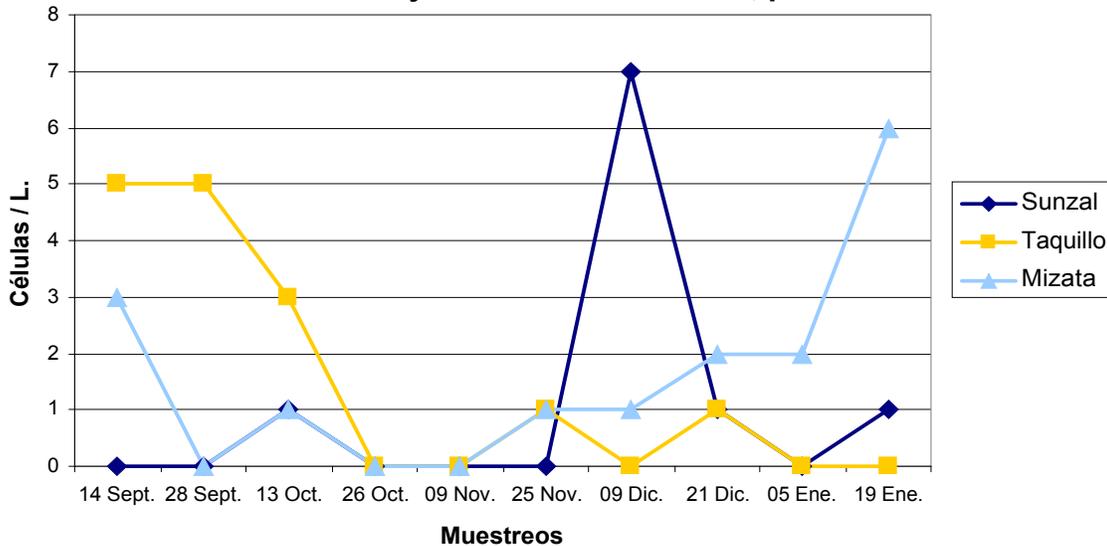
**Abundancia de *Pyrodinium bahamense* (Cél/L), por sitio de muestreo.**



**Figura 17:** Comparación de los resultados cuantitativos de *Pyrodinium bahamense* por muestreo en Cél./L. de Septiembre/ 2006 a Enero/ 2007.

Los datos de abundancia de *P. bahamense* en fase vegetativa, guardan poca relación entre las estaciones de muestreo, observándose cambios significativos y en ocasiones drásticos a lo largo del estudio (Figura 18). Por ejemplo, la mayor concentración de todo el muestreo se obtuvo en la estación *El Sunzal* el 9 de diciembre de 2006; mientras en *Taquillo* no hubo registro.

**Correlación Abundancia de *Pyrodinium bahamense*, por sitio de muestreo.**



**Figura 18:** Correlación de los resultados cuantitativos de *Pyrodinium bahamense* por muestreo en Cél./L. de Septiembre/ 2006 a Enero/ 2007

Con los datos cuantitativos, se calculó la frecuencia relativa y porcentual de los dinoflagelados FAN identificados para cada estación de muestreo. Valores con los que se representa su abundancia dentro de la población (Tablas 3, 4 y 5).

Los datos de la Estación El Sunzal (Tabla 3), muestran que la especie más abundante fue *Prorocentrum micans*, con una frecuencia relativa porcentual de 37.44%. Como especie frecuente se catalogó a *Lingulodinium polyedrum*, con el 18.72%; mientras que *P. bahamense*, con 4.57%, se cataloga como especie rara.

**Tabla 3: Calculo de la Frecuencia Relativa de *Pyrodinium bahamense* en la Estación El Sunzal, septiembre / 2006 a enero / 2007.**

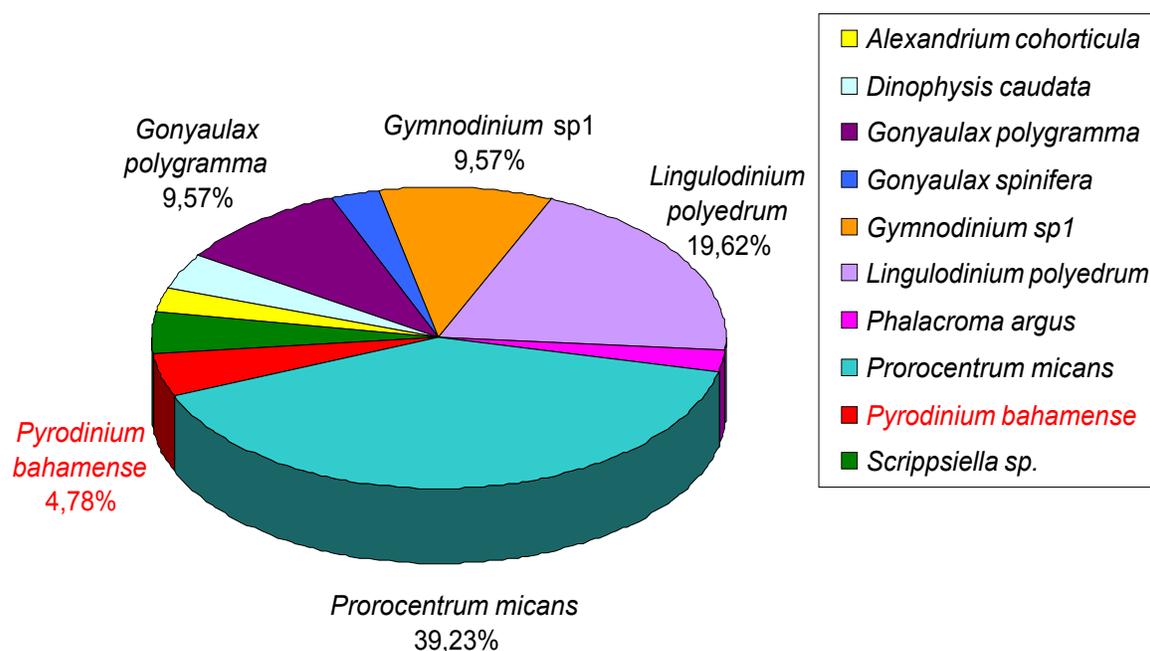
Sitio	Nº	ESPECIES FAN (contabilizadas)	MUESTREO										Frecuencia ( F )	Frecuencia relativa (Fr)	Fr %
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
SUNZAL	1	<i>Pyrodinium bahamense</i>	0	0	1	0	0	0	7	1	0	1	10	0,05	4,78
	2	<i>Akashiwo sanguinea</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	3	0,01	1,44
	3	<i>Alexandrium cohorticula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0,02	2,39
	4	<i>Balechina coerulea</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0,02	1,91
	5	<i>Dinophysis acuminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	6	<i>Dinophysis caudata</i>	2	0	0	0	3	1	2	0	0	0	8	0,04	3,83
	7	<i>Gonyaulax digitale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	8	<i>Gonyaulax cf. monilata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	9	<i>Gonyaulax polygramma</i>	0	0	3	1	5	1	2	0	5	3	20	0,10	9,57
	10	<i>Gonyaulax spinifera</i>	0	0	3	0	0	0	2	0	0	1	6	0,03	2,87
	11	<i>Gymnodinium catenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	12	<i>Gymnodinium sp1</i>	0	0	8	0	1	3	0	5	0	3	20	0,10	9,57
	13	<i>Gymnodinium sp2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	14	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	1	0	4	1	3	1	19	1	3	8	41	0,20	19,62
	15	<i>Noctiluca scintilans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,00	0,48
	16	<i>Phalacroma argus</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	2	0	5	0,02	2,39
	17	<i>Phalacroma dorhyphora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	18	<i>Phalacroma rapa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	19	<i>Prorocentrum compressum</i>	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	4	0,02	1,91
	20	<i>Prorocentrum micans</i>	3	0	17	1	38	8	7	1	1	6	82	0,39	39,23
	21	<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,00	0,48
	22	<i>Prorocentrum sigmoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	23	<i>Protoperdinium crassipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	24	<i>Scrippsiella sp.</i>	0	0	8	0	0	0	0	0	0	1	9	0,04	4,31
<b>Sumatoria ( )</b>												<b>209</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>	

**Especie dominante:** Fr % 50 % – 100 %  
**Especie frecuente:** Fr % 5 % – 10 %

**Especie abundante:** Fr % 10 % – 50 %  
**Especie rara:** Fr % menor 5 %.

La Figura 19 ilustra los valores porcentuales de frecuencia relativa para la Estación El Sunzal; la mayor porción pertenece a *Prorocentrum micans*; además sobresalen las fracciones correspondientes a *Lingulodinium polyedrum*, *Gonyaulax polygramma* y *Gymnodinium sp.1*, especies catalogadas como *frecuentes*. La porción roja del pastel, corresponde a *Pyrodinium bahamense*.

### Frecuencia Relativa de *Pyrodinium bahamense*, en la Estación El Sunzal.



**Figura 19:** Frecuencia Relativa de *P. bahamense* en fase vegetativa, con respecto a las diferentes especies FAN identificadas en la Estación El Sunzal. De septiembre / 2006 a enero / 2007.

En la Tabla 4 se presentan los valores calculados para la Estación Taquillo, con base en ellos se catalogó como especies *abundantes* a *Gymnodinium catenatum*, con una frecuencia relativa porcentual de 28.65% y a *Lingulodinium polyedrum* con el 11.50%; entre las especies catalogadas como *frecuentes* están *Prorocentrum micans* y *Dinophysis caudata*. Finalmente a *P. bahamense* se le catalogó nuevamente como especie *rara* por obtener un valor de 2.74%.

**Tabla 4: Cálculo de la Frecuencia Relativa de *Pyrodinium bahamense* en la Estación Taquillo, septiembre / 2006 a enero / 2007.**

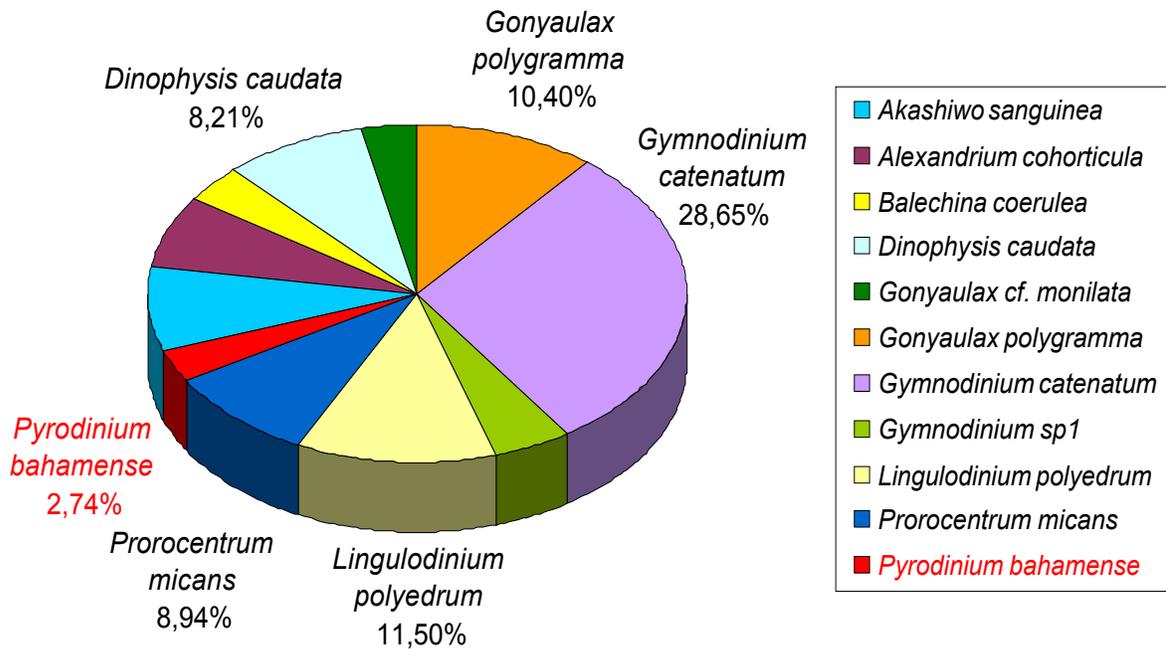
Sitio	Nº	ESPECIES FAN (contabilizadas)	MUESTREO										Frecuencia (F)	Frecuencia relativa (F r)	F r %
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
TAQUILLO	1	<i>Pyrodinium bahamense</i>	5	5	3	0	0	1	0	1	0	0	15	0,03	2,74
	2	<i>Akashiwo sanguinea</i>	0	1	15	0	0	0	1	2	0	23	42	0,08	7,66
	3	<i>Alexandrium cohorticula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	37	0,07	6,75
	4	<i>Balechina coerulea</i>	0	0	9	0	0	3	0	0	1	6	19	0,03	3,47
	5	<i>Dinophysis acuminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	6	<i>Dinophysis caudata</i>	20	0	19	0	0	1	0	5	0	0	45	0,08	8,21
	7	<i>Gonyaulax digitale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	8	<i>Gonyaulax cf. monilata</i>	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18	0,03	3,28
	9	<i>Gonyaulax polygramma</i>	5	39	6	0	0	3	0	0	1	3	57	0,10	10,40
	10	<i>Gonyaulax spinifera</i>	0	2	1	0	0	1	0	0	0	2	6	0,01	1,09
	11	<i>Gymnodinium catenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157	157	0,29	28,65
	12	<i>Gymnodinium sp1</i>	2	0	16	0	0	3	0	0	1	3	25	0,05	4,56
	13	<i>Gymnodinium sp2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0,00	0,36
	14	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	0	2	10	0	0	4	1	3	0	43	63	0,11	11,50
	15	<i>Noctiluca scintilans</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0,00	0,36
	16	<i>Phalacroma argus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00	0,18
	17	<i>Phalacroma dorhyphora</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00	0,18
	18	<i>Phalacroma rapa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	19	<i>Prorocentrum compressum</i>	1	1	0	0	0	0	0	2	2	1	7	0,01	1,28
	20	<i>Prorocentrum micans</i>	0	2	27	1	0	3	7	0	1	8	49	0,09	8,94
	21	<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	22	<i>Prorocentrum sigmoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0,00	0,36
	23	<i>Protoperidinium crassipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	24	<i>Scrippsiella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<b>Sumatoria (□□□)</b>												<b>548</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>	

**Especie dominante:** Fr % 50 % – 100 %  
**Especie frecuente:** Fr % 5 % – 10 %

**Especie abundante:** Fr % 10 % – 50 %  
**Especie rara:** Fr % menor 5 %.

En la Estación *Taquillo* se percibe un incremento de la población de *P. bahamense* (50% más que en *El Sunzal*); fenómeno que ocurre de igual manera con las diferentes especies FAN identificadas para el sitio, lo cual equipara los valores de las frecuencias obtenidas en ambas estaciones; no así las relaciones entre la abundancia de las especies, generándose una distribución más equitativa de las poblaciones encontradas en *Taquillo* (Figura 20), en donde la mayor fracción la constituye *Gymnodinium catenatum*, mientras que la representatividad de *P. bahamense* es incluso menor que la mostrada en *El Sunzal*.

### Frecuencia Relativa de *Pyrodinium bahamense*, en la Estación Taquillo.



**Figura 20:** Frecuencia Relativa de *P. bahamense* en fase vegetativa, con respecto a las diferentes especies FAN identificadas en la Estación Taquillo. De Septiembre / 2006 a enero / 2007.

Los cálculos de frecuencia relativa efectuados para las especies FAN identificadas en la Estación *Mizata* (Tabla 5), permiten catalogar a *P. bahamense* nuevamente como especie *rara*, de acuerdo con un valor de 0.84% registrado para su fracción poblacional; que resulta ser el más bajo de las tres estaciones, aún cuando *Mizata* reporta el mayor valor de células contadas de *P. bahamense* a lo largo del muestreo (60% más que *El Sunzal*), y la mayor constancia en cuanto a ocurrencia de la especie (Tabla 10). Este escenario es producto de un incremento poblacional masivo del dinoflagelado *Akashiwo sanguinea* (Tabla 5), el cual alcanzó una concentración superior a 1500 Cél./L durante el último muestreo; acaparando el 82.84% de la población total contada en la estación, y catalogándose como especie *dominante*. Por lo tanto, estos valores no reflejan ausencia o disminución en las poblaciones de las demás especies, sino que la abundancia de cada una con respecto de las otras.

**Tabla 5: Cálculo de la Frecuencia Relativa de *Pyrodinium bahamense* en la Estación Mizata, septiembre / 2006 a enero / 2007.**

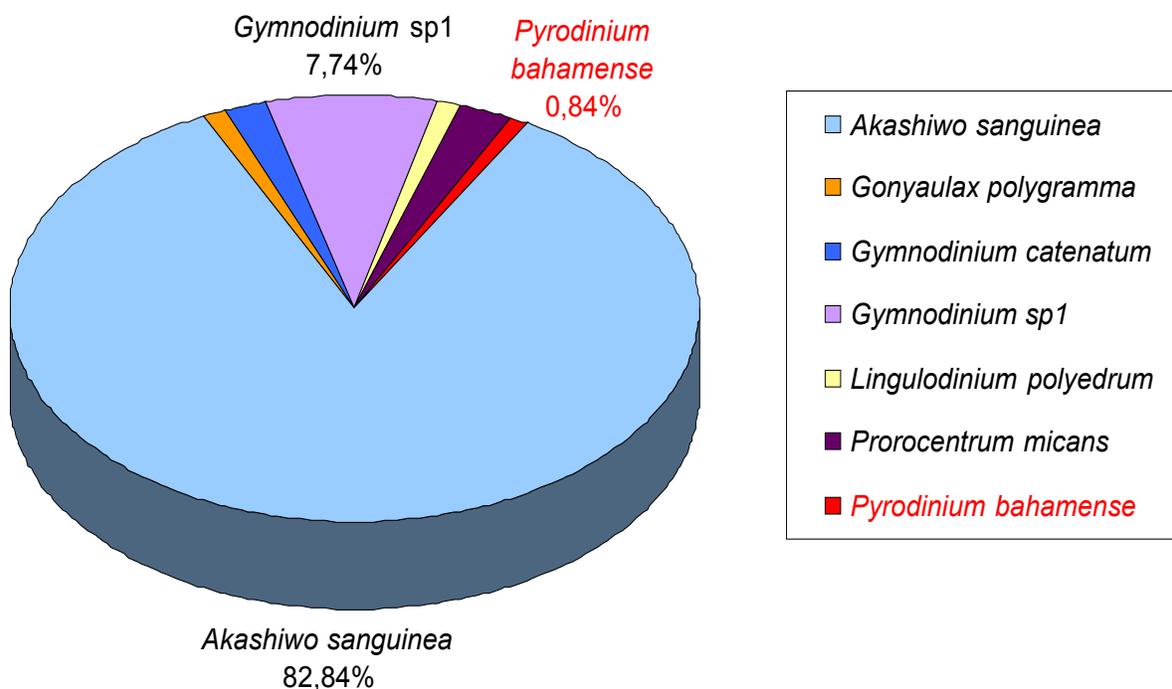
Sitio	Nº	ESPECIES FAN (contabilizadas)	MUESTREO										Frecuencia (F)	Frecuencia Relativa (Fr)	Fr %
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
MIZATA	1	<i>Pyrodinium bahamense</i>	3	0	1	0	0	1	1	2	2	6	16	0,01	0,84
	2	<i>Akashiwo sanguinea</i>	0	0	13	0	0	1	0	0	9	1560	1583	0,83	82,84
	3	<i>Alexandrium cohorticula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	4	<i>Balechina coerulea</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	6	0,00	0,31
	5	<i>Dinophysis acuminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,00	0,05
	6	<i>Dinophysis caudata</i>	3	0	4	0	0	2	0	1	0	0	10	0,01	0,52
	7	<i>Gonyaulax digitale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	8	<i>Gonyaulax cf. monilata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	9	<i>Gonyaulax polygramma</i>	2	2	2	0	0	5	2	1	2	5	21	0,01	1,10
	10	<i>Gonyaulax spinifera</i>	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	5	0,00	0,26
	11	<i>Gymnodinium catenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	0,02	2,09
	12	<i>Gymnodinium sp1</i>	0	0	3	0	0	2	2	0	1	140	148	0,08	7,74
	13	<i>Gymnodinium sp2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0,00	0,31
	14	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	0	2	0	1	0	0	8	10	3	0	24	0,01	1,26
	15	<i>Noctiluca scintilans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0,00	0,16
	16	<i>Phalacroma argus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	17	<i>Phalacroma dorhyphora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	18	<i>Phalacroma rapa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	19	<i>Prorocentrum compressum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	3	0,00	0,16
	20	<i>Prorocentrum micans</i>	0	0	5	0	2	12	7	8	7	3	44	0,02	2,30
	21	<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	22	<i>Prorocentrum sigmoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	23	<i>Protoperdinium crassipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,00	0,05
	24	<i>Scrippsiella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<b>Sumatoria (□□□)</b>												<b>1911</b>	<b>1,00</b>	<b>100</b>	

**Especie dominante:** Fr % 50 % – 100 %  
**Especie frecuente:** Fr % 5 % – 10 %

**Especie abundante:** Fr % 10 % – 50 %  
**Especie rara:** Fr % menor 5 %.

La dominancia de *A. sanguinea* en la Estación Mizata se ve reflejada en el Gráfico de la Figura 21. Se debe señalar que aún ante esta situación y ocurriendo un importante aumento poblacional de otras especies de dinoflagelados más frecuentes; la población de *P. bahamense* (fracción en rojo), se muestra representativa.

### Frecuencia Relativa de *Pyrodinium bahamense*, en la Estación Mizata.



**Figura 21:** Frecuencia Relativa de *P. bahamense* en fase vegetativa, con respecto a las diferentes especies FAN identificadas en la Estación Mizata. De Septiembre / 2006 a enero / 2007.

#### 4.3 RELACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y LAS CONCENTRACIONES CELULARES DE *Pyrodinium bahamense*.

Las mediciones de los parámetros físico – químicos registrados durante el trabajo de campo, se han consolidado mostrando sus valores promedio (Tabla 6), los cuales se comparan a su vez con los datos obtenidos a través de los conteos celulares de *P. bahamense* por estación de muestreo. La información ordenada y tabulada cronológicamente se presenta a través de gráficas, para lograr evidenciar el grado de relación que tienen los cambios que sufren las variables analizadas (Figuras 22 a 26).

**TABLA 6: Abundancia de *Pyrodinium bahamense*, respecto a los valores promedio de parámetros Físico–Químicos, de septiembre / 2006 a enero / 2007.**

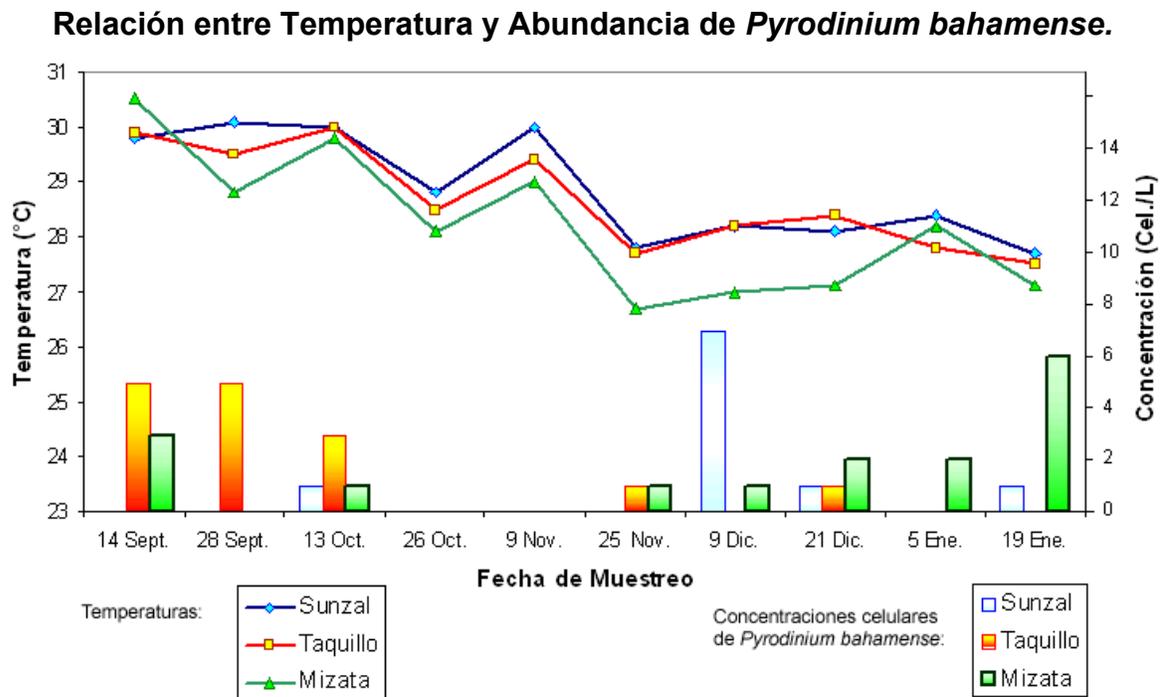
<b>EL SUNZAL</b>										
<b>PARÁMETROS</b>	<b>14 Sep</b>	<b>28 Sep</b>	<b>13 Oct</b>	<b>26 Oct</b>	<b>09 Nov</b>	<b>25 Nov</b>	<b>09 Dic</b>	<b>21 Dic</b>	<b>05 Ene</b>	<b>19 Ene</b>
Temperatura (°C)	29,8	30,1	30,0	28,8	30,0	27,8	28,2	28,1	28,4	27,7
Salinidad (PSU)	36,7	32,0	32,7	36,0	33,7	38,3	38,3	34,7	39,0	40,0
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6,7	4,5	4,8	10,7	7,3	5,8	8,2	4,0	4,4	9,3
pH (unidades)	8,22	8,33	8,39	8,06	8,13	8,14	8,12	8,13	8,15	8,07
Turbidez (m)	2,0	6,15	1,3	1,7	4,5	7,0	4,3	4,0	7,5	4,0
<i>P. bahamense</i> (Cél./L)	0	0	1	0	0	0	7	1	0	1
<b>TAQUILLO</b>										
<b>PARÁMETROS</b>	<b>14 Sep</b>	<b>28 Sep</b>	<b>13 Oct</b>	<b>26 Oct</b>	<b>09 Nov</b>	<b>25 Nov</b>	<b>09 Dic</b>	<b>21 Dic</b>	<b>05 Ene</b>	<b>19 Ene</b>
Temperatura (°C)	29,9	29,5	30,0	28,5	29,4	27,7	28,2	28,4	27,8	27,5
Salinidad (PSU)	33,0	36,5	36,0	38,7	38,3	40,0	40,0	38,0	40,3	40,3
Oxígeno Disuelto (mg/L)	7,1	6,3	5,9	11,1	9,5	3,2	6,7	2,0	7,1	11,8
pH (unidades)	8,1	8,32	8,43	8,1	8,16	8,21	8,21	8,19	8,2	8,12
Turbidez (m)	2,25	4,0	2,0	1,35	5,0	8,0	4,5	5,15	10,0	3,83
<i>P. bahamense</i> (Cél./L)	5	5	3	0	0	1	0	1	0	0
<b>MIZATA</b>										
<b>PARÁMETROS</b>	<b>14 Sep</b>	<b>28 Sep</b>	<b>13 Oct</b>	<b>26 Oct</b>	<b>09 Nov</b>	<b>25 Nov</b>	<b>09 Dic</b>	<b>21 Dic</b>	<b>05 Ene</b>	<b>19 Ene</b>
Temperatura (°C)	30,5	28,8	29,8	28,1	29,0	26,7	27,0	27,1	28,2	27,1
Salinidad (PSU)	33,3	39,3	38,3	41,0	39,0	42,0	40,7	40,7	41,5	41,7
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6,9	7,4	7,0	8,9	11,0	3,4	3,2	2,6	6,0	5,5
pH (unidades)	8,06	8,37	8,48	8,12	8,24	8,27	8,28	8,25	8,24	8,3
Turbidez (m)	3,0	3,5	1,0	1,5	1,65	7,0	6,0	4,25	4,25	6,5
<i>P. bahamense</i> (Cél./L)	3	0	1	0	0	1	1	2	2	6

La fluctuación que ocurre en los valores que adquiere cada parámetro a través del período de muestreo es muy similar entre las estaciones, lo que sugiere analogía entre los sitios. Circunstancia que no ocurre al comparar las poblaciones.

## Temperatura.

A pesar que las condiciones de temperatura siguen un patrón equivalente entre las estaciones de muestreo; las concentraciones celulares de *P. bahamense* no guardan similitud aparente entre los sitios, y no existe una relación clara entre las fluctuaciones de temperatura con las de abundancia.

La Figura 22 permite evidenciar un margen de variación en la temperatura del agua de aproximadamente  $\pm 3^{\circ}$  C, registrándose el mayor y menor valor en la Estación *Mizata*. Se observan cambios bruscos entre los meses de octubre y noviembre, período de transición entre las estaciones lluviosa y seca; durante el cual, los registros de *P. bahamense* se vuelven nulos en las tres estaciones de muestreo. Por otra parte, las condiciones relativamente estables de temperatura coincidieron con los períodos en que las poblaciones del dinoflagelado presentaron más estabilidad, los registros de concentraciones celulares más elevados ocurren cuando el agua es más fría.

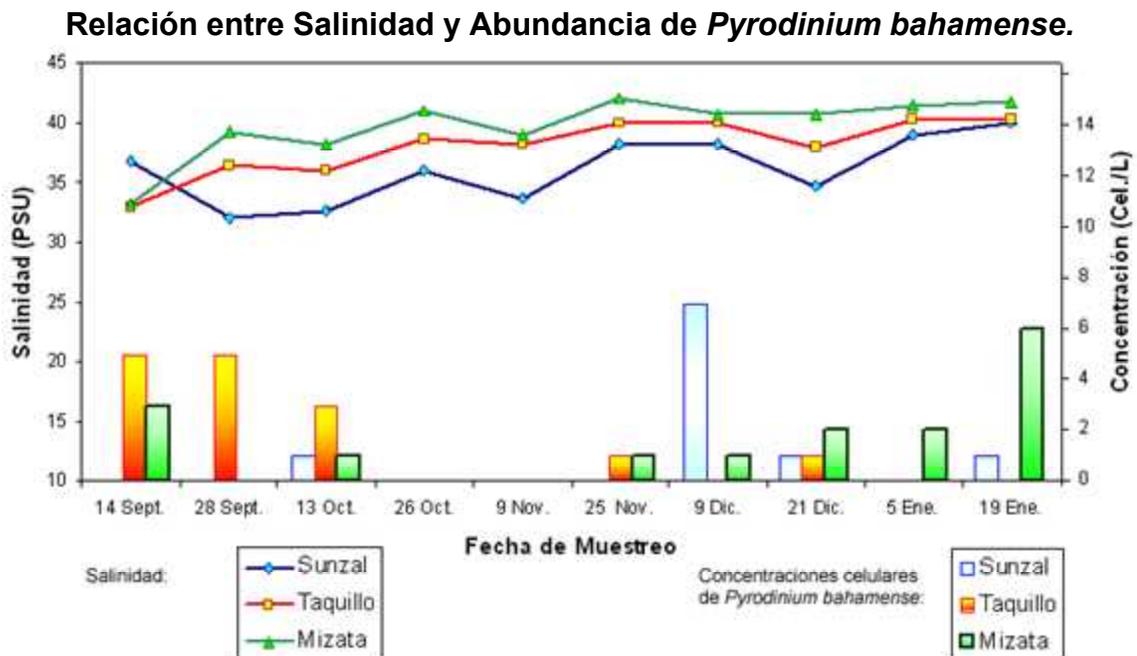


**Figura 22:** Comparación de la Abundancia de *P. bahamense* con los valores de Temperatura, para las tres estaciones de muestreo; Septiembre /2006 - Enero /2007.

## Salinidad.

Durante todo el estudio hubo una tendencia de aumento constante (Figura 23), lo que se relaciona con la disminución de los aportes dulceacuícolas pluviales y fluviales hacia la estación seca. Estas variaciones sin embargo, no demuestran una relación con las concentraciones celulares de *P. bahamense*.

Las variaciones de salinidad fueron más notorias en la Estación *El Sunzal*, que a su vez presentó menos ocurrencia de *P. bahamense*; no obstante en esta misma estación entre el 25 de noviembre y 9 de diciembre de 2006, cuando los valores de salinidad se mantuvieron constantes, se registró la mayor concentración de *P. bahamense* de todo el estudio. Se debe mencionar que en las estaciones de *Taquillo* y *Mizata*, donde los valores de salinidad resultan más estables, la ocurrencia de *P. bahamense* es más constante.



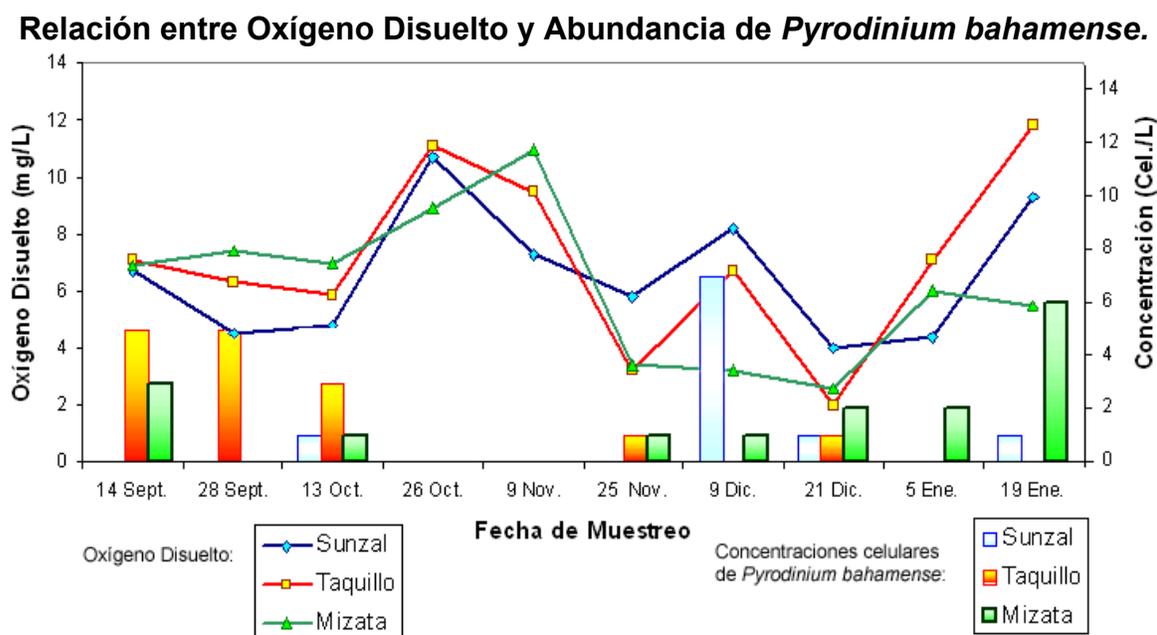
**Figura 23:** Comparación de la Abundancia de *P. bahamense* (concentración) con los valores de Salinidad, para las tres estaciones de muestreo; Septiembre /2006 - Enero /2007.

## Oxígeno Disuelto.

Los registros obtenidos no permiten determinar con certeza una relación entre la disponibilidad de oxígeno y las concentraciones celulares de *P. bahamense*; ya que las concentraciones de Oxígeno Disuelto varían drásticamente en el tiempo, aunque se comportan de manera similar en entre las estaciones.

En la Figura 24, destaca la transición de octubre a noviembre, en donde ocurre una elevación considerable en la disponibilidad de oxígeno que coincide con la ausencia de *P. bahamense* en todos los sitios; de igual manera ocurre a finales de enero, en donde la única población no disminuida es la de Mizata, que al mismo tiempo presenta una baja en el oxígeno disuelto.

Contradiendo lo anterior, el 21 de diciembre de 2006, las estaciones muestran los niveles de oxígeno más bajas de todo el estudio y las concentraciones celulares encontradas también son bajas.



**Figura 24:** Comparación de la Abundancia de *P. bahamense* (concentración) con los valores de Oxígeno Disuelto, para las tres estaciones de muestreo; Septiembre /2006 - Enero /2007.

Es importante mencionar además que las mayores concentraciones celulares de *P. bahamense* fueron registradas cuando el oxígeno disuelto se encontraba entre 5 y 8 mg/L. No encontrándose en ningún caso registros de población cuando el oxígeno disuelto superaba los 8 mg/L. de concentración.

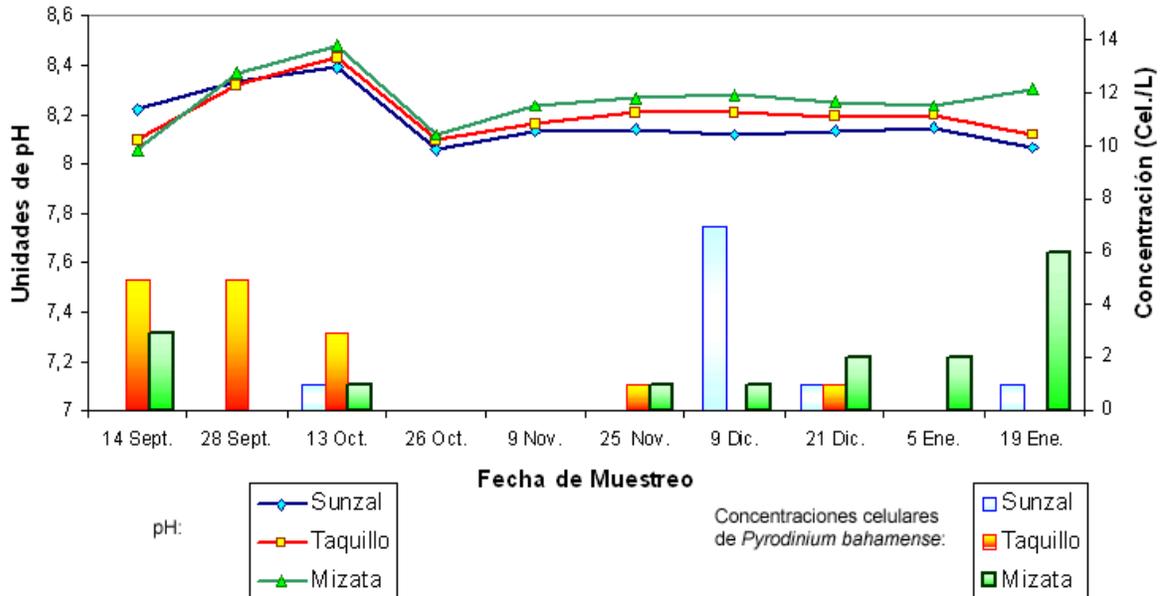
Si se comparan los datos de oxígeno disuelto (Figura 24) con la turbidez del agua (Figura 26), se puede apreciar que ambas medidas se incrementan en octubre, noviembre y enero; por lo que se encuentran relacionadas.

### **Potencial de Hidrógeno (pH).**

En cuanto al registro del porcentaje de iones Hidrógeno (Figura 25), las estaciones de muestreo presentaron un comportamiento similar; siendo el pH la variable ambiental más estable registrada durante el estudio, con un carácter levemente básico en todos los muestreos, lo que típicamente se asocia con la presencia de sales y otros solutos disueltos en el agua de mar. La estación de *Mizata* presenta el mayor rango de variación en el parámetro ( $\pm 0.42$  unidades de pH), al igual que lo ocurrido con la temperatura.

Como se muestra en la Figura 25, las concentraciones registradas de *P. bahamense* parecen comportarse independientemente del rango de variación ocurrido en el pH, aún cuando la mayor constancia poblacional sucede en tanto dicho rango es más estrecho. Sin embargo, es claro que a finales de octubre, tal y como acontece en todos los parámetros ambientales medidos, se manifiesta la variación más drástica en los registros; que se traduce en concentraciones celulares inferiores a 1 Cél./L de *P. bahamense*. A partir del muestreo efectuado el 25 de noviembre de 2006, ya no se registraron marcadas variaciones de pH; al mismo tiempo que el registro de las concentraciones celulares no volvió a disminuir tan drásticamente.

### Relación entre pH y Abundancia de *Pyrodinium bahamense*.



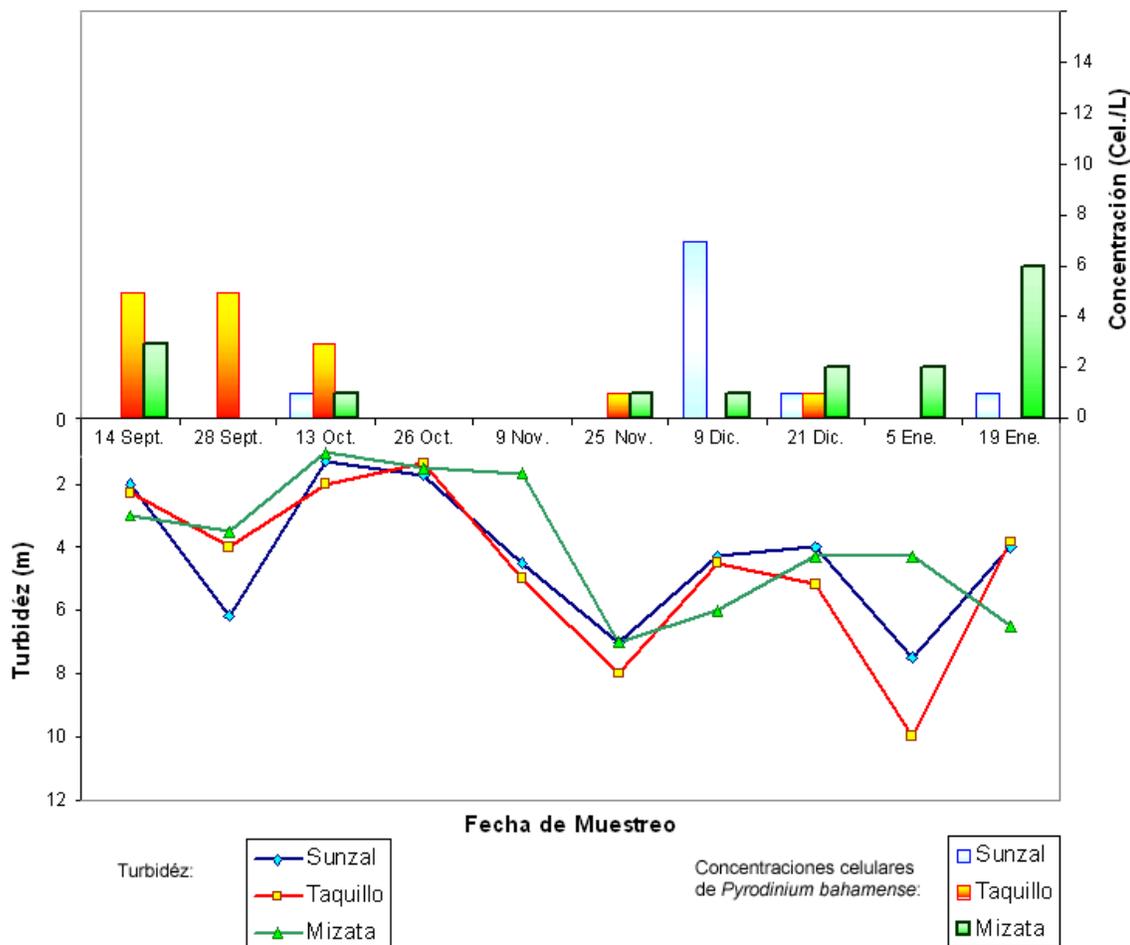
**Figura 25:** Comparación de la Abundancia de *P. bahamense* (concentración) con los valores de pH, para las tres estaciones de muestreo; Septiembre /2006 - Enero /2007.

### Turbidez (Penetración de la Luz).

Los parámetros físico – químicos monitoreados permiten apreciar, en todos los casos, la transición de estación seca a lluviosa entre los meses de octubre y noviembre; situación que destaca en la turbidez del agua (Figura 26), ya que al disminuir el aporte de los ríos cercanos a las estaciones de muestreo, la penetración de la luz se ve aumentada.

De acuerdo con el Gráfico de la Figura 26, el período en que la penetración de la luz es escasa, sobre todo en octubre, repercute en la ausencia de *P. bahamense*; lo que puede explicarse de acuerdo a su carácter fotosintético, deduciéndose que éste es un factor determinante para la reproducción del dinoflagelado. Es necesario mencionar que durante el período referido, los valores de la turbidez vienen dados por un inusual aporte terrígeno de arcilla y limo proveniente de abundantes descargas fluviales; en tanto que en las otras situaciones donde la penetración de la luz es baja, se debió a la proliferación planctónica.

### Relación entre Turbidez y Abundancia de *Pyrodinium bahamense*.



**Figura 26:** Comparación de la Abundancia de *P. bahamense* (concentración) con los valores de Turbidez, para las tres estaciones de muestreo; Septiembre /2006 - Enero /2007.

### NUTRIENTES

El consolidado de las concentraciones de nutrientes registradas, se presenta en la Tabla 7, cotejadas con los datos de concentración de *P. bahamense*. Es importante aclarar que las concentraciones de Fosfatos Totales durante el estudio, no fueron detectables con el método utilizado, cuyo límite inferior de detección es de 0.03 mg/L.; siendo probable que las concentraciones de este nutriente permanecieran por debajo de este rango. Así mismo el límite de detección para los Nitratos Totales fue de 0,02 mg/L, y la de Iones Férricos de 0,01 mg/L. Para

presentar los resultados se han utilizado las categorías: Fosfatos, Nitratos y Hierro, junto a la inicial de cada estación de muestreo; como abreviatura.

**TABLA 7: Relación entre Abundancia de *Pyrodinium bahamense* y las Concentraciones de Nutrientes, septiembre / 2006 a enero / 2007.**

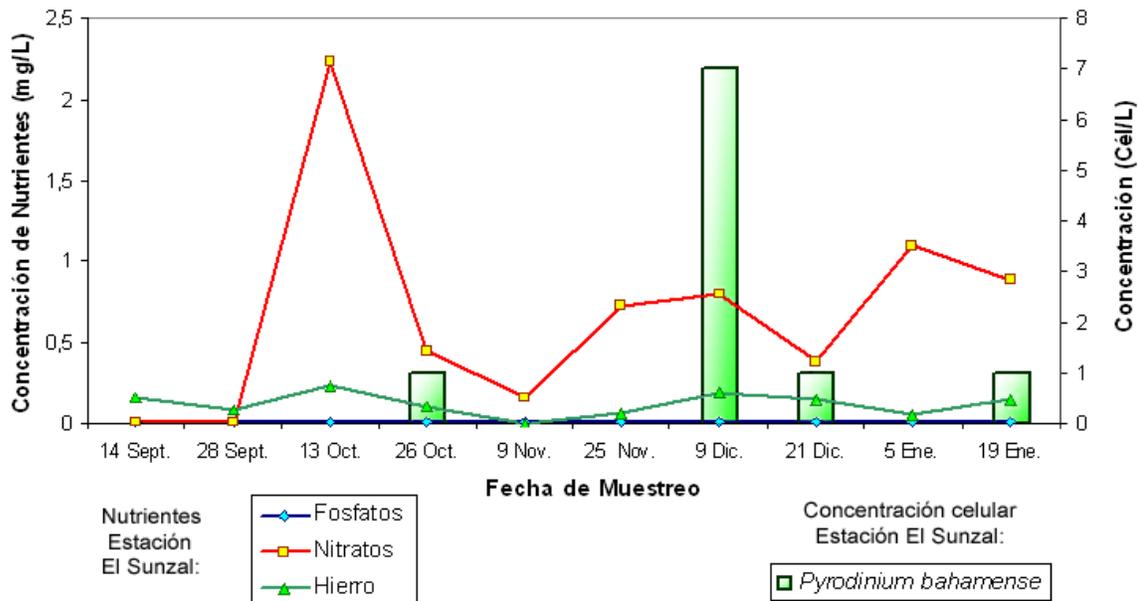
	El Sunzal									
NUTRIENTES	14 Sept	28 Sept	13 Oct	26 Oct	09 Nov	25 Nov	09 Dic	21 Dic	05 Ene	19 Ene
Fosfatos (S)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Nitratos (S)	N. D.	N. D.	2,23	0,45	0,16	0,73	0,80	0,38	1,10	0,89
Hierro (S)	0,16	0,09	0,23	0,11	N. D.	0,06	0,19	0,15	0,05	0,15
<i>Pyrodinium bahamense</i>	0	0	1	0	0	0	7	1	0	1
	Taguillo									
NUTRIENTES	14 Sept	28 Sept	13 Oct	26 Oct	09 Nov	25 Nov	09 Dic	21 Dic	05 Ene	19 Ene
Fosfatos (T)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Nitratos (T)	1,88	0,06	0,96	0,81	0,28	0,92	0,80	0,53	1,01	0,96
Hierro (T)	0,14	0,10	0,18	0,11	0,04	0,06	0,12	0,15	0,03	0,12
<i>Pyrodinium bahamense</i>	5	5	3	0	0	1	0	1	0	0
	Mizata									
NUTRIENTES	14 Sept	28 Sept	13 Oct	26 Oct	09 Nov	25 Nov	09 Dic	21 Dic	05 Ene	19 Ene
Fosfatos (M)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Nitratos (M)	1,17	0,04	0,63	0,60	0,23	1,04	0,93	0,48	0,86	1,01
Hierro (M)	0,11	0,08	0,20	0,11	0,09	0,06	0,15	0,14	0,03	0,12
<i>Pyrodinium bahamense</i>	3	0	1	0	0	1	1	2	2	6

N. D. = Rango No Detectable.

### Estación *El Sunzal*.

La Figura 27 muestra la relación entre el aumento de las concentraciones de nutrientes y la abundancia de *P. bahamense* en la Estación *El Sunzal*. Las concentraciones de Fosfatos Totales no fueron detectables en ningún momento.

### Relación entre Nutrientes y Abundancia de *Pyrodinium bahamense*, en la Estación El Sunzal.



**Figura 27:** Comparación de la Abundancia de *P. bahamense*, con los valores de Ión Férrico, Fosfatos y Nitratos para la Estación El Sunzal; Septiembre /2006 - Enero /2007.

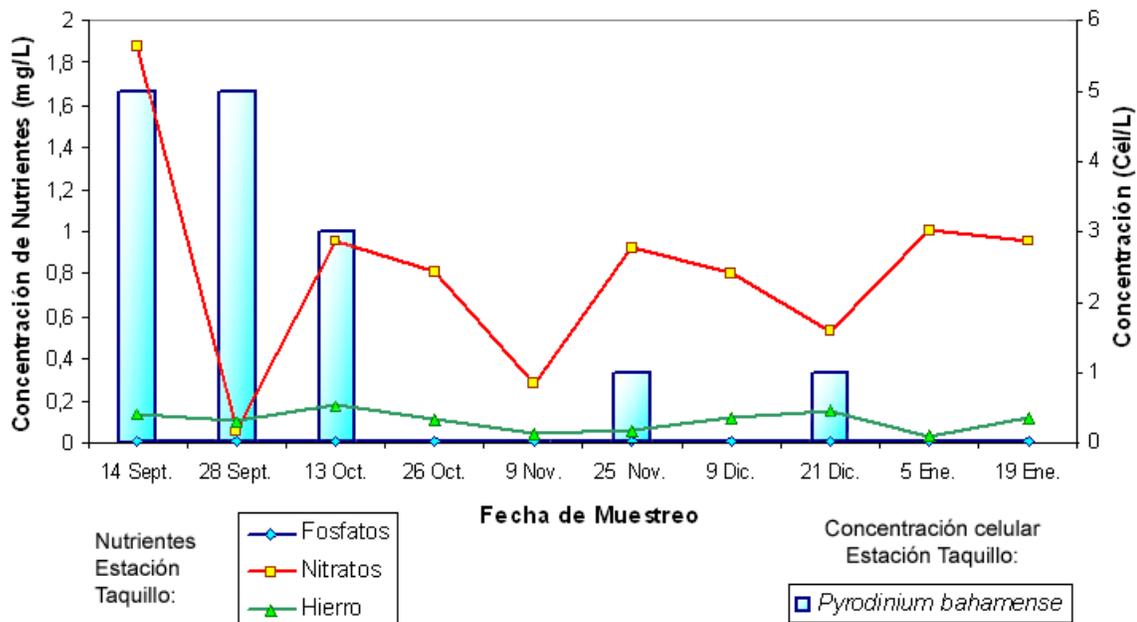
El primer aumento registrado de la concentración de Iones Férricos (Hierro) y Nitratos Totales, ocurre durante el muestreo del 13 de octubre de 2006, a partir del siguiente muestreo comienzan a registrarse los primeros datos de abundancia de *P. bahamense*. Este comportamiento, demuestra una clara relación en cuanto a que no se registran datos de población sin que previamente los niveles de Hierro y Nitratos aumenten; mientras que después de cada alza poblacional, los niveles de nutrientes disminuyen. También es relevante el hecho de que por debajo de 0.16 mg/L de nitratos totales y 0.09 mg/L de iones férricos, las concentraciones celulares se vuelven cero; en tanto que aumentos significativos en los nitratos totales no se traducen en grandes incrementos poblacionales; es notorio como la concentración del hierro se eleva al mismo tiempo que las concentraciones celulares en la mayoría de los casos.

#### Estación Taquillo.

En la Estación *Taquillo* no se evidencia una relación clara entre las concentraciones de los nutrientes y la población de *P. bahamense* (Figura 28). En la mayoría de los casos se presentaron aumentos de ambas variables al mismo tiempo,

siendo la excepción los datos del muestreo del 28 de septiembre de 2006, cuando los registros de Nitratos Totales descienden drásticamente alcanzando el nivel más bajo para la estación, mientras las concentraciones celulares se mantienen estables.

### Relación entre Nutrientes y Abundancia de *Pyrodinium bahamense*, en la Estación Taquillo.



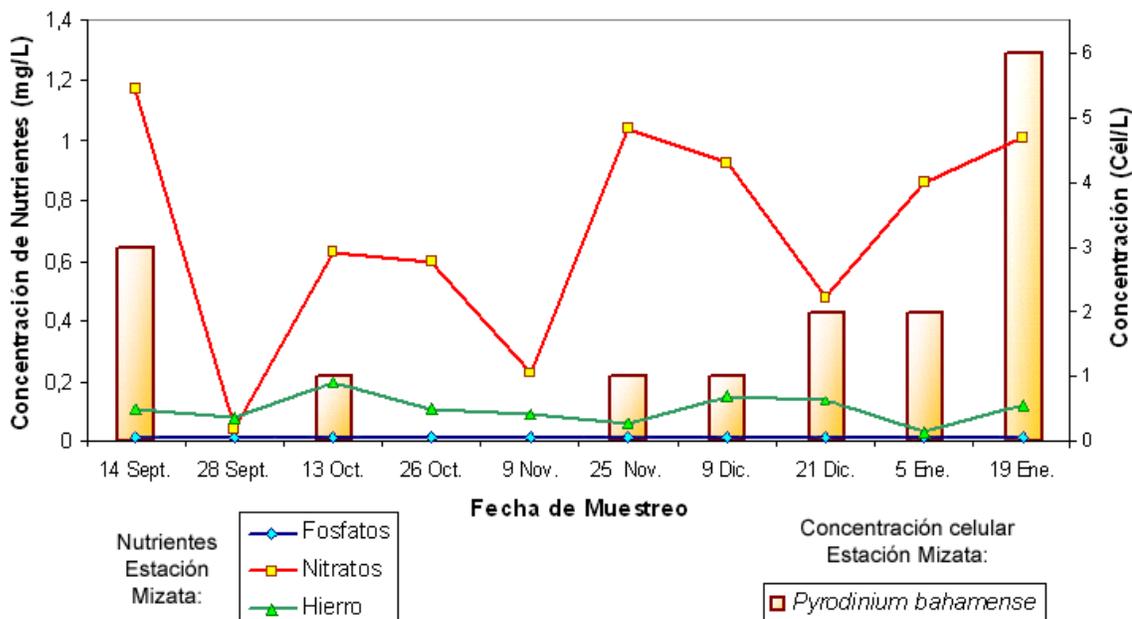
**Figura 28:** Comparación de la Abundancia de *P. bahamense*, con los valores de Ión Férrico, Fosfatos y Nitratos para la Estación Taquillo; Septiembre /2006 - Enero /2007.

La relación entre la concentración celular y los niveles de Iones Férricos parece más evidente, no encontrándose datos poblacionales ante niveles inferiores a 0,09 mg./L del mencionado nutriente, tal y como ocurrió en la estación de *El Sunzal*.

### Estación Mizata.

En la Figura 29, perteneciente a la Estación de *Mizata*, la comparación entre las concentraciones celulares y los niveles de nutrientes, permite observar un comportamiento similar al que se presentó en la Estación *Taquillo*; en tanto que las mediciones de Nitratos Totales fueron mucho más variables que las de los Iones Férricos. Sin embargo, los aumentos en las concentraciones de los Nitratos Totales parecen coincidir con los aumentos poblacionales de *P. bahamense*, excepto durante el muestreo del 21 de diciembre de 2006.

### Relación entre Nutrientes y Abundancia de *Pyrodinium bahamense*, en la Estación Mizata.



**Figura 29:** Comparación de la Abundancia de *P. bahamense*, con los valores de Ión Férrico, Fosfatos y Nitratos para la Estación Mizata; Septiembre /2006 - Enero /2007.

La concentración del Ión Férrico sigue el patrón mostrado con anterioridad en El Sunzal y Taquillo, respecto a que no se obtuvieron registros poblacionales cuando los niveles de Hierro eran inferiores a 0.09 mg./L; excepto durante el muestreo del 5 de enero de 2007, cuando se reportó un valor de 0.03 mg./L en las concentraciones de este nutriente.

#### 4.4 DISTRIBUCIÓN DE *Pyrodinium bahamense*.

Los resultados de la distribución de *P. bahamense*, se basaron en la identificación taxonómica de sus dos fases: vegetativa y quística. Al mismo tiempo estos resultados se han cotejado con los promedios de los parámetros físico-químicos en la columna de agua (Tabla 8) y las concentraciones de los nutrientes (Tabla 9).

En los tres sitios de muestreo se identificó la fase vegetativa de *P. bahamense* dentro de la zona fótica; indicándose su presencia durante los muestreos con una

equis ( X ) al interior de las casillas y su ausencia con un guión ( - ). Los quistes de *P. bahamense*, cuyo nombre científico es *Polysphaeridium zoharyi*, no se encontraron ni se identificaron en ninguna muestra.

**Relaciones cualitativas de la ocurrencia de *P. bahamense* con respecto a los niveles mostrados por los parámetros físico – químicos.**

De la información presentada en la Tabla 8, destacan los muestreos del 13 de octubre y 21 de diciembre de 2006 y el muestreo del 19 de enero de 2007, durante los cuales se constató la presencia de *P. bahamense* en fase vegetativa, en las tres estaciones de muestreo.

**TABLA 8: Presencia – Ausencia de *Pyrodinium bahamense*, en fase vegetativa y quística, Comparada con los promedios de Parámetros Físico – Químicos.**

	El Sunzal									
PARÁMETROS	14 Sep	28 Sep	13 Oct	26 Oct	09 Nov	25 Nov	09 Dic	21 Dic	05 Ene	19 Ene
Temperatura (°C)	29,8	30,1	30	28,8	30	27,8	28,2	28,1	28,4	27,7
Salinidad (PSU)	36,7	32	32,7	36	33,7	38,3	38,3	34,7	39	40
Oxígeno Disuelto (mg/ L)	6,7	4,5	4,8	10,7	7,3	5,8	8,2	4	4,4	9,3
pH (unidades)	8,22	8,33	8,39	8,06	8,13	8,14	8,12	8,13	8,15	8,07
Turbidez (m)	2	6,15	1,3	1,7	4,5	7	4,3	4	7,5	4
<i>Pyrodinium bahamense</i>	-	X	X	X	X	-	X	X	X	X
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Taquillo									
PARÁMETROS	14 Sep	28 Sep	13 Oct	26 Oct	09 Nov	25 Nov	09 Dic	21 Dic	05 Ene	19 Ene
Temperatura (°C)	29,9	29,5	30	28,5	29,4	27,7	28,2	28,4	27,8	27,5
Salinidad (PSU)	33	36,5	36	38,7	38,3	40	40	38	40,3	40,3
Oxígeno Disuelto (mg/ L)	7,1	6,3	5,9	11,1	9,5	3,2	6,7	2	7,1	11,8
pH (unidades)	8,1	8,32	8,43	8,1	8,16	8,21	8,21	8,19	8,2	8,12
Turbidez (m)	2,25	4	2	1,35	5	8	4,5	5,15	10	3,83
<i>Pyrodinium bahamense</i>	X	X	X	-	-	X	-	X	-	X
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PARÁMETROS	Mizata									
	14 Sep	28 Sep	13 Oct	26 Oct	09 Nov	25 Nov	09 Dic	21 Dic	05 Ene	19 Ene
Temperatura (°C)	30,5	28,8	29,8	28,1	29	26,7	27	27,1	28,2	27,1
Salinidad (PSU)	33,3	39,3	38,3	41	39	42	40,7	40,7	41,5	41,7
Oxígeno Disuelto (mg/ L)	6,9	7,4	7	8,9	11	3,4	3,2	2,6	6	5,5
pH (unidades)	8,06	8,37	8,48	8,12	8,24	8,27	8,28	8,25	8,24	8,3
Turbidez (m)	3	3,5	1	1,5	1,65	7	6	4,25	4,25	6,5
<i>Pyrodinium bahamense</i>	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**X = Presente    - = Ausente.**

En cuanto a la relación con los parámetros físico-químicos registrados durante los muestreos, los resultados no reflejan ningún tipo de especificación que permitiera conocer o especular sobre las circunstancias propicias para el desarrollo de este dinoflagelado.

Por otra parte, las variaciones que se presentaron a lo largo del muestreo son consecuentes con el período de transición de época lluviosa a seca, durante el cual se realizó este estudio.

### ***Relación con las concentraciones de nutrientes.***

Se compararon las concentraciones obtenidas en miligramos por litro (mg. / L.), de los principales nutrientes que determinan el desarrollo de los dinoflagelados (*Fosfatos Totales, Nitratos Totales y el Ión Férrico*), con las observaciones de ocurrencia de *P. bahamense* en las tres estaciones de muestreo (Tabla 9).

Los datos comparativos de Presencia – Ausencia de *P. bahamense* y su quiste, se generan cualitativamente, por ello no son cuantificables, y se infiere al respecto de acuerdo a su comportamiento dentro de los registros.

**TABLA 9: Presencia – Ausencia de *Pyrodinium bahamense*, en fase vegetativa y quística, Comparada con las Concentraciones de Nutrientes.**

		El Sunzal								
NUTRIENTES	14 Sep	28 Sep	13 Oct	26 Oct	09 Nov	25 Nov	09 Dic	21 Dic	05 Ene	19 Ene
Fosfatos (S)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Nitratos (S)	N. D.	N. D.	2,23	0,45	0,16	0,73	0,80	0,38	1,10	0,89
Hierro (S)	0,16	0,09	0,23	0,11	N. D.	0,06	0,19	0,15	0,05	0,15
<i>Pyrodinium bahamense</i>	-	X	X	X	X	-	X	X	X	X
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Taquillo								
NUTRIENTES	14 Sep	28 Sep	13 Oct	26 Oct	09 Nov	25 Nov	09 Dic	21 Dic	05 Ene	19 Ene
Fosfatos (T)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Nitratos (T)	1,88	0,06	0,96	0,81	0,28	0,92	0,80	0,53	1,01	0,96
Hierro (T)	0,14	0,10	0,18	0,11	0,04	0,06	0,12	0,15	0,03	0,12
<i>Pyrodinium bahamense</i>	X	X	X	-	-	X	-	X	-	X
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Mizata								
NUTRIENTES	14 Sep	28 Sep	13 Oct	26 Oct	09 Nov	25 Nov	09 Dic	21 Dic	05 Ene	19 Ene
Fosfatos (M)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Nitratos (M)	1,17	0,04	0,63	0,60	0,23	1,04	0,93	0,48	0,86	1,01
Hierro (M)	0,11	0,08	0,20	0,11	0,09	0,06	0,15	0,14	0,03	0,12
<i>Pyrodinium bahamense</i>	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X
<i>Polysphaeridium zoharyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**N. D. = Rango No Detectable. X = Presente - = Ausente**

En las tres estaciones de muestreo se presenta un patrón similar de los nutrientes; siendo más variables las concentraciones de Nitratos Totales que las de los Iones Férricos, con las cuales se elaboraron los gráficos de las Figuras 30 y 31. Mientras que las concentraciones de Fosfatos Totales no fueron cuantificables durante todo el período de estudio, por lo que no se presentan gráficamente.

### Fluctuaciones en la Concentración de Nitratos Totales por Estación de Muestreo.

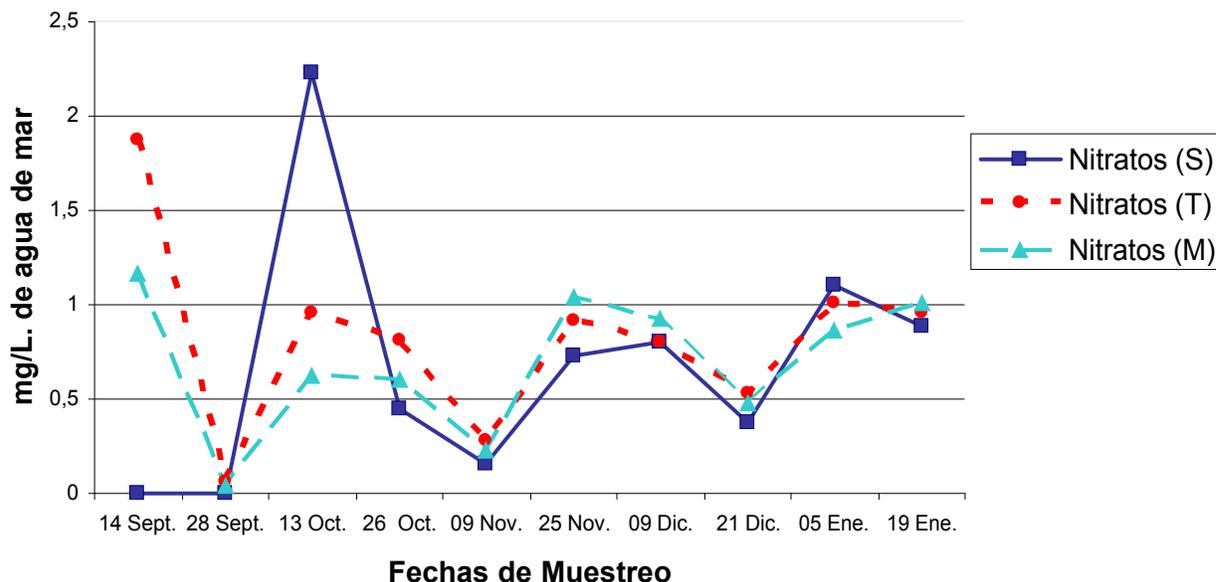


Figura 30: Comparación de resultados del Análisis Químico de Nitratos Totales para las tres estaciones de muestreo de Septiembre/ 2006 a Enero/ 2007 (S=Sunzal, T=Taquillo y M=Mizata).

La Figura 30 ilustra los resultados de las concentraciones de Nitratos, comparando los datos de las tres estaciones de muestreo. En éste es posible observar un comportamiento similar en los aumentos y disminuciones del nutriente; excepto para los primeros tres muestreos de la Estación El Sunzal donde se detectan cambios abruptos que constituyeron las concentraciones más bajas (inferiores al límite de detección) y la más alta del estudio. Por otra parte, las concentraciones más elevadas en Taquillo y Mizata, ocurrieron durante el primer muestreo.

A diferencia de los datos cuantificables presentados anteriormente, no se ha podido determinar relación alguna entre la presencia – ausencia de *P. bahamense* con respecto a las alzas y bajas sufridas en las concentraciones de Nitratos en el agua en ninguna de las estaciones.

Para comparar las concentraciones registradas del Ión Férrico, se elaboró el Gráfico de la Figura 31, en el cual se aprecia que las máximas concentraciones se presentaron durante el muestreo del 13 de octubre de 2006, perteneciendo la mayor

a la estación El Sunzal (0.23 mg/L.); hecho que coincide con los mayores resultados obtenidos para los Nitratos Totales (Figura 30).

### Fluctuaciones en la Concentración de Ión Férrico (Hierro) por Estación de Muestreo.

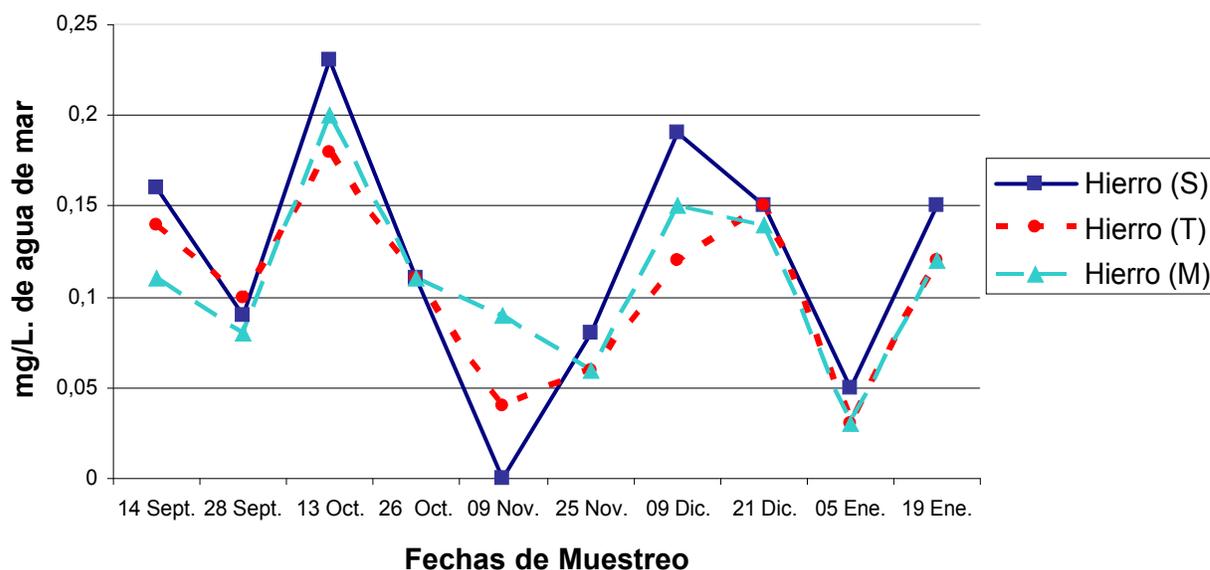


Figura 31: Comparación de resultados del Análisis Químico de Hierro (Ión Férrico  $Fe^{+3}$ ) para las tres estaciones de muestreo de Septiembre/ 2006 a Enero/ 2007 (S=Sunzal, T=Taquillo y M=Mizata).

El menor valor de la concentración del Ión Férrico para este estudio, se registró el 9 de noviembre de 2006, el cual se reportó por debajo del límite de detección (0.01 mg/L.), siendo el único dato obtenido con estas características para dicho nutriente.

Aun cuando se evidenció una tenue relación entre las concentraciones de hierro y las concentraciones celulares de *P. bahamense* obtenidas cuantitativamente; no se detectó dicha reciprocidad entre las variaciones del mineral y la presencia o ausencia de dicho dinoflagelado.

Así mismo, la ausencia del quiste *Polysphaeridium zoharyi*, no parece estar relacionada con ninguna de las condiciones ambientales en estudio; en especial por haberse determinado la presencia de otros quistes con características similares.

#### 4.5 Cálculo de la Constancia de *Pyrodinium bahamense*.

La constancia de *P. bahamense* por estación de muestreo, se estableció con base a los datos de distribución, utilizándose una clave numérica, para representar su presencia se escribe el número uno (1) y para su ausencia el cero (0), tal y como se observa en la Tabla 10.

**Tabla 10: Constancia de *Pyrodinium bahamense* por estación de muestreo, septiembre/ 2006 a enero / 2007.**

Fechas de Muestreo										Sumatoria	Constancia
14 Sept	28 Sept	13 Oct	26 Oct	09 Nov	25 Nov	09 Dic	21 Dic	05 Ene	19 Ene		
<b>El Sunzal</b>											
0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	8	80%
<b>Taquillo</b>											
1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	6	60%
<b>Mizata</b>											
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	8	80%

1 = presente 0= ausente

**Constante:** más del 50%; **Accesoría:** entre el 25 % y el 50 %; **Accidental:** menos de 25 %.

Para las estaciones *El Sunzal* y *Mizata* *P. bahamense* estuvo presente en el 80%; de los muestreos; para *Taquillo* la constancia fue solo en el 60% de los muestreos. De acuerdo con los rangos de las categorías propuestas, puede decirse que en las tres estaciones de muestreo, *P. bahamense* fue una especie constante.

## V. DISCUSIÓN

El dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* Plate (1906), ha sido motivo de múltiples debates taxonómicos desde su primera descripción en 1906 (Taylor y Fukuyo, 1989; Cortés-Altamirano *et al.*, 1993); por ello se han empleado varios sinónimos para esta especie hasta el momento, tal como describe Balech (1985). Hasta 1972 cuando se demuestra la producción de toxinas PSP por el dinoflagelado (Hallegraeff & Maclean, 1989), crece el interés científico por su descripción (Balech, 1985), centrando el debate sobre si se deben aceptar dos variedades de este dinoflagelado o simplemente hablar de morfotipos (Vargas-Montero y Freer, 2002; Vargas-Montero y Freer, 2003, Fukuyo, 2007\*).

El nombre científico de *P. bahamense var. compressum (compressa)* (Böhm) Steidinger, Tester y Taylor (1980), descrito para los Océanos Pacífico e Índico, es ampliamente aceptado por la comunidad científica. Esta variedad se caracteriza porque sus células presentan una ligera compresión antero-posterior asociada a una posible reducción de la epiteca e hipoteca, por lo común las células se encuentran formando cadenas (Taylor *et al.*, 1995; Steidinger y Jangen, 1996; Badylak *et al.*, 2004) y son productoras de biotoxinas del tipo paralizante (PSP).

*P. bahamense var. bahamense* no se encuentra asignado a una autoridad específica, ha sido empleado por varios autores al describir ejemplares morfológicamente diferentes, los cuales a su vez se presumían disímiles fisiológicamente al no producir toxinas y desarrollar masivos florecimientos bioluminiscentes en bahías de la región tropical y subtropical del Océano Atlántico (Steidinger y Jangen, 1996; Landsberg, *et al.*, 2006).

El uso de las dos variedades se ha puesto en duda desde 1985 (Balech, 1985), lo cual ha tomado fuerza a raíz de ciertos estudios realizados desde el año 2002 como los de Landsberg *et al.* (2002, citado por Badylak *et al.*, 2004; Philips *et al.*, 2004; Landsberg *et al.*, 2006 y Philips *et al.*, 2006), en Florida; donde se relaciona a *P. bahamense var. bahamense* con la producción de saxitoxinas, durante grandes

---

\* Com. Pers. *PhD.* Yasuwo Fukuyo, Asian Natural Environmental Science Center, The University of Tokyo.

florecimientos (Phlips *et al.*, 2004; FWRI, 2004); las investigaciones continúan debido a que se sospecha que una bacteria podría haber ocasionado la toxicidad, así como también se ha comprobado que *P. bahamense* var. *compressum* puede producir bioluminiscencia (FWRI, 2004).

Por otra parte Badylak *et al.* (2004), sugiere como un criterio diferencial para las variedades, el tamaño de las cadenas formadas, contabilizando un mínimo de 2 y un máximo de 4 individuos por cadena para la var. *bahamense*, coincidiendo con Vargas-Montero y Freer (2002), quienes han reportado que esta variedad en el Pacífico Centroamericano, se presenta como células solitarias o en pares. Para la var. *compressum* las cadenas pueden componerse por 4 o más individuos (Badylak *et al.*, 2004); Vargas-Montero y Freer (2002), han observado que éstas pueden componerse de 4 a 8 e inclusive 12 individuos. Los resultados del presente estudio coinciden con las observaciones hechas por estos autores.

De acuerdo con las observaciones realizadas por Balech (1985), y los resultados de Cortés–Altamirano *et al.* (1993), las variaciones en el tamaño y forma de *Pyrodinium* podrían ser una respuesta a las condiciones ambientales dado que la variedad *compressum* sólo se ha reportado en las aguas cálidas de los Océanos Pacífico e Indico, pero nunca en el Atlántico. Sin embargo, un reciente estudio realizado en el Golfo de California, México describe la presencia de *P. bahamense* var. *bahamense* en la zona, siendo el primer registro para el Pacífico en esa latitud (Martínez-López, 2007). En adición, observaciones realizadas en Florida con *P. bahamense* var. *bahamense* durante las cuatro estaciones anuales no han demostrado cambios significativos en su morfología (Badylak *et al.*, 2004).

Desde que en 1942, se reporta por primera vez para el Pacífico americano la presencia de *Pyrodinium bahamense* con sus dos morfotipos (variedades) por Osorio-Tafall (Balech, 1985 y Sierra-Beltrán, 2004), no se estudió la especie hasta el FAN generado frente a la costa pacífica de Guatemala en 1987; sin embargo en este acontecimiento, como en los sucesos hasta el año 2001, en los que se determinó la participación de *P. bahamense*, sólo se identificó a la variedad *compressum*. Es

hasta el análisis de Vargas-Montero y Freer (2002, 2003), que se confirma la presencia de dos variedades de la especie en el Pacífico de Costa Rica, durante un extenso florecimiento nocivo que persistió durante un año completo en el Golfo de Nicoya, entre el año 2000 y 2001. El otro reporte de la co-ocurrencia de ambas variedades se hizo en el Golfo de Arabia, donde los especímenes dominantes presentaron características de la variedad *bahamense* (Glibert *et al.*, 2002; citado por Badylak *et al.*, 2004).

En El Salvador, la co-ocurrencia de dinoflagelados concordantes con las características de ambas variedades en aguas costeras no había sido reportada antes del presente estudio. No obstante aún se requiere de estudios más detallados utilizando Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), que permitan apreciar en detalle las estructuras de los individuos colectados para corroborar de forma mucho más precisa sus diferencias.

Según lo efectuado por Matsuoka *et al.*, (1989) y Steidinger *et al.*, (1980, citados por Taylor y Fukuyo, 1989), y los resultados de la identificación taxonómica obtenidos en éste estudio, se infiere que la producción de quistes y el traslado a través de aguas de lastre podrían ser la causa de la actual distribución del dinoflagelado. Para el caso de la Región Centroamericana, serían los barcos provenientes del Caribe los que posiblemente estén transportando especímenes con las características de la variedad *bahamense* hacia el Pacífico (Vargas-Montero y Freer, 2002, 2003); ya que estudios anteriores en la área sólo documentaron la presencia de *P. bahamense* var. *compressum* (Mata *et al.*, 1990; Cortés-Altamirano *et al.*, 1993; Armero, 2002; Barraza *et al.*, 2004; White, 2006 inédito; Licea *et al.*, 2007a en prensa).

En cuanto a las dimensiones celulares de *P. bahamense*, diferentes autores presentan distintas medidas o promedian las magnitudes de las mismas, observándose variaciones en los valores presentados de acuerdo con la región estudiada. Conforme a los estudios de Steidinger y Tangen (1997) y Balech (1985),

las células de *P. bahamense* son altamente variables en cuanto a su forma y tamaño, sufriendo grandes cambios de acuerdo al hábitat en que se encuentre.

Para la variedad *compressum* se han reportado las siguientes medidas: Largo (L) = 55–70  $\mu\text{m}$ . y Ancho (A) = 50–62  $\mu\text{m}$ ., con procedencia del material no especificada (Cortés – Altamirano y Hernández – Becerril, 1998); L = 48.4  $\mu\text{m}$ . y A = 43.9  $\mu\text{m}$ ., en organismos de la costa Suroeste de México (Cortés – Altamirano *et al.*, 1993); L = 50–81  $\mu\text{m}$ ., Transdiámetro = 41 – 45  $\mu\text{m}$ ., en el Golfo de California, México (Licea *et al.*, 1995); L = 33–47  $\mu\text{m}$ . y A = 47–53  $\mu\text{m}$ . en muestras procedentes del Golfo de Nicoya, Costa Rica (Vargas-Montero y Freer, 2002). El rango de variación de las dimensiones de la variedad *compressum*, obtenido de los autores consultados es: L = 33 – 81  $\mu\text{m}$ . y A = 41 – 62  $\mu\text{m}$ ., siendo muy amplio; por lo que los datos del presente estudio, para especímenes colectados en la costa del Departamento de La Libertad, se acoplan perfectamente.

Son pocos los estudios en donde se describe a *P. bahamense* var. *bahamense* como tal, dentro de los consultados se presentan las siguientes variaciones en tamaño: L = 54 – 72  $\mu\text{m}$ . y A = 47 – 53  $\mu\text{m}$ ., en muestras procedentes del Golfo de Nicoya (Vargas-Montero y Freer, 2002); L = 41  $\mu\text{m}$ ., A = 43.1  $\mu\text{m}$ , Cuerno Apical de 5 – 9  $\mu\text{m}$ . incluyendo la Espina Apical, y Espina Antapical entre 12 – 20  $\mu\text{m}$ , en individuos colectados en Florida, EE.UU. (Badylak *et al.*, 2004). El rango de variación en las dimensiones de la variedad *bahamense* que se obtiene de ellos es: L = 41 – 72  $\mu\text{m}$  y A = 43.1 – 53  $\mu\text{m}$ , siendo bastante más estrecho que el de la variedad *compressum*, y dentro del cual se acoplan los datos referentes para el presente estudio.

### **ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN**

En general las concentraciones celulares del fitoplancton en los mares tropicales comúnmente se presentan oscilando entre valores de 50,000 a 150,000 Cél./L.; incluyéndose en estos datos las diferentes divisiones de organismos fitoplanctónicos (Gutiérrez, 1987). La abundancia de *P. bahamense* determinada en diferentes estudios durante el desarrollo de FAN, se ha reportado con elevadas

concentraciones celulares, por ejemplo: en Ostrey Bay, Jamaica, las concentraciones han alcanzado valores de hasta 10,000,000 Cél./L. (Steidinger *et al.*, 1970, citado por Cortés-Altamirano *et al.*, 1993); en Puerto Moresby donde se han registrado 5,000,000 Cél/ L (MacLean 1977, citado por Cortés-Altamirano *et al.*, 1993). Densas proliferaciones de *P. bahamense* se han desarrollado en lagunas costeras al sur del Golfo de México, donde algunos florecimientos se vuelven permanentes en los sistemas estuarinos; durante el FAN de 1995, se reportó una elevada concentración de 3,000,000 de Cél/ L (Gómez-Aguirre y Licea, 1998); mientras que en la costa de Oaxaca, México, se han documentado concentraciones de 1,700,000 Cél./L. (Cortés-Altamirano *et al.*, 1993).

Por otra parte, concentraciones habituales de *P. bahamense* han sido determinadas en aguas costeras de Florida, donde es un miembro permanente y dominante en la comunidad fitoplanctónica, en la que la variedad *bahamense* se presenta desde concentraciones No Determinables a 1000 Cél./L. y valores de hasta 776,000 Cél./L. (Phlips *et al.*, 2006). No obstante, de acuerdo con el sistema de monitoreo que desarrollan las autoridades del Gobierno del Estado de Campeche (México), las concentraciones habituales de la variedad *compressum* se presentan en un rango de 2 a 45 Cél/L; sin embargo, las concentraciones más frecuentes se reportan menores a 10 Cél/L en los muestreos (COPRISCAM, 2006). Estos últimos datos son los que más concuerdan con los resultados de concentraciones celulares obtenidas durante del presente estudio.

Frente a la costa salvadoreña el único registro previo a este estudio, de concentraciones celulares de *P. bahamense* var. *compressum*, se obtuvo durante el FAN 2005-2006; donde la máxima concentración registrada fue de 48,900,000 Cél./L. en diciembre de 2005 y la menor concentración fue de 15,000Cél./L. correspondiente al mes de marzo de 2006 (Licea *et al.* 2007a en prensa); datos que nuevamente resultan contrastantes con los registros de *P. bahamense* en fase vegetativa obtenidos durante el desarrollo de este estudio; donde la máxima concentración fue de 7 Cél./L. correspondientes al séptimo muestreo durante el mes de diciembre de 2006, exactamente un año después de que se presentara el

fenómeno. Con la comparación de los resultados de ambos trabajos, se establece fácilmente que las muestras colectadas por los autores no se tomaron durante el desarrollo de un FAN.

Las concentraciones celulares registradas de *Pyrodinium*, en este estudio permiten confirmar que esta especie es habitual de la comunidad fitoplanctónica de la costa salvadoreña. Sin embargo, durante los muestreos del 26 de octubre y el 9 de noviembre de 2006, no se obtuvieron registros de la presencia de *P. bahamense*, durante el proceso de conteos celulares; lo cual no implica la ausencia total de la especie, sino que es el reflejo de concentraciones celulares inferiores a una célula por litro. Esta situación pudo estar relacionada con las condiciones ambientales, dado que esos muestreos se efectuaron durante la transición de estación lluviosa a seca, predominando condiciones de olas grandes, viento constante y una fuerte corriente de fondo. Además, según el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), durante el mes de octubre de 2006, para la zona en estudio, se registró un aumento de 60 mm. en las precipitaciones con relación al mes anterior, situación que no es común en el sitio para esa época del año, que derivó en una disminución de la temperatura del agua.

Por otra parte la escasa abundancia de *P. bahamense*, pudo relacionarse con la fuerte demanda de nutrientes por los organismos en la columna de agua ocasionada por el reciente Florecimiento Algal Nocivo que ocurrió en la zona, entre agosto / 2005 y febrero / 2006, el cual se mantuvo concentrado por mucho más tiempo en la región costera frente al Departamento de La Libertad, en el sector correspondiente al área de muestreo.

Con respecto a la relación de las concentraciones celulares y sus niveles de toxicidad, Andersen (1996, Citado por Philips *et al.*, 2004), expone que las líneas guías vigentes utilizadas para establecer los niveles de riesgo por la presencia de *P. bahamense* var. *compressum* utilizada en varias naciones, es de 200,000 Cél/L; sin embargo, la Comisión para la Protección contra Riesgos Sanitarios del Gobierno de Campeche, México, propone como concentración límite de *P. bahamense* var.

*compressum* 5000 Cél./L. tanto para el Pacífico como para el Golfo de México (COPRISCAM, 2006).

## **QUISTES**

No todos los dinoflagelados se enquistan, según Matsuoka & Fukuyo (2000), existen cerca de 80 especies de dinoflagelados marinos y 15 de agua dulce caracterizadas por producir quistes al encontrarse en condiciones ambientales desfavorables; de las cuales más de 16 especies ocasionan FAN alrededor del mundo, y 7 se reconocen como productoras de toxinas, entre ellas *Pyrodinium bahamense*. La capacidad de desarrollar, en su ciclo de vida, un estadio de quiste inactivo es importante no sólo para la recombinación genética de la especie, sino también para garantizar su distribución y supervivencia (Anderson, 1989; Llorete y Cereceda, 2000-2001).

Generalmente los efectos tóxicos se le han atribuido a la fase vegetativa, pero según Anderson (1989) y Bolch *et al.* (2001), se ha demostrado que algunas de estas estructuras de resistencia, suele ser vectores de toxicidad, dado que algunas cuentan con ciertos procesos fisiológicos que les permiten seguir produciendo toxinas aunque en menor cantidad; Dale *et al.* (1978), Hurst *et al.* (1985) y Oshima *et al.* (1992), citados por Bolch *et al.* (2001), han reportado concentraciones de toxinas entre 5 y 10 veces mayores en los quistes que en las células vegetativas.

Pese a reconocerse la importancia de estudiar la fase quística de *P. bahamense*, tanto su abundancia como distribución (Anderson, 1989; Steidinger y Tangen, 1997; Matsuoka y Fukuyo, 2000), desde la primera descripción de *Polysphaeridium zoharyi*, como dinoquiste reciente, en 1969 por Wall & Dale (citados por Anderson, 1989), hasta la fecha y casi cuarenta años después, aún se desconoce el ciclo de vida de esta especie y sobre todo la distribución actual, ecología y fisiología principalmente de sus quistes. Situación que dificulta el estudio y colecta de los mismos.

Conocer el ciclo de vida de la especie proveería valiosa información sobre el estado de un FAN (iniciación, desarrollo o declive) (Anderson, 1989), tal y como se ha demostrado con los estudios efectuados en zonas templadas y sub-polares, donde se han desarrollado la mayoría de los estudios de distribución y abundancia de quistes, aun cuando estos estudios también son escasos (Morquecho – Escamilla, 2004).

Anderson *et al.* (1995), plantea que sin importar la especie, al formarse los quistes, éstos se precipitaran hasta acumularse en el sedimento superficial de ciertas áreas; los mejores sitios para coleccionar quistes son aquellos cuyos sedimentos se caracterizan por ser más lodosos que arenosos, por lo que al efectuarse colectas debe buscarse sitios arcillosos o cenagosos; es importante identificar las cuencas o depresiones donde se acumule material fino para obtener mejores muestras (Anderson *et al.*, 1995; Matsuoka y Fukuyo, 2000), tal y como se hizo durante la fase de campo de este estudio.

Sin embargo, Wall *et al.* (1977, citado por Morquecho-Escamilla, 2004), Anderson *et al.* (1995) y Fukuyo\* (2007), coinciden al sugerir que por lo general en ambientes protegidos y someros se acumulan más dinoquistes que en áreas abiertas de la costa, dado que estas últimas se encuentran expuestas al oleaje y viento que son factores dispersantes de los bancos de quistes. Por otra parte Anderson *et al.* (1995) señala que en ambientes costeros con zonas de alto impacto, caracterizadas por sedimentos arenosos toscos, generalmente la abundancia o concentraciones de quistes es escasa; tal y como pudo corroborarse durante el análisis de las muestras de sedimentos marinos coleccionados en la zona costera del Departamento de La Libertad, en el presente estudio.

Así la ausencia de *P. zoharyi*, en todos los muestreos, pudo relacionarse con las condiciones ambientales de oleaje y corriente de fondo en los sitios de muestreo, factores que además interfieren en el proceso de sedimentación de los quistes y en

---

\* Com. pers. *PhD. Yasuwo Fukuyo*, Asian Natural Environmental Science Center, The University of Tokyo

el mantenimiento de su viabilidad (Morquecho-Escamilla, 2004 y Fukuyo, 2007\*). Y como se ha mencionado antes, tanto las corrientes como el oleaje actúan como factores dispersantes, debido a ello la mayoría de quistes no permanecieron en la zona por mucho tiempo; además los quistes que permanecieron en el sedimento lo harían en escasas concentraciones, disminuyendo la probabilidad de colectarlos u observarlos. Fukuyo (2007\*), afirma que los quistes de *P. bahamense* son muy frágiles por lo que, tanto los viables como los vacíos, pudieron ser degradados fácilmente por el embate de las olas en la zona y/o por la acción erosiva de las partículas de arena y fragmentos de concha o inclusive pudieron quedar enterrados fácilmente por un aporte excesivo de sedimentos derivado de los afluentes continentales. Esto explica por que fue posible observar e identificar algunos quistes de otros dinoflagelados en las muestras y no a *P. zoharyi*.

Los grupos de quistes en sedimentos marinos recientes, muestreados en la porción de la costa salvadoreña frente al Departamento de La Libertad, fueron los Gymnodiniales y Peridinales; coincidiendo en gran medida con los resultados del estudio de Morquecho-Escamilla (2004), en Bahía de Concepción México, donde el otro grupo principal fueron los Gonyaulacales. Así mismo el patrón de abundancia y distribución de los quistes en ese estudio muestra una marcada relación con las características del sedimento.

Es importante destacar que según Anderson (1989), la presencia de quistes de una especie en un lugar determinado no indica y mucho menos implica que se desarrolle un florecimiento de inmediato; pero tampoco puede afirmarse que por ausencia de quistes en una zona esta no pueda sufrir los efectos de un FAN próximamente.

Estos eventos más que relacionarse o depender de la presencia o ausencia de los quistes, son determinados por las condiciones ambientales y los proceso de dispersión dado que los quiste pueden germinar en el área identificada como semillero y posteriormente ser arrastrados a otra localidad por las corriente marinas.

---

\* Com. Pers. *PhD. Yasuwo Fukuyo*, Asian Natural Environmental Science Center, The University of Tokyo.

## **CONDICIONES AMBIENTALES**

Según Anderson (1989), los factores determinantes para la germinación de los quistes son tres: 1) *Temperatura*, cada especie cuenta con su rango óptimo de temperatura para germinar, generalmente estos se asocian con los cambios de estaciones, según Wall & Dalle (1969 citados por Anderson, 1989), las bajas temperaturas inhiben la germinación de *P. zoharyi*; 2) *Luz*, ya que en muchas especies se ha observado un amplio rango de respuesta a estímulos de este factor y 3) *Disponibilidad de Oxígeno*, se ha comprobado que los quistes de diferentes especies no germina en sedimentos anóxicos, razón por la cual la mayoría de los quistes viables serán los que se encuentre en sedimentos superficiales (Anderson *et al.*, 1987 citado por Anderson, 1989); prácticamente de estos aspectos no se conoce nada para *P. zoharyi*. El factor mas estudiado que determina la germinación de los quistes es la temperatura, la cual debe ser adecuada según la especie en cuestión.

Así mismo, Cortés- Altamirano y Páez-Osuna (1998), plantean que entre los factores ambientales, la temperatura, salinidad e intensidad luminosa se consideran importantes en las dos primeras fases para sustentar el florecimiento algal. Otros factores probables son las concentraciones de nutrientes y las variables químicas del agua, las cuales se han estudiado menos; así como los ciclos o relojes biológicos (Anderson *et al.*, 1995).

Al respecto de como se relacionan las condiciones ambientales con el acoplamiento entre las fases quística y vegetativa de *Pyrodinium bahamense*; Phlips *et al.* (2006), consideran que la razón por la cual el dinoflagelado presenta un carácter dominante en ciertos estuarios y lagunas costeras, se debe a las especiales condiciones que estos ecosistemas brindan para la formación de sus quistes; entre las que destacan los sedimentos ricos en carbonatos (materia orgánica) y a menudo silicatos; la poca profundidad del agua que permite una buena penetración de luz, y la disponibilidad fluctuante de los nutrientes como Fosfatos y Nitratos; a lo que puede sumarse la facilidad de resuspensión de los sedimentos por los vientos o mareas.

Situaciones que se han observado en el comportamiento de *P. bahamense* var. *bahamense*.

Ya que *Pyrodinium bahamense* es una especie de origen tropical que se distribuye hasta aguas sub-tropicales; sus requerimientos de hábitat se sustentan dentro de las variaciones ambientales que en ellas ocurren habitualmente (Hallegraeff & Maclean, 1989). Se considera que los factores más determinantes en este sentido son las variaciones de temperatura (Phlips, *et al.*, 2006 y Licea, 2007, en prensa), y la salinidad en el agua (Phlips *et al.*, 2006), así como el Potencial de Hidrógeno (pH); mientras que el Oxígeno Disuelto viene dado en gran medida por los organismos del fitoplancton, y resultan importantes para el estudio de quistes (Anderson, 1989).

De acuerdo con Maclean (1989), existen diferencias en cuanto a los rangos de tolerancia que tienen las presuntas dos variedades de *Pyrodinium bahamense* respecto de ciertos parámetros físico-químicos; describiendo a la variedad *compressum* como afín a aguas bastante salinas, entre 24.7 y 36.8 ppm., prefiriendo temperaturas de entre 24.4° y 32.5° C; mientras que la variedad *bahamense*, prefiere aguas por debajo de los 22.2° C, aunque es capaz de sobrevivir a mayores temperaturas; lo cual se confirma con los nuevos reportes de esta variedad al sur del Caribe, México y el Pacífico de Centroamérica por Vargas-Montero y Freer, (2002, 2003); FWRI, (2004); Martínez-López, (2007), y el presente estudio. Phlips *et al.*, (2006), agrega que el límite de tolerancia encontrado para la variedad *bahamense* es de 20° C, por debajo del cual no se distribuye. El registro obtenido de las temperaturas durante los FAN producidos por *P. bahamense* var. *compressum* en 1987 (Costa Pacífica de Guatemala) fue de 30° C en la mancha (Rosales-Loessener, 1989), y en el de 2005-2006 (El Salvador) de entre 28.1° y 31.6° C (Licea *et al.*, 2007b); siendo aguas bastante cálidas y poco variantes, lo que contrasta con el rango de variación de  $\pm 3$  °C obtenido en el presente estudio, donde 30.5° C fue la temperatura más elevada ya que los muestreos se realizaron por las mañanas.

En el caso del Oxígeno Disuelto, las mediciones efectuadas en el presente estudio mostraron variaciones notorias, destacan los datos del 21 de diciembre de 2006, de las estaciones Taquillo y Mizata, cuyos valores son 2 y 2.6 mg. / L., siendo las concentraciones más bajas durante los muestreos, y la máxima concentración fue de 11.1 mg. /L. correspondiente al muestreo del 26 de octubre de 2006.

Phlips *et al.* (2004) sugiere una gran capacidad de adaptación de *P. bahamense* var. *bahamense* a ambientes salobres, en donde afirma que es capaz de producir florecimientos. Mientras que en una investigación más reciente de Phlips *et al.*, (2006), se presentan inferencias que sitúan a las dos variedades muy afines a ambientes con elevada salinidad, hasta 45 ppm. por lo que se considera una especie eurihalina; estos datos corresponden con los elevados niveles de salinidad registrados para La Libertad en el presente estudio.

Balech (1985), quien no considera necesario el uso de los dos taxa mencionados, le confiere una mayor capacidad de adaptación a *P. bahamense*; sugiriendo que la especie, en respuesta a las condiciones del ambiente, adquiere grandes cambios en cuanto a su morfología y posiblemente a su fisiología. Estas considerables variaciones de las formas y tamaños celulares, evidenciadas para el dinoflagelado, son también denotadas por Steidinger y Tangen (1997).

Dentro de los factores ambientales, cuantificar el aporte de nutrientes con que disponen las especies fitoplanctónicas en la columna de agua, ha sido una práctica en creciente aumento al estudiar especies productoras de FAN, a fin de relacionar el efecto que estos pueden producir al incrementar o disminuir sus concentraciones. Los Fosfatos y Nitratos totales parecen influenciar en mayor medida a las especies de dinoflagelados (Hallegraeff, 1995; Phlips *et al.* 2004 y Phlips *et al.* 2006).

Hallegraeff (1995), sugiere que las poblaciones de *Pyrodinium bahamense* parecen no ser afectadas por los enriquecimientos de nutrientes en aguas costeras, al igual que ocurre con *Alexandrium* y *Gymnodinium breve*; basándose en los resultados obtenidos a través simulaciones de eutroficación en cultivos celulares bajo condiciones controladas.

Estudios más recientes realizados por Phlips *et al.* (2004) y Phlips *et al.* (2006), basados en nueve años de observaciones, han demostrado una aparente relación clave entre los niveles de fósforo total y las concentraciones celulares de *P. bahamense* var. *bahamense*, en tanto que un aumento del nutriente generalmente puede producir florecimientos prolongados; y la ausencia del mismo restringe su proliferación y distribución. Los mismos estudios no encontraron una relación notoria en cuanto a las concentraciones de los nitratos, pero establecen rangos de dependencia entre las concentraciones de nutrientes y la ocurrencia de *P. bahamense*. En el presente estudio las concentraciones celulares de este dinoflagelado fueron extremadamente bajas, al mismo tiempo que se reportaban concentraciones no determinables de fosfatos totales, por lo que aparentemente estos resultados pondrían apoyar la relación clave entre proliferaciones algales y el aumento en la concentración del fosfato en la columna de agua. Sin embargo, esta situación no puede aseverarse por completo, dado que no se conocen datos de las concentraciones de este nutriente previas a la ocurrencia de un FAN o durante su desarrollo.

Desde una perspectiva fisiológica, el largo tamaño de la variedad *bahamense*, podría proveerle de un gran potencial para el almacenamiento de nutrientes; registrándose un lento crecimiento del dinoflagelado bajo escasas concentraciones de nutrientes, lo que explicaría su ocurrencia aún cuando el fósforo se ve fuertemente limitado (Phlips *et al.*, 2006). Esta situación puede relacionarse con los resultados obtenidos en el presente estudio.

En adición, los florecimientos de *P. bahamense* generalmente se desarrollan durante períodos en los cuales se registra un aumento en los niveles de precipitación y por consiguiente, un enriquecimiento de las concentraciones de nutrientes a través del aporte de los ríos; ocurriendo posteriormente un aumento en la temperatura y salinidad del agua (Phlips *et al.*, 2004 y Phlips *et al.*, 2006). Estas condiciones se presentaron durante el FAN 2005-2006 en la costa Salvadoreña; no así durante el período de estudio.

A pesar de ser escaso en el agua del mar, el hierro es considerado otro nutriente esencial (Cifuentes et al., 1997), que contribuye con el desarrollo de FAN (Cortés–Altamirano y Paez-Osuna, 1998; Pardo y Camara, 2004), este se encuentra en las aguas litorales procedente de los aportes fluviales de donde lo toman los organismos; en contraposición es más abundante en los sedimentos marinos, sobre todo en los lodos de la plataforma continental y del litoral en forma de hierro metálico, como carbonato ferroso, sulfato o sulfuro de hierro (Cifuentes et al., 1997). Las playas del Departamento de La Libertad se caracterizan por presentar plataformas o formaciones rocosas de material basáltico rico en minerales (Menjívar, 2003), entre los cuales se encuentra el hierro; además Pardo y Camara (2004), afirman que el hierro, en forma de óxidos, proviene fundamentalmente del polvo arrastrado por el viento desde los continentes, por lo que su concentración será mayor en lugares cercanos a la costa. Esto podría asociarse con los resultados del presente estudio, en los que se observa que el comportamiento de la población de dinoflagelados se relacionó más con la abundancia del ión férrico. Según Pardo y Camara (2004), el hierro es un elemento fundamental para la síntesis de la clorofila, necesaria a su vez para la fotosíntesis. Por ello, el fitoplancton tenderá a desarrollarse en aquellas zonas del mar donde abunde este ión.

## VI. CONCLUSIONES

*P. bahamense* es una especie morfológicamente variable, situación que ha generado múltiples debates taxonómicos entre sus descriptores. Actualmente le son asignadas, como criterio no unánime, dos variedades; las cuales, se observaron e identificaron en la muestras fitoplanctónicas estudiadas, constituyéndose en el primer reporte de *P. bahamense* var. *bahamense*, así como el primer registro de la co-ocurrencia de ambas variedades (*P. bahamense* var. *compressum* y *P. bahamense* var. *bahamense*) en aguas costeras de El Salvador.

Los resultados obtenidos en los conteos celulares de *Pyrodinium bahamense*, permiten establecer que no es una especie abundante en la comunidad fitoplanctónica del área en estudio; sin embargo si es una especie habitual en la región Costera del Departamento de La Libertad. Aún cuando otros dinoflagelados identificados, experimentaron significativos aumentos en su abundancia, *P. bahamense* se observó como una especie estable, ya que no reporto en ninguna estación de muestro aumentos alarmantes.

La ausencia del quiste *Polysphaeridium zoharyi* en de los sedimentos marinos analizados, se debió al tipo de ambiente costero abierto, caracterizado por una alta cinética de las aguas y el tipo de lecho marino con sedimentos de arena tosca y rocas; todos estos factores contribuyen a la rápida degradación de los quistes de *Pyrodinium bahamense*, estructuras frágiles ante las agresiones y daños físicos.

La transición de estación lluviosa a seca, entre los meses de octubre y noviembre, influenció significativamente las condiciones ambientales monitoreadas, siendo en este periodo cuando presentaron las variaciones más drásticas; estos cambios abruptos se observaron fuertemente relacionados con concentraciones celulares de *P. bahamense* inferiores a una célula por litro.

La ausencia de estratificación en la columna de agua fue determinante, ya que no restringió la distribución de los organismos planctónicos. Esta condición se puede asociar al relieve costero característico del área de estudio; donde las corrientes de

aire que chocan contra los farallones provocan constantes giros de las capas de agua resuspendiendo sedimentos y nutrientes. Producto de una columna de agua revuelta, se observó una amplia variedad de organismos, entre los cuales pudo propiciarse una competencia inusual por los recursos disponibles, disminuyéndolos y restringiendo así las posibilidades de ocurrencia de un florecimiento algal durante el período de estudio.

Las condiciones ambientales monitoreadas en la columna de agua de la costa del Departamento de La Libertad, presentan un escenario adecuado para el desarrollo exitoso de *P. bahamense*, según los requerimientos de hábitat descritos en la literatura consultada. Así mismo, la concentración de fosfatos parece ser determinante para restringir la proliferación de microalgas en ambientes costeros y la temperatura el parámetro detonador de las explosiones demográficas de estos organismos; por lo que la relación entre ambos podría ser la que determine el desarrollo de un florecimiento algal.

Los FAN son fenómenos naturales que no se pueden predecir; sin embargo, la estrategia para prevenir sus efectos, a nivel mundial, se basa en el desarrollo de programas de monitoreo y respuesta inmediata que permita detectar con cierta anticipación su ocurrencia y disminuir los riesgos para la salud humana.

En El Salvador se conoce poco el desarrollo de estos fenómenos, debido a la escasez de registros de los FAN ocurridos y a los pocos estudios efectuados; la falta de equipo adecuado para el trabajo de campo y laboratorio; recurso humano capacitado para la identificación de estos organismos y de observadores en campo; así como la dificultad para acceder a los registros toxicológicos y epidemiológicos de eventos anteriores. Siendo la suma de todas estas limitantes lo que dificulta el establecimiento de un sistema de monitoreo eficaz, que se vuelve necesario ante un marcado aumento en la ocurrencia de estos fenómenos a nivel global y local.

El aumento en la contaminación de la región costera, el cambio climático global y el transporte de especies no nativas en el agua de lastre de barcos, se perfilan como las principales causas asociadas con la aparición, aclimatación y

permanencia de nuevas especies FAN en la región costera centroamericana y sobre todo salvadoreña, situaciones que contribuyen a explicar la presencia de las dos variedades de *P. bahamense* y otras especies presumiblemente atípicas para la región, ya que no se habían informado en el Pacífico Centroamericano. Esta situación podría agravarse en El Salvador, con las ampliaciones portuarias que se están implementando.

El registro y estudio de los FAN, permitirá conocer las épocas con mayor incidencia de estos fenómenos, así como la frecuencia con que se presentan o repiten y en cuales sitios son recurrentes; además de esta forma se podrán determinar las especies presentes durante estos eventos y cual de ellas es la dominante.

## VII. RECOMENDACIONES

Se deben realizar más estudios de campo y laboratorio afines al presente, cuyo propósito sea identificar y tipificar las poblaciones de dinoflagelados potencialmente peligrosos que se encuentran presentes a lo largo de la costa salvadoreña; ya que, pese a su importancia, se desconoce como se comportan las poblaciones y su ocurrencia es descrita, en la mayoría de los casos, hasta esta investigación. Dichos estudios fitoplanctónicos deberán efectuarse considerando los diferentes ambientes marino-costeros como bahías, esteros, lagunas costeras y aguas abiertas.

Para comprender como se desarrollan los FAN en el país, se necesita además impulsar investigaciones complementarias que determinen la composición, distribución y abundancia de los dinoquistes presentes en la región costera del país; enfocándose en establecer los sitios de acumulación de las poblaciones semilla de las especies nocivas, especialmente de *Pyrodinium bahamense*. Para lo cual deberán priorizarse aquellos ambientes marino-costeros protegidos, donde las aguas son menos turbulentas y permanecen períodos de tiempo más prolongados.

Es necesario que las autoridades competentes se encarguen de desarrollar y sistematizar un *Programa Permanente de Monitoreo de Fitoplancton y Alerta Temprana*, que permita establecer las medidas de acción pertinentes ante el inminente incremento de los FAN; que se encuentren sustentadas en las investigaciones científicas efectuadas. Para lo cual se deben contemplar los siguientes aspectos:

- ☆ Capacitar al recurso humano institucional en la recolección, almacenamiento y traslado de muestras en campo; así como también personal técnico-científico en la identificación taxonómica de las especies del fitoplancton.
- ☆ Adquirir el equipamiento necesario, tanto para la colecta de muestras (redes de fitoplancton, botellas muestreadoras, nucleadores o trampas para sedimento), como materiales de laboratorio (microscopios, tamices, filtros,

reactivos); así como también la obtención de manuales, claves y literatura especializada para la identificación de organismos.

- ☆ Debe focalizarse el monitoreo en puntos estratégicos de la costa, seleccionados en base a los registros y la gravedad de los fenómenos anteriores; la cercanía con el recurso molusco, principal vector de las toxinas producidas en un FAN; las características propias del sitio (zonas de aguas protegidas o abiertas) y su accesibilidad.
- ☆ Los muestreos deben planificarse cuando menos una vez al mes en cada lugar seleccionado y aumentar su frecuencia según sea necesario; las muestras de agua colectadas en cada caso deben ser de tipo cualitativo y cuantitativo.
- ☆ Durante cada muestreo deben registrarse además las condiciones ambientales imperantes y factores físico-químicos como: Temperatura, Salinidad, Turbidez, Clorofilas, Dirección del Viento, Oleaje; así como la disponibilidad de Nutrientes, principalmente: Fosfatos, Nitratos, Ión Férrico (Hierro) y Silicatos.
- ☆ Es necesario que el Programa de Monitoreo del Fitoplancton se integre en coordinación con la vigilancia de biotoxinas que desarrolla el MSPAS; debiéndose incluir además el apoyo de la población como agentes vigía permanentes en los sitios.

De igual manera, es preciso crear un Programa Para el Control Biológico del Agua de Lastre de los Barcos extranjeros que anclan en la región costera salvadoreña, como componente adicional del sistema de vigilancia permanente, debido a que se ha demostrado que este es un medio eficaz para el transporte de especies no nativas, entre las cuales se incluyen especies FAN.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, D.M. 1989. Cyst as Factors in *Pyrodinium bahamense* Ecology. p. 81-88. In HALLEGRAEFF, G.M. & J.L. MACLEAN (Eds.). 1989. Biology, Epidemiology and Management of Pyrodinium Red Tides. ICLARM Conference Proceedings 21, 286 pp. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Filipinas. 286 pp.
- ANDERSON, D.M.; Y. FUKUYO & K. MATSUOKA. 1995. Cyst methodologies. p 229-249. In HALLEGRAEFF, G.M.; D. ANDERSON & A. CEMBELLA (Eds.). 1995. Manual on Harmful Marine Microalgae. UNESCO. France. 551 pp.
- ANDERSON, M.; V. BRICEL; J. CULLEN & J. RENSEL. 2001. Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters, APEC #201-MR-01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series N° 59. París. 268 pp.
- ANDREU, E. y A. CAMACHO. (2002). Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en humedales Ramsar. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. 226 pp.
- ARMERO, J. 2002. Brote de Intoxicaciones Paralíticas, por Moluscos, El Salvador. Agosto de 2001 – Enero de 2002. Informe inédito para el MSPAS. San Salvador. 10 pp.
- BADYLAK, S.; K. KELLEY y E. PHILIPS. 2004. A description of *Pyrodinium bahamense* (Dinophyceae) from the Indian River Lagoon, Florida, USA. *Phycologia* 43 (6): 000–000. Artículo digital disponible en la web: [http://www.findarticles.com/p/articles/mi\\_qa3850/is\\_200411/ai\\_n9468503](http://www.findarticles.com/p/articles/mi_qa3850/is_200411/ai_n9468503).
- BALECH, E. 1985. A Revision of *Pyrodinium bahamense* Plate (Dinoflagellata). Review of Palaeobotany and Palynology 45: 17-34.
- BALECH, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Pub. Espec. Inst. Español de Oceanogr. N.1. Madrid, España. 219 pp.
- BARRAZA, J.; J. ARMERO Y Z. VALENCIA. 2004. The red tide event in El Salvador, august 2001 – january 2002. Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 52 (1):1–4.
- BLOCH, C.; A. NEGRI; S. BLACKBURN; D. GREEN. 2001. Lifecycle variation in PST content and cell toxicity in PST-producing dinoflagellates. p 37–42. In GARCÉS, E.; A. ZINGONE; M. MONTRESOR; B. REGUERA y B. DALE (Eds.). 2001. LIFEHAB Life Histories of Microalgal Species Causing Harmful Blooms. Calvià, Majorca, Spain. 208 pp.
- BOLTOVSKOY, A. 1995. Taxonomía y Morfología de los Dinoflagelados: Métodos de Trabajo. p 55 – 82. En ALVEAL, K; M.E. FERRARIO; F.C. OLIVEIRA Y E. SAR (Eds.). 1995. Manual de métodos Ficológicos. Universidad de Concepción. Editora Aníbal Pinto S. A. Concepción, Chile. 863 pp.
- BONILLA, G. 1993. Estadística. Elementos de Estadística Descriptiva y Probabilidad. 2ª Edición. U. C. A. Editores, San Salvador, El Salvador. 558 pp.

- BRAVO-SIERRA, E. 2004 Fitoflagelados potencialmente tóxicos y nocivos de costas del Pacífico mexicano. Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 52 (1) : 5-16.
- BRENES, R. 2001. Fundamentos de Oceanografía Descriptiva: Aplicación al Istmo Centroamericano. Proyecto para el desarrollo Integral de la Pesca Artesanal en la Región Autónoma Atlántico Sur (DIPAL). Nicaragua. 89 pp.
- BRIEBA, C. 2003. Fitoplancton Marino. Documento digital disponible en la Web: <http://www.unap.cl/~cbrieba/fito.htm>
- BORJA, V.; E. FURIO y A. RODRÍGUEZ. 2000. Horizontal And Vertical Distribution of Pyrodinium Bahamense Cysts In Sediments of Malampaya Sound, Palawan, Philippines. Ninth Conference of Harmful Algae Blooms, Tasmania. Fichero digital disponible en la web: [http://www.utas.edu.au/docs/plant\\_science/HAB2000/poster\\_abstracts/docs/Borja\\_VM.html](http://www.utas.edu.au/docs/plant_science/HAB2000/poster_abstracts/docs/Borja_VM.html).
- BOUGLUS, P. 1976. Marine Plankton Ecology. North-Holland Publishing Company. Ámsterdam, Oxford. 355 pp.
- Buró de Convenciones de El Salvador. 2004. Disponible en la web: <http://www.convencioneselsalvador.com.sv/elsalvador.htm>
- CENDEPESCA (Centro de Desarrollo Pesquero). 1990. Antecedentes de lo ocurrido en el caso de "marea roja" en noviembre 1989 en EL Salvador, equipos técnicos de epidemiología del Ministerio de Salud y CENDEPESCA Ministerio de Agricultura y Ganadería. Documento Inédito. San Salvador. 15 pp.
- \_\_\_\_\_, s. a. Dinámica Empleada Durante los Momentos Críticos Generados por el Fenómeno de Marea Roja en EL Salvador. Documento resumen Inédito, disponible en CENCEPESCA. Santa Tecla, El Salvador. 7 pp.
- \_\_\_\_\_, 2005. Marea Roja en El Salvador. Informe técnico Inédito, disponible en CENCEPESCA. Santa Tecla, El Salvador. 6 pp.
- CIFUENTES, J.L.; M.P. TORRES y M. FRÍAS. 1997. El océano y sus Recursos: PLANCTON. 2ª Edición. Fondo de cultura económica. México. Libro en formato electrónico, disponible en la web: [http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/35/htm/sec\\_9.html](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/35/htm/sec_9.html)
- CIFUENTES, J.L.; M.P. TORRES y M. FRÍAS. 1997. El Océano y sus Recursos II. Las Ciencias del Mar: Oceanografía Geológica y Oceanografía Química. 2ª Edición, Fondo de cultura económica. México. Libro en formato digital disponible en la web: [http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec\\_16.html](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec_16.html)
- COPRISCAM. 2006. Informe Marea Roja: Enero-Diciembre 2006. Presentación en formato Digital disponible en la Web: <http://www.saludcampeche.gob.mx>
- CORSATUR. 2004. Departamento de la libertad. Información digital disponible en la web: <http://www.elsalvadorturismo.gob.sv/lalibertad.htm>

- CORTÉS-ALTAMIRANO, R.; L. MUÑOZ-CABRERA y O. SOTOMAYOR-NAVARRO. 1993. Envenenamiento Paralítico por Mariscos (PSP), Causado por el Dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en la Costa Suroeste de México. *Rev. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México*, 20 (1): 43-54.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y F. PÁEZ-OSUNA. 1998. Dinámica de las Mareas Rojas. p. 1-11. En: CORTÉS-ALTAMIRANO, R. (comp.). *Las Mareas Rojas*, 1998. ATG editor S. A., D. F., México. 161 pp.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. Y R. LUNA. 1998. Lista mundial de microalgas responsables de florecimientos, mareas rojas y tóxicas, p. 141-153. In: Cortés A. R. (comp.). *Las Mareas Rojas*, ATG editor S.A., D.F., México.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R.; R. LUNA; J.L. PECH y J. ÁLVAREZ.-BORREGO. 1998. Evaluación de las Mareas Rojas. p. 13 – 31. En: CORTÉS-ALTAMIRANO, R. (comp.). *Las Mareas Rojas*, 1998. ATG editor S. A., D. F., México. 161 pp.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y S. LICEA. 2004. Decoloración en proliferaciones de microalgas como parámetro bioindicador en la bahía de Mazatlán, México. *Costa Rica. Rev. Biol. Trop.* 52 (1) : 27 – 34 .
- CORTÉS-LARA, M.; R. CORTÉS-ALTAMIRANO; A. SIERRA-BELTRÁN. 2004. Presencia de *Cochlodinium catenatum* (Gymnodiniales: Gymnodniaceae) en mareas rojas de Bahía de Banderas, Pacífico mexicano. *Costa Rica. Rev. Biol. Trop.* 52 (1) : 35 – 49 .
- DALE, B. 2001. Dinoflagellate cysts in sediments: some insights into biogeography and past, present, and future blooms, p 43–52. In GARCÉS, E.; A. ZINGONE; M. MONTRESOR; B. REGUERA y B. DALE (Eds.). 2001. *LIFEHAB Life Histories of Microalgal Species Causing Harmful Blooms*. Calvià, Majorca, Spain. 208 pp.
- DE LEÓN, L. y G. CHALAR. 2003. Abundancia y diversidad del fitoplancton en el embalse Salto Grande (Argentina-Uruguay). *Ciclo estacional y distribución espacial. Limnética* 22: 103-113.
- DODGE, J.D. 1982. *Marine Dinoflagellates of the British Isles*. MAFF, Hobbs the printers of Southampton. England. 303 pp.
- DODGE, J.D. 1985. *Atlas of Dinoflagellates: A Scanning Electro microscope Survey*. Farrand Press. London. 119 pp.
- FERRARIO, M.; E. SAR y S. SALA. 1995. Metodología Básica Para el Estudio del Fitoplancton con Especial Referencia a las Diatomeas. p 1-24. En ALVEAL, K; M. FERRARIO; E. OLIVEIRA y E. SAR (Eds.). 1995. *Manual de Métodos Ficológicos*. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 863 pp.
- FUKUYO, Y. 2000. *Atlas of Dinoflagellates (Ver 1.5/ Nov.,1 2000)*. Documento digital disponible en la web: [http://dinos.anesc.u-tokyo.ac.jp/atlas\\_ver1\\_5/main.htm](http://dinos.anesc.u-tokyo.ac.jp/atlas_ver1_5/main.htm)
- FWRI, Fish and wildlife Research Institute. 2004. Puffer Fish Toxicity in Florida's Indian River Lagoon. Archivo digital disponible en la web: [http://research.myfwc.com/features/view\\_article.asp?id=18918](http://research.myfwc.com/features/view_article.asp?id=18918)

- GARCÍA-HANSEN, I.; R, CORTÉS-ALTAMIRANO y A. SIERRA-BELTRÁN. 2004. La marea roja causada por el dinoflagelado *Alexandrium tamarense* en la costa Pacífica colombiana (2001). Costa Rica. Rev. Biol. Trop.52 (1) :59 – 68 .
- GÓMEZ-AGUIRRE, S. y S. LICEA. 1998. Blooms of *Pyrodinium bahamense* (Dinophyceae) in Costal Lagoons of de Southern Gulf of Mexico and Mexican Caribbean, p. 61-62. In: RIGUERA, B.; J. BLANCO; M.L. FERNÁNDEZ & T. WYATT (Eds.). 1998. Harmful Algae. Xunta de Galicia and IOC – UNESCO, Grafisant, Santiago de Compostela, Spain.
- GUTIÉRREZ AGREDA, L. 1987. Las discoloraciones en el mar (marea roja). Rev. Flora y Fauna. Universidad de El Salvador, Facultad de ciencias y Humanidades. Departamento de Biología. Vol. 4: 14-18 pp.
- HALLEGRAEFF, G.M. 1995. Harmful Algal Blooms: A Global Overview, p. 1–22. In: HALLEGRAEFF, G.M.; D.M. ANDERSON & A.D. CEMBELLA (Eds.). 1995. Manual on Harmful Marine Microalgae. Manuals and guides N° 33 UNESCO. Paris, France. 551 pp.
- HALLEGRAEFF, G.M. & J.L. MACLEAN (Eds.). 1989. Biology, Epidemiology and Management of *Pyrodinium* Red Tides. ICLARM Conference Proceedings. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Filipinas. 286 pp.
- HASLE, G.R. 1978a. Settling : The inverted – microscope method. p 88 – 96. In: SOURNIA, A. (comp.). 1978. Phytoplankton Manual. UNESCO. United Kingdom. 337 pp.
- HASLE, G.R. 1978b. Using the inverted microscope. 191-196 pp. In: SOURNIA, A. (comp.). 1978. Phytoplankton Manual. UNESCO. United Kingdom. 337 pp.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D. y A. ALMAZÁN-BECERRIL. 2004. Especies de dinoflagelados del género *Gambierdiscus* (Dinophyceae) del Mar Caribe mexicano. Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 52 (1) : 77 – 87 .
- Human Rights Watch (HRW). 2007. Mapa El Salvador enero de 2004. Sitio web oficial, disponible en <http://hrw.org/spanish/informes/2004/elsalvador0104/1.htm> Nueva York, Estados Unidos.
- I.O.C. (Intergovernmental Oceanographic Commission). 2004. *Pyrodinium bahamense*. Documento digital en la web: [http://www.bi.ku.dk/ioc/details.asp?Algae\\_ID=35](http://www.bi.ku.dk/ioc/details.asp?Algae_ID=35).
- LANDSBERG, J.H.; S. HALL; J.N. JOHANNENSSEN; K.D. WHITE; S.M. CONRAD; J.P. ABBOTT; L.J. FLEWELLING; R.W. RICHARDSON; R.W. DICKEY; E.L. JESTER; S.M. ETHERIDGE; J.R. DEEDS; F.M. VAN DOLAH; T.A. LEIGHFIELD; Y. ZOU; C.G. BEAUDRY; R.A. BENNER; P.L. ROGERS; P.S. SCOTT; K. KAWABATA; J.L. WOLNY & K.A. STEIDINGER. 2006. Saxitoxin Puffer Fish Poisoning in the United States, with First Report of *Pyrodinium bahamense* as the Putative Toxin Source. Rev. Environmental Health Perspectives. (114)10: 1502-1507 pp.
- LERMAN, M. 1986. Marine Biology. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. California. 534 pp.

- LICEA, S.; J.L. MORENO; H. SANTOYO y G. FIGUEROA. 1995. Dinoflageladas del golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). México. 165 pp.
- LICEA, S.; A. NAVARRETE; J. BUSTILLOS; B. MARTÍNEZ. 2007a. Monitoring a bloom of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* occurring in EL Salvador and the southern of Mexico (November 2005-March 2006). Artículo científico en prensa.
- LICEA, S.; A. NAVARRETE; J. BUSTILLOS; B. MARTÍNEZ; R. RODRÍGUEZ y C. RAMÍREZ. 2007b. Monitoring a bloom of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* occurring in El Salvador Guatemala and Mexico (November 2005-March 2006). Abstract presented at: 12<sup>th</sup> HAB Conference. Copenhagen.
- LLORENTE, M. y I. CERECEDA. 2000 – 2001. Dinoflagelados. Documento digital disponible en la web: <http://www3.usal.es/~delcien/doc/DINOS.pdf>
- MACLEAN, J.L. 1989. An Overview of *Pyrodinium* Red Tides in Western Pacific. p. 1-8. In HALLEGRAEFF, G. & J. MACLEAN. 1989. Biology, Epidemiology and Management of *Pyrodinium* Red Tides. ICLARM Conference Proceedings. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Filipinas. 286 pp.
- MARTÍNEZ-LÓPEZ, A. 2007. First Record of Vegetative Cells of *Pyrodinium bahamense* (Gonyalucleales: Goniomataceae) in the Gulf of California. Pacific Science - Volume 61, Number 2, April 2007, pp. 289-293. Versión digital disponible en la web: [http://muse.uq.edu.au/login?uri=/journals/pacific\\_science/v061/61.2martinez-lopez.pdf](http://muse.uq.edu.au/login?uri=/journals/pacific_science/v061/61.2martinez-lopez.pdf)
- Marine Science Institute, University of the Philippines. (s. a.). artículo digital disponible en la web: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list\\_uids=11757284&dopt=Abstract](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=11757284&dopt=Abstract).
- MATA L.; G. ABARCA; L. MARRANGHELLO y R. VIQUEZ. 1990. Intoxicación Paralítica por Mariscos (IPM) por *Spondylus calcifer* contaminado con *Pyrodinium bahamense*. Costa Rica, 1989-1990. Rev. Biol. Trop. 28 (1) 129-136 pp.
- MATSUOKA, K.; Y. FUKUYO & C.L. GONZÁLES. 1987. Un nuevo descubrimiento de quistes de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en el mar de Samar, Filipinas. Red Tides: Biology, Environmental Science, and Toxicology. Elsevier Science Publishing. New York. 301 – 304 pp.
- MATSUOKA, K.; Y. FUKUYO; M. JAAFAR & M. DE SILVA. 1989. Occurrence of cysts of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* in surface sediments of Brunei Bay. p. 89-95. In HALLEGRAEFF, G. & J. MACLEAN (Eds.). 1989. Biology, Epidemiology and Management of *Pyrodinium* Red Tides. ICLARM Conference Proceedings. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Filipinas. 286 pp.
- MATSUOKA, K. & Y. FUKUYO. 1995. Taxonomy of Cysts. p 381-401. In: HALLEGRAEFF, G.M.; D.M. ANDERSON & A.D. CEMBELLA (Eds.). 1995. Manual on Harmful Marine Microalgae. Manuals and guides N° 33 UNESCO. Paris, France. 551 pp.

- MATSUOKA, K. & Y. FUKUYO. 2000. Technical Guide For Modern Dinoflagellate Cyst Study. WESTPAC-HAB/WESTPAC/IOC. Tokio. 30 pp.
- MEAVE, M.E.; Y.B. OKOLODKOV & M.E. ZAMUDIO. 2003. *Ceratium balechii* sp. nov. (*Dinophyceae: Gonyaulacales*) from the Mexican Pacific. *Hidrobiológica* 13 (1): 75-91 pp.
- MENJÍVAR, R. F. 2003. Especies de Fitoplancton Reportadas para El Salvador: Especies Marinas y Salobres. Págs. En FLORES, O. y A. HANDAL (Eds.). 2003. Diagnóstico de la Diversidad Biológica de El Salvador. Red Mesoamericana de Recursos Bióticos. México. 171 pp.
- MENJÍVAR, R. F. 2003. Guión de clase de la asignatura Hidrobiología General, impartida en la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador (UES).
- MSPAS, (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social). 2002. Informe situación marea roja 2001-2002. Documento digital disponible en la web: <http://www.mspas.gob.sv/estadisticas2001.asp>
- \_\_\_\_\_, 2005. Informe situación marea roja 2005. Documento digital disponible en la web: <http://www.mspas.gob.sv/estadisticas2001.asp>
- MONTERROSA URIAS, A.J. 1993. Caracterización de Algas, Protozoos e Insectos acuáticos presentes en las comunidades Planctónicas y Bentónicas en las aguas del Río Chagüite (Afluente del Lago de Ilopango), El Salvador. Tesis para optar al grado de Licenciado en Biología. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Escuela de Biología. San Salvador, El Salvador. 245 pp.
- MORQUECHO-ESCAMILLA, L. 2004. Estudio de la dinámica poblacional de dinoflagelados en la Bahía de Concepción, Golfo de California: Relación entre la fase quística y vegetativa. Tesis para obtener el grado de Doctor en Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales (Orientación en Biología Marina). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, (CIBNOR) S.C. 63 pp.
- NAMBA, K.; T. LIDA; Y. FUKUYO & K. MATSUOKA. 1998. A Handy Piston Core Sampler for Sediments in Shallow Water. *Fisheries Science* 64 (6): 985-986 pp.
- OCHOA, L.J.; E. NÚÑEZ-VÁSQUEZ y J. SAAD. 2003. Diferentes Términos Utilizados para Describir las "mareas rojas". *Rev. Biol. Trop.* 51 (3-4): 621-628 pp.
- PARDO, A. y N. CAMARA. 2004. Mareas Rojas: la rebelión del plancton. *Rev. Inmersión* 46: 54-60 pp. Documento digital disponible en la Web: <http://www.mundofree.com/zco/mareasrojas.html>
- PEÑA, P. 1999. Origen Alternativo y Solución de la Toxicidad de la Marea Roja en Chile. O. E. I. (Organización de Estados Iberoamericanos). Documento digital disponible en la web: <http://www.oei.org.co/sii/entrega13/art10.htm>
- PESANTES, F. 1979. Dinoflagelados del Fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador (INOCAR). Ecuador. 98 pp.

- PHLIPS, E.J.; S. BADYLAK; S. YOUN; K. KELLEY. 2004. The Occurrence of Potentially Toxic Dinoflagellates and Diatoms in a Subtropical Lagoon, the Indian River Lagoon, Florida, U.S.A. Harmful Algae 3: 39 – 49 pp. Documento digital disponible en la Web: <http://fishweb.ifas.ufl.edu/Faculty%20Pubs/Phlips%20Pubs/HarmfulAlgaePyro.pdf>
- PHLIPS, E.J., S. BADYLAK, E. BLEDSOE & M. CICHRA. 2006. Factors Affecting the distribution of *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense* in coastal waters of Florida. Mar Ecol Prog Ser Vol. 322 : 99 - 115 pp.
- ROSALES LOESSENER, F. 1989. The Guatemala Experience with Red Tides and Paralytic Shellfish Poisoning, p. 49 – 51. In: Hallegraeff G.M. & J.L. Maclean (Eds.). 1989. Biology, Epidemiology and Management of *Pyrodinium* Red Tides. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Philippines. 286 pp.
- SEMARNAT, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Las Mareas Rojas. Información digital disponible en la web: [http://www.semarnat.gob.mx/marea\\_roja/marea/marea.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/marea_roja/marea/marea.shtml)
- SIERRA-BELTRÁN, A.P.; D.B. LLUCH-COTA; S.E. LLUCH-COTA; R. CORTÉS-ALTAMIRANO; M.C. CORTÉS-LARA; M. CASTILLO-CHÁVEZ; L. PACAS; R. VIQUEZ Y I. GARCÍA-HANSEN. 2004. Dinámica espacio-temporal de organismos precursores de marea roja en la costa Pacífica de América del Norte y Centroamérica. Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 52 (1): 99-107 pp.
- SOLOMON, P.; J. BERG & D. MARTIN. 2001. Biología. 4ª edición. Mc. Graw - Hill Interamericana. México. 1876 pp.
- SPECTOR, D. 1984. Dinoflagellates. Academia Press. INC. U. S. A. 545 pp.
- STEIDINGER, K. & D. BADEN. 1984. Dinoflagelados. Academic Press, Inc. Orlando, Florida. 201-2014 pp.
- STEIDINGER, K.; & K. TANGEN. 1996. Dinoflagellates. p 387-588. In: TOMAS, C. (comp.). 1997. Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press. United States of America. 858 pp.
- SUÁREZ, B; A. LÓPEZ; A. AMARO; C. ALCAYATA; P. URIBE; M. FONSECA; L. SILVA; J. PANZA & L. OLIVARES. 2002. Curso: Floraciones de algas nocivas y toxinas en Chile (marea roja). Universidad de Chile, Departamento de Pregrado, Cursos de Formación General. Documento electrónico disponible en la web: [http://www.plataforma.uchile.cl/fg/semestre2/\\_2002/algas/modulo1/clase2/textos/mareas.htm](http://www.plataforma.uchile.cl/fg/semestre2/_2002/algas/modulo1/clase2/textos/mareas.htm).
- TAIT, R.V. 1987. Elementos de Ecología Marina. 2ª edición. Editorial Acribia s.a. Zaragoza, España. 445 pp.

- TAYLOR, F.J.R. 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R. V. "Anton Bruun" 1963-1964. E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, 234 pp.
- TAYLOR, F.J.R. & Y. FUKUYO. 1989. Morphological features of the motile cell of *Pyrodinium bahamense*, p. 207-217. In Hallegraeff G.M. & J.L. Maclean (Eds.). 1989. Biology, Epidemiology and Management of *Pyrodinium* Red Tides. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Philippines. 286 pp.
- TAYLOR, F.J.R.; Y. FUKUYO & J. LARSEN. 1995. Taxonomy of Harmful Dinoflagellates. 283-315 pp. In: HALLEGRAEFF, G.M.; D.M. ANDERSON & A.D. CEMBELLA (Eds.). 1995. Manual on Harmful Marine Microalgae. Manuals and guides N° 33 UNESCO. Paris, France. 551 pp.
- VALENCIA, Z.; O. VILLATORO. 2002. Situación de la marea roja en El Salvador. MAG, CENDEPESCA. San Salvador, El Salvador. 6 pp (Inédito)
- VARGAS-MONTERO, M. y E. FREER. 2002. Co-ocurrence of different morphotypes of *Pyrodinium bahamense* during an extensive bloom in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. p 211-217. In: VILLALBA, A.; B. REGUERA; J.L. ROMALDE y R. BEIRAS (Eds.). 2002. Molluscan Shellfish Safety. Proceedings of the 4th International Conference on Molluscan Shellfish Safety. Santiago de Compostela, Spain. 1235 pp.
- VARGAS-MONTERO, M. y E. FREER. 2003. Floraciones Algales Nocivas en la costa pacífica de costa Rica: Toxicología y sus Efectos en el Ecosistema y Salud pública. San José Costa Rica. Rev. Acta Médica Costarricense, 45 (4) : 158 – 164 pp.
- VARGAS-MONTERO, M. y E. FREER. 2004a. Proliferaciones algales nocivas de cianobacterias (oscillatoriaceae) y dinoflagelados (Gymnodiniaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 52 (1) : 121-125.
- VARGAS-MONTERO, M. y E. FREER. 2004b. Presencia de los dinoflagelados *Ceratium dens*, *C. fusas* y *C. furca* (Gonyaulacales: Ceratiaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 52 (1) : 115-120.
- VILLAFANE, V. y F. REID. 1995. Métodos de Microscopia para la Cuantificación del Fitoplancton. p 169 – 185. En: ALVEAL, K; M.E. FERRARIO; F.C. OLIVEIRA Y E. SAR (Eds.). 1995. Manual de métodos Ficológicos. Universidad de Concepción. Editora Aníbal Pinto S. A. Concepción, Chile. 863 pp.
- WHITE, J. 2006. Reporte de las Muestras de Tortugas Marinas de El Salvador. Florida, EUA. Documento inédito.
- WOOD, E.J.F. 1968. Dinoflagellates of the Caribbean Sea and Adjacent Areas. Univ. Miami Press. Coral Gables, Florida. 143 pp.

ANEXOS.

**ANEXO 1:**

**SITIOS DE MUESTREO DE MOLUSCOS BIVALVOS  
AÑO 2006**

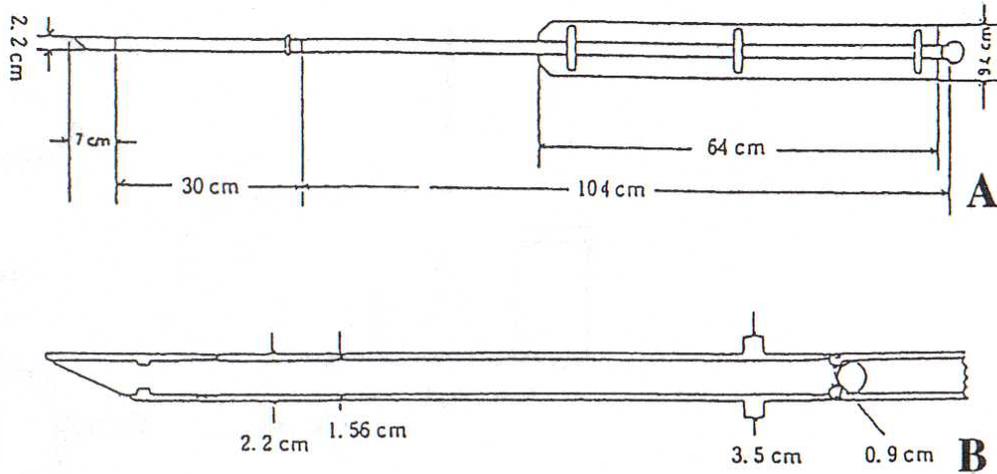
Grupo	Lugar	Sitio de muestreo	Tipo de molusco	Responsable	Frecuencia*
G1	Barra de Santiago	El Zapatero Coctelería Deysi	Conchas Conchas, Ostras y Almejas	CENDEPESCA MSPAS Y MARN	Semanal
G1	Acajutla	Muelle	Ostras	CENDEPESCA	Semanal
G1	Mizata	Mizata	Ostra y Almeja	MSPAS	Semanal
G1	Taquillo	Playa Murciélagos y La Pedrera	Ostra y Almeja	MSPAS	Semanal
G2	La Herradura	Muelle	Conchas	CENDEPESCA	Quincenal
G2	Puerto El Triunfo	Las Palmeras Isla El Jobal	Conchas	CENDEPESCA MSPAS	Quincenal
G3	El Cuco	Playa El Cuco	Almejas	CENDEPESCA	Quincenal
G2	Puerto Parada	Puerto Parada	Conchas	CENDEPESCA	Quincenal
G3	Las Tunas	Las Tunas	Ostras	CENDEPESCA	Quincenal
G3	La Unión	Barrancones	Conchas Moluscos bivalvos	CENDEPESCA	Quincenal
	Importaciones	La Unión Ahuachapán	Moluscos bivalvos	DGSVA	De acuerdo a importaciones

MSPAS: MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL  
 CENDEPESCA: CENTRO DE DESARROLLO DE LA PESCA Y LA AGRICULTURA  
 MARN: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
 DGSVA: DIRECCIÓN DE SANIDAD VEGETAL Y ANIMAL

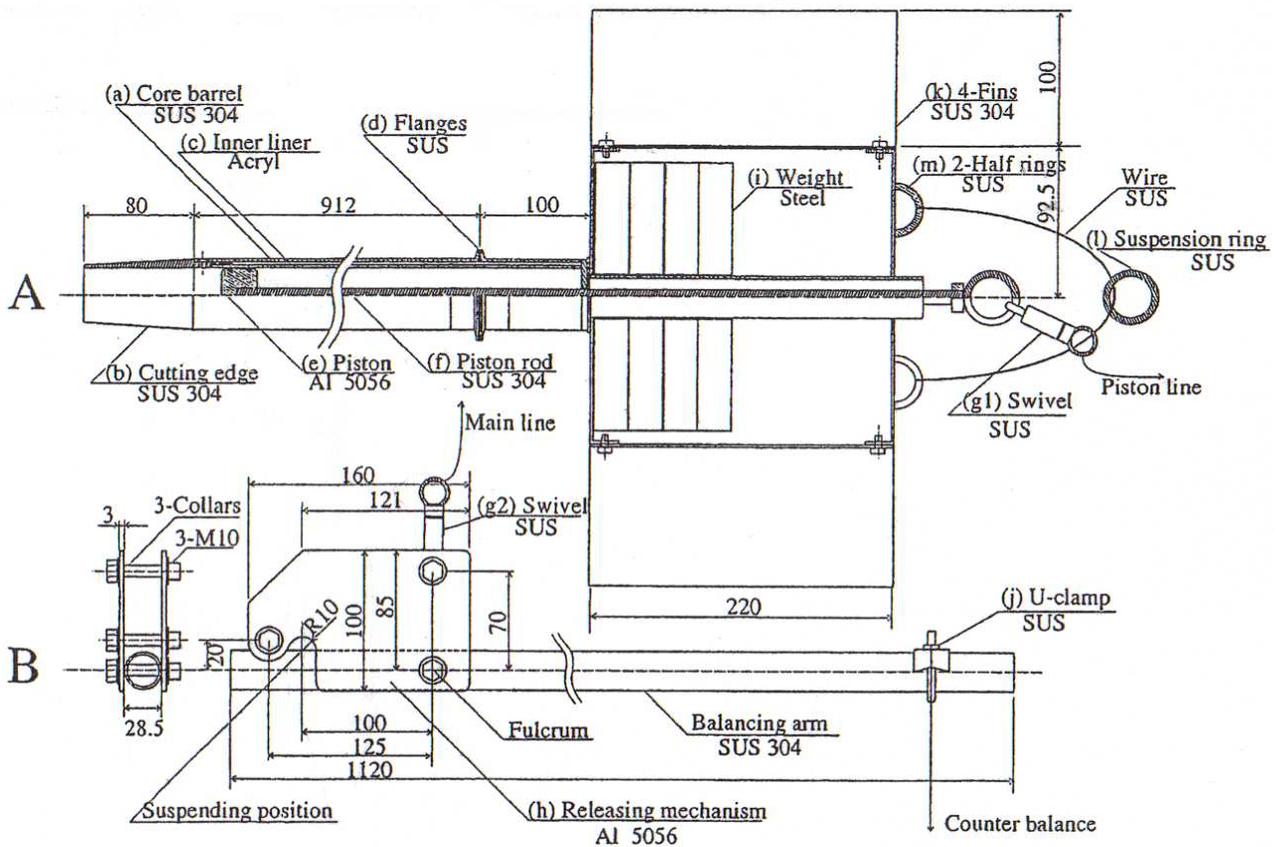
\*FRECUENCIA: MIENTRAS DURA EL BROTE Y NO SE LEVANTE LA VEDA

### ANEXO 2-A:

Diseños de los aparatos muestreadores para sedimentos: **TFO** desarrollado por el Laboratorio de Oceanografía Pesquera de la Universidad de Tokio; **HPC** (Handle Piston Core) Nucleador manual de pistón diseñado para colecta de sedimentos en aguas someras. Fuente: Matsuoka y Fukuyo, 2000.



TFO core sampler (A); enlargement of the top of the corer (B)

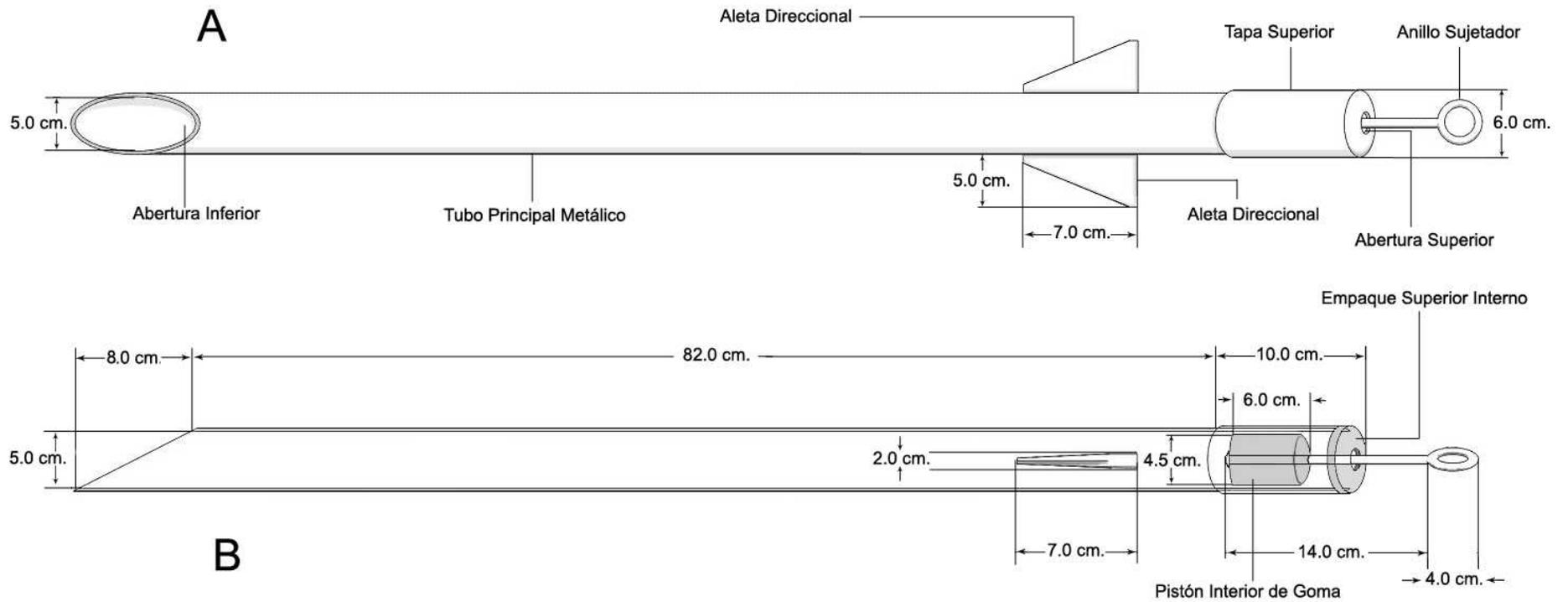


HPC (Light-weight Piston Core) sampler (Nanba et al., 1998)

A-main unit; B-releasing unit. Lengths are in mm. Abbreviations for the materials used are given according to the JIS.

## ANEXO 2- B:

Diagramas del Nucleador empleado en el presente estudio para coleccionar muestras de sedimentos marinos, modificando los diseños TFO y HPC , presentados en el anexo anterior.



### ANEXO 3:

Ficha para la recolección de datos utilizada durante los muestreos en campo

**Ficha de campo del trabajo de graduación: Abundancia y distribución de *Pyrodinium bahamense* en fase vegetativa y quística en las playas: El Sunzal, Taquillo y Mizata, Departamento de La Libertad, El Salvador.**

Nº de Ficha: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Lugar de Muestreo: Playa El Sunzal [ ] Playa Taquillo [ ] Playa Mizata [ ].

**MUESTREO:**

Nº de Muestreo: \_\_\_\_\_

Hora de Inicio: \_\_\_\_\_ Hora de Finalización: \_\_\_\_\_

Clave de Muestras Colectadas:

☆ a./Red: \_\_\_\_\_

☆ b./Botella: \_\_\_\_\_

☆ c./Sedimentos: \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES:**

Nubosidad: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Oleaje: \_\_\_\_\_

Nº de Beaufort: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 12-17

Velocidad del Viento: \_\_\_\_\_ Km. / h [ ] Mi/ h [ ]

Coloración del agua: \_\_\_\_\_

Olor: \_\_\_\_\_

Otras: \_\_\_\_\_

**PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS:**

Temperatura Superficial del agua: \_\_\_\_\_ °C

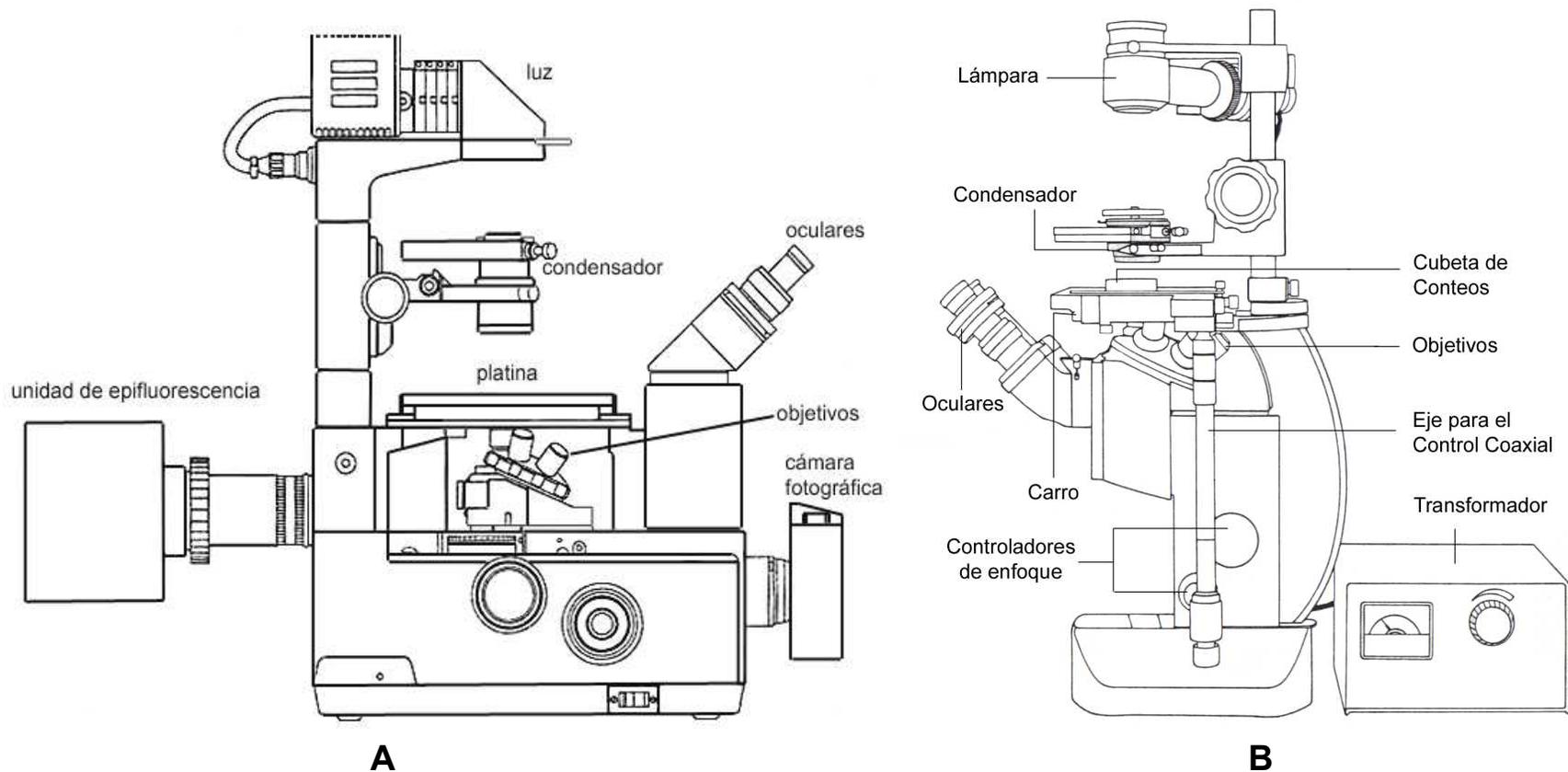
Salinidad: \_\_\_\_\_ ‰ S

Oxígeno Disuelto (OD): \_\_\_\_\_ mg. / L

pH: \_\_\_\_\_ unidades/pH

Turbidez: \_\_\_\_\_ m.

## ANEXO 4: ESQUEMAS DE MICROSCOPIOS INVERTIDOS



Los esquemas muestran dos tipos de Microscopio Invertido (MI) Convencionales, en donde los Objetivos se sitúan por debajo de las preparaciones, y la luz atraviesa los objetos desde arriba. **A:** Algunos modelos presentan adaptaciones con Unidades de Epifluorescencia y Cámaras para Fotomicrografías (Fuente: Hasle, 1978). **B:** Vista lateral en la que se observa el Eje de Control Coaxial para el Carro, los Tornillos Controladores de Enfoque (macro y micrométrico), y la colocación de las cubetas de sedimentación para conteos sobre la platina. El modelo descrito incluye un transformador eléctrico (Fuente: Hasle, 1978).