



UNS
E S C U E L A D E
POSGRADO

**“VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL DEL FITOPLANCTON TÓXICO EN
RELACIÓN CON FACTORES FÍSICOQUÍMICOS DE LA BAHÍA DE
SAMANCO (ANCASH, PERÚ), EN LOS AÑOS 2011 Y 2012”**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

AUTOR:

Bach. Flor Angélica Alva López

ASESOR:

Dr. Álvaro Edmundo Tresierra Aguilar

COASESOR:

Dr. Luis Fernando Torres Cabrera

CHIMBOTE- PERÚ
2018

Registro N°



CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS DE MAESTRIA

YO, ALVARO EDMUNDO TRESIERRA AGUILAR, doy conformidad de haber sido asesor del informe de tesis titulado "VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL DEL FITOPLANCTON TÓXICO EN RELACIÓN CON FACTORES FÍSICOQUÍMICOS DE LA BAHÍA DE SAMANCO (ANCASH, PERÚ), EN LOS AÑOS 2011 Y 2012", que tiene como autor la Bachiller FLOR ANGÉLICA ALVA LÓPEZ, que ha sido elaborado de acuerdo al Reglamento de Normas y Procedimientos para obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, enero del 2018.

Dr. Álvaro Edmundo Tresierra Aguilar

Asesor



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

El presente informe de investigación "VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL DEL FITOPLANCTON TÓXICO EN RELACIÓN CON FACTORES FÍSICOQUÍMICOS DE LA BAHÍA DE SAMANCO (ANCASH, PERÚ), EN LOS AÑOS 2011 Y 2012"

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador

M. Sc. Eleuterio Lucio Encomendero Yépez

Presidente

M. Sc. Rómulo Eugenio Loayza Aguilar

Secretario

Dr. Álvaro Edmundo Tresierra Aguilar

Vocal

DEDICATORIA

A MIS PADRES
A MIS HERMANOS
PORQUE ESTUVIERON CONMIGO
APOYÁNDO Y DÁNDO PALABRAS DE ALIENTO,
PARA LLEVAR A CABO ESTE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN.

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a mi asesor Dr. Álvaro Tresierra Aguilar, docente de la Maestría en Gestión Ambiental en la Universidad Nacional del Santa, por guiarme en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Y otro especial agradecimiento a mi coasesor Dr. Luis Torres Cabrera, docente en la Universidad Nacional del Santa, por su apoyo a proyectarme a esta línea de investigación y las sugerencias realizadas al presente trabajo.

A la Dra. Gloria Reyes, Jefa del Laboratorio de Certificaciones del Perú, S.A. por permitirme elaborar este trabajo de investigación formando parte del Laboratorio de Fitoplancton.

Agradezco infinitamente a mis padres, por su apoyo incondicional, en todos mis pasos, a mi hermana Verónica por alentarme a seguir adelante. Y a Dios por guiarme para que todo salga bien. Y a todos los que me brindaron palabras de aliento.

INDICE

	Pág.
Conformidad del asesor.....	iii
Aprobación del Jurado Evaluado.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice.....	vii
Lista de gráficos.....	viii
Lista de cuadros.....	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	6
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación.....	7
1.2. Antecedentes de la investigación.....	9
1.3. Formulación del problema de investigación.....	13
1.4. Delimitación del estudio.....	13
1.5. Justificación e importancia de la investigación.....	14
1.6. Objetivos de la investigación.....	14
1.6.1. Objetivo general.....	14
1.6.2. Objetivos específicos.....	14
CAPITULO II.....	15
MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Fundamentos teóricos de la investigación.....	16
2.2. Marco conceptual.....	27
CAPITULO III.....	29
MARCO METODOLÓGICO.....	30
3.1. Hipótesis central de la investigación.....	30
3.2. Variables e indicadores de la investigación.....	30
3.3. Métodos de la investigación.....	30
3.4. Diseño o esquema de la investigación.....	30
3.5. Población y muestra.....	31
3.6. Actividades del proceso de investigativo.....	31
3.7. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	31
3.8. Procedimiento para la recolección de datos.....	31
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	32
CAPITULO IV.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Resultados.....	34
4.2. Discusión.....	77
CAPITULO V.....	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
5.1. Conclusiones.....	86
5.2. Recomendaciones.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
ANEXOS.....	97

LISTA DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1. Ubicación de las 2 estaciones de monitoreo en la bahía de Samanco (Ancash, Perú).....	08
Gráfico 2. Especies de fitoplancton tóxico de la bahía Samanco en los años 2011 y 2012.....	35
Gráfica 3. Variación temporal de la densidad de <i>P. delicatissima</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	36
Gráfico 4. Variación temporal de la densidad de <i>P. pungens</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	37
Gráfico 5. Variación temporal de la densidad de <i>A. peruvianum</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	37
Gráfico 6. Variación temporal de la densidad de <i>D. acuminata</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	38
Gráfico 7. Variación temporal de la densidad de <i>D. caudata</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	38
Gráfico 8. Variación temporal de la densidad de <i>D. rotundata</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	39
Gráfico 9. Variación temporal de la densidad de <i>G. impudicum</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	39
Gráfico 10. Variación temporal de la densidad de <i>P. minimum</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	40
Gráfico 11. Variación temporal de la densidad de <i>P. reticulatum</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	40
Gráfico 12. Variación temporal de la densidad de <i>P. crassipes</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	41
Gráfico 13. Variación temporal de la densidad de <i>H. akashiwo</i> en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	41
Gráfico 14. Variación de la densidad de <i>P. delicatissima</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	52
Gráfico 15. Variación de la densidad de <i>P. pungens</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	53
Gráfico 16. Variación de la densidad de <i>A. peruvianum</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	54
Gráfico 17. Variación de la densidad de <i>D. acuminata</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	55
Gráfico 18. Variación de la densidad de <i>D. caudata</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	56
Gráfico 19. Variación de la densidad de <i>D. rotundata</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	57
Gráfico 20. Variación de la densidad de <i>G. impudicum</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	58
Gráfico 21. Variación de la densidad de <i>P. minimum</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	59

Gráfico 22. Variación de la densidad de <i>P. reticulatum</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	60
Gráfico 23. Variación de la densidad de <i>P. crassipes</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	61
Gráfico 24. Variación de la densidad de <i>H. akashiwo</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	62
Gráfico 25. Variación de la densidad de <i>P. delicatissima</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	64
Gráfico 26. Variación de la densidad de <i>P. pungens</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	65
Gráfico 27. Variación de la densidad de <i>A. peruvianum</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	66
Gráfico 28. Variación de la densidad de <i>D. acuminata</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	67
Gráfico 29. Variación de la densidad de <i>D. caudata</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	68
Gráfico 30. Variación de la densidad de <i>D. rotundata</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	69
Gráfico 31. Variación de la densidad de <i>G. impudicum</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	70
Gráfico 32. Variación de la densidad de <i>P. minimum</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	71
Gráfico 33. Variación de la densidad de <i>P. reticulatum</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	72
Gráfico 34. Variación de la densidad de <i>P. crassipes</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	73
Gráfico 35. Variación de la densidad de <i>H. akashiwo</i> en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH de los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	74

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Lista de especies de fitoplancton tóxico.....	23
Cuadro 2. Límites máximos permisibles de biotoxinas de fitoplancton marino en carne de moluscos.....	26
Cuadro 3. Especies de fitoplancton tóxico de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.....	34
Cuadro 4. Presencia, ausencia y máxima densidad de fitoplancton tóxico según las estaciones del año, en la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	42
Cuadro 5. Presencia, ausencia y máxima densidad de fitoplancton tóxico según las estaciones del año, en la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	42
Cuadro 6. Valores máximos, mínimos y promedios de temperatura, salinidad, oxígeno y pH, de las estaciones E1 y E2, según estrato de profundidad (0-5, 5-10 y 10-15 m), en la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	49
Cuadro 7. Relación directa (+) e inversa (-) de las densidades de las especies de fitoplancton tóxico con la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia de la E1, de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	75
Cuadro 8. Relación directa (+) e inversa (-) de las densidades de las especies de fitoplancton tóxico con la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia de la E1, de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.....	76

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue determinar la variación espacio temporal del fitoplancton tóxico en relación con factores fisicoquímicos de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012. La base de datos corresponde a dos estaciones con muestreos semanales, en tres estratos de profundidad de (0-5 m), (5-10 m), y (10-15 m), en los cuales se evaluó la composición, distribución y abundancia del fitoplancton tóxico y su variación temporal en relación con la temperatura del mar, oxígeno disuelto, salinidad, pH y transparencia. Se registraron en total 11 especies de fitoplancton tóxico, correspondiendo a diatomeas (2), dinoflagelados (8) y fitoflagelado (1). Estas especies son consideradas potentes productoras de toxinas como la toxina paralizante (PSP), la toxina amnésica (ASP), y la toxina diarreica (DSP). La evidencia de esta evaluación permite establecer que el fitoplancton tóxico dentro de la bahía de Samanco, presenta una alternancia de la densidad celular entre picos altos, picos bajos y en algunas fechas no se presenta. Las especies que permanecieron durante los dos años de estudio fueron *Pseudonitzschia delicatissima*, *Pseudonitzschia pungens* (excepto marzo, abril y mayo 2011), *Dinophysis caudata* (excepto julio 2011), *Prorocentrum mínimum* (excepto mayo 2011) y sólo en las estaciones de otoño e invierno sus densidades disminuyeron drásticamente. Además las mayores abundancias celulares mantienen una sucesión de especies que se da en las estaciones de primavera y verano; de las cuales las especies con mayores densidades fueron *P. delicatissima*, *P. pungens*, *Gymnodinium impudicum* y *P. mínimum*, así como la especie *Heterosigma akashiwo* que se presentó sólo en dos fechas con altas densidades. Respecto a los factores físicoquímicos, la temperatura superficial del mar, fluctuó entre 17,1°C a 24,1°C, mientras que la salinidad varió entre 33,3 a 35,3 ups, el oxígeno disuelto varió de 4.29 a 9.64 mg/L, el pH se presentó de 7.20 hasta 9.07 y la transparencia presentó valores de 1.00 hasta 6.50 m. El análisis de la relación de las especies de fitoplancton tóxico de la bahía de Samanco, permitió determinar que tuvieron relación con la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia. Fueron 8 especies de fitoplancton tóxico que presentaron relación con la temperatura; *A. peruvianum*, *D. caudata*, *D. rotundata* y *P. mínimum*, presentaron relación directa; mientras que *D. acuminata*, *G. impudicum*, *P. reticulatum* y *P. crassipes* presentaron relación inversa. En el caso de la salinidad 5 especies presentaron relación con este factor; de las cuales *D. acuminata*, *D. caudata*, *D. rotundata* y *G. impudicum* presentaron relación directa; mientras que *P. mínimum* presentó relación inversa. En el caso del oxígeno disuelto fueron 4 especies que presentaron relación con este factor; *D. caudata*, *D. rotundata* y *G. impudicum* presentaron relación directa; mientras que *P. delicatissima*, presentaron relación inversa. En el caso del pH fueron 2 especies que presentaron relación con este factor, *D. rotundata* y *P. reticulatum* presentaron relación inversa. Y en el caso de la transparencia fueron 5 especies que presentaron relación con este factor, *A. peruvianum* presentó relación directa; mientras que *D. acuminata*, *D. rotundata*, *P. mínimum* y *P. crassipes* presentaron relación inversa.

Palabras claves: Fitoplancton tóxico. Factores físicoquímicos. Bahía de Samanco.

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to determine the temporal space variation of toxic phytoplankton in relation to physicochemical factors of Samanco bay in the years 2011 and 2012. The database corresponds to two stations with weekly samplings, in three depth strata of (0-5 m), (5-10 m), and (10-15 m), in which the composition, distribution and abundance of toxic phytoplankton and their temporal variation in relation to sea temperature, dissolved oxygen, salinity, pH and transparency. A total of 11 species of toxic phytoplankton were recorded, corresponding to diatoms (2), dinoflagellates (8) and phytoflagellate (1). These species are considered potent producers of toxins such as paralytic toxin (PSP), amnesic toxin (ASP), and diarrhetic toxin (DSP). The evidence of this evaluation allows establishing that the toxic phytoplankton within the Samanco Bay, presents an alternation of cell density between high peaks, low peaks and at some dates does not occur. The species that remained during the two years of study were *Pseudonitzschia delicatissima*, *Pseudonitzschia pungens* (except March, April and May 2011), *Dinophysis caudata* (except July 2011), *Prorocentrum mínimum* (except May 2011) and only in the autumn and winter seasons. Their densities decreased drastically. In addition, the highest cellular abundances maintain a succession of species that occurs in the spring and summer seasons; of which the species with higher densities were *P. delicatissima*, *P. pungens*, *Gymnodinium impudicum* and *P. mínimum*, as well as the species *Heterosigma akashiwo* that only appeared on two dates with high densities. Regarding physicochemical factors, the sea surface temperature fluctuated between 17.1 ° C to 24.1 ° C, while the salinity varied between 33.3 to 35.3 ups, dissolved oxygen ranged from 4.29 to 9.64 mg / L, the pH was presented from 7.20 to 9.07 and the transparency presented values of 1.00 to 6.50 m. The analysis of the relationship of the toxic phytoplankton species of the Samanco bay allowed determining that they were related to temperature, salinity, oxygen, pH and transparency. There were 8 species of toxic phytoplankton that were related to temperature; *A. peruvianum*, *D. caudata*, *D. rotundata* and *P. mínimum*, presented a direct relationship; while *D. acuminata*, *G. impudicum*, *P. reticulatum* and *P. crassipes* showed an inverse relationship. In the case of salinity, 5 species were related to this factor; of which *D. acuminata*, *D. caudata*, *D. rotundata* and *G. impudicum* had a direct relationship; while *P. minimum* presented an inverse relationship. In the case of dissolved oxygen, there were 4 species that were related to this factor; *D. caudata*, *D. rotundata* and *G. impudicum* presented a direct relationship; whereas *P. delicatissima*, presented an inverse relationship. In the case of pH, there were 2 species that were related to this factor, *D. rotundata* and *P. reticulatum* presented an inverse relationship. And in the case of transparency, there were 5 species that were related to this factor, *A. peruvianum* presented a direct relationship; while *D. acuminata*, *D. rotundata*, *P. minimum* and *P. crassipes* showed an inverse relationship.

Keywords: Toxic Phytoplankton. Physicochemical factors. Samanco Bay.

INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo de investigación pretende contribuir al desarrollo científico sobre las especies de fitoplancton tóxico y su relación con la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia que se encuentran en la bahía de Samanco. Los resultados obtenidos servirán para orientar futuras investigaciones, relacionadas con el fitoplancton tóxico y sus posibles efectos que podrían causar en el medio.

El fitoplancton corresponde a la parte vegetal del plancton. Se denomina fitoplancton a la comunidad de organismos fotosintéticos con capacidad de locomoción restringida o nula, que flotan libremente en el agua (AENOR, 2007; IMARPE, 2010) y que es arrastrada por las corrientes del agua, pero que sedimenta lentamente por tener una densidad ligeramente superior que la del agua (Tomas, 1997; Lassus *et al.*, 2016). Los organismos fitoplanctónicos son autótrofos, es decir, fijan la energía solar mediante la fotosíntesis utilizando dióxido de carbono, nutrientes y metales traza para liberar oxígeno y sintetizar materia orgánica (Carmelo, 1997; Ecolástico *et al.*, 2013); pero más allá de convertir carbono inorgánico en carbono orgánico, los organismos fitoplanctónicos utilizan el nitrógeno inorgánico para producir aminoácidos y algunas vitaminas (Ecolástico *et al.*, 2013). Por esta razón, la enorme productividad de los océanos se basa en el fitoplancton, ya que son los responsables de la producción de más del 90 % de las sustancias orgánicas marinas y proveen el oxígeno esencial que sustenta la vida del planeta (Granéli y Turner, 2006). En este sentido siendo el primer eslabón de la cadena trófica, es el principal alimento natural para moluscos, bivalvos filtradores, ciertos peces herbívoros filtradores (sardinas y anchovetas) y larvas de diferentes organismos marinos (peces, moluscos y crustáceos), que a su vez son alimento marino esencial para los seres humanos (Van *et al.*, 2000; Hallegraeff, 2003).

El fitoplancton controla a menudo el crecimiento, la capacidad reproductora y las características de las poblaciones de otros organismos acuáticos. La variación de la tasa de producción primaria del fitoplancton marino está regulada por ciertos factores para su óptimo crecimiento como la temperatura, la radiación solar disponible, la concentración de nutrientes, el consumo por parte de los herbívoros y la competencia. La cantidad de luz disponible para el fitoplancton se ve influida por la frecuencia y la profundidad de la mezcla vertical, que puede determinar la cantidad de luz en la columna de agua (Burguera, 2013).

La variabilidad de los factores principales que controlan la fotosíntesis es lo que determina, básicamente, que el fitoplancton presente variaciones en determinadas áreas y períodos en el océano (Hallegraeff, 2003). Las observaciones regulares en un mismo lugar muestran variaciones en el transcurso de un año (Aké *et al.*, 2014). Cuando el fitoplancton encuentra condiciones favorables para la fotosíntesis, entonces la concentración celular crece (Aké *et al.*, 2014); sin embargo, si existe un agotamiento severo de nutrientes en el medio marino entonces el crecimiento del fitoplancton es limitado (Busso y Paesky, 2010) y el fitoplancton puede morir o pasar a un estado latente o de espora (Sánchez *et al.*, 2009). Igualmente el incremento de la temperatura es un factor que estaría asociado con las floraciones algales y consigo con la variación de fitoplancton tóxico (Avaria *et al.*, 1987; Graco *et al.*, 2007).

Existen más de 5 000 especies de fitoplancton marinos descritos (Hallegraeff, 2003), aproximadamente 300 pueden presentarse en cantidades tan elevadas (floraciones) que cambian el color de la superficie del mar, generando los fenómenos que conocemos como mareas rojas (Smayda, 1997; Landsberg, 2002; Hallegraeff, 2003). Los eventos de floraciones algales se pueden clasificar en tres tipos: inocuos, nocivos y tóxicos (Sar *et al.*, 2002). Las floraciones algales tóxicas, son aquellas en las que las especies, generalmente dinoflagelados, producen toxinas no proteicas de bajo peso molecular y que se incorporan rápidamente en las tramas tróficas, capaces de producir toxinas; estas floraciones no necesariamente están asociadas a cambios evidentes a la coloración de los cuerpos de agua (Sournia, 1995; Steindinger, 1999; Reguera, 2002). Se han descrito alrededor de 75 especies de microalgas productoras de toxinas, que no necesariamente pueden producir floración. Los episodios de fitoplancton tóxico no siempre alcanzan concentraciones celulares elevadas (10^6 cél.L⁻¹) que decoloren el agua, sino que en concentraciones moderadas confieren niveles de toxinas a los moluscos tales que pueden constituir un peligro para la salud humana (Reguera, 2015).

La circulación del agua, el transporte de partículas, la distribución de los organismos, los nutrientes y contaminantes, la penetración de la luz y el efecto en la producción primaria, la naturaleza del fondo, los intercambios biogeoquímicos en la interface agua sedimento y los procesos de erosión y sedimentación, son factores que pueden intervenir en la distribución de las especies de fitoplancton tóxico (Salbatier, 2008). También se considera que algunas especies de fitoplancton tóxico son introducidas a los mares a través del transporte marítimo, por embarcaciones internacionales a través del agua de lastre, que constituye una amenaza

permanente que debe ser monitoreada (Cabello, 2002; Chang *et al.*, 2003; Delgado, 2009; Aké *et al.*, 2014).

El fitoplancton tóxico produce toxinas que se transfieren a través de la cadena alimentaria (moluscos, crustáceos y peces de escama), que eventualmente podría ser consumidas finalmente por el hombre, provocando diversas enfermedades gastrointestinales y neurológicas (Hallegraeff, 2003; Reguera, 2015), además de tener serias repercusiones en las actividades de la acuicultura, recreación, turismo y en poblaciones naturales de organismos marinos de las zonas costeras (Reguera, 2015).

Los síndromes tóxicos más conocidos causados por fitoplancton tóxico son: la “Intoxicación Paralizante por Marisco” (Paralytic Shellfish Poisoning = PSP), la “Intoxicación Diarreica por Marisco” (Diarrhetic Shellfish Poisoning = DSP), la “Intoxicación Amnésica por Marisco” (Amnesic Shellfish Poisoning = ASP), y la “Intoxicación Neurotóxica por Marisco” (Neurotoxic Shellfish Poisoning = NSP) (Sar *et al.*, 2002; Hallegraeff, 2003; Goya *et al.*, 2012).

En México, la primera asociación de ácido domoico producido por *Pseudonitzschia* spp., con muerte de aves fue reportada por Sierra *et al.* (1997), en la parte sur de la península de Baja California, y en el Golfo de California (en 1997) hubo otra floración algal nociva de *Pseudonitzschia* spp., donde murieron 766 aves y 67 mamíferos por el consumo de sardinas con un alto contenido de *P. australis* en sus vísceras (Sierra *et al.*, 1997).

En Brasil (litoral de Santa Catarina) se describe la intoxicación de personas con síntomas producidos por toxinas del grupo DSP, asociados a la presencia del género *Dinophysis* (Proenca y Oliveira, 1999).

En Chile se detectó ácido domoico en mariscos provenientes de bancos naturales y de sitios de cultivo, la toxicidad se asoció a *Alexandrium catenella* al producirse intoxicación masiva y casos fatales por consumo de *Aulacomya ater* “cholgás” (Suárez *et al.*, 2002; Guzmán, 2010). También en 1998 y 2016 provocó mortandad de salmones ocasionado por *Heterosigma akashiwo* y *A. catenella*, respectivamente (Orosco, 2009).

En Uruguay (en 1994) se registró una mortalidad masiva de almejas y berberechos sobre la playa de Barra de Chuy, coincidiendo con una proliferación de *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis caudata* (Méndez y Ferrari, 2002).

En las costas Andaluzas (España) las especies desencadenan episodios tóxicos son los dinoflagelados *Dinophysis acuminata*, *Gymnodinium catenatum*, así como algunas especies del género *Pseudonitzschia*. *D. acuminata* causó intoxicación a más de 20 personas por consumir mejillón de roca en la costa oriental de Málaga. *G. catenatum* destacó por su alta frecuencia de aparición durante el año 2003. Mientras que *Pseudonitzschia* spp., se presentó durante todo el periodo de estudio y la proliferación de *P. australis* se asoció a la presencia de AD en moluscos (Jaén *et al.*, 2008).

En Cataluña (España), en las zonas de producción de bivalvos se produjo un total de 28 cierres administrativos de la concesión acuícola, durante el periodo 2003-2007. Las especies implicadas fueron *Dinophysis sacculus*, *D. caudata*, *Protoceratium reticulatum* y *Alexandrium minutum* (Fernández, *et al.*, 2008).

En las costas de Águilas (Murcia) en verano de 2006, se produjo el primer caso epidémico de afección respiratoria en la región de Murcia con síntomas similares a los producido por brevetoxinas, ya que se encontraron densidades elevadas de *Karenia* sp.; más de 50 personas necesitaron atención hospitalaria (Gilabert *et al.*, 2008).

En Almería (España) el 5 de agosto 2006, un grupo de personas presentaba irritación de vías respiratorias, en algunos casos fiebre y malestar general (Barroso, 2007). Se detectó niveles potencialmente tóxicos de los dinoflagelados del género *Ostreopsis* (Barroso, 2007).

En las Rias Gallegas (España) *Gymnodinium catenatum*, productor de toxinas paralizantes (PSP) causó un intenso episodio tóxico en el año 2005. El también productor de PSP *Alexandrium minutum* presentó proliferaciones en verano de 2003 a 2006; pero *Dinophysis acuminata* es el responsable de la mayor parte de los cierres en los polígonos de producción de mejillón por toxinas lipofílicas. También se detectó ácido domoico en mejillón a causa de la proliferación de *Pseudonitzschias* spp. (Pazos y Morono, 2008).

En Perú hay registros de floraciones algales de fitoplancton tóxico. En Pisco en febrero del año 2005 hubo una floración algal de *Prorocentrum mínimum*. En Caleta Tortugas en abril del 2008, se registró una floración de la especie *Heterosigma akashiwo*. Esporádicamente se presentan episodios tóxicos encontrándose toxinas en *Argopecten purpuratus* en las

concesiones acuícolas. Sin embargo no se ha registrado ningún episodio epidemiológico que haya ocurrido a organismos vivos inclusive en el hombre. En el caso de la bahía de Samanco ocurren cierres temporales de algunas concesiones acuícolas al encontrar en los análisis la presencia de toxinas en *Argopecten purpuratus*, prohibiéndose por ello la extracción y comercialización de moluscos.

La bahía de Samanco se encuentra ubicada al norte del Perú, comprendiendo un área de 6 900 ha. Tiene una longitud aproximada de 6 millas por 3,5 millas de ancho, una profundidad máxima de 40 m. en la entrada de la bahía y cuenta con unos 9 km de playa baja. La circulación en la bahía es muy lenta con velocidades de 1,2 a 13,9 cm/s y generalmente en sentido horario, en el fondo la circulación se presenta cíclica en las proximidades de la línea de costa con flujos que dejan la bahía por la bocana con dirección sur este y sur (IMARPE, 2009). Debido a su geografía, batimetría y variables ambientales, presenta una alta biodiversidad, por lo que es considerada una de las bahías más productivas del Perú (IMARPE, 2009). En la bahía existen 25 áreas otorgadas como concesiones para realizar maricultura de mayor escala, cubriendo 1 009 ha de espejo de agua lo que significa aproximadamente el 15% de la superficie de la bahía (IMARPE, 2009), de las cuales 5 empresas acuícolas se encargan de la producción de *A. purpuratus* (www.sanipes.gob.pe).

Es importante recalcar la importancia del área de investigación considerando que la bahía de Samanco es un ecosistema dedicado al cultivo de *A. purpuratus*, a la pesca artesanal y a la extracción de productos marinos por buzos y a la recreación. La presencia de floraciones algales de alguna especie o por fitoplancton tóxico podría provocar el consumo excesivo del oxígeno en el ecosistema acuático, causando mortalidad en diversas especies marinas; además que el fitoplancton tóxico es perjudicial para los organismos que se alimentan de fitoplancton y la toxicidad puede afectar a toda la cadena trófica, incluyendo al hombre. Así también, la bahía de Samanco es de suma importancia porque presenta una gran biodiversidad. Su gran productividad marina favorece una intensa actividad pesquera artesanal, asimismo constituye un área de reproducción, crecimiento y refugio de especies de aves, peces y mamíferos propios y ocasionales. Constituye un laboratorio natural y como fuente de información científica-cultural para la comunidad (IMARPE, 2009). Es así que se pretende determinar la variación espacio temporal de las densidades de especies de fitoplancton tóxico en relación con factores físicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia) de la bahía de Samanco (Ancash, Perú), en los años 2011 y 2012.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

Uno de los principales problemas que se presenta en la bahía de Samanco, es la presencia de fitoplancton tóxico es estimulado por actividades antrópicas, como los vertimientos de aguas domésticas de la ciudad de Samanco y de la industria pesquera. A ello se debe agregar el vertimiento de desechos ocasionado por el cultivo de *Argopecten purpuratus*, como el biofouling y la producción de heces por estos organismos, los cuales al descomponerse generan el consumo de oxígeno y la producción o remineralización de nutrientes (Garro y Prado, 2007), todo ello significa que la actividad antropogénica se está acelerando, lo cual crea condiciones favorables para la proliferación de floraciones algales y de fitoplancton tóxico (Aké *et al.*, 2014; Lassus *et al.*, 2016). Igualmente el incremento de la temperatura, es un factor que está asociado con la presencia de fitoplancton tóxico (Vázquez *et al.*, 2000; Hernández *et al.*, 2009; Palacios, 2016).

La presencia del fitoplancton tóxico provoca impactos en el campo de la acuicultura así como impactos económicos negativos, por la presencia de toxinas en los moluscos y cierres temporales de los centros acuícolas. SANIPES (Organismo Nacional de Sanidad Pesquera), organismo aprobado por Decreto Supremo N° 012-2013-Produce, encargado de normar, supervisar y fiscalizar las actividades de sanidad e inocuidad acuícola, publica en su página web aspectos uno de ellos, indica las zonas de cultivo que están cerradas porque han detectado toxinas en el molusco *A. purpuratus*, en la bahía de Samanco. De esta manera prohíben la extracción y comercialización temporal de estos productos, debido a que estos productos ponen en riesgo la salud, a causa de las biotoxinas acumuladas en este molusco, y puede provocar en el hombre procesos patológicos, biointoxicaciones y hasta la muerte.

Desde el 2009 se obliga a las empresas acuícolas a realizar análisis de toxinas en moluscos y de fitoplancton tóxico. Además, la bahía de Samanco (Gráfico 1), es una de las bahías más importantes del Perú, se caracteriza por presentar gran variedad de especies que sustentan la pesca artesanal y es una de las principales zonas de la región Ancash, que cultivan de *A. purpuratus*, con cinco empresas acuícolas instaladas (Cultimarin, Delishell, Intercold, Acuacultivos del Pacífico y Sea Protein) a la fecha (2017) (www.sanipes.gob.pe).

En este contexto se propone realizar este trabajo de investigación a fin de determinar la variación espacio temporal del fitoplancton tóxico en relación con factores físicoquímicos

como la temperatura del mar, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

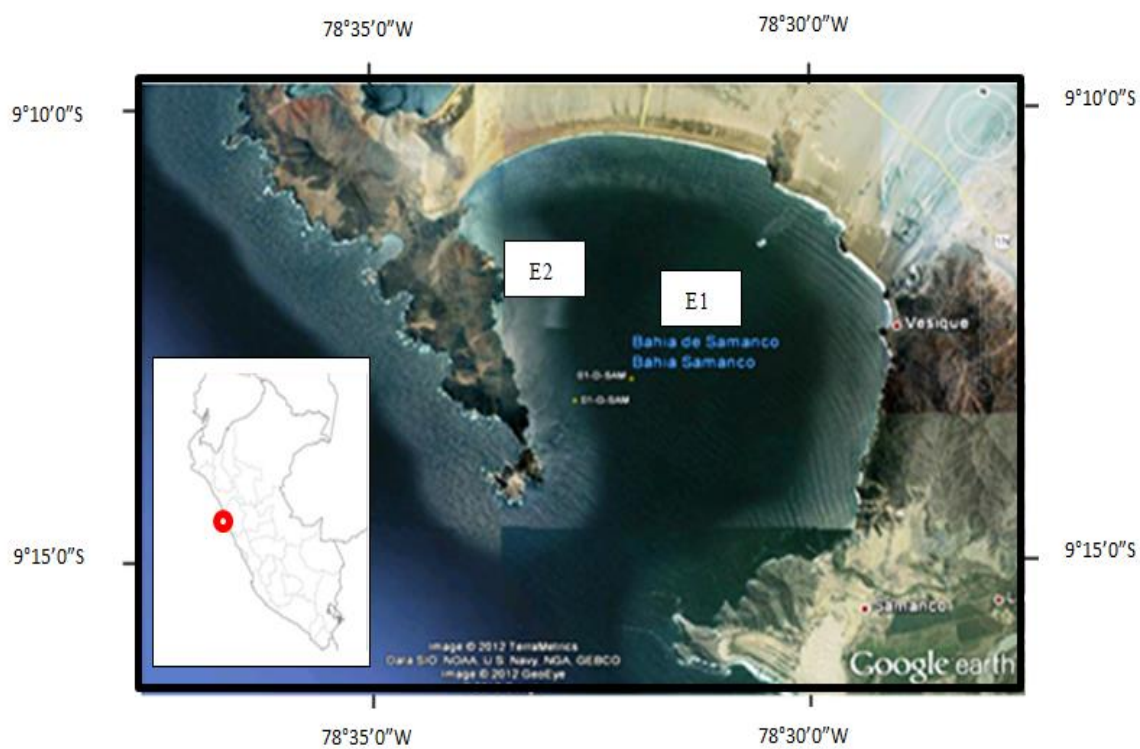


Gráfico 1. Ubicación de las 2 estaciones de muestreo en la bahía de Samanco (Ancash, Perú).
(Fuente: Google earth, 2012).

1.2 Antecedentes de la investigación

La proliferación de floraciones algales y fitoplancton tóxico, es un evento natural que han ocurrido a través de la historia; sin embargo, en las tres últimas décadas los impactos de tales eventos en la salud pública y en la economía parecen haber incrementado en frecuencia, intensidad y distribución geográfica (Hallegraeff *et al.*, 1993; Hallegraeff *et al.*, 2003; Poot, 2006; Band-Schmidt *et al.*, 2011). Citándose al menos desde la época de las grandes campañas oceanográficas del siglo XIX (Gómez, 2004). Los problemas más graves de origen ficotóxico, desde el punto de vista de las autoridades sanitarias y pesqueras, pertenecen a las microalgas tóxicas, que en algunos casos sin alcanzar concentraciones para colorear el agua, han causado graves intoxicaciones humanas y prolongadas prohibiciones a la extracción y comercialización de moluscos; además, han causado pérdidas económicas a los cultivadores (Gómez, 2004).

Odebrecht *et al.* (1996) determinó que tiene influencia con la temperatura, salinidad, transparencia, concentración de clorofila a, y nutrientes inorgánicos disueltos en la concentración y composición taxonómica del fitoplancton tóxico. Observó por primera vez grandes cantidades de *Alexandrium tamarence* (10^5 cél.L⁻¹) en el estuario de la laguna de los Patos y la playa del Cassino al sur de Brasil, en agosto de 1996.

García (2002) estudió la Influencia de los factores físicos-químicos como la temperatura y la salinidad en la germinación de quistes y del crecimiento de dinoflagelados nocivos en el extremo sur de Brasil, próxima a la desembocadura de la Laguna de los Patos, y reveló que estos factores influyen en la germinación de quistes de *Alexandrium tamarence*, *Gymnodinium catenatum* y *Scropsiella trochoidea*.

En Uruguay, En el invierno de 1998, una proliferación de *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis caudata*, alcanzó niveles de 7 000 cél.L⁻¹ y en los análisis por HPLC se observó ácido okadaico (Méndez y Ferrari, 2002). La floración por *Gymnodinium catenatum* se registró en febrero de 1992, y en marzo de 1998, en toda la costa de Uruguay del Atlántico Sudoccidental registrándose la máxima de *G. catenatum* (277 500 cél.L⁻¹) (Méndez y Ferrari, 2002).

En Argentina, en estuario del río Chubut (Bahía Nueva), se han realizado trabajos referidos a la caracterización ambiental de esta zona y la relación de las especies de fitoplancton, determinando que *Alexandrium catenella* se relacionó positivamente con la salinidad, temperatura y nitrato (Santinelli *et al.*, 2008).

En Chile *Alexandrium catenella* provocó disminuir drásticamente los niveles de oxígeno disuelto y causó mortandad de salmones en 1998, 2000, 2009 y 2016 (Suárez *et al.*, 2002).

En el Perú, una de las instituciones que realizan estudios de relacionado con la productividad de recursos marinos, entre ellos del fitoplancton, es el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), pero sus monitoreos son realizados generalmente alejados a los centros de producción de *Argopecten purpuratus* que están ubicados en las bahías. Aún así reportan información importante de las condiciones ambientales y del fitoplancton que estaría interactuando con las mismas. En la página web de IMARPE se reporta la composición fitoplanctónica del mar peruano. Desde los años 1993 a 2005 entre las especies tóxicas más frecuentes destaca *Pseudonitzschia delicatissima*, *P. pungens*, *Dinophysis acuminata*, *D. caudata*, *D. rotundata*, *D. tripos*, *Protoperdinium crassipes* y *P. depressum*; y las especies menos frecuentes *Alexandrium peruvianum*, *Gonyaulax* sp., *G. spinifera* y *Gymnodinium* sp., estas especies estuvieron asociadas a valores de temperatura superficial del mar de 13.6 °C a 26.5 °C del litoral peruano, con salinidad superficial de 33.79 a 35.67 ups; oxígeno superficial de 1.23 a 9.67 mg.L⁻¹ un pH de 7.47 a 8.14 y densidades totales de fitoplancton relativamente densas (Kameya *et al.*, 1993; Sánchez *et al.*, 1995; Sánchez, 1995; Delgado *et al.*, 1995; Jacinto *et al.*, 1995; Morón *et al.*, 1996; Pizarro *et al.*, 1997; Delgado y Villanueva, 1997; Sánchez *et al.*, 1997; Morón *et al.*, 1997; Pizarro *et al.*, 1997; Morón *et al.*, 1997; Sánchez y Villanueva, 1998; Sánchez y Delgado, 1999; Delgado *et al.*, 1999; Sánchez, 1999; Delgado y Fernández, 1999; Chang *et al.*, 1999; Sánchez *et al.*, 1999; Delgado *et al.*, 2000; Gonzáles *et al.*, 2000; Chang y Delgado, 2003; Sánchez y Jacobo, 2004; y Delgado y Chang, 2005).

Vizcarra *et al.* (1999) reportaron en la bahía de Catarindo-Mollendo la predominancia de la especie *P. delicatissima* con otra que no es tóxica (*Thalassiosira* sp.) que representaron el 60 % de la densidad total. Esta predominancia ocurrió de febrero a setiembre de 1998, donde la densidad fluctuó con valores entre 22 440 cél.L⁻¹ y 219 560 cél.L⁻¹ y el mayor pico se dió en abril. En este estudio se evaluó el efecto del evento “El Niño 1997-98” en el fitoplancton y mostrando una alteración del ciclo anual del fitoplancton, alcanzando una temperatura máxima de 22,7 °C en enero de 1998.

Orozco (2009) reporta en Paracas-Pisco (Perú) una floración algal producida por *Prorocentrum mínimum*, entre el 8 y 15 de febrero del 2005, considerando el primer registro de esta especie. También *H. akashiwo* se reporta floración en la Caleta Tortuga-Casma, en abril del 2008.

Berrú *et al.* (2005), en la bahía de Samanco (7-12 de junio del 2005) registró temperaturas superficiales del mar de 15.8 a 19.1 °C y una salinidad de 35.07 a 35.21 ups, y a nivel de fondo, fue de 35.05 a 35.19 ups. El oxígeno superficial fue de 2,05 a 4,86 mg.L⁻¹, en el fondo de 0,14 a 3,60 mg.L⁻¹. De la misma forma en los años 2006 y 2008, se identificaron aguas costeras frías con temperaturas y salinidades que se encuentran dentro de los resultados anteriores (18 °C y 35 ups respectivamente) (Berrú *et al.*, 2006; Berru *et al.*, 2008).

En la bahía de Samanco en los años 2001 a 2004, la temperatura durante la estación de verano en el fondo, varió de 15 a 23 °C; en invierno, de 16 a 18,5 °C. En primavera en este mismo estrato varió de 14 a 22 °C. El oxígeno, durante la estación de verano en el fondo presentó valores de 0,5 a 5,0 mg.L⁻¹, en invierno de 1,0 a 4,0 mg.L⁻¹, en primavera de 0,5 a 5,0 mg.L⁻¹ (Berrú y Tresierra, 2007).

La Línea Base de la bahía de Samanco realizada del 13 al 24 de diciembre del 2008, se registró la temperatura superficial del mar de 17,9 a 21,2 °C, a nivel de fondo de 14,4 a 20,4 °C. La salinidad superficial fue de 35,03 a 35,31 ups, en el fondo registró valores de 34,95 a 35,09 ups. El oxígeno superficial presentó un rango de 4,82 a 6,47 mg.L⁻¹, en tanto que en el fondo fue de 0,00 a 5,14 mg.L⁻¹. Se encontraron áreas anóxicas hacia la zona central del interior de la bahía. La concentración de iones de hidronio (pH) a nivel superficial fluctuó de 7,94 a 8,18; en el fondo varió de 7,61 a 8,07. Dentro del fitoplancton las diatomeas conformaron el grupo dominante tanto en abundancia celular como en riqueza de especies, guardando estrecha relación con la distribución del fitoplancton total, seguidas del grupo de dinoflagelados. En el grupo de los dinoflagelados estuvieron presentes las especies tóxicas *Dinophysis caudata*, *Gonyaulax spinifera*, *Protoperdinium crassipes* y *P. depressum*, asociadas a temperaturas de 16.4 a 20. 9 °C. (IMARPE, 2009).

En el Estudio de Impacto Ambiental realizado por Petro-Tech S.A. en la zona costera de Ancash (Santa, Samanco, Casma y Huarney), no se registra fitoplancton tóxico dentro de la comunidad fitoplanctónica, y se describen las características física-químicas como la temperatura superficial del mar de 17,9°C (setiembre) a 22,1°C (marzo); la salinidad superficial de 35,1 a 35,7 ups (abril); el oxígeno en la superficie de 2,90 a 2,20 mg.L⁻¹; los valores de pH fue de 8,38 a 8,23 (Petro Tech, 2009).

Así mismo existen otros investigadores que registran datos sobre fitoplancton tóxico en el litoral peruano, mas no existe explicación de la tendencia de esta variable, pero vale considerarla.

Ochoa y Tarazona (2003) sostienen que los cambios en la estructura fitoplanctónica estuvieron relacionadas con pequeños cambios de la temperatura, donde las diatomeas fueron el principal componente de la comunidad fitoplanctónica, el estudio estuvo basado en la variación temporal de la comunidad fitoplanctónica costera en una estación fija en bahía Independencia durante un mes en 1998, donde la temperatura superficial del mar fluctuó entre 15,4 a 7,2 °C.

Yucra *et al.* (2006) reportan la producción fitoplanctónica para conocer la composición y distribución semanal del fitoplancton del muelle artesanal de la playa Los Pescadores Chorrillos, Lima Perú, y dentro de sus análisis de fitoplancton registran a la especie tóxica *P. pungens*, aunque en bajas concentraciones, pero destacó por su frecuencia.

Graco *et al.* (2007) sostienen que frente al Perú, la producción primaria alcanza valores de 3 y 4 g cm⁻² d⁻¹ en la franca costera de 100 Km. La alta productividad resulta de la gran disponibilidad de nutrientes y de factores forzantes favorables que se mantienen durante todo el año.

Bárcena *et al.* (2013) registraron por primera vez al dinoflagelado potencialmente tóxico *Alexandrium tamiyavanichii* para la costa norte del Perú (Piura). Reportan que es una especie de aguas tropicales del pacífico y es productora de la toxina paralítica, lo encontraron en los análisis en octubre de 2011 y febrero de 2012 en Paita y Mancora del norte del Perú, la concentración celular fue baja ≤ 40 cél.L⁻¹, asociados a temperaturas de 20°C en Paita y 25°C en Máncora.

Ruíz (2013) realizó el análisis filogenético de *Prorocentrum mínimum* de la bahía de Callao y encontró componentes bioactivos en esta especie y no tóxicos en el cultivo de *P. mínimum*. Estableció un análisis cuantitativo de la dosis respuesta del animal en el bioensayo en ratón. Logró obtener la purificación de cultivo de *P. mínimum* y confirmó la filogenia de la especie de microalgas y no logró encontrar la toxina DSP del cultivo de la microalga.

Sánchez *et al.* (2013) estudiaron las toxinas presentes en los moluscos de la bahía de Samanco. Encontraron la toxina diarreica en los moluscos, confirmaron la presencia de esta

toxina mediante bioensayo de ratón. Las especies involucradas fueron *Dinophysis acuminata* y *Dinophysis caudata*.

Minaya *et al.* (2014), en sus análisis de fitoplancton en la zona de la ensenada de los Chimus encontraron tres especies tóxicas del género *Dinophysis*: *D. tripos*, *D. caudata* y *D. acuminata*, durante los meses enero, febrero, marzo, junio, julio, setiembre y octubre de 2014; sin embargo, consideran que es escasa la presencia de dinoflagelados tóxicos de los Chimus, en comparación a lo registrado para el mar de la costa central.

Trujillo y Guerrero (2015) evaluaron ocho estaciones de muestreo por seis meses en 2013, se obtuvieron valores promedios de: temperatura de 19.8 a 20.3 °C, pH de 7.3 a 7.6, y oxígeno disuelto de 8.0 a 9.23 mg.L⁻¹.

Baylón *et al.* (2015) mediante un exámen morfo-taxonómico detallando sus placas con microscopía de luz y epifluorescencia, registraron por primera vez al dinoflagelado tóxico *Alexandrium minutum* este dinoflagelado fue causante de las floraciones algales en marzo del 2006 y febrero del 2009 en el litoral del Callao, Perú.

También existe información acumulada de registros sobre fitoplancton tóxico de los monitoreos del programa de control de moluscos que son publicados por la autoridad competente sin ninguna restricción y no son procesados pero, que debe ser útil para realizar proyecciones y establecer tendencias en la dinámica del fitoplancton tóxico de la bahía de Samanco en función de los parámetros abióticos.

1.3 Formulación del problema de investigación

¿Cuál es la variación espacio temporal del fitoplancton tóxico y su relación con la temperatura del mar, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia, en base a los datos registrados de dos estaciones de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012 ?

1.4 Delimitación del estudio

Se ha considerado el registro de datos de dos estaciones fijas en la bahía de Samanco, obteniendo información del fitoplancton tóxico y las variables ambientales de temperatura del mar, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia, correspondiente a los años 2011 y 2012. La fuente de los datos corresponde al Laboratorio de Fitoplancton de Cerper.

1.5 Justificación e importancia de la investigación.

El presente trabajo se justifica porque va contribuir con nuevos conocimientos acerca de la relación del fitoplancton tóxico con factores físicoquímicos (temperatura, oxígeno, salinidad, pH y transparencia) y así predecir la presencia de especies de fitoplancton tóxico en situaciones semejantes. Asimismo, servirá para establecer tendencias en el comportamiento de la dinámica del fitoplancton tóxico de la bahía de Samanco de acuerdo a las condiciones ambientales.

Es importante para prevenir pérdidas económicas, puestos de trabajo en las coneciones acuícolas instaladas dentro de la bahía de Samanco. Considerando que estos organismos son perjudiciales para los organismos que se alimentan del fitoplancton como los moluscos y que la toxicidad puede ocurrir por toda la cadena trófica incluyendo al hombre, es importante su detección temprana a través de ciertos indicadores abióticos y de esta forma tomar medidas para que no afecte a la salud humana y el bienestar por consumo de estos bivalvos con toxinas adquiridas por fitoplancton toxico. La información obtenida, servirá a la autoridad competente para tomar desiciones en el marco de la gestión de este problema así como a los empresarios a tomar previsiones.

1.6 Objetivos de la investigación

1.6.1 Objetivo general

Determinar la variación espacio temporal de las densidades de las especies de fitoplancton tóxico en su relación con factores físicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia) de dos estaciones de la bahía de Samanco (Ancash, Perú), en los años 2011 y 2012.

1.6.2 Objetivos específicos

- Evaluar la composición y la abundancia espacio temporal del fitoplancton tóxico de dos estaciones de la bahía de Samanco.
- Evaluar la variación espacio temporal de la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia de dos estaciones de la bahía de Samanco.
- Establecer la relación de las densidades del fitoplancton tóxico con la temperatura del mar, salinidad, oxígeno disuelto pH y transparencia en función al tiempo de dos estaciones de la bahía de Samanco.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Factores que intervienen en la composición y abundancia del fitoplancton tóxico

Los principales factores involucrados en el surgimiento de las floraciones de fitoplancton tóxico pueden ser:

a) Composición química del agua: Dentro de los principales factores disparadores de las floraciones de fitoplancton se destaca los nutrientes y la materia orgánica, la mineralización y pH, oligoelementos, etc. Y la eutrofización. La eutrofización de los ecosistemas acuáticos es la consecuencia de diversas actividades antrópicas que resulten de aportes artificiales y exceso de nutrientes al agua. Como consecuencia, se favorece el crecimiento del fitoplancton que puede derivar en floraciones de fitoplancton tóxico. Dentro de las actividades que suelen contaminar los cuerpos de agua con nutrientes se destacan la descarga de aguas de desecho doméstico no tratadas previamente, la acuicultura y afluentes industriales. En la mayoría de los casos no existe una única actividad responsable del aumento de la carga de nutrientes, sino que existen diversas actividades que contaminan el agua. El desafío para la gestión del agua es muy grande ya que implica modificar o impedir diversos tipos de prácticas de las actividades productivas (Busso y Paesky, 2010; Aké, 2014; López y Méndez, 2014).

b) Condiciones físicas e hidrológicas: los factores principales son la luz (intensidad y fotoperiodo), temperatura (estratificación), turbulencia, estabilidad del agua, tiempo de residencia del agua (Busso y Paesky, 2010; Aké, 2014; López y Méndez, 2014).

c) Factores biológicos: Las interacciones bióticas también pueden afectar la biomasa y toxicidad del fitoplancton. La presencia de depredadores puede estimular la producción de toxinas en el fitoplancton. Por ejemplo las interacciones entre el fitoplancton y sus principales depredadores potenciales (zooplancton) producen cambios en la fisiología tanto de presas como de depredadores, estimulando la producción de toxinas en el fitoplancton y a su vez este fitoplancton afecta negativamente a sus depredadores. Esto puede deberse a la presencia de toxinas conocidas u otros metabolitos secundarios no identificados que provoquen una consecuencia negativa en los depredadores. El zooplancton puede, sufrir parálisis, mortalidad y disminución en la fecundidad, tasa de filtración y tamaño corporal. Algunas toxinas, pueden jugar un papel clave en la red trófica acuática ya que son moléculas que se bioacumulan y transfieren de un nivel trófico al siguiente. El impacto de las

floraciones de fitoplancton tóxico en la estructura de la trama trófica acuática podría ser por lo tanto muy diferente de acuerdo al tipo de fitoplancton tóxico dominante, así como según el tipo de depredador dominante (Busso y Paesky, 2010; Aké, 2014; López y Méndez, 2014).

d) Cambio Climático: El cambio climático es otro de los factores que favorecen indirectamente las floraciones de fitoplancton. El aumento de la temperatura, implica diversas consecuencias para los cuerpos de agua como cambios en la dinámica de estratificación y mezcla, en la transparencia del agua y en la carga de carbono orgánico disuelto coloreado. Este cambio interactúa en sinergia con la eutrofización acelerando y promoviendo el surgimiento de floraciones de fitoplancton tóxico (Busso y Paesky, 2010; Aké, 2014; López y Méndez, 2014).

Otra posible causa: Es posible reconocer otros factores que puedan ayudar al incremento de las floraciones algales en la bahía en Samanco. Cada año al puerto de Chimbote llegan buques de otras partes del mundo (buques chinos) los mismos que contienen agua de lastre que es vaciada mar adentro antes de entrar a las instalaciones portuarias. Por acción y efecto de las corrientes marinas, esta agua de lastre puede transportar organismos formadores de floraciones algales nocivas y tóxicas a la línea de la costa. Incluso es probable que las especies que generan floraciones algales nocivas en la bahía de Samanco pudo haber tenido una introducción a la bahía de Samanco por este medio, algo que sólo se comprobará al realizar estudios moleculares de la misma especie en diferentes zonas geográficas. La carencia de listados completos y detallados de la floración planctónica local, así como el estudio del comportamiento de las comunidades fitoplanctónicas en el tiempo, es uno de los factores principales para ser concluyente al respecto de la introducción de especies a la zona y distinguir entre las especies indígenas e invasoras (Busso y Paesky, 2010; Aké, 2014; López y Méndez, 2014).

Diferentes tipos de floraciones de fitoplancton, según Hallegraeff et al, (2003).

- a) Especies que producen decoloraciones de agua básicamente inofensivas. Sin embargo, en condiciones excepcionales en bahías, las floraciones pueden ser tan densas que causan la muerte indiscriminada de peces e invertebrados. Ejemplos: dinoflagelados *Akashiwo sanguinea*, *Gonyaulax polygramma*, *Noctiluca scintillans*, *Scrippsiella trochoidea*; *Cyanobacterium*, *Trichodesmium erythraeum*.
- b) Especies que producen toxinas potentes que pueden encontrar su camino a través de la cadena alimenticia a los seres humanos, causando una variedad de enfermedades gastrointestinales y neurológicas tales como:
- Envenenamiento paralítico de moluscos (PSP) (Ejemplos: dinoflagelados *Alexandrium catenella*, *A. cohorticula*, *A. fundyense*, *A. fraterculus*, *A. leei*, *A. minutum*, *A. tamarense*, *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense*).
 - Envenenamiento diarreico de moluscos (DSP) (Ejemplos: dinoflagelados *Dinophysis acuta*, *D. acuminata*, *D. caudata*, *D. fortii*, *D. norvegica*, *D. mitra*, *D. rotundata*, *D. sacculus*, *Prorocentrum lima*).
 - Envenenamiento amnésico de moluscos (ASP) (Ejemplos: diatomeas *Pseudonitzschia australis*, *P. delicatissima*, *P. multiseriata*, *P. pseudodelicatissima*, *P. pungens*, *P. seriata*).
 - Intoxicación por ciguatera (PCP) (Ejemplos: dinoflagelados *Gambierdiscus toxicus*, *Coolia* spp., *Ostreopsis* spp., *Prorocentrum* spp.).
 - Envenenamiento neurotóxico de moluscos (NSP) (Ejemplos: dinoflagelados *Karenia brevis*, *K. papilionacea*, *K. selliformis*, *K. bicuneiformis*).
 - Intoxicación por toxinas de cianobacterias (Ejemplos: cianobacterias *Anabaena circinalis*, *Microcystis aeruginosa*, *Nodularia spumigena*).
 - Síndrome asociado a estuarios (a través de aerosoles de dinoflagelados *P. fiesteria piscicida*, *P. shumwayae*).
- c) Especies que no son tóxicas para los seres humanos, pero perjudiciales para los peces e invertebrados (especialmente en los sistemas de acuicultura intensiva) al dañar u obstruir sus branquias. Ejemplos: diatomeas *Chaetoceros concavicornis*, *Ch. convolutus*; dinoflagelados *Karenia mikimotoi*, *K. brevisulcata*, *Karlodinium micrum*; Prymnesiophytes *Chrysochromulina polylepis*, *Prymnesium parvum*, *P. patelliferum*; rafidofitas *Heterosigma akashiwo*, *Chattonella antiqua*, *Ch. marina*, *Ch. verruculosa*.

Efectos de las biotoxinas sobre los seres humanos

Las toxinas producidas principalmente por determinadas especies de dinoflagelados y diatomeas son responsables de diferentes fenómenos de intoxicación que se han clasificado en función de la sintomatología (en humanos) y de las toxinas asociadas. Son “Intoxicación Paralizante por Marisco” (Paralytic Shellfish Poisoning = PSP), la “Intoxicación Diarreica por Marisco” (Diarrhetic Shellfish Poisoning = DSP), la “Intoxicación Amnésica por Marisco” (Amnesic Shellfish Poisoning = ASP) (Sar *et al.*, 2002; Hallegraeff *et al.*, 2003; Reguera, 2011; Goya *et al.*, 2012).

a) Toxinas causantes del envenenamiento paralítico (PSP):

El envenenamiento paralizante es causado por un grupo de más de 30 potentes neurotoxinas. Son guanidinas heterocíclicas solubles en agua. En este grupo se encuentra la saxitoxina (STX), que es la más potente de las toxinas conocidas del tipo PSP (FAO, 2005) y sus congéneres: neosaxitoxina (Neo STX), descarbamoyl saxitoxina (dc STX), descarbamoyl neosaxitoxina (dc Neo STX), gonyautoxinas (GTX). Estas toxinas actúan sobre canales de sodio, bloqueando la conductancia del sodio a través del canal sobre todo en las membranas de las células neuronales. Las neurotoxinas de elevada afinidad, pueden causar: parálisis, problemas respiratorios y muerte. Pueden también aparecer síntomas gastrointestinales, pero es menos frecuente (Reguera, 2011). Los dinoflagelados productores de las toxinas PSP son: *Gymnodinium catenatum*, *Pirodinium bahemense* y *Alexandrium* spp (Landsberg, 2002; Sar *et al.*, 2002; Hallegraeff *et al.*, 2003; FAO, 2005; Lassus, 2016).

b) Toxinas causantes del envenenamiento diarreico (DSP):

Las toxinas que provocan el envenenamiento diarreico son un grupo de compuestos poliéteres lipofílicos (FAO, 2005). Las principales toxinas responsables de las intoxicaciones diarreicas son congéneres entre sí: el ácido okadaico (DA), la dinofisistoxina (DTX)-1 y la dinofisistoxina (DXT)-2. El DA es el más potente y específico inhibidor de fosfatasa (protein phosphatases; pps) (Reguera, 2011). El principal síntoma de intoxicación aguda en humanos es la diarrea con náuseas, vómitos y dolor abdominal. Los síntomas se pueden presentar hasta los 3 o 4 días (FAO, 2005) (Hallegraeff *et al.*, 2003). No se ha descrito muertes de este tipo de intoxicación, también se ha descrito la actividad promotora de tumores y genotoxicidad (Van Dolah, 2000) (Hallegraeff *et al.*, 2003) (FAO, 2005). Los dinoflagelados responsables de la producción de estas toxinas son: *Dinonophysis acuta*, *D. acuminata*, *D. caudata*, *D. fortii*, *D. norvegica*, *D. mitra*, *D. rotundata*, *D. sacculus*, *Prorocentrum lima* (Sar *et al.*, 2002; Hallegraeff *et al.*, 2003; Lassus, 2016).

Las yesotoxinas (YTSs) y las pectenotoxinas (PTXs), fueron tradicionalmente incluidas en el grupo de toxinas DSP; sin embargo estos dos grupos de toxinas se diferencian de las toxinas diarreicas tanto por su estructura como por su actividad.

c) Yesotoxinas (YTXs)

Las YTXs y sus análogos son poliéteres cíclicos, no son toxinas diarreicas, no hay evidencia clara de que constituyan un riesgo para el ser humano por ingestión. No existen datos epidemiológicos que asocien estas toxinas a casos de intoxicaciones. En roedores la administración oral aguda, no causa ni mortandad, ni signos fuertes de toxicidad; pero si causa que estos animales presenten alteraciones en células del tejido muscular del miocardio (por microscopia electrónica). La capacidad de las toxinas del tipo YTX incrementa de forma directa la actividad de fosfodiesterasas (PDE), concretamente la fosfodiesterasas III, que juega un papel importante en el tejido miocárdico (Reguera, 2011).

d) Pectenotoxinas (PTXs)

Las PTXs son compuestos poliéteres cíclicos que en un primer momento fueron clasificados como toxinas diarreicas al presentarse en moluscos junto a toxinas del tipo DSP. Estas toxinas se presentan en las mismas especies de dinoflageladas que el AO. Se cree que la PTX-2 podría ser el compuesto parental y que las otras PTXs podrían formarse a partir de esta por procesos de metabolización. En base a estudios de toxicidad aguda por inyección intraperitoneal en ratón, se establecen unos TEFs (factor de equivalencia tóxica) de 1 para los análogos: PTX-1, PTX-2, PTX-3, PTX-4, PTX-6 y PTX-11 (Reguera, 2011).

e) Toxinas causantes del envenamiento por Azaspirácidos (AZAs)

Los AZAs al igual que el AO, las DTXs, las YTXs y las PTXs son compuestos poliéter que fueron identificados por primera vez en un episodio tóxico del tipo DSP (Irlanda, 1995). El AZA es una toxina con dos anillos espiro, una amina cíclica y un ácido carboxílico. Este tipo de envenamiento en humanos incluye náuseas, vómitos, diarrea y dolor de estómago siendo similar al cuadro que se presenta en intoxicaciones del tipo DSP. Se han descrito 32 análogos de azaspirácidos de los cuales los más importantes en base a la ocurrencia y a la toxicidad son el azaspirácido 1, 2 y 3 (AZA-1, AZA-2 y AZA-3). Los mecanismos de acción de estas toxinas se centran de forma prioritaria en el estudio de segundos mensajeros implicados: aumento de calcio y el AMPc intracelular, los efectos de reorganización del citoesqueleto de actina y efectos en la adhesión intracelular mediante la activación del fraccionamiento de proteínas de adhesión (Reguera, 2011).

f) Toxinas causantes del envenenamiento Amnésico (ASP):

Las toxinas que producen envenenamiento amnésico son el ácido domoico (DA) y sus derivados. El DA pertenece al grupo de los aminoácidos, es un aminoácido cristalino hidrosoluble que compite con el ácido glutámico por los receptores de este, activándoles y permitiéndoles la entrada de cloruro, calcio y agua, lo que lleva a la ruptura y muerte celular. La activación de receptores por el DA puede ser necesaria y suficiente para causar neurodegeneración, siendo una potente neurotoxina estimulante de los neurotransmisores. Esta toxina provoca la muerte neuronal y lesiones en el hipocampo (FAO, 2005). Los síntomas que producen son tanto gastrointestinales (diarrea, náuseas, vómitos, calambres abdominales) como neurológicas (pérdida de memoria, confusión) que puede durar hasta 10 días. En intoxicaciones severas se puede llegar al coma y a la muerte. Esta toxina se ha reportado en las diatomeas *Pseudo-nitzschia australis*, *P. delicatissima*, *P. multiseriata*, *P. pseudodelicatissima*, *P. pungens*, *P. seriata* (Hallegraeff *et al.*, 2003; Lassus, 2016).

Legislación vigente en la detección y cuantificación de fitoplancton tóxico

El muestreo de agua de mar está basado en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobado por el Decreto Supremo N° 002-2008 MINAM y por su modificatoria mediante Decreto Supremo N° 015-2015 MINAM. Al igual también se aprueba la Norma Sanitaria de Moluscos Bivalvos mediante el Decreto Supremo N° 007-2004-PRODUCE. La Norma Sanitaria de Moluscos Bivalvos, que tiene por objeto regular las condiciones y requisitos de seguridad sanitaria y de calidad, que debe reunir los moluscos bivalvos destinados directamente al comercio o a su procesamiento para consumo humano, incluyendo requerimientos para las áreas de extracción o recolección y para las concesiones acuícolas.

Asimismo mediante Ley N° 30063, se creó el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera como organismo técnico especializado adscrito al Ministerio de la Producción, encargado de normar, supervisar y fiscalizar las actividades de sanidad, inocuidad pesquera, acuícola y de piensos de origen hidrobiológico, en el ámbito de su competencia.

El reglamento de la Ley de Creación del Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES), aprobada por Decreto Supremo N° 012-2013-PRODUCE, en su artículo 9 establece que el SANIPES, en su calidad de Autoridad Competente, propone la Política Sanitaria y a efectos de formular, actualizar y aprobar normas sanitarias en el ámbito de su

competencia, emite reglamentos, procedimientos, documentos habilitantes, entre otros los que se constituyen como de cumplimiento obligatorio.

Es así que SANIPES ha emitido el procedimiento “Ejecución del Control Oficial de las áreas de Producción” y “Ejecución del Programa de Control de Moluscos Bivalvos” (P02-Sub Dirección de Supervisión Acuícola-SANIPES-2017); aprobada mediante la Resolución Dirección Ejecutiva N° 073-2017-SANIPES-DE. Este procedimiento establece las actividades para determinar la condición operativa (abierta o cerrada) de las áreas de producción en donde se realice la extracción, recolección de moluscos bivalvos destinados a la comercialización o procesamiento, como parte de las actividades de vigilancia y control sanitario que se ejecutan dentro del Programa Control de Moluscos Bivalvos. El objetivo es monitorear al fitoplancton tóxico y las biotoxinas en moluscos, aún cuando las especies del fitoplancton tóxico se encuentran en bajas concentraciones, suficientes para dar positivo con biotoxina (lo realiza SANIPES con el apoyo de algunas entidades).

Existe también, un procedimiento para el muestreo y ensayo semicuantitativo y cuantitativo del fitoplancton tóxico; este procedimiento es de ayuda para SANIPES, entidades de apoyo y particulares que realizan el análisis de fitoplancton, mejoren la calidad de sus resultados analíticos de esta manera establecen requisitos generales durante el muestreo y análisis del fitoplancton tóxico, en la estimación de la abundancia relativa, concentración celular y composición taxonómica, incluyendo los pasos previos de conservación y almacenamiento de las muestras. Indica también que se debe utilizar cámaras de sedimentación de 25 mL; así el análisis se realiza en menor tiempo y con un número menor de especies. El tiempo de sedimentación para este volumen es de 12 horas. Se recomienda también el control de la temperatura. Las especies tóxicas deben contarse en toda la base; el conteo en una diagonal o área determinada, se hace siempre y cuando las concentraciones de estas especies sean más abundantes (más de 15 células por campo).

Acerca de las concentraciones de fitoplancton, antes sólo se consideraba el conteo de células (por litro) de la especie objetivo, sin embargo, la premisa de la comunidad científica considera que el número de células no es indicadora del grado de toxicidad, ya que por ejemplo una especie de *Pseudonitzschia* con tan sólo 300 cél.L⁻¹ podría contener suficiente ácido domoico como para causar sintomatología en el consumidor final (Poot, 2006).

Especies tóxicas a considerar en los análisis de fitoplancton

El procedimiento de SANIPES (2016): “Control Oficial de Zonas y Áreas de Producción Clasificadas de Moluscos Bivalvos” presenta una lista de especies para tomar en cuenta en los análisis de fitoplancton tóxico el cual está abierto a nuevos aportes. La lista la conforman 22 especies de las cuales los dinoflagelados son los más numerosos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de especies de fitoplancton tóxico.

DIATOMEAS
1. <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>
2. <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>
DINOFLAGELADOS
3. <i>Alexandrium minutum</i>
4. <i>Alexandrium monilatum</i>
5. <i>Alexandrium ostenfeldii</i>
6. <i>Alexandrium peruvianum</i>
7. <i>Azadinium spinosum</i>
8. <i>Cochlodinium polykrikoides</i>
9. <i>Dinophysis acuminata</i>
10. <i>Dinophysis caudata</i>
11. <i>Dinophysis rotundata</i>
12. <i>Dinophysis tripos</i>
13. <i>Gonyaulax spinifera</i>
14. <i>Gymnodinium sp. = G. impudicum</i>
15. <i>Karenia sp.</i>
16. <i>Karlodinium cf. veneficum</i>
17. <i>Lingulodinium polyedrum</i>
18. <i>Prorocentrum lima</i>
19. <i>Prorocentrum minimum</i>
20. <i>Protoceratium reticulatum</i>
21. <i>Protoperdinium crassipes</i>
FITOFLAGELADOS
22. <i>Heterosigma akashiwo</i>

Fuente: Procedimiento: Control Oficial de Zonas y Áreas de Producción Clasificadas de Moluscos Bivalvos (P02-SDSA-SANIPES, 2016).

Legislación vigente en la detección y cuantificación de las biotoxinas en moluscos

En la actualidad, las regulaciones emitidas por la Unión Europea y por el Interstate Shellfish Sanitation Conference (ISSC), son las de mayor importancia y seguimiento por el resto de países que desean exportar productos hacia zonas reguladas por dichas legislaciones. En base a estas recomendaciones el Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo establecen normas específicas sobre los métodos de detección (Regulation (EC) 2074/2005) y los límites permisibles (Regulation (EC) 853/2004) de biotoxinas marinas lipofílicas, toxinas PSP y ASP en productos alimentarios procedentes de la pesca.

Se publicó una nueva norma (Regulation (EC) 15/2011) que modificó la norma específica sobre métodos de detección y límites permisibles de biotoxinas marinas (Reglamento (UE) N°786/2013). Los métodos de detección propuestos por el Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo son métodos validados. Los niveles establecidos se basan en la concentración máxima de biotoxinas admitida en tejido, ya sea en entera como en cualquiera de las partes por separado.

En la actualidad en el Procedimiento de SANIPES, 2017 “Ejecución del Programa de Control de Moluscos Bivalvos” se establecen las especificaciones sanitarias para la detección de biotoxinas en moluscos bivalvos y los límites máximos permisibles de cada tipo de biotoxina marina que podrían estar presentes en las especies de moluscos bivalvos en sus diferentes variedades; y desde el 2009 en la bahía de Samanco se procede con el cumplimiento de este programa (Cuadro 2).

Métodos de detección y cuantificación de biotoxinas en moluscos

a) Métodos biológicos reconocidos para la detección de toxinas lipofílicas

La técnica de detección de biotoxinas en moluscos de origen marino se ha realizado mediante métodos de bioensayo utilizando ratones para evaluar la toxicidad de una muestra. Al ser estos métodos en proceso de eliminación o reducción por motivos éticos, son los que han demostrado ofrecer un mayor nivel de protección del consumidor.

- Para la detección del OA, DTXs, PTXs, y YTXs, se puede utilizar un único ensayo en ratones a partir de una extracción con acetona que puede complementarse con partición líquido-líquido con acetato de etilo y agua o diclorometano y agua para eliminar posibles interferencias. En cada ensayo debe utilizarse tres ratones. La muerte de dos de los tres ratones en un periodo de 24 horas tras la inoculación, en cada uno de ellos, de un extracto

equivalente a 5 g de hepatopáncreas o 25 g de vianda entera. Se considera un resultado positivo con respecto a la presencia de una o más de las toxinas contempladas a niveles superiores a los establecidos.

- Para la detección de OA, DTXs, PTXs y AZAs, puede emplearse un bioensayo en ratones con extracción acetónica seguido de separación líquido-líquido con éter dietílico. En cada ensayo debe utilizarse tres ratones. La muerte de dos de los ratones en un periodo de 24 horas tras la inoculación de 5 g de hepatopáncreas o 25 g de vianda entera, se considerará un resultado positivo con respecto a la presencia de una o más de las toxinas contempladas a niveles superiores a los establecidos.
- Para la detección del OA, DTXs y AZAs puede utilizarse el bioensayo en ratas. En cada ensayo debe utilizarse tres ratas. Una reacción diarreica en cualquiera de las tres ratas se considerará un resultado positivo según los niveles establecidos para estas toxinas.

b) Métodos alternativos al bioensayo de ratón para la detección de biotoxinas marinas

Como métodos de detección alternativos al bioensayo de ratón tenemos la utilización de métodos como la cromatografía líquida (LC), la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con detección fluorimétrica o la espectrometría de masa (MS), son métodos que permiten dar datos analíticos muy fiables sobre la cuantificación de biotoxinas concretas en matrices complejas, basándose en sus propiedades físicoquímicas.

Es así que la autoridad competente (SANIPES) a partir del 2015 ha exigido que los análisis de biotoxinas en moluscos se deban realizar a través de la técnica del HPLC. Debido a razones éticas, prácticas y legales, es necesario reemplazar el uso de animales de experimentación en la detección de biotoxinas marinas. Sin embargo debido a la falta de equipos en la región o a la escasez de estándares y material de referencia para cada una de las biotoxinas conocidas; además del continuo descubrimiento de nuevas moléculas, no se ha venido realizando la detección de biotoxinas a través de estos métodos.

El análisis a través HPLC (cromatografía líquida), es la técnica más utilizada; separa los componentes de una mezcla. Consiste en una fase estacionaria no polar (columna) y una fase móvil. La fase estacionaria es sílica que se ha tratado con $\text{RM}_{e2} \text{SiCl}$. La fase móvil actúa de portador de la muestra, la muestra en solución es inyectada en la fase móvil. Los componentes de la solución emigran de acuerdo a las interacciones no-covalentes de los compuestos de la columna. Estas interacciones químicas determinan la separación de los contenidos de la muestra. La utilización de los diferentes detectores dependerá de la naturaleza de los compuestos a determinar.

Límites permisibles de biotoxinas en moluscos

Los límites permisibles demuestran ofrecer un mayor nivel de protección al consumidor.

- a) En el caso de las toxinas paralizantes, el contenido de las partes comestibles de moluscos, deberá ser detectado por el método de análisis biológico o cualquier otro método reconocido internacionalmente, como el método de HPLC. El nivel establecido para las toxinas PSP es de 800 ug de equivalentes de STX/kg.
- b) En el caso de las toxinas amnésicas, la detección de DA en moluscos, deberá realizarse mediante el método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) o cualquier otro método reconocido. El nivel establecido para las toxinas ASP es de 20 mg de DA/kg.
- c) En el caso de las toxinas lipofílicas, se contempla la necesidad de detectar la presencia de OA, DTX-1, DTX-2 y DTX-3, PTX-1 y PTX-2; YTX, 45 OH YTX, homo YTX Y 45 HO homo YTX; AZA-1, AZA-2 y AZA-3; para ello deberá utilizarse, cromatografía líquida y espectrometría de masas (EU-RL LC-MS/MS) como método de referencia.

Cuadro 2. Límites máximos permisibles de biotoxinas de fitoplancton marino en carne del molusco.

TOXINA EN PRODUCTO	NIVEL MÁXIMO / Kg en la carne del molusco
Ácido Okadaico (OA)	≤ 160 ug OA eq.
Pectenotoxinas (PTX)	≤ 160 ug PTX eq.
Dinofisistoxinas (DTX)	≤ 160 ug DTX eq
Yesotoxinas (YTX)	≤ 3.75 mg YTX eq.
Azaspirácidos (AZA)	≤ 160 ug AZA eq.
Saxitoxina (STX)	≤ 800 ug PSP
Ácido Domoico (DA)	≤ 20 mg DA
Brevetoxinas (BTX)	≤ 20 UR 100 g ⁻¹ eq.
Ciguatoxina	2.5 UR 100 g ⁻¹

Microgramos (ug), Miligramos (mg), Unidades de ratón (UR).

Fuente: Procedimiento: Control oficial de zonas y áreas de producción clasificadas de moluscos bivalvos (P02-SDSA-SANIPES, 2016).

2.2 Marco conceptual

Bahía de Samanco: Es un ecosistema que presenta una alta biodiversidad, constituye un área de producción, crecimiento y refugio de especies propias y ocasionales. Además en la bahía de Samanco se realiza el cultivo de *Argopecten purpuratus* a gran escala (IMARPE, 2009).

Fitoplancton: Comunidad de microorganismos de vida libre, en suspensión, principalmente fotosintéticos de los ecosistemas acuáticos (AENOR, 2007; IMARPE, 2010).

Fitoplancton tóxico: Microorganismos planctónicos que producen toxinas, y su consumo conlleva a un efecto tóxico no necesariamente cuando sus concentraciones celulares son elevadas (Sar *et al.*, 2002; Vicente *et al.*, 2005; AENOR, 2007; IMARPE, 2010).

Biotoxinas marinas: Sustancias tóxicas acumuladas en los moluscos bivalvos por ingestión de fitoplancton que contenga dichas toxinas y que produce alteraciones orgánicas en los organismos que lo consumen (Sar *et al.*, 2002; Sánchez L. *et al.*, 2013).

Variación espacio temporal: Es el resultado de las diversas densidades que se han obtenido del según las dos estaciones y según los años 2011 y 2012.

Factores físicoquímicos: Son los parámetros oceanográficos que presentan el medio acuático, como la temperatura, salinidad, oxígeno y pH y transparencia del agua de la bahía de Samanco.

Relación entre factores físicoquímicos: Es el resultado de una técnica estadística que nos indican si dos variables están relacionadas o no y se utiliza para entender si la relación es positiva o negativa y también la fuerza de la relación (<https://www.explorable.com-la-correlacion>).

Relación directa: cuando dos variables están relacionadas positivamente ambas aumentan en relación a la otra variable (<https://www.explorable.com-la-correlacion>).

Relación inversa: cuando dos variables están relacionadas negativamente una de las variables aumenta en relación a la otra que disminuye (<https://www.explorable.com-la-correlacion>).

Estación de muestreo: localización geográfica, en donde se realiza el monitoreo continuo de las condiciones sanitarias del área de producción, para determinar su comportamiento en el tiempo. También son consideradas como puntos de control.

Temperatura: Es la medida de la energía cinética molecular media que tienen las moléculas de agua. La temperatura es un factor físico de gran importancia que ejerce una acción muy diversa sobre los organismos. Los organismos se establecen en zonas de temperatura apropiada a su desarrollo, aparte de la supervivencia, deberá ser posible: la reproducción, un fácil desarrollo y crecimiento, y en encontrar alimento suficiente; en todos los casos existe

una temperatura óptima para cada función por debajo o por encima de la cual se produce retardos o aceleraciones que pueden ser causa de anomalías de diverso orden (AENOR, 2007; APHA, 2012).

Salinidad: Es el contenido de sales minerales disueltas en un cuerpo de agua. El sabor salado del agua se debe a que contiene cloruro de sodio (NaCl). El porcentaje medio que existe en los océanos es de 3,5% (35 gramos por litro) (AENOR, 2007; APHA, 2012).

Oxígeno: Es el índice fundamental para la caracterización y control de las aguas naturales. El oxígeno está en relación inversa con la salinidad y la temperatura. La cantidad de oxígeno disuelto varía en dos casos principales: cuando hay polución de las aguas en una bahía cerrada, o cuando hay gran abundancia de algas (AENOR, 2007; APHA, 2012).

La cantidad de oxígeno puede disminuir por la reacción metabólica de los microorganismos regidos por la acción enzimático y elevación de la temperatura etc. (Wetzel, 1981).

pH: El pH de un cuerpo de agua es un parámetro a considerar cuando se requiere determinar la especiación química y solubilidad de sustancias orgánicas e inorgánicas en agua. Es un factor abiótico que, regula procesos biológicos mediados por enzimas (ejemplo fotosíntesis, respiración); la disponibilidad de nutrientes esenciales que limitan el crecimiento microbiano en muchos ecosistemas; la movilidad de metales pesados tales como cobre que es tóxico para muchos microorganismos; así como también afecta o regula la estructura y función de macromoléculas y organelos tales como ácidos nucleicos, proteínas estructurales y sistemas de pared celular y membranas; el pH del agua del mar normal es de 8,1 a 8,3, también se han encontrado variaciones que descienden de 7,5 o suben más allá de 9,0 (AENOR, 2007; Pérez, 2000; APHA, 2012). Es uno de los principales parámetros operativos de la calidad del agua, la mayor parte las formas de vida ecológicas son sensibles a los cambios el pH, niveles extremos pueden causar perturbaciones celulares y eventual destrucción de la biomasa marina.

Transparencia: es la cantidad de luz que se transmite en el agua de mar, la absorción, o sea el grado de radiación retenida, y la turbidez, que consiste en la reducción de la claridad del agua por la presencia de materia suspendida (www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Hipótesis central de la investigación

La variación de la densidad del fitoplancton tóxico está relacionada con la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.

3.2. Variables e indicadores de la investigación

3.2.1 Variables

Fitoplancton tóxico: Microorganismos planctónicos que producen toxinas, y su aparición conlleva a un efecto tóxico no necesariamente cuando sus concentraciones celulares son elevadas registrados en los años 2011 y 2012.

Factores físicoquímicos: Los factores fisicoquímicos como la temperatura del mar, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia. Estos factores están relacionados con el fitoplancton tóxico de acuerdo a las estaciones ambientales que ocurren en la bahía de Samanco.

3.2.2 Indicadores

Variable	Indicador	Valor Final	Tipo de variable
Fitoplancton tóxico	Especie	Riqueza de especies	Dicotómica
	Densidad	cél.L ⁻¹	Numérica
Factores físicoquímicos	Temperatura	°C	Numérica
	Salinidad	ups	Numérica
	Oxígeno	mg.L ⁻¹	Numérica
	pH	unds.pH	Numérica
	Transparencia	metros	Numérica

3.3 Métodos de la investigación

Se utilizó el método de investigación de la observación y se describió al fitoplancton tóxico y a los factores físicoquímicos (temperatura del mar, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia) de la bahía de Samanco tal y conforme se presenta en la naturaleza (Tresierra, 2013).

3.4 Diseño o esquema de la investigación

Este trabajo de investigación se ajusta al diseño Ex_postfacto retrospectivo, relacional (Tresierra, 2013), el cual permite conocer en base al análisis de la base de datos, si existe

relación entre la densidad del fitoplancton tóxico con los factores físicoquímicos (temperatura del mar, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia).

3.5 Población y muestra

La población estuvo constituida, por toda la base de datos que existe en Laboratorio de Cerper S.A., y la muestra corresponde a los años 2011 y 2012 sobre las dos estaciones de muestreo de la bahía de Samanco, referente al fitoplancton tóxico y temperatura del mar, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia, que corresponde a 438 muestras. Los muestreos de esta base de datos son semanales y en cada fecha, se tomaron 3 muestras que corresponden a cada estrato de profundidad (0-5, 5-10, 10-15 m).

Las estaciones son fijas y establecidas por la autoridad competente y están ubicadas en las siguientes coordenadas (Gráfico 1):

E1: Estación 1 (09° 12' 25,2; 78° 31' 20,5), profundidad: 18 metros

E2: Estación 2 (09° 12' 04,4; 78° 33' 01,4), profundidad: 17 metros

3.6 Actividades del proceso investigativo

Este trabajo de investigación tuvo una duración de doce meses. En el primer mes se hizo las gestiones con el Laboratorio de Cerper para obtener la base de datos de fitoplancton tóxico y parámetros físicoquímicos de la bahía de Samanco. Luego se elaboró el proyecto. Los seis meses siguientes se procedió a la ejecución del proyecto que consistió en la sistematización de la base de datos de la bahía de Samanco recolección, procesamiento y análisis e interpretación de los resultados. Posteriormente, los cinco meses siguientes, se realizó la evaluación, redacción y corrección del informe para su presentación.

3.7 Técnicas e instrumentos de la investigación

No se utilizó ninguna técnica o instrumento para la investigación, porque los datos fueron obtenidos de la base de datos de los análisis de fitoplancton tóxico y de parámetros físicoquímicos de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia del Laboratorio Cerper S.A. Se procesó la base de datos para obtener resultados. Los resultados de fitoplancton tóxico fueron extraídos y anotados en un cuadro según estaciones y según los tres estratos de profundidad de cada estación. Además, los parámetros físicoquímicos también fueron extraídos y anotados en un cuadro según estaciones y según los tres estratos profundidad, correspondiente a las tomas de muestras.

3.8 Procesamiento de la recolección de datos

Para procesar la base de datos, en primer lugar se organizó la base de datos de los análisis de fitoplancton tóxico y de parámetros físicoquímicos de temperatura, salinidad, oxígeno

disuelto y pH de las dos estaciones de la bahía de Samanco. Luego se elaboró un cuadro de los resultados de fitoplancton para cada estación de todas las fechas de muestreo de los años 2011 y 2012 y según los tres estratos de profundidad. Lo mismo se hizo con los parámetros físicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH); para luego elaborar los gráficos de abundancia y curvas de la variación del fitoplancton tóxico y de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia; también se realizó los análisis estadísticos correspondientes y posteriormente se evaluó la relación entre las variables, y la interpretación.

3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.

Para procesar estadísticamente los datos, se utilizó el software SPSS versión 17.0, Microsoft Windows XP y Excel, a través del cual se obtuvo gráficos y cuadros para expresar los resultados, con su respectiva interpretación. Se hizo el análisis estadístico de correlación utilizando el número (densidad) de fitoplancton (variable dependiente) y la temperatura, salinidad, oxígeno y pH (variables independientes). Los resultados de las variables fueron considerados en un índice que mide el grado de covariación y las desviaciones típicas de las dos variables. El análisis de comparación de medias (Anova de un factor) entre estaciones y profundidades (espacial) y entre fechas de monitoreo (temporal), fue al 95% de confianza.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

COMPOSICIÓN DE FITOPLANCTON TÓXICO EN LAS ESTACIONES E1 Y E2

En la bahía de Samanco se registraron en total 11 especies de fitoplancton tóxico presentes en las estaciones E1 y E2 en los años 2011 y 2012, de las cuales 2 son diatomeas, 8 dinoflagelados y 1 fitoflagelado (Cuadro 3) (Gráfico 2).

Cuadro 3. Especies de fitoplancton tóxico de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

DIATOMEAS
1. <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>
2. <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>
DINOFLAGELADOS
3. <i>Alexandrium peruvianum</i>
4. <i>Dinophysis acuminata</i>
5. <i>Dinophysis caudata</i>
6. <i>Dinophysis rotundata</i>
7. <i>Gymnodinium impudicum</i>
8. <i>Prorocentrum minimum</i>
9. <i>Protoceratium reticulatum</i>
10. <i>Protoperdinium crassipes</i>
FITOFLAGELADOS
11. <i>Heterosigma akashiwo</i>

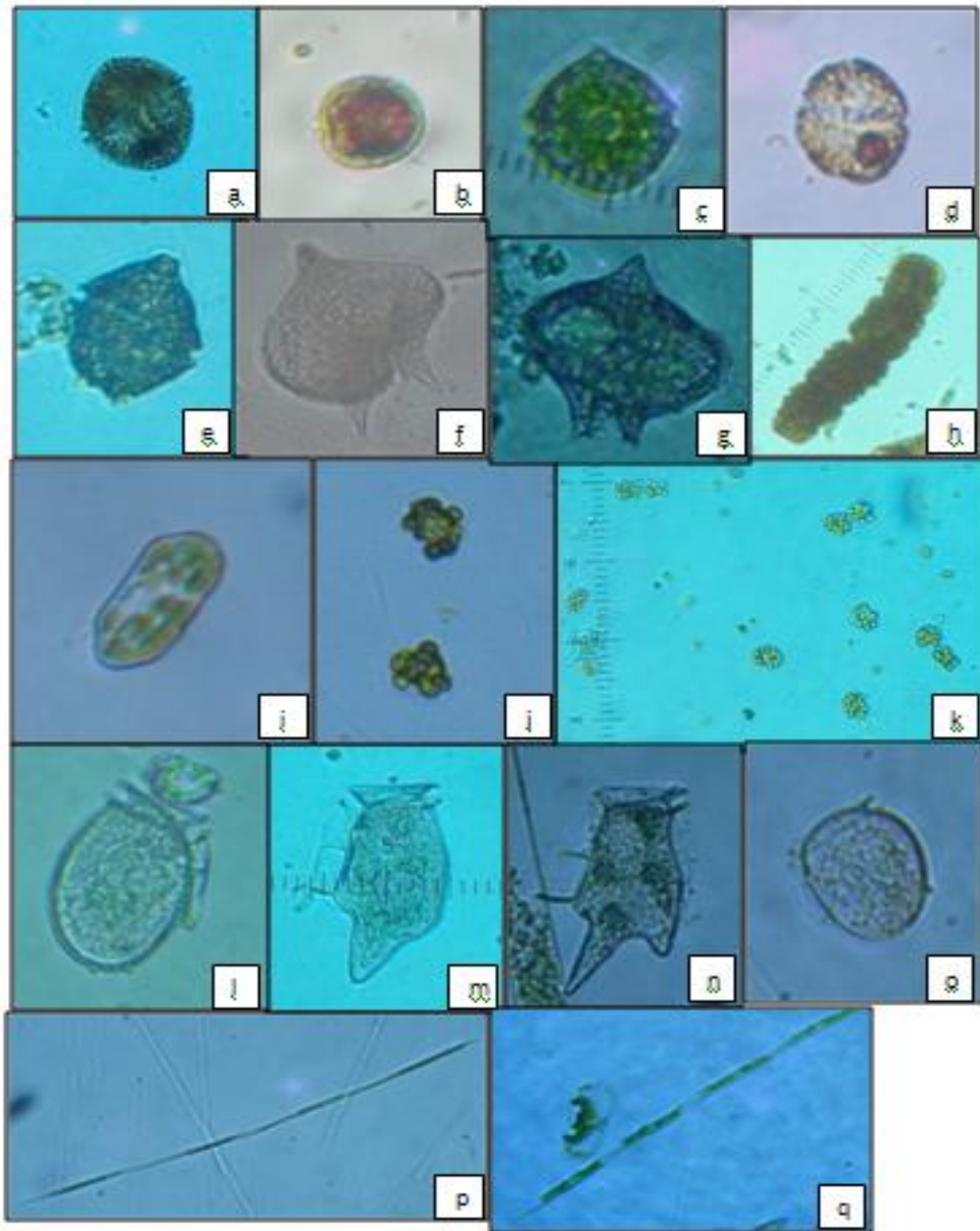


Gráfico 2. Especies tóxicas de la bahía de Samanco. **a.** *Protoceratium reticulatum* **b.** *Prorocentrum minimun* **c.** *Alexandrium peruvianum* **d.** *Gymnodinium* sp. **e.** *Gonyaulax spinifera* **f.** *Protopteridinium depressum* **g.** *Protopteridinium crassipes* **h.** *Gymnodinium impudicum* **i,j,k.** *Heterosigma akashiwo* **i.** sin preservante **j,k.** preservada con lugol **l.** *Dinophysis acuminata* **m.** *Dinophysis caudata* **n.** *Dinophysis tripos* **o.** *Dinophysis rotundata* **p.** *Pseudonitzschia delicatissima* **q.** *Pseudonitzschia pungens*.

Fuente: Fotos tomadas a 20x de aumento.

ABUNDANCIA Y VARIACIÓN TEMPORAL DEL FITOPLANCTON TÓXICO EN LA E1 Y E2

Las densidades celulares fueron abundantes en las dos estaciones durante el tiempo de estudio, con una densidad total de 11 951 592 cél.L⁻¹ en la E1 y de 12 807 100 cél.L⁻¹ en la E2. Y estadísticamente fueron iguales (Anexo 3). Las mayores densidades se han presentado en primavera y verano en ambas estaciones; mientras que en otoño e invierno las densidades fueron menores y en algunos meses las especies estuvieron ausentes (Cuadro 4 y 5). El máximo pico de cada especie de fitoplancton tóxico se encontró distribuido en primavera y verano del año 2012 (Cuadro 4 y 5).

El fitoplancton tóxico de la bahía de Samanco se caracterizó por presentar una fuerte abundancia de las especies *P. delicatissima*, *P. pungens*, *G. impudicum*, *P. mínimum* y *H. akashiwo* (Anexo 10), sobre las demás especies que lo conforman. De las cuales las que presentaron mayor presencia durante el tiempo de estudio fue *P. delicatissima*, *P. pungens*, *D. caudata* y *P. mínimum* (Cuadro 4 y 5).

En el caso de la especie *P. delicatissima*, es una de las especies más abundantes (Anexo 10), se presentó durante todo el tiempo de estudio (Cuadro 4 y 5). En noviembre de 2012 presentó las densidades más altas, llegando a obtener un promedio de 134 725 cél.L⁻¹ en la E1 y 210 278 cél.L⁻¹ en la E2; las abundancias celulares se han encontrado distribuidas en primavera y verano. En mayo de 2011 y 2012, y en setiembre de 2012 se presentó las densidades más bajas (Gráfico 3). El mes de noviembre de 2012 presentó diferencias estadísticas con los otros meses (Anexo 7.1 y 8.1).

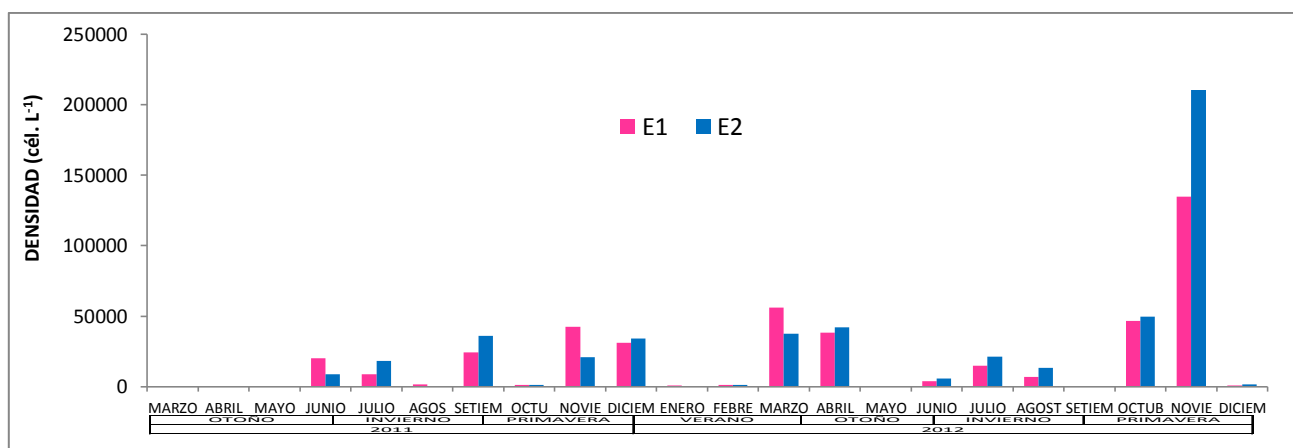


Gráfico 3. Variación temporal de la densidad de *P. delicatissima* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

P. pungens, se ha presentado casi durante todo el tiempo de estudio (Cuadro 4 y 5), excepto en marzo abril y mayo del 2011 en ambas estaciones. En el mes de agosto de 2012 alcanzó su máxima densidad con un promedio de 15 911 cél.L⁻¹ en la E1 y con 15 816 cél.L⁻¹ en la E2, esta densidad se presentó en época de invierno; y su densidad más baja se presentó en setiembre de 2012 (Gráfico 4). Los meses de julio y diciembre de 2011 y agosto de 2012 presentaron diferencias estadísticas con los otros meses (Anexo 7.2 y 8.2).

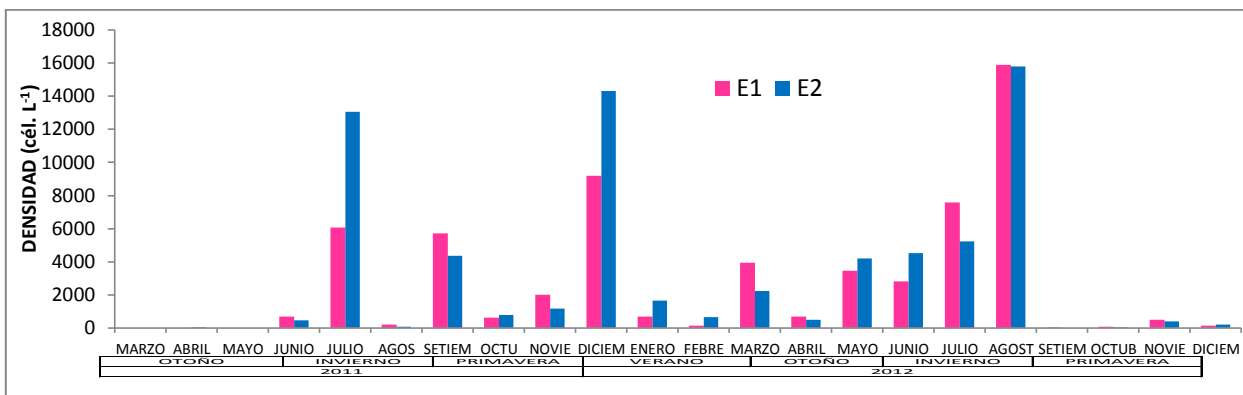


Gráfico 4. Variación temporal de la densidad de *P. seriata* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

A. peruvianum se ha presentado en bajas densidades celulares, y estuvo presente en los meses de mayo y junio del 2011 y 2012, y en febrero y marzo del 2012, en la E1; mientras que en la E2 se presentó en febrero, marzo, junio, julio y agosto del 2012 (Cuadro 4 y 5). En marzo de 2012 registró su mayor densidad con un promedio de 47 cél.L⁻¹ en la E1 y 110 cél.L⁻¹ en la E2, relacionadas con el verano y otoño (Gráfico 5). Los meses de junio del 2011 y marzo de 2012 presentaron diferencias estadísticas con los otros meses (Anexo 7.3 y 8.3).

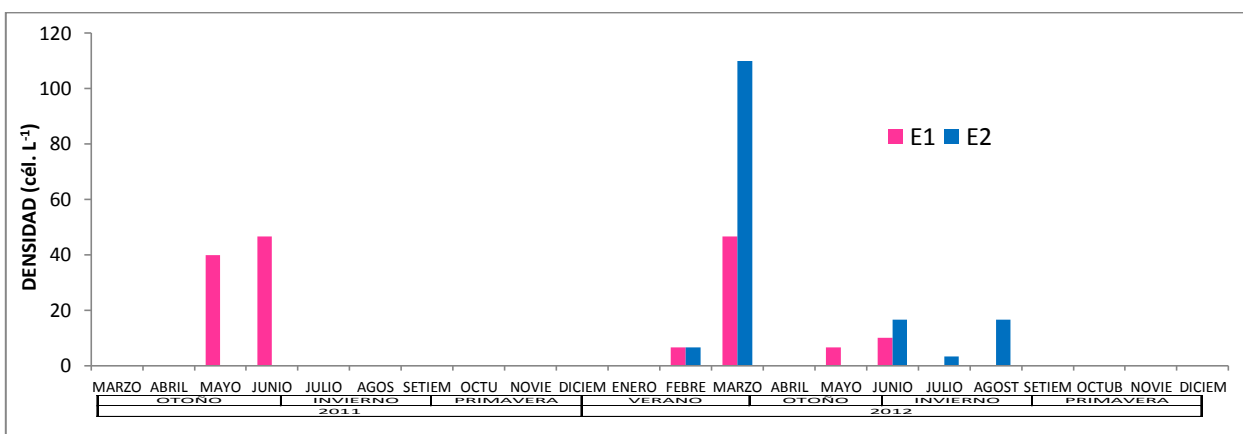


Gráfico 5. Variación temporal de la densidad del *A. peruvianum* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

D. acuminata se ha presentado en bajas densidades celulares; en diciembre de 2011 y en enero de 2012, registró su densidad máxima con un promedio de 1 400 cél.L⁻¹ en la E1 y con 690 cél.L⁻¹ en la E2 (Gráfico 6), sus abundancias están distribuidas en primavera y verano; también estuvo presente en algunos meses de otoño e invierno, para luego ausentarse desde abril a setiembre de 2012 en ambas estaciones (Cuadro 4 y 5). Diciembre de 2011 y enero de 2012 presentaron diferencias estadísticas con los otros meses (Anexo 7.4 y 8.4).

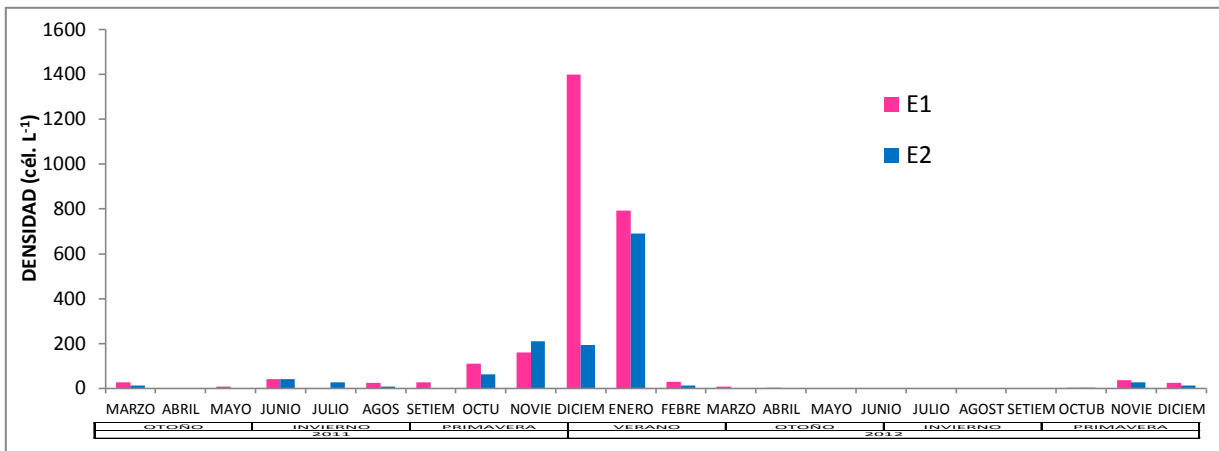


Gráfico 6. Variación temporal de la densidad de *D. acuminata* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

D. caudata fue la que más densidades celulares ha tenido entre las tres especies de *Dinophysis*, se presentó durante casi todo el tiempo de estudio, excepto en julio de 2011 en ambas estaciones (Cuadro 4 y 5). En enero del 2012 manifestó su máxima densidad, con un promedio de 1 623 cél.L⁻¹ en la E1 y 1 887 cél.L⁻¹ en la E2 (Gráfico 7). Sus abundancias estuvieron distribuidas en marzo y abril de 2011, y en enero de 2012, época de verano, y estos meses presentaron diferencias estadísticas con los otros meses (Anexo 7.5 y 8.5).

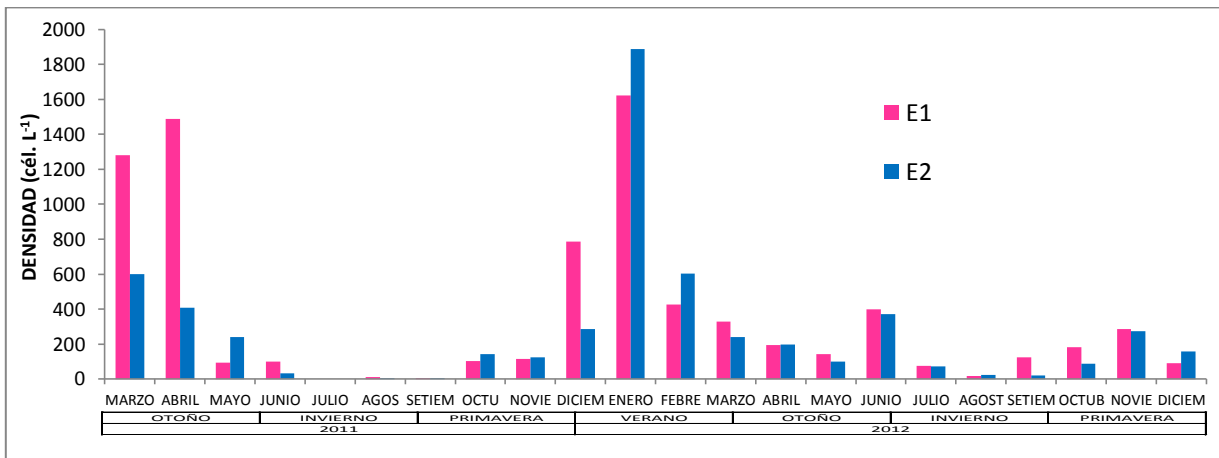


Gráfico 7. Variación temporal de la densidad de *D. caudata* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

D. rotundata se presentó en bajas densidades; en enero del 2012 obtuvo su máxima densidad con un promedio de 120 cél.L⁻¹ en la E1, y de 107 cél.L⁻¹ en la E2. Estas abundancias se relacionaron con la época de verano (Gráfico 8). Estuvo ausente en julio y setiembre del 2011, desde mayo a setiembre, y de noviembre a diciembre del 2012 en la E1; mientras que en la E2 se ausentó desde junio a setiembre del 2011, desde mayo a octubre y en diciembre del 2012 (Cuadro 4 y 5). Los meses que presentaron diferencias estadísticas fueron marzo, abril, mayo y diciembre del 2011, y enero a febrero del 2012 (Anexo 7.6 y 8.6).

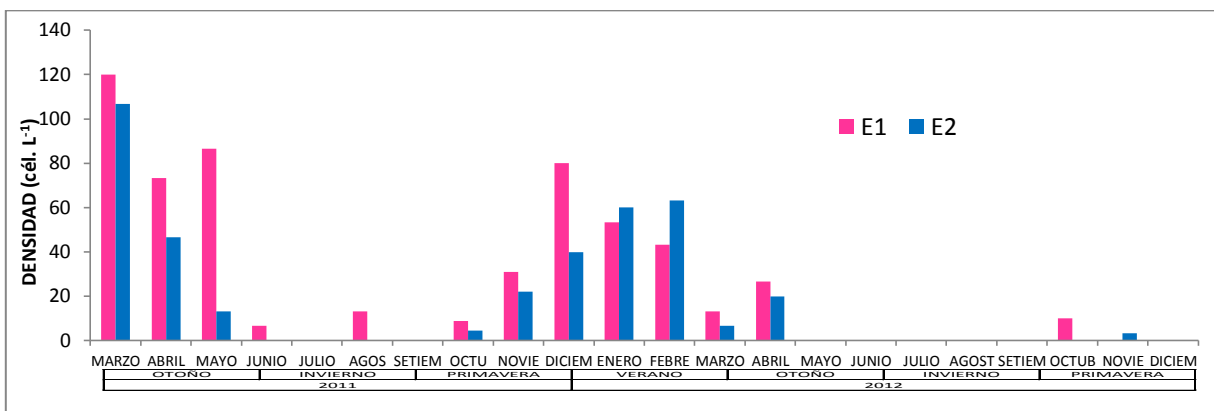


Gráfico 8. Variación temporal de la densidad de *D. rotundata* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

G. impudicum, una de las especies más abundantes (Anexo 10), se ha presentado desde junio de 2011 a febrero de 2012, con altas densidades en 2011. En noviembre de 2011 obtuvo la máxima densidad con una densidad promedio de 111 967 cél.L⁻¹ en la E1 y 98 545 cél.L⁻¹ en la E2 (Gráfico 9). Los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2011 y enero del 2012, presentaron diferencias estadísticas con los otros meses (Anexo 7.8 y 8.8).

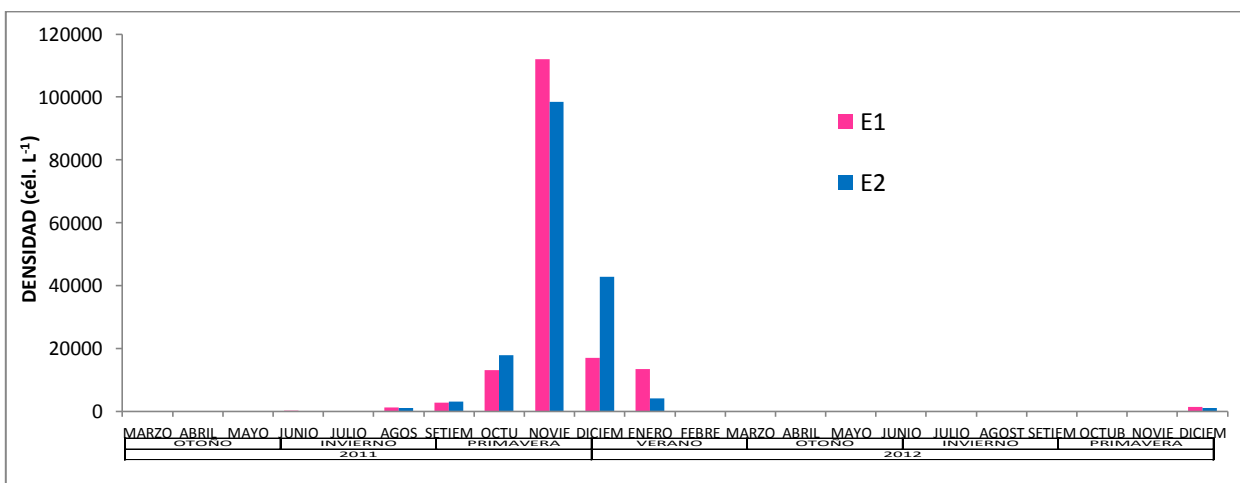


Gráfico 9. Variación temporal de la densidad de *G. impudicum* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

P. minimum registró altas densidades (Anexo 10), casi durante todo el tiempo de estudio, excepto en mayo de 2011 en ambas estaciones (Cuadro 4 y 5). En febrero del 2012 alcanzó su mayor pico con un promedio de 51 550 cél. L⁻¹ en la E1 y un pico de 62 072 cél.L⁻¹, en la E2 (Gráfico 10). Sus mayores abundancias están distribuidas en la época de primavera y verano. Los meses de noviembre del 2011 y febrero, agosto y diciembre del 2012 presentaron diferencias estadísticas con los otros meses (Anexo 7.8 y 8.8).

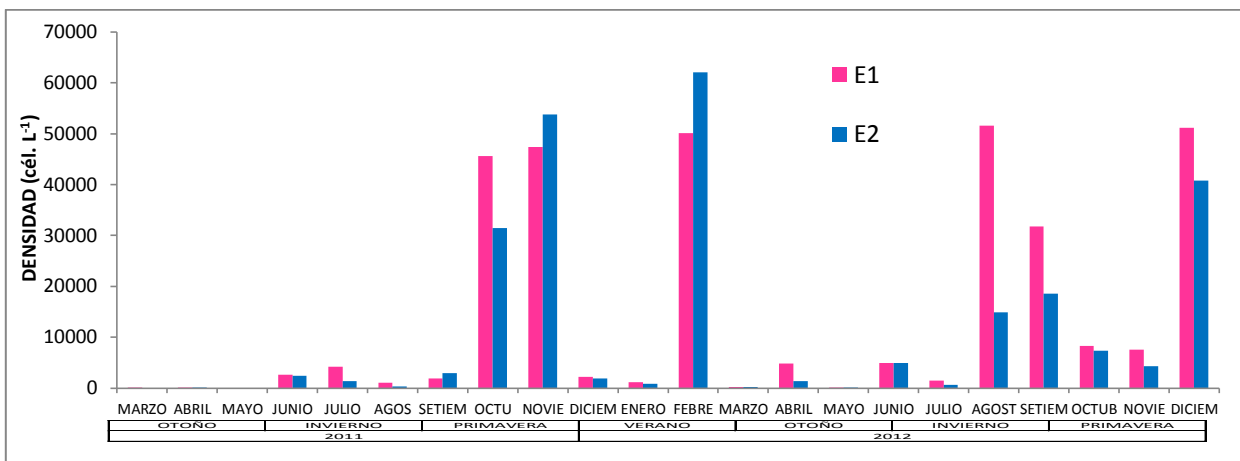


Gráfico 10. Variación temporal de la densidad de *P. minimum* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

P. reticulatum sus densidades fueron bajas; esta especie se registra a partir de marzo del 2012; aún así estuvo ausente desde marzo a setiembre del 2012 en ambas estaciones (Cuadro 4 y 5). En noviembre de 2012 obtuvo su máxima densidad con un promedio de 123 cél.L⁻¹ en la E1 y 57 cél.L⁻¹ en la E2 (Gráfico 11). Los meses de noviembre y diciembre del 2012 presentaron diferencias estadísticas con los otros meses (Anexo 7.9 y 8.9).

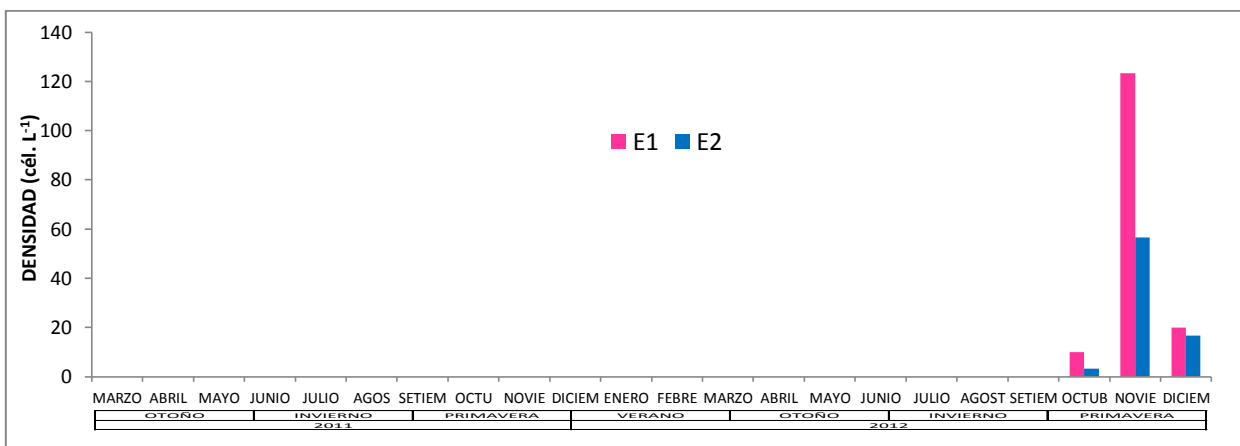


Gráfico 11. Variación temporal de la densidad de *P. reticulatum* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

P. crassipes se presentó desde octubre de 2011 hasta diciembre de 2012 (Cuadro 4 y 5), en bajas densidades. En noviembre de 2012 registró valores altos, alcanzando densidades promedio de 963 cél.L⁻¹ en la E1 y 667 cél.L⁻¹ en la E2 (Gráfico 12). Esta especie se ha presentado en la época de primavera y verano. Los meses de febrero, setiembre, octubre noviembre y diciembre de 2012 presentaron diferencias estadísticas con los otros meses (Anexo 7.10 y 8.10).

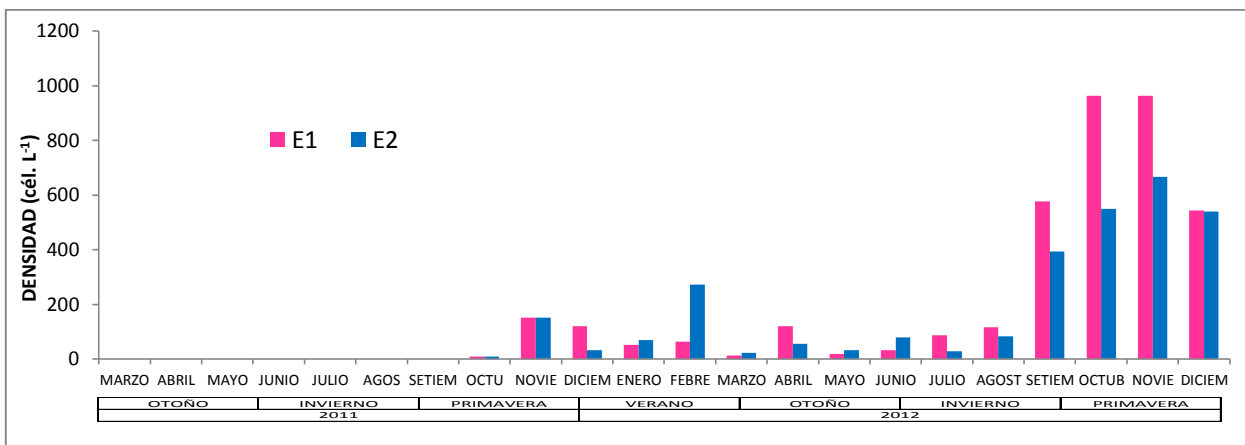


Gráfico 12. Variación temporal de la densidad de *P. crassipes* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

H. akashiwo, se presentó en dos fechas de muestreo en abril de 2011 y en diciembre de 2012 en ambas estaciones (Cuadro 4 y 5), con una proliferación muy alta en relación con las demás especies de fitoplancton tóxico, alcanzando densidades máximas en diciembre de 2012 con un promedio de 136 090 cél.L⁻¹ en la E1 y 194 779 cél.L⁻¹ en la E2 (Gráfico 13). Los meses de abril del 2011 y diciembre del 2012, presentaron diferencias estadísticas con los otros meses (Anexo 7.11 y 8.11).

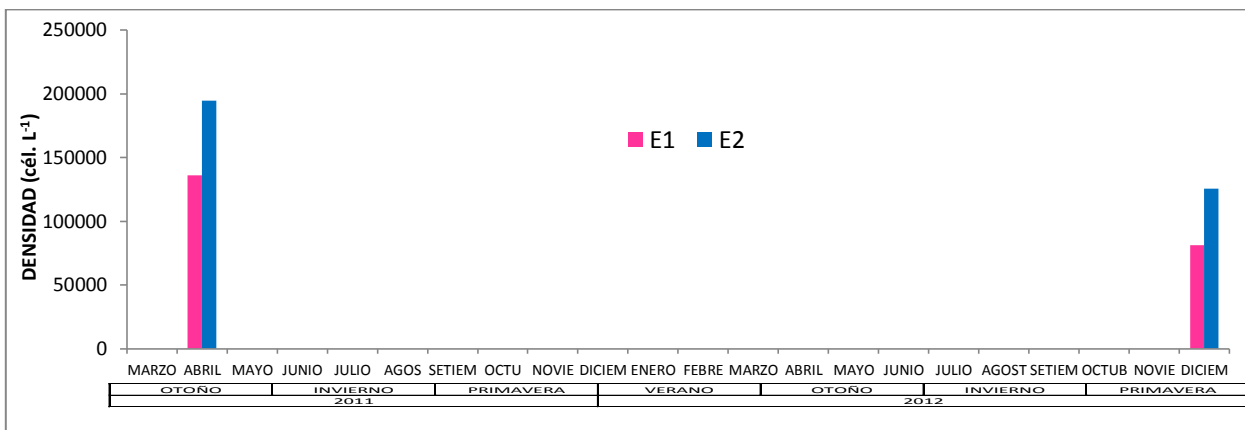


Gráfico 13. Variación temporal de la densidad de *H. akashiwo* en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

Cuadro 4. Presencia, ausencia y máxima densidad de fitoplancton tóxico, según las épocas del año, en la E1 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.

ESPECIES	OTOÑO				INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO			INVIERNO			PRIMAVERA		
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUB	NOVIEN	DICIEM	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUB	NOVIEN	DICIEM
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Alexandrium peruvianum</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis acuminata</i>	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Dinophysis caudata</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis rotundata</i>	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Gymnodinium impudicum</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Prorocentrum minimum</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Protoceratium reticulatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperdinium crassipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Heterosigma akashiwo</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Presencia de fitoplancton tóxico: 1

Ausencia de fitoplancton tóxico: 0

Máxima densidad: 1

Cuadro 5. Presencia, ausencia y máxima densidad de fitoplancton tóxico, según las épocas del año, en la E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.

ESPECIES	OTOÑO				INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO			INVIERNO			PRIMAVERA		
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUB	NOVIEN	DICIEM	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUB	NOVIEN	DICIEM
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>Alexandrium peruvianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
<i>Dinophysis acuminata</i>	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Dinophysis caudata</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis rotundata</i>	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Gymnodinium impudicum</i>	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Protoceratium reticulatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Protoperdinium crassipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Heterosigma akashiwo</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Presencia de fitoplancton tóxico: 1

Ausencia de fitoplancton tóxico: 0

Máxima densidad: 1

VARIACIÓN TEMPORAL DEL FITOPLANCTON TÓXICO, SEGÚN LOS TRES ESTRATOS DE PROFUNDIDAD EN LA E1 Y E2

Cada especie de fitoplancton en la columna de agua presenta una distribución vertical desendente; es decir, las mayores densidades en cada una de las especies de fitoplancton tóxico se distribuyeron desde el estrato de (0-5) m al estrato de (10-15) m (Gráficos 14-35). Demostrando que hay diferencias estadísticamente significativas en los tres estratos (Anexo 4); pero algunas especies se han distribuido casi equitativamente en los tres estratos de profundidad, no existiendo diferencias estadísticas significativas (Anexo 5).

La especie *P. delicatissima*, se encontró distribuida en los tres estratos y en densidades semejantes en el estrato de (0-5) m y en el estrato de (5-10) m. Se puede apreciar sobre todo en noviembre de 2012 donde presentó altas concentraciones celulares (Gráficos 14 y 25). Demostrando que los tres estratos no presentaron diferencias estadísticas entre ellos, en ambas estaciones (Anexos 5.1 y 6.1).

P. pungens, es una especie que se encontró distribuida en los tres estratos, con idénticas densidades el estrato de (5-10) m y el estrato de (10-15) m, manteniendo el estrato de (0-5) m las mayores densidades. Se puede apreciar en junio y agosto del 2012 donde obtuvo sus máximas densidades (Gráficos 15 y 26). Sin embargo los tres estratos no presentaron diferencias estadísticas, en ambas estaciones (Anexo 5.2 y 6.2).

A. peruvianum tubo bajas concentraciones celulares. Según su distribución vertical, presentó la mayor densidad en el estrato (0-5) m se puede apreciar en marzo del 2012 donde obtuvo su máxima densidad (Gráficos 16 y 27). El estrato de (0-5) m presentó diferencias estadísticas con el estrato de (10-15) m, en ambas estaciones (Anexo 5.3 y 6.3).

D. acuminata en su distribución vertical presentó la mayor densidad celular en el estrato de (0-5) m, se puede apreciar en enero de 2012 donde obtuvo su máxima densidad (Gráficos 17 y 28). Sin embargo, no presentó diferencias estadísticas los tres estratos en ambas estaciones (Anexo 5.4 y 6.4).

D. caudata, su distribución vertical se presentó en forma desendente la mayor densidad está en el estrato de (0-5) m, a excepción de una fecha el mes de enero, donde la densidad del estrato de (5-10) m llegó a incrementarse (Gráficos 18 y 29). Es así que esta especie

presentó diferencias estadísticas entre el estrato de (0-5) m y el estrato de (10-15) m en ambas estaciones (Anexo 5.5 y 6.5).

D. rotundata, mantuvo bajas concentraciones celulares en el estrato de (0-5) m. Estuvo distribuida en los tres estratos, sobre todo en el estrato de (5-10) m y el estrato de (10-15) m, donde se encontró las mayores densidades (Gráficos 19 y 30). No presentó diferencias estadísticas los tres estratos en ambas estaciones (Anexo 5.6 y 6.6).

G. impudicum, tuvo una distribución vertical descendente bien marcada, las mayores densidades estuvieron en el estrato de (0-5) m, se observó su pico máximo en noviembre de 2011 (Gráficos 20 y 31). El estrato de (0-5) m presentó diferencias estadísticas con el estrato de (10-15) m, en ambas estaciones (Anexo 5.7 y 6.7).

P. mínimum, tuvo una distribución vertical descendente bien marcada entre los tres estratos de profundidad, las mayores densidades estuvieron en el estrato de (0-5) m, así lo demuestran sus picos más altos registrados en octubre y noviembre de 2011, y en febrero, agosto y setiembre de 2012 (Gráficos 21 y 32). Existen diferencias estadísticas entre los tres estratos de ambas estaciones (Anexo 5.8 y 6.8).

P. reticulatum, tuvo una distribución vertical descendente, la mayor densidad se encontró en el estrato de (0-5) m, sus concentraciones celulares se puede observar sólo de octubre a diciembre de 2012 (Gráficos 22 y 33). Sin embargo estadísticamente no presentó diferencias significativas los tres estratos en ambas estaciones (Anexo 5.9 y 6.9).

P. crassipes, presentó una distribución donde las mayores densidades se encontró en el estrato de (5-10) m, así lo demuestran sus picos más altos registrados en noviembre de 2012 (Gráficos 23 y 34). Sin embargo no presentó diferencias estadísticas los estratos de ambas estaciones (Anexo 5.10 y 6.10).

H. akashiwo, también, se distribuye verticalmente, en el estrato de (0-5) m está la mayor densidad, así lo demuestran sus dos únicos picos más altos registrados en abril de 2011 y diciembre de 2012 (Gráficos 24 y 35). Sin embargo, no presentaron diferencias estadísticas los estratos de ambas estaciones (Anexo 5.11 y 6.11).

FACTORES FÍSICOQUÍMICOS EN LAS ESTACIONES E1 Y E2

En el cuadro 6, se presentan valores máximos, mínimos, promedio y desviación estándar de temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia, según estrato de profundidad de las estaciones E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

1. Temperatura:

La temperatura promedio, durante la época de otoño, en el estrato de (0-5) m fue de 21,8 °C, en el estrato de (5-10) m fue de 19,4 °C y en el estrato de (10-15) m fue de 18,3 °C. En invierno en el estrato de (0-5) m fue de 19,6 °C, en el estrato de (5-10) m fue de 18,8 °C y en el estrato de (10-15) m fue de 18 °C. En primavera, en el estrato de (0-5) m fue de 19,9 °C, en el estrato de (5-10) m fue de 18,3 °C y en el estrato de (10-15) m fue de 16,8 °C. En verano, en el estrato de (0-5) m fue de 22 °C, en el estrato de (5-10) m fue de 18 °C y en el estrato de (10-15) m fue de 16,6 °C. Registrándose en ambas estaciones el valor mayor en verano (febrero del 2012), mientras que el valor mínimo se registró en invierno (setiembre de 2011) (Cuadro 6).

2. Salinidad:

La salinidad promedio, durante la época de otoño e invierno, en los tres estratos fluctuó de 34.6 a 34.7 ups, mientras que en primavera y verano en los tres estratos fluctuó de 34,4 a 34.5 ups y en verano en los tres estratos fluctuó 34.5 a 34.7 ups. Registrándose en ambas estaciones el valor mayor en otoño e invierno (agosto de 2011), mientras que el valor mínimo primavera (en octubre de 2011) (Cuadro 6).

3. Oxígeno disuelto:

El oxígeno promedio, durante la época de otoño, en el estrato de (0-5) m fue de 6.92 mg.L⁻¹, en el estrato de (5-10) m fue de 4.31 mg.L⁻¹ y en el estrato de (10-15) m fue de 1.78 mg.L⁻¹. En invierno en el estrato de (0-5) m fue de 6.22 mg.L⁻¹, en el estrato de (5-10) m fue de 4.28 mg.L⁻¹ y en el estrato de (10-15) m fue de 2.77 mg.L⁻¹. En primavera, en el estrato de (0-5) m fue de 6.77 mg.L⁻¹, en el estrato de (5-10) m fue de 3.81 mg.L⁻¹ y en el estrato de (10-15) m fue de 1.61 mg.L⁻¹. En verano, en el estrato de (0-5) m fue de 6.83 mg.L⁻¹, en el estrato de (5-10) m fue de 3.42 mg.L⁻¹ y en el estrato de (10-15) m fue de 1.19 mg.L⁻¹. Registrándose en ambas estaciones el valor mayor en verano, mientras que el valor mínimo se presentó en invierno (Cuadro 6).

4. pH:

El pH promedio, durante la época de otoño, en el estrato de (0-5) m fue de 8.12, en el estrato de (5-10) m fue de 7.94 y en el estrato de (10-15) m fue de 7.83. En invierno en el estrato de (0-5) m fue de 8.15, en el estrato de (5-10) m fue de 8.04 y en el estrato de (10-15) m fue de 7.88. En primavera, en el estrato de (0-5) m fue de 8.04, en el estrato de (5-10) m fue de 7.97 y en el estrato de (10-15) m fue de 7.86. En verano, en el estrato de (0-5) m fue de 8.03, en el estrato de (5-10) m fue de 7.92 y en el estrato de (10-15) m fue de 7.82. Registrándose en ambas estaciones el valor mayor en verano, mientras que el valor mínimo se presentó en invierno (Cuadro 6).

5. Transparencia

La transparencia promedio, durante la época de otoño fue de 3.4 m en invierno fue de 2.6 m, en primavera fue de 2.11 m y en verano fue de 2.9 m. Registrándose en ambas estaciones la mayor transparencia en otoño, mientras que la menor transparencia en primavera y verano (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores máximos, mínimos, promedios y desviación estandar de temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia de las estaciones E1 y E2, según estrato de profundidad de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

		OTOÑO			INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO		
ESTACIÓN		E1			E1			E1			E1		
ESTRATO (m)		0-5 m	5-10 m	10-15 m	0-5 m	5-10 m	10-15 m	0-5 m	5-10 m	10-15 m	0-5 m	5-10 m	10-15 m
TEMPERATURA (°C)	MIN	20.0	17.2	16.4	17.1	15.8	14.8	17.4	16.5	15.7	21.0	15.8	14.9
	MAX	23.1	22.9	20.3	22.4	21.8	20.9	21.5	19.5	18.6	23.9	20.6	19.4
	PROM	21.8	19.4	18.3	19.6	18.8	18.0	19.9	18.3	16.8	22.0	18.0	16.6
	DESVEST	0.88	1.20	1.06	1.58	1.40	1.28	1.14	0.83	0.85	1.01	1.53	1.32
SALINIDAD (ups)	MIN	33.9	33.9	33.4	34.5	34.5	34.4	33.3	33.3	33.3	34.4	34.4	34.1
	MAX	35.1	35.1	35.1	35.3	35.2	35.2	35.1	35.1	35.1	35.2	35.0	34.8
	PROM	34.7	34.6	34.6	34.7	34.7	34.6	34.5	34.4	34.4	34.7	34.5	34.5
	DESVEST	0.30	0.29	0.37	0.20	0.18	0.18	0.49	0.48	0.48	0.27	0.23	0.18
OXIGENO (mg. L ⁻¹)	MIN	5.06	2.00	0.71	4.49	2.80	0.83	5.15	2.80	0.51	5.00	2.10	0.31
	MAX	9.64	6.80	3.71	7.88	6.63	4.82	8.75	7.10	5.23	8.03	4.70	2.82
	PROM	6.92	4.31	1.78	6.22	4.28	2.27	6.77	3.81	1.61	6.83	3.42	1.19
	DESVEST	1.21	1.37	0.90	0.98	1.08	1.34	0.82	1.00	1.08	0.89	0.88	0.82
PH	MIN	7.25	7.15	7.02	7.90	7.82	7.19	7.78	7.70	7.67	7.88	7.78	7.60
	MAX	8.64	8.40	8.31	8.81	8.52	8.27	8.82	8.78	8.31	8.16	8.09	7.96
	PROM	8.12	7.94	7.83	8.15	8.04	7.88	8.04	7.97	7.86	8.03	7.92	7.82
	DESVEST	0.33	0.34	0.31	0.22	0.19	0.21	0.25	0.26	0.18	0.11	0.11	0.10
TRANSPARENCIA	MIN	2.5			1.0			1.3			2.0		
	MAX	4.3			5.5			3.7			4.0		
	PROM	3.4			2.6			2.4			2.9		
	DESVEST	0.5			1.3			0.7			0.6		
		OTOÑO			INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO		
ESTACIÓN		E2			E2			E2			E2		
ESTRATO (m)		0-5 m	5-10 m	10-15 m	0-5 m	5-10 m	10-15 m	0-5 m	5-10 m	10-15 m	0-5 m	5-10 m	10-15 m
TEMPERATURA (°C)	MIN	20.0	16.8	16.1	17.5	17.3	16.7	18.0	16.5	15.5	20.9	16.4	15.8
	MAX	23.2	22.8	21.3	24.1	21.8	20.9	22.0	20.5	18.0	24.1	20.1	18.3
	PROM	21.7	19.4	18.4	19.7	19.0	18.2	20.2	18.3	16.7	22.3	18.3	16.8
	DESVEST	0.96	1.59	1.20	1.74	1.32	1.17	1.20	0.81	0.82	1.05	1.29	0.84
SALINIDAD (ups)	MIN	34.0	33.8	33.9	34.5	34.4	34.4	33.3	33.3	33.3	34.4	34.4	34.2
	MAX	35.1	35.1	35.1	35.3	35.3	35.3	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	34.9
	PROM	34.6	34.5	34.5	34.7	34.7	34.6	34.4	34.4	34.4	34.6	34.5	34.5
	DESVEST	0.27	0.27	0.26	0.19	0.20	0.20	0.47	0.47	0.46	0.20	0.21	0.23
OXIGENO (mg. L ⁻¹)	MIN	5.03	2.00	0.51	4.29	2.21	0.50	5.02	3.00	0.67	5.21	2.21	0.30
	MAX	9.35	7.01	4.05	7.95	6.20	5.60	7.70	7.13	5.71	8.20	5.11	2.97
	PROM	6.90	4.01	1.93	6.34	4.08	2.35	6.76	4.00	1.46	6.70	3.64	1.14
	DESVEST	1.19	1.49	1.19	1.06	1.18	1.58	0.73	1.00	1.08	0.87	1.01	0.72
PH	MIN	7.20	7.18	7.13	7.89	7.85	7.68	7.70	7.68	7.65	7.83	7.74	7.70
	MAX	8.61	8.50	8.31	8.54	8.32	8.30	9.07	8.74	8.09	8.20	8.07	8.00
	PROM	8.10	7.96	7.83	8.11	8.04	7.97	8.06	7.96	7.83	8.01	7.89	7.80
	DESVEST	0.35	0.32	0.26	0.20	0.19	0.21	0.32	0.26	0.13	0.10	0.09	0.09
TRANSPARENCIA	MIN	2.0			1.7			1.0			2.0		
	MAX	5.0			6.5			4.3			3.7		
	PROM	3.4			3.0			2.5			2.9		
	DESVEST	0.7			1.3			0.8			0.7		

RELACIÓN DEL FITOPLANCTON TÓXICO CON LA TEMPERATURA, SALINIDAD, OXÍGENO, PH Y TRANSPARENCIA EN LA E1 Y E2

Según la Prueba de correlación se determinó que la densidad del fitoplancton tóxico tiene relación estadística significativa con la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia (Cuadro 7-8).

Relación del fitoplancton tóxico de la E1 (Cuadro 7) (Gráficos 14 al 24)

Fueron 6 especies de fitoplancton tóxico que presentaron relación con la temperatura durante su abundancia. De las cuales *A. peruvianum* y *D. caudata* presentaron relación directa, es decir sus abundancias estuvieron relacionadas con el incremento de temperatura. Esta relación se manifestó en el estrato de (0-5 m). Mientras que *D. acuminata*, *G. impudicum*, *P. reticulatum* y *P. crassipes* presentaron relación inversa, y estuvieron relacionadas con ligeras disminuciones de temperatura. Esta relación se manifestó en el estrato de (10-15 m) (Cuadro 7). Indicando que pueden generar abundancias celulares cuando las temperaturas están de 15.5 a 21.8 °C, se entiende que las especies se adaptan a este rango de temperatura donde proliferan.

Para la salinidad, 5 especies fueron las que presentaron relación con este factor; de las cuales *D. acuminata*, *D. caudata*, *D. rotundata* y *G. impudicum* presentaron relación directa, estas especies estuvieron relacionadas con aumentos de los niveles de salinidad (35.10 ups) esta relación se presentó en el estrato de (0-5 m) y en el estrato de (5-10 m). Mientras que *P. minimum*, presentó relación indirecta, indicando que las abundancias de esta especie estuvieron íntimamente relacionadas con ligeras disminución de este factor (34.5 ups). Esta relación se presentó en los tres estratos de profundidad (Cuadro 7).

Para el oxígeno, 4 especies fueron que presentaron relación con este factor. De las cuales *D. rotundata* y *G. impudicum* presentaron relación directa. Los niveles altos de oxígeno (8.03 mg.L⁻¹) estuvieron relacionados con la abundancia de estas especies. Y la relación de estas abundancias se manifestó en el estrato de (0-5 m). Mientras que *P. delicatissima*, presentó relación inversa (Cuadro 7); relacionada con las disminuciones de los niveles de oxígeno. La relación de esta abundancia se manifestó en el estrato de (5-10 m) y de (10-15 m), con valores de oxígeno de 3.11 y 0.93 mg.L⁻¹ en estos estratos respectivamente.; posiblemente *P. delicatissima* por su alta abundancia celular llegó a saturar la columna de agua. O tal vez no se descarta que pudiera haber un dato equivocado en el registro original de estos datos.

Para el pH, 1 especie presentó relación con este factor. De la cual *D. rotundata* presentó relación inversa. El nivel bajo de pH (7.86) estuvo relacionado con la abundancia de esta especie, y la relación de esta abundancia se manifestó en los estratos de (5-10) m y (10-15) m (Cuadro 7).

Para la transparencia, 3 especies fueron las que presentaron relación con este factor. *A. peruvianum* presentó relación directa; las abundancias de estas especies se relacionaron con los valores altos de transparencia (4.0 m). Mientras que *P. mínimum* y *P. crassipes* presentaron relación inversa; las abundancias de estas especies se relacionaron con los valores bajos de transparencia (2.0 m) (Cuadro 7).

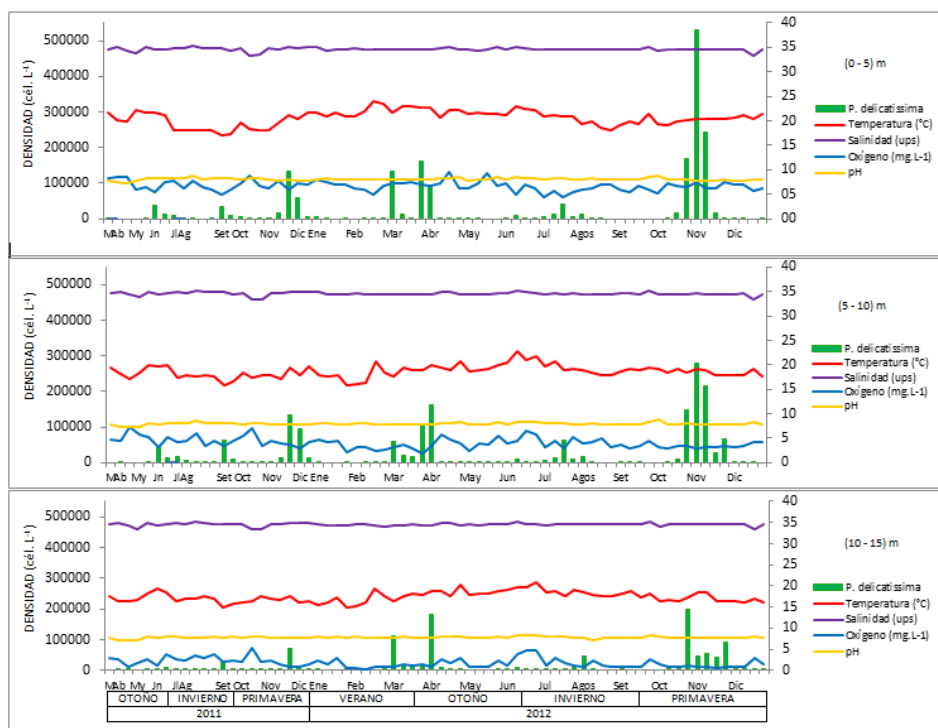


Gráfico 14. Variación de la densidad de *Pseudonitzschia delicatissima* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

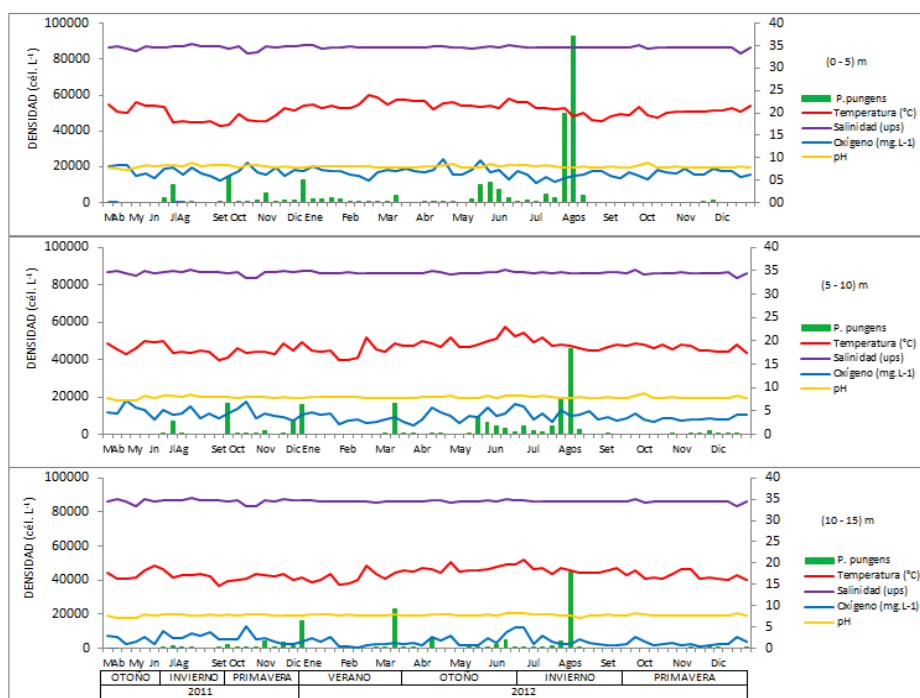


Gráfico 15. Variación de la densidad de *Pseudonitzschia pungens* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

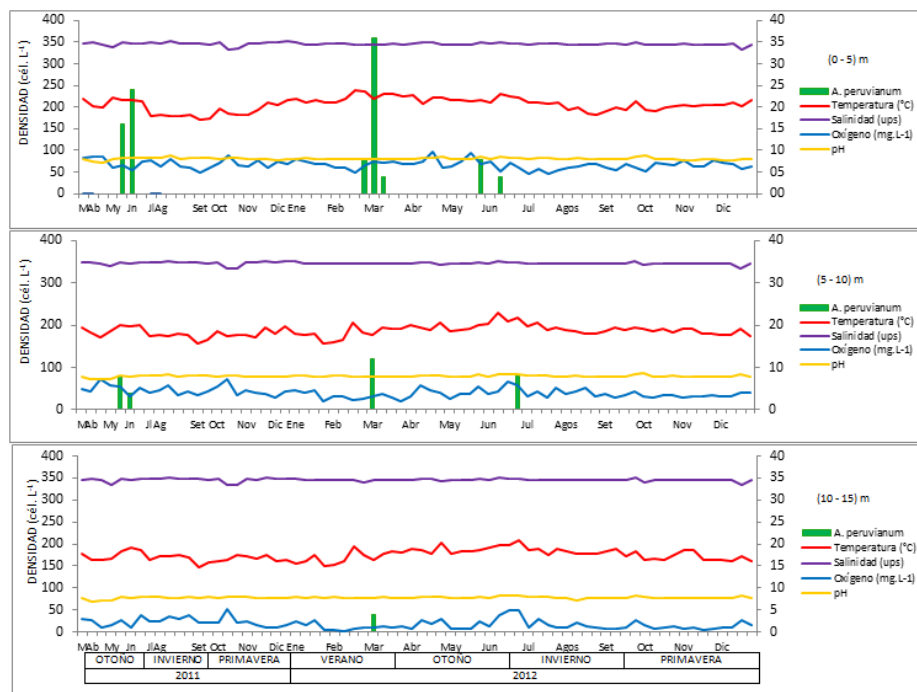


Gráfico 16. Variación de la densidad de *Alexandrium peruvianum* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

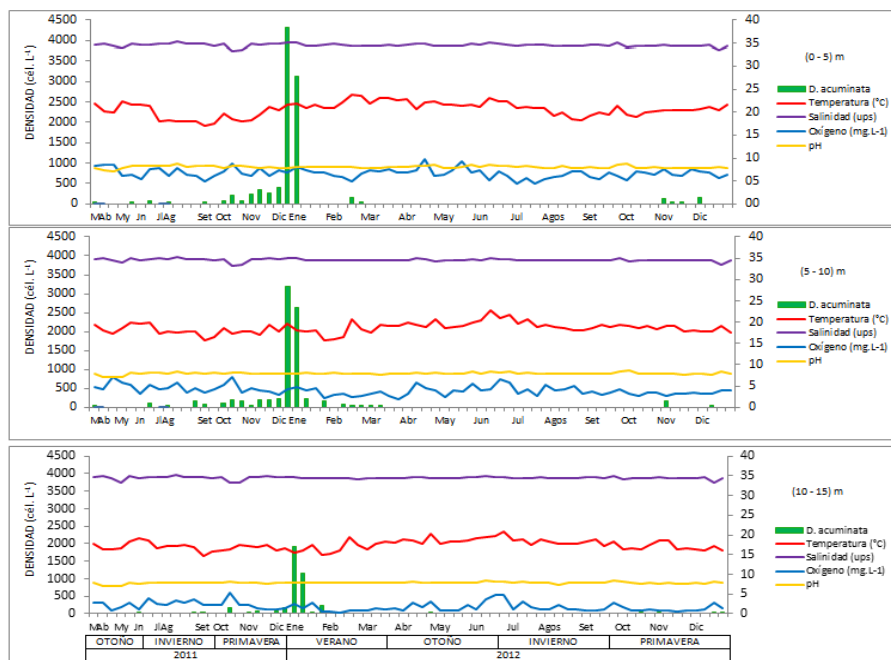


Gráfico 17. Variación de la densidad de *Dinophysis acuminata* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

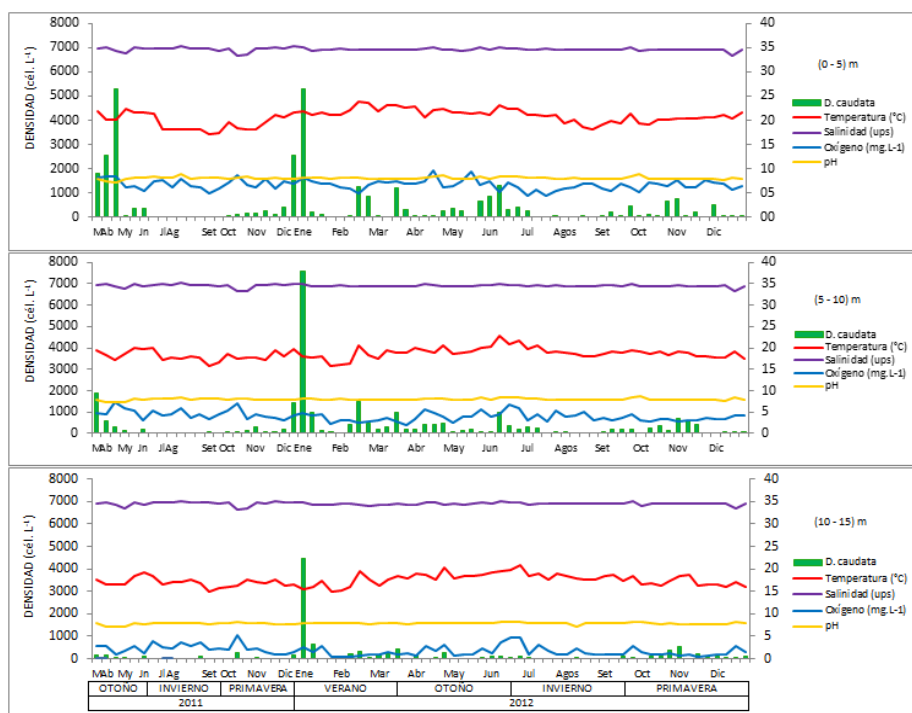


Gráfico 18. Variación de la densidad de *Dinophysis caudata* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

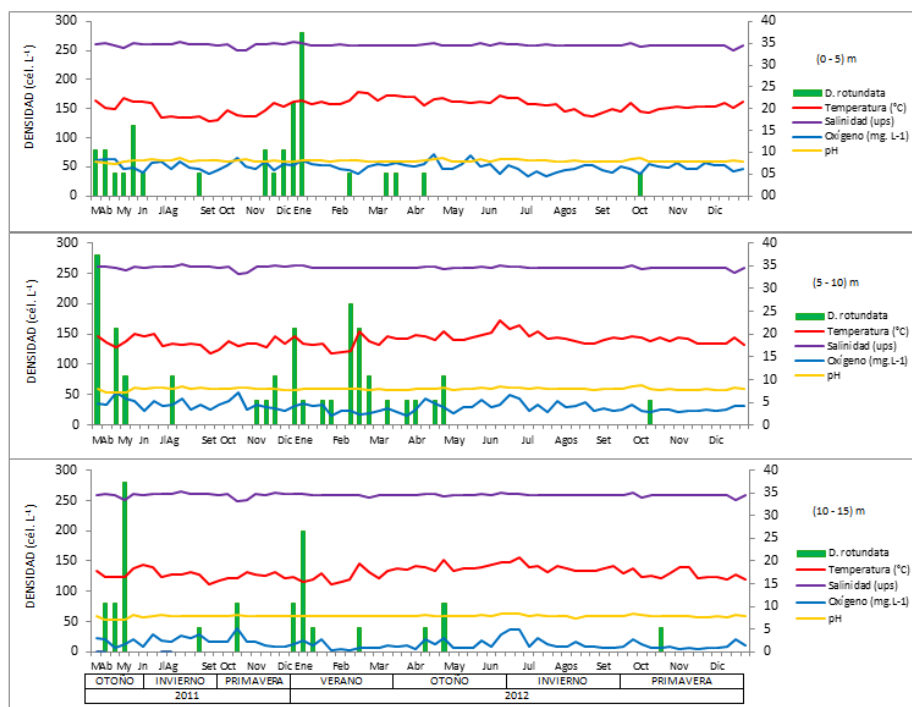


Gráfico 19. Variación de la densidad de *Dinophysis rotundata* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

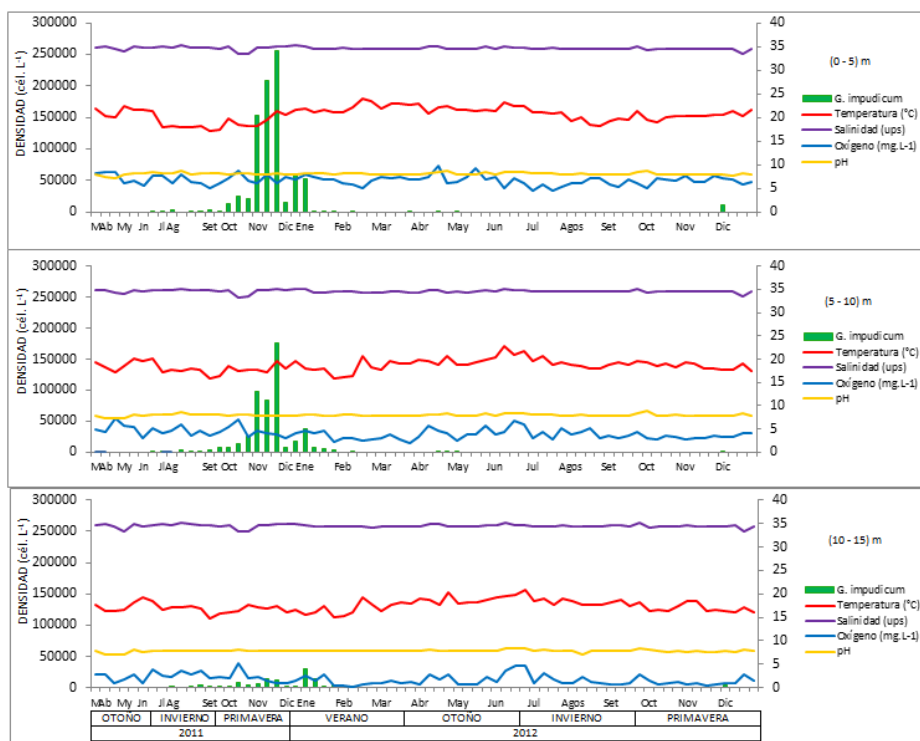


Gráfico 20. Variación de la densidad de *Gymnodinium impudicum* relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

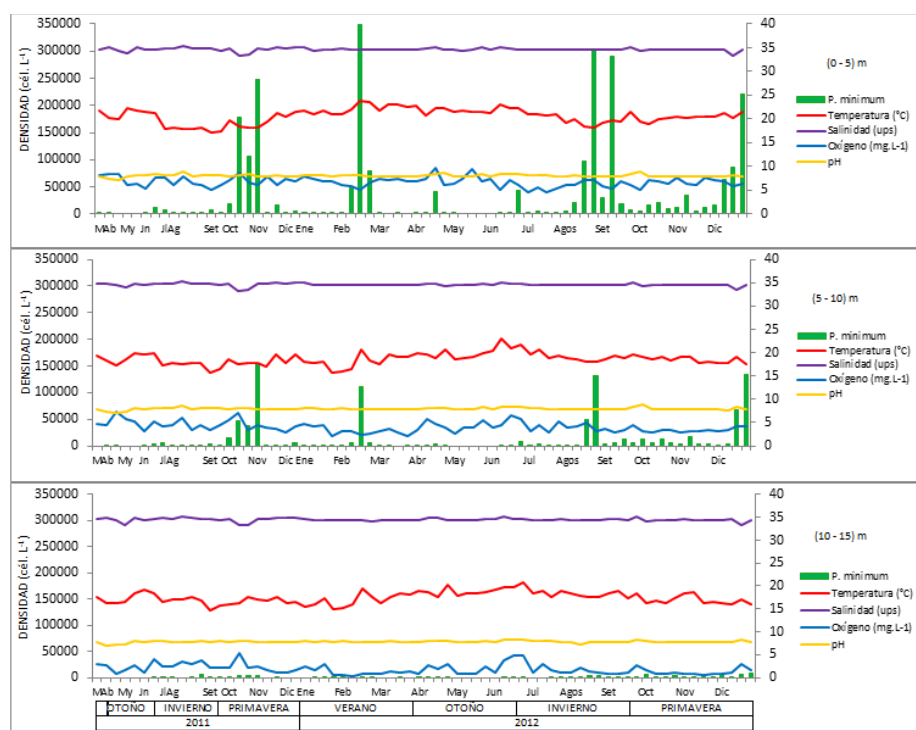


Gráfico 21. Variación de la densidad de *Prorocentrum minimum* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

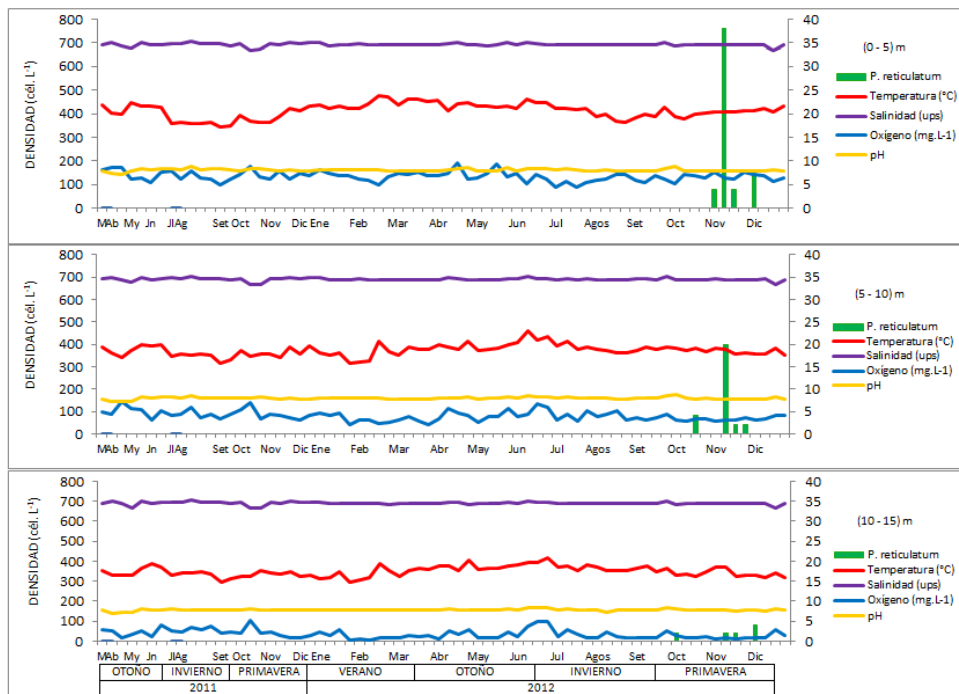


Gráfico 22. Variación de la densidad de *Prorocentrum reticulatum* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

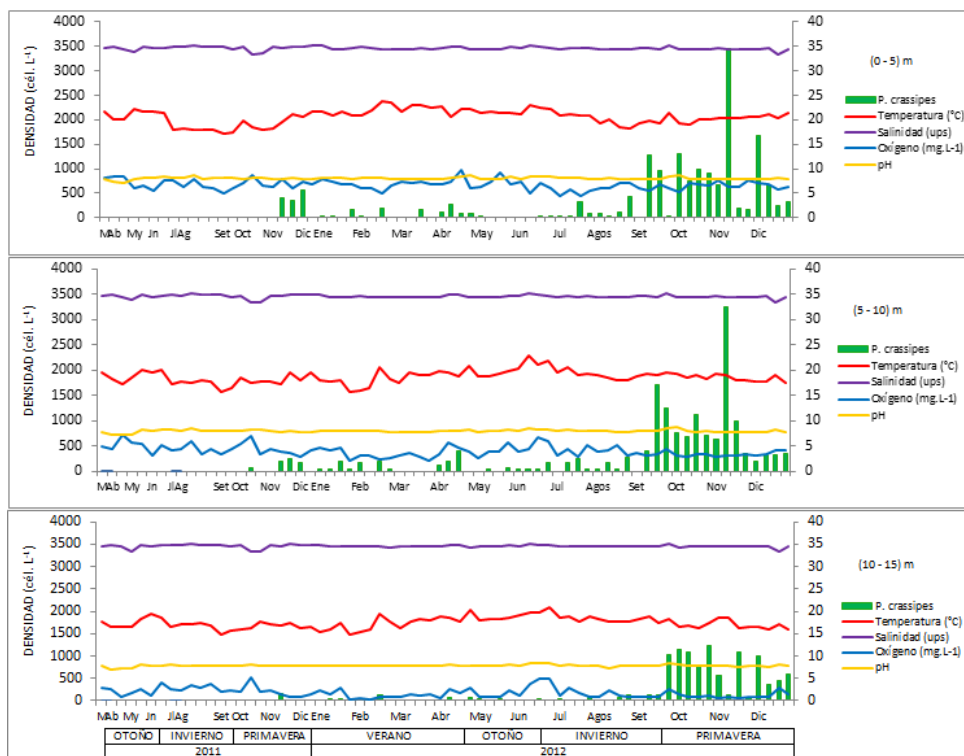


Gráfico 23. Variación de la densidad de *Protoperidinium crassipes* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

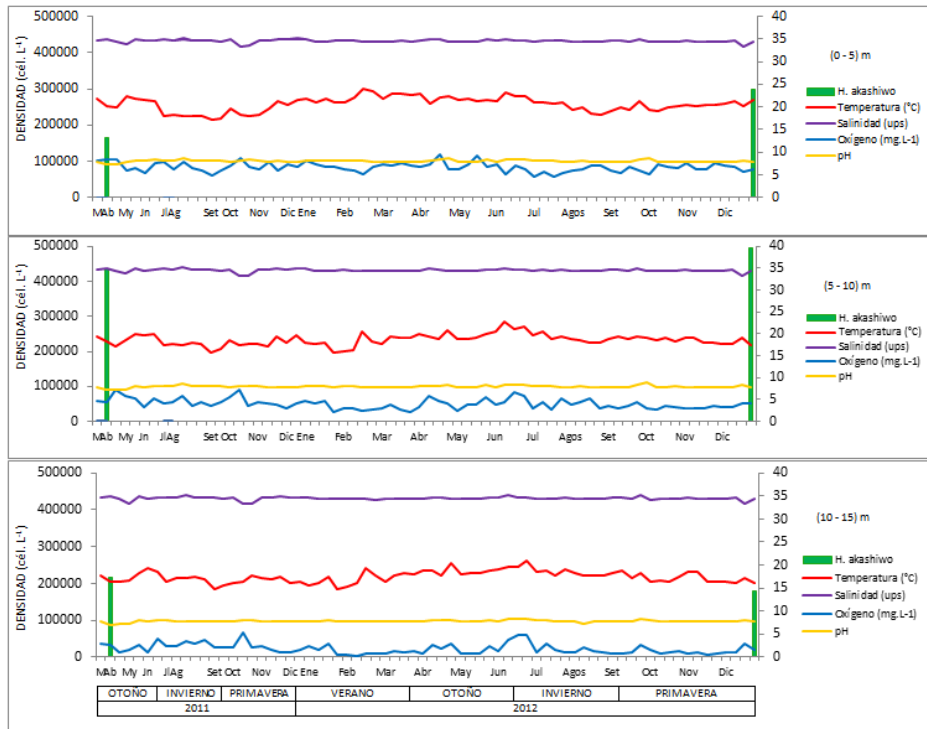


Gráfico 24. Variación de la densidad de *Heterosigma akashiwo* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E1 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

Relación del fitoplancton tóxico de la E2 (Cuadro 8) (Gráficos 25 al 35)

Fueron 6 especies de fitoplancton tóxico que presentaron relación con la temperatura durante su abundancia. De las cuales *A. peruvianum*, *D. caudata*, *D. rotundata* y *P. minimum* presentaron relación directa, es decir sus abundancias estuvieron relacionadas con el incremento de temperatura. Esta relación se manifestó en el estrato de (0-5 m). Mientras que *P. reticulatum* y *P. crassipes* presentaron relación inversa, y estuvieron relacionadas con ligeras disminuciones de temperatura. Esta relación se manifestó en los estratos de (5-10 y 10-15 m) respectivamente (Cuadro 8).

Para la salinidad, 1 especie fue la que presentó relación con este factor. *P. minimum*, presentó relación indirecta, indicando que las abundancias de esta especie estuvieron íntimamente relacionadas con ligeras disminución de los niveles de salinidad (34.5 ups). Esta relación se presentó en los tres estratos de profundidad (Cuadro 8).

Para el oxígeno, 2 especies fueron que presentaron relación con este factor. *D. caudata* presentó relación directa. Los niveles altos de oxígeno (8.03 mg.L^{-1}) estuvieron relacionados con la abundancia de estas especies. Y la relación de esta abundancia se manifestó en el estrato de (0-5 m). Mientras que *P. delicatissima*, presentó relación inversa; relacionados con las disminuciones de los niveles de oxígeno; posiblemente *P. delicatissima* por su alta abundancia celular llegó a saturar la columna de agua y el valor de oxígeno disminuyó (0.93 mg.L^{-1}) en el estrato de (10-15 m) (Cuadro 8).

Para el pH, 2 especies fueron que presentaron relación con este factor. *D. rotundata* y *P. reticulatum* presentan relación inversa. Los niveles bajos de pH (7.86) estuvieron relacionados con las abundancias de estas especies, y la relación de estas abundancias se manifestó en el estrato de (0-5, 5-10 y 10-15 m) (Cuadro 8).

Para la transparencia, 4 especies fueron las que presentaron relación con este factor. *D. acuminata*, *D. rotundata*, *P. minimum* y *P. crassipes* presentaron relación inversa; las abundancias de estas especies se relacionaron con los valores bajos de transparencia (2.0 m) (Cuadro8).

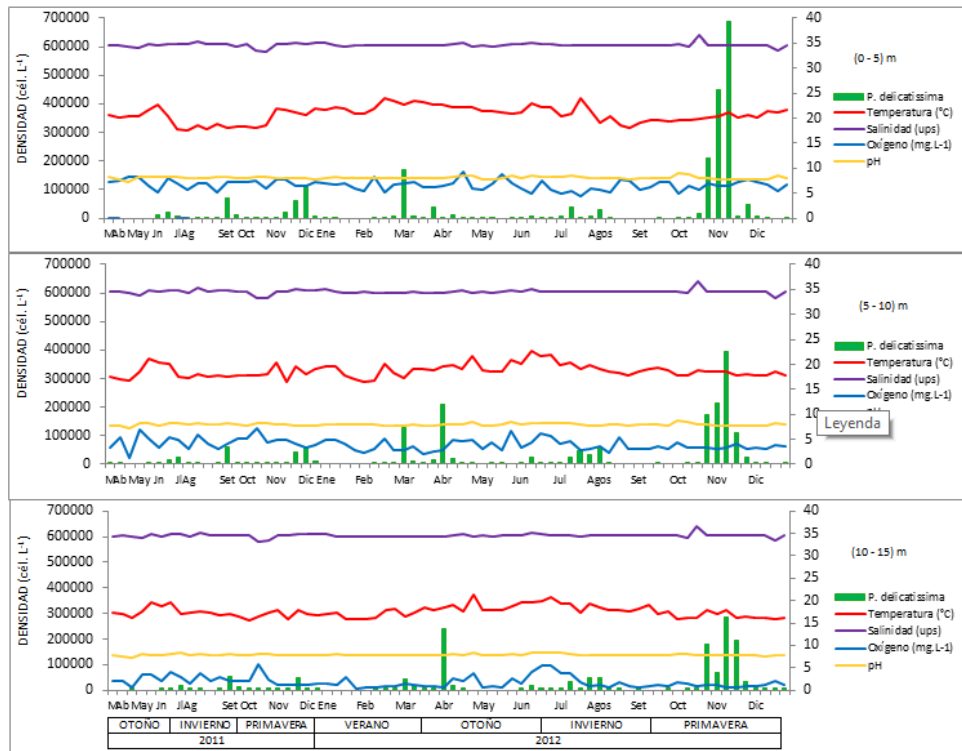


Gráfico 25. Variación de la densidad de *Pseudonitzschia delicatissima* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

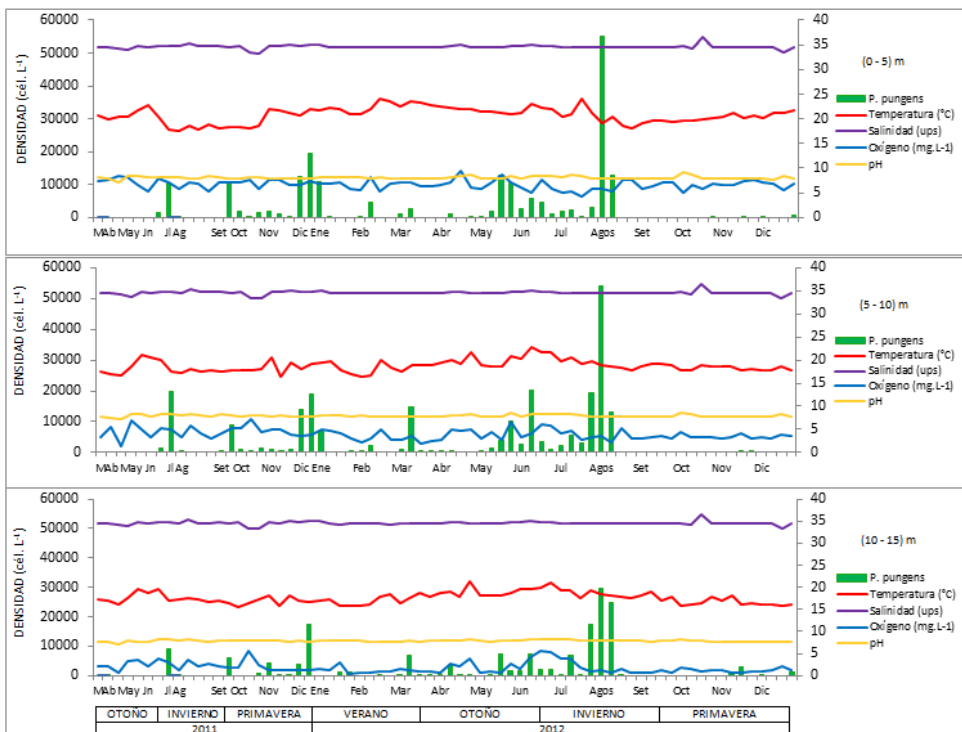


Gráfico 26. Variación de la densidad de *Pseudonitzschia pungens* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

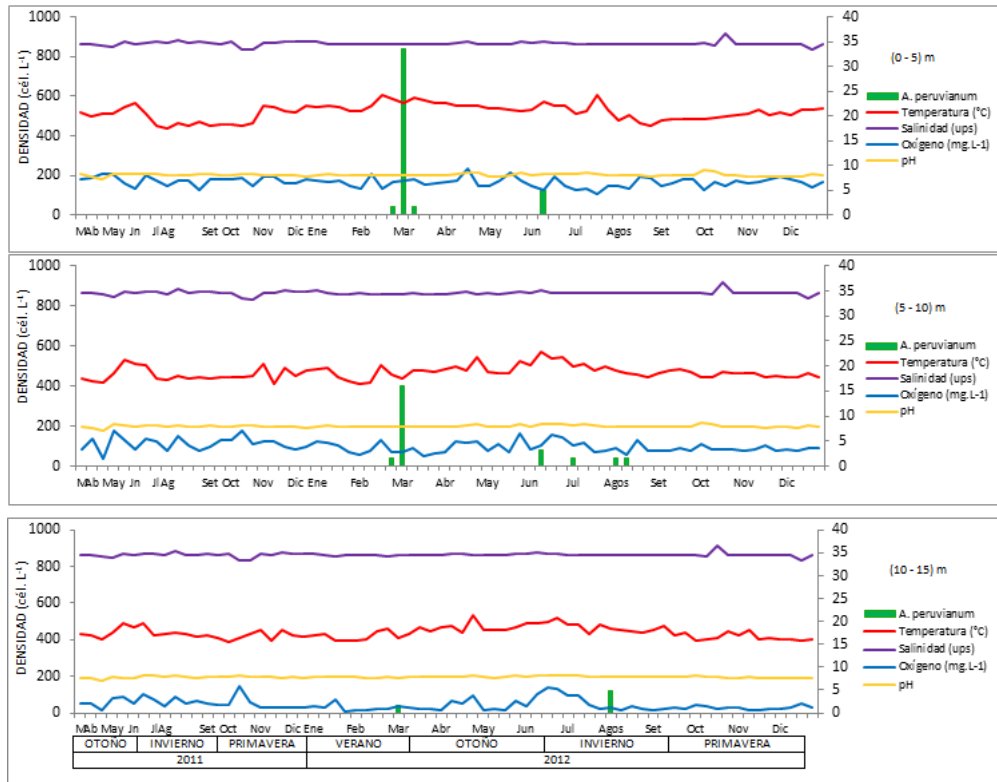


Gráfico 27. Variación de la densidad de *Alexandrium peruvianum* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

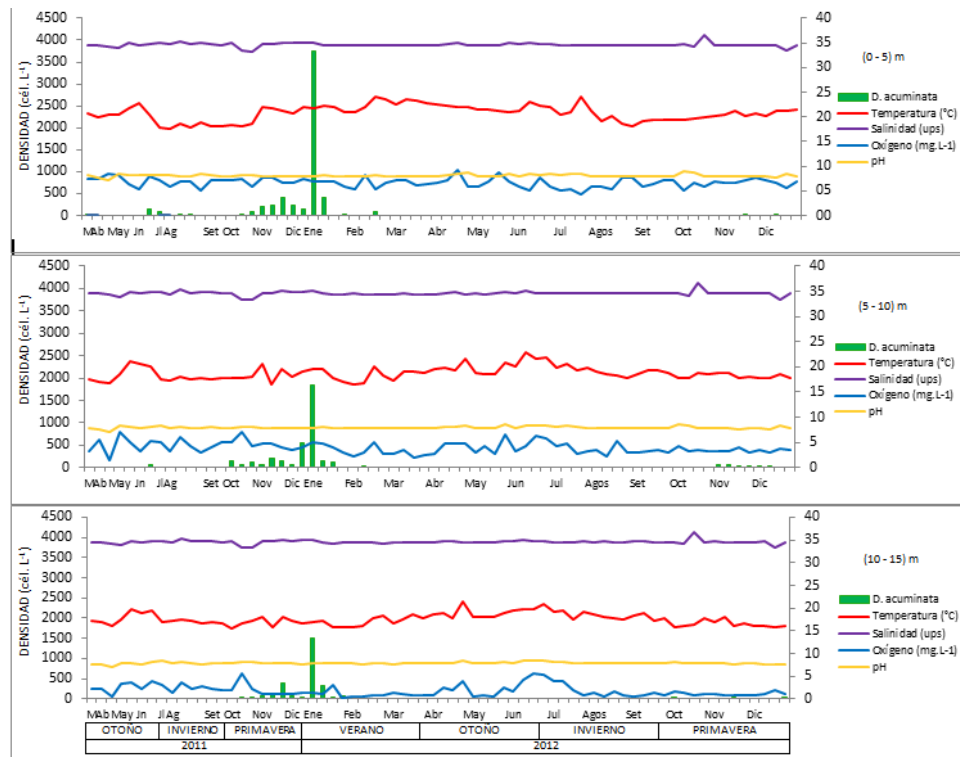


Gráfico 28. Variación de la densidad de *Dinophysis acuminata* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

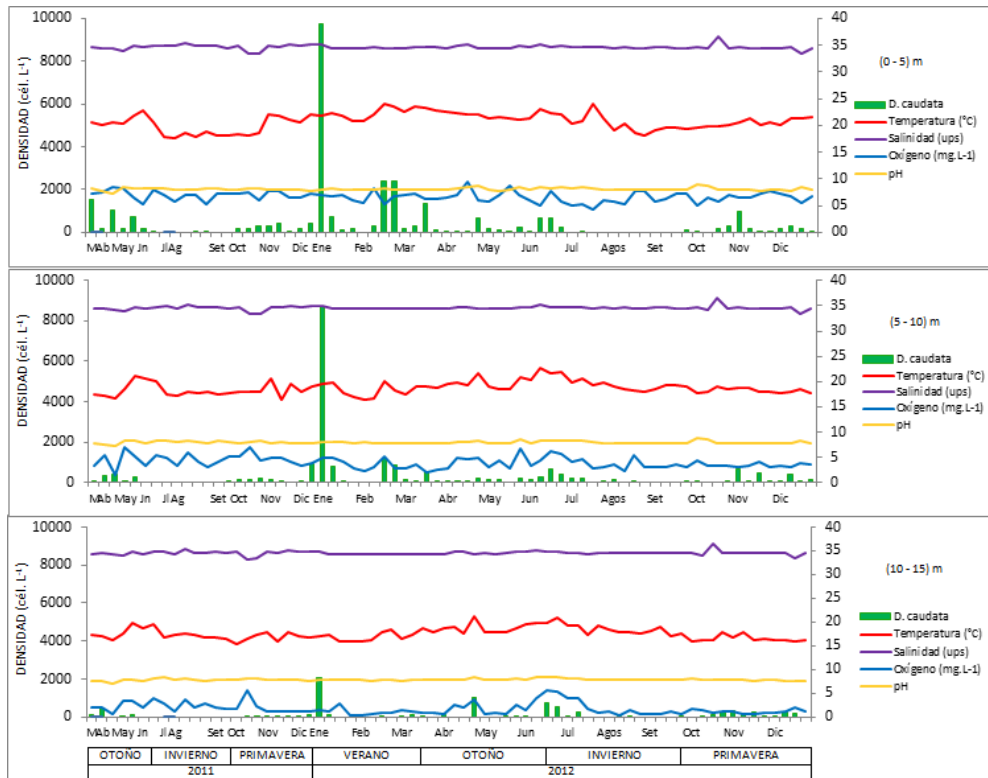


Gráfico 29. Variación de la densidad de *Dinophysis caudata* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

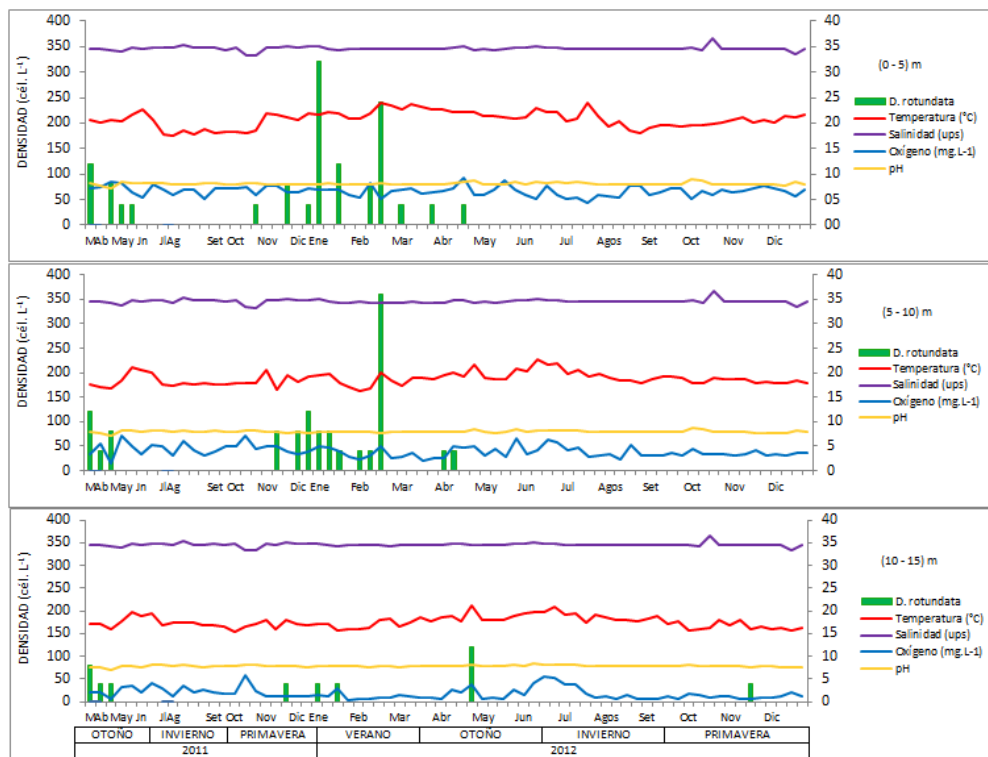


Gráfico 30. Variación de la densidad de *Dinophysis rotundata* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

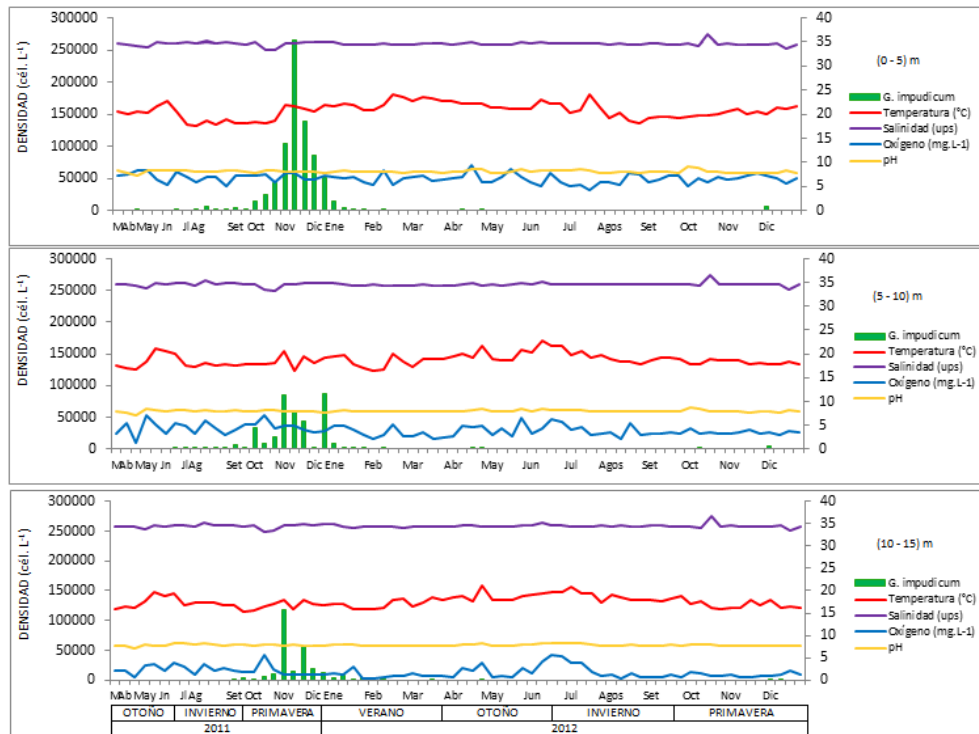


Gráfico 31. Variación de la densidad de *Gymnodinium impudicum* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

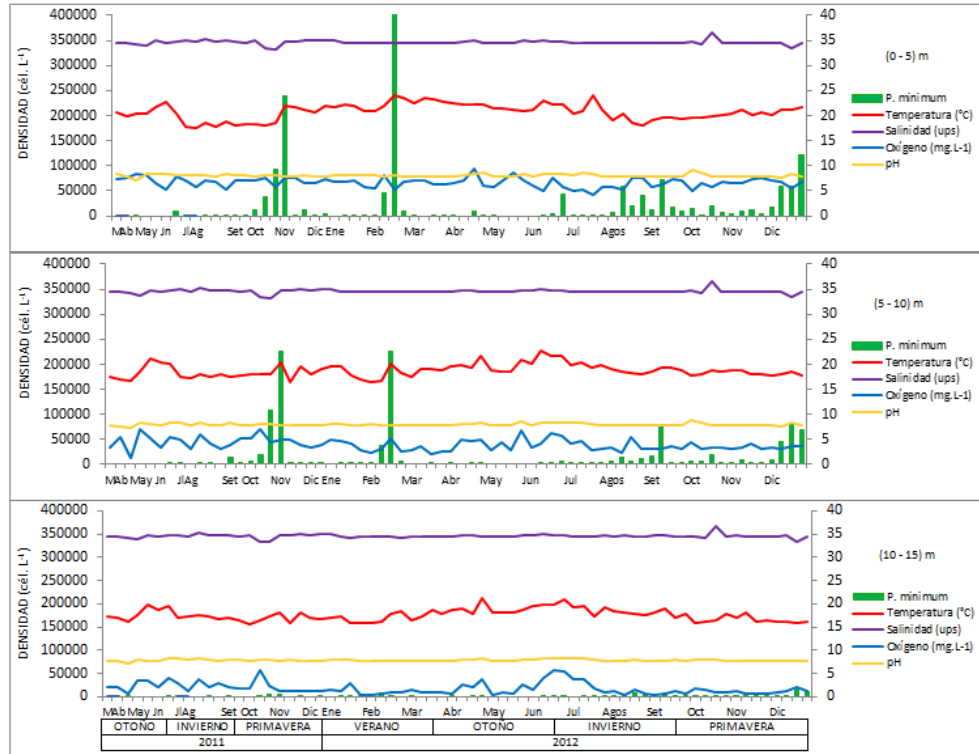


Gráfico 32. Variación de la densidad de *Prorocentrum minimum* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

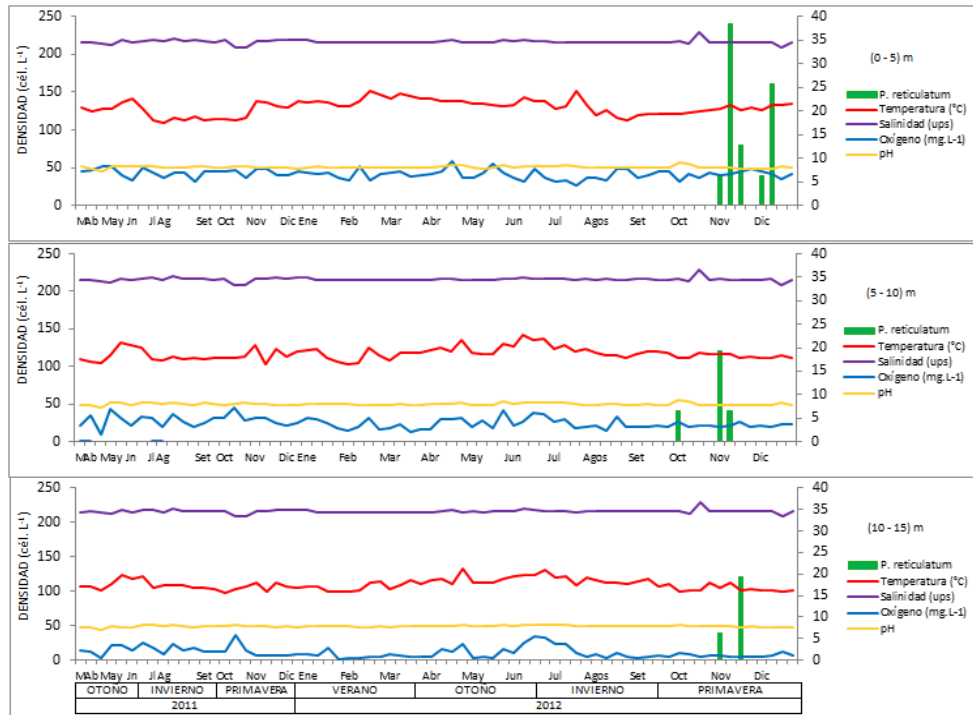


Gráfico 33. Variación de la densidad de *Prorocentrum reticulatum* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

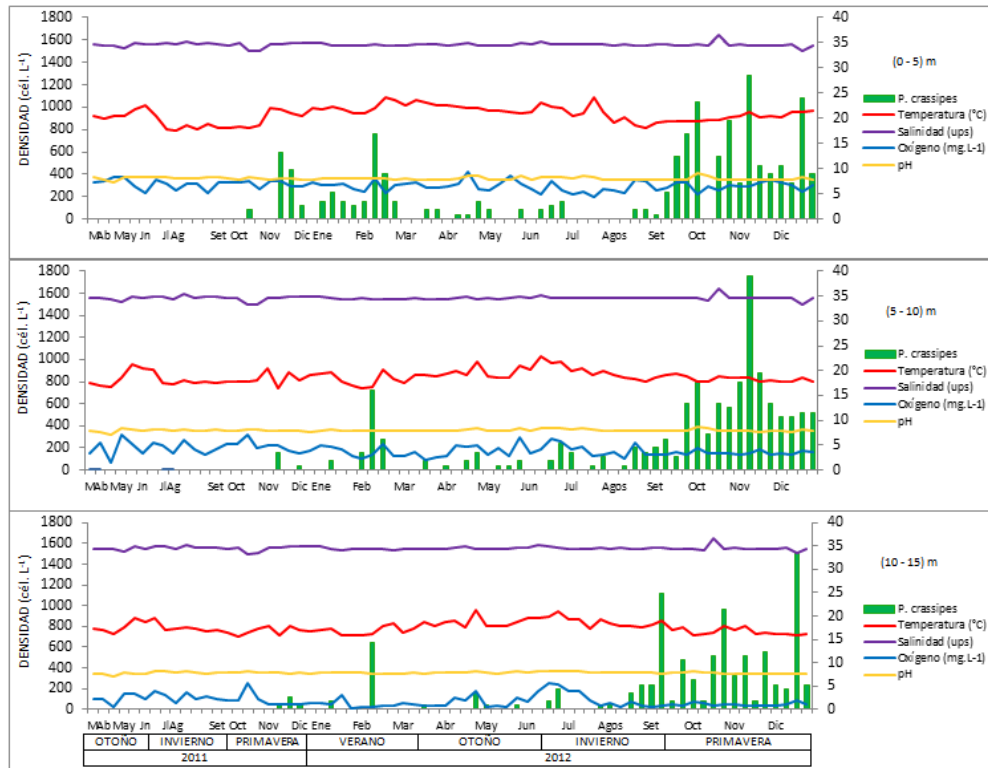


Gráfico 34. Variación de la densidad de *Protopeperidium crassipes* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

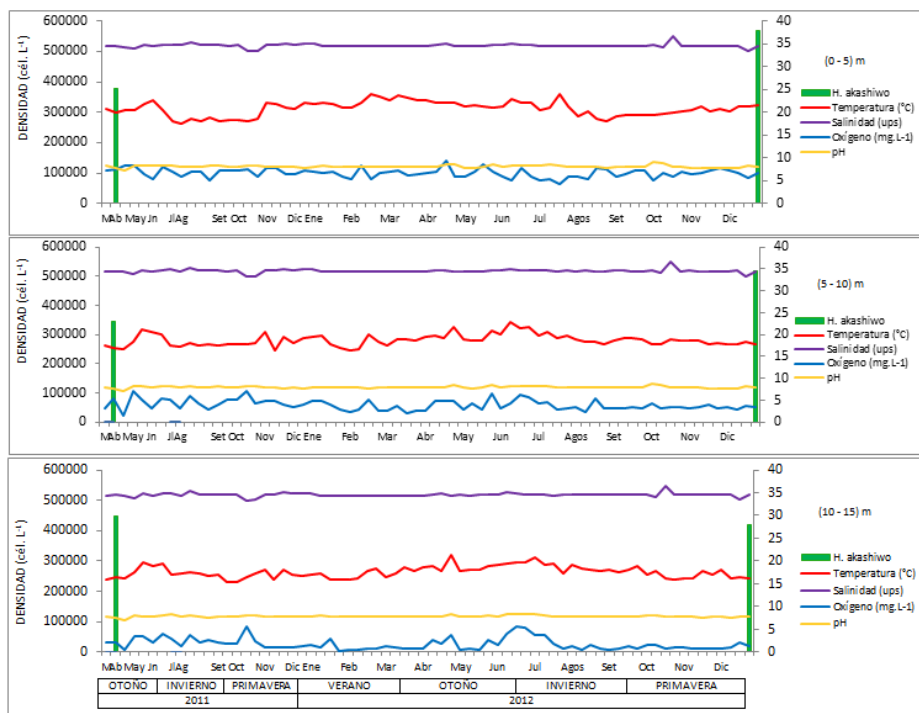


Gráfico 35. Variación de la densidad de *Heterosigma akashiwo* en relación con la temperatura, salinidad, oxígeno y pH en los 3 estratos de la E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

Cuadro 7. Relación directa (+) e inversa (-) de la densidad de las especies de fitoplancton tóxico con la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia, de la E1 de la bahía de Samanco.

N°	ESPECIE	ESTRATO	TEMPERATURA	SALINIDAD	OXÍGENO	pH	TRANS
1	<i>P. delicatissima</i>	(0-5) m	0	0	0	0	0
		(5-10) m	0	0	-	0	no
		(10-15) m	0	0	-	0	no
2	<i>P. pungens</i>	(0-5) m	0	0	0	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no
3	<i>A. peruvianum</i>	(0-5) m	+	0	0	0	+
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no
4	<i>D. acuminata</i>	(0-5) m	0	+	0	0	0
		(5-10) m	0	+	0	0	no
		(10-15) m	-	0	0	0	no
5	<i>D. caudata</i>	(0-5) m	+	+	0	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no
6	<i>D. rotundata</i>	(0-5) m	0	+	+	0	0
		(5-10) m	0	0	0	-	no
		(10-15) m	0	-	0	-	no
7	<i>G. impudicum</i>	(0-5) m	0	+	+	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	-	0	0	0	no
8	<i>P. minimum</i>	(0-5) m	0	-	0	0	-
		(5-10) m	0	-	0	0	no
		(10-15) m	0	-	0	0	no
9	<i>P. reticulatum</i>	(0-5) m	0	0	0	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	-	0	0	0	no
10	<i>P. crassipes</i>	(0-5) m	0	0	0	0	-
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	-	0	0	0	no
11	<i>H. akashiwo</i>	(0-5) m	0	0	0	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no

0: Presenta correlación no significativa

(+): Presenta correlación positiva o directa

(-): Presenta correlación negativa o inversa

no: No se hizo correlación

Cuadro 8. Relación directa (+) e inversa (-) de la densidad de las especies de fitoplancton tóxico con la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia, de la E2 de la bahía de Samanco.

N°	ESPECIE	ESTRATO	TEMPERATURA	SALINIDAD	OXÍGENO	pH	TRANS
1	<i>P. delicatissima</i>	(0-5) m	0	0	0	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	-	0	no
2	<i>P. pungens</i>	(0-5) m	0	0	0	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no
3	<i>A. peruvianum</i>	(0-5) m	+	0	0	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no
4	<i>D. acuminata</i>	(0-5) m	0	0	0	0	-
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no
5	<i>D. caudata</i>	(0-5) m	+	0	0	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	+	0	no
6	<i>D. rotundata</i>	(0-5) m	+	0	0	0	-
		(5-10) m	0	0	0	-	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no
7	<i>G. impudicum</i>	(0-5) m	0	0	0	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no
8	<i>P. minimum</i>	(0-5) m	+	0	0	0	-
		(5-10) m	0	-	0	0	no
		(10-15) m	0	-	0	0	no
9	<i>P. reticulatum</i>	(0-5) m	0	0	0	-	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	-	0	0	-	no
10	<i>P. crassipes</i>	(0-5) m	-	0	0	0	-
		(5-10) m	-	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no
11	<i>H. akashiwo</i>	(0-5) m	0	0	0	0	0
		(5-10) m	0	0	0	0	no
		(10-15) m	0	0	0	0	no

0: Presenta correlación no significativa

(+): Presenta correlación positiva o directa

(-): Presenta correlación negativa o inversa

no: No se hizo correlación

4.2 DISCUSIÓN

Composición, abundancia de la variación temporal del fitoplancton tóxico en la E1 y E2

El fitoplancton está distribuido en todo el planeta principalmente en la fracción de la columna de agua que recibe luz y siendo más abundante en las zonas costeras que en las oceánicas abiertas; es así que la bahía de Samanco es una bahía semicerrada y presenta condiciones adecuadas para que se desarrolle el fitoplancton. Las marcadas variaciones temporales de la abundancia del fitoplancton tóxico en la bahía de Samanco es un proceso natural y refleja cambios estacionales en la iluminación y disponibilidad de nutrientes y de la salinidad temperatura y consumo de oxígeno, pH y depredación del zooplancton entre otros (Vásquez, 2000, García, 2013).

Por eso, la concentración de fitoplancton presentó altos registros en las dos estaciones en primavera y verano sobre todo durante los meses de noviembre y diciembre de 2012, y las menores concentraciones se registraron en otoño en los meses de mayo e inicios de setiembre de 2012. La distribución en la concentración del fitoplancton está asociada a los incrementos de temperatura. Las concentraciones de fitoplancton de la bahía de Samanco registraron valores muy fluctuantes en los últimos años, según Berrú *et al.* (2008) indican que la variación de la productividad fitoplanctónica es por la interacción de variables geográficas, meteorológicas y físicoquímicas que se presentan en diferentes épocas del año.

Debido a la rapidez de su crecimiento poblacional y a su corto tiempo de su ciclo biológico, así como a la simpleza de su dinámica de crecimiento, el fitoplancton prospera óptimamente en ambientes marinos en las que las condiciones físicoquímicas son adecuadas para la presencia, proliferación y predominio de algunas de ellas (Cassis *et al.*, 2002; Busso y Paesky, 2010). Es así que, las especies de fitoplancton tóxico de la bahía de Samanco tuvieron una proliferación durante el cual se registró una alternancia de máximos, mínimos y en algunas fechas estuvieron ausentes y otras especies han permanecido durante todo el tiempo de estudio. Estas variaciones de crecimiento poblacional son diferentes en cada especie. Las diferencias entre fechas en la distribución temporal de las especies podrían justificarse en base a los distintos requerimientos fisiológicos de las especies y al ritmo de adaptarse al medio en el que se encuentran. Es así que dentro del fitoplancton tóxico la diatomea *P. delicatissima* conformó la especie dominante en abundancia celular, seguido de los dinoflagelados *P. minimum* y *G. impudicum*. También está el fitoplágelado *H. akashiwo* que se presentó en dos fechas durante el tiempo de estudio; porque habrían encontrado las condiciones físicoquímicas muy favorables para su crecimiento.

En el estudio de línea base que realizó el IMARPE en el ámbito marino de la bahía de Samanco el 2008 se reportó 4 especies: *D. caudata*, *G. spinifera*, *P. crassipes* y *P. depressum*. Otro estudio realizado por García, (2013) recopiló información de fitoplancton desde el año 2004 al 2011 y se registró 11 especies de fitoplancton tóxico. Este mismo número de 11 especies, también fueron registradas en el presente estudio lo cual indicaría que estas especies han incrementado, tanto en el tiempo, en el número de especies y en abundancia celular en la bahía de Samanco.

La presencia de diatomeas del género *Pseudonitzschia* es frecuente y se presentó en la bahía durante todo el tiempo de estudio en las dos estaciones; mientras que existen registros de estudios como el de Rojas, (1983), Ochoa (1981, 2003), Sánchez *et al.* (2000, 2008), Delgado (1998, 2001, 2004, 2009) Pereira (2011), Bouza y Aboal (2007) y Gómez *et al.* (2004), indican, la presencia de estas especies casi la mayor parte del año; además hay investigaciones que estas especies han obtenido altas concentraciones celulares y en ocasiones se han presentado como floraciones (Cassis *et al.* 2002; Gómez *et al.*, 2004; Junqueira *et al.* 2015; Ramírez *et al.*, 2006; Belardi, 2008; Quijano *et al.*, 2008; Gadea, 2009; Torres, 2010; Orduña, 2012; Traines, 2014; Reguera, 2015). Por todos los reportes respecto a esta especie, se puede inferir que es una especie que no es muy exigente a los parámetros ambientales.

Los dinoflagelados *P. mínimum* y *G. impudicum*, son los dinoflagelados más abundantes en la bahía de Samanco. *P. mínimum*, Sánchez *et al.*, (2008) lo registró desde Chorrillos a Isla San Lorenzo con una gran discoloración del mar que alcanzó densidades celulares de 21×10^6 cel.L⁻¹. Esta especie es común en aguas costeras marinas y en algunas ocasiones lo han atribuido la mortandad de peces y moluscos (Muciño *et al.*, 2011; Poot, 2016), así como problemas de salud humana asociados al consumo de moluscos (Ruiz, 2013). A *P. mínimum* lo han reportado formando floraciones algales nocivas (Mucuño *et al.*, 2011); sin embargo las altas densidades de *P. mínimum* ocurridas en la bahía de Samanco no han presentado floraciones que hallan ocasionado algún daño en el ecosistema. Además se ha presentado durante todos los meses de estudio, a excepción de mayo de 2011 (Cuadro 4 y 5), lo cual conduce a expresar que es una especie que se adapta a vivir en zonas costeras marinas, como lo señala Moreno (1996), Sar *et al.* (2002) y Ruiz, (2013).

Mientras que *G. impudicum*, se ha registrado en las dos estaciones de la bahía de Samanco con altas densidades, su pico máximo lo obtuvo en noviembre del 2011. Estos resultados son similares a los registrados en zonas cálida templadas, como en las costas de Murcia, España (Bouza y Aboal, 2007) y estuvo presente en la mayor parte del año (2006). Fraga y Bravo (1995), mencionan que *G. impudicum* es capaz de proliferar y cambiar el color de las aguas, produciendo

en muchos casos efectos nocivos en la biota acuática; además puede producir la muerte de organismos a consecuencia de efectos indirectos debido a la asfixia (anoxia) a nivel de branquias (Uribe, 2001) y que podría afectar a los cultivos de *Argopecten purpuratus* que se desarrollan en la bahía de Samanco, por eso se considera en los reportes de fitoplancton tóxico.

Las especies *D. acuminata*, *D. caudata* y *D. rotundata*, son de interés sanitario producen toxinas del tipo DSP (Reguera *et al.*, 2011), productoras de ácido okadaico, toxina que provoca diarrea por ingestión de mariscos contaminados (Hallegraef, 2003; Córtes, 1997; Steindinger, 1999; Reguera, 2003). *D. acuminata* y *D. caudata* llegan a producir altas concentraciones celulares y floraciones (Blanco, 1995; Raho, 2008); sin embargo las densidades registradas en las estaciones E1 y E2 de la bahía de Samanco son bajas, no han generado floración y las mayores abundancias se han presentado en diciembre de 2011 y enero de 2012; y estos resultados han sido suficientes para detectar toxinas en *A. purpuratus*, tal como lo reportó ITP (2012). Raho (2008), indica que incluso abundancias inferiores pueden causar episodios de intoxicación en situaciones que favorecen la retención de altas concentraciones de toxina. *D. rotundata* ocurrió ocasionalmente durante el estudio con bajas densidades que son corroborados por Caroppo, (1999); Sar *et al.*, (2002); y Reguera *et al.*, (2011), ello implica que esta especie estaría limitada a proliferar en condiciones ambientales que no son aptas para su buen desarrollo.

Los dinoflagelados *A. peruvianum*, *P. reticulatum*, *P. crassipes*, no llegan a ser dominantes. *A. peruvianum* y *P. crassipes* son especies de ambientes tropicales (Balech, 1988; Tomás, 2012). *A. peruvianum* en la bahía de Samanco se encontró en bajas densidades, aún cuando sus mayores densidades estuvieron en marzo (verano) del 2012.

P. reticulatum lo han reportado en el litoral de Argentina y Chile (Akselman *et al.*, 2013; Alves, 2013). *P. reticulatum*, en la bahía de Samanco sería el primer reporte hasta la fecha, probablemente haya sido introducida a través de agua de lastre por embarcaciones que llegan a la bahía El Ferrol y se traslada a la bahía de Samanco a través de botes de traslado de materiales de pesca y acuicultura. Desde marzo del 2012 está incluido en la lista de fitoplancton tóxico.

P. crassipes, tiene presencia durante la época de primavera y verano, estadísticamente presentó sus máximas densidades en verano; asimismo está adaptada a vivir en diferentes condiciones ambientales (Carmelo, 1997; Balech, 1988; Licea *et al.*, 1995; Esqueda y Hernández, 2010) de allí que Balech (1988), Sar *et al.* (2010) señalan que es cosmopolita.

El fitoflagelado *H. akashiwo*, en nuestro estudio es el más abundante de todas las especies tóxicas registradas para la bahía de Samanco. Al presentarse en dos fechas de muestreo estas concentraciones resultaron ser bajas en comparación con los registros reportados en enero del año 2015 por Sánchez *et al.*, (2015). Según Orozco (2009), en las bahías de Tortugas, Huacho, Callao y Miraflores, esta especie generó floraciones, que disminuyó el oxígeno en la columna de agua, en tanto que Sánchez *et al.* (2010) reportó el estado de hipoxia y varazón de peces e invertebrados marinos como lenguado y pulpo juvenil en la bahía de Pisco. Esta especie no se ha desarrollado como floración en la bahía de Samanco posiblemente por encontrarse en diferentes condiciones ambientales respecto a otras bahías como son reportados por los anteriores autores, donde existiría concentraciones favorables de nutrientes y otros factores ambientales.

En general, si consideramos la densidad del fitoplancton tóxico entonces se define que las especies de fitoplancton registradas en la bahía de Samanco no presentan un patrón de comportamiento mensual, según las diferencias estadísticas significativas (Anexo 9) que presenta cada especie del fitoplancton tóxico. Pero se observa una sucesión de la abundancia de las especies tóxicas a través del tiempo (Gráficos 14 al 35) que están asociados a las variaciones de los factores fisicoquímicos ambientales.

Para las especies que siempre se han presentado casi durante todo el tiempo de estudio se debe a que están adaptadas a vivir en diferentes condiciones del año del medio acuático de la bahía de Samanco; mientras que las otras especies (*A. peruvianum*, *P. reticulatum* y *H. akashiwo*) que estuvieron ausentes en varias fechas, es porque no han encontrado las condiciones favorables para su crecimiento óptimo por ser especies que predominan en aguas tropicales, que en el caso de la bahía de Samanco es un ecosistema acuático ubicado en un clima templado.

Variación y abundancia del fitoplancton tóxico en los tres estratos de profundidad

En la distribución vertical del fitoplancton se ha llegado a determinar que generalmente las mayores abundancias se ubican en la superficie (0-5 m), y menos abundantes en el fondo (10-15 m), esto porque necesitan captar la luz solar para realizar la fotosíntesis. Las especies de fitoplancton son capaces de explotar las posibles ventajas ambientales que se presentan en la parte superficial de la columna de agua.

Según Abarzua (1995) en la zona superficial ocurren gradientes de luz y temperatura, y esto puede constituir un punto de referencia físico en el que las especies fitoplanctónicas alcanzan concentraciones óptimas para el desarrollo de procesos reproductivos y actividades relacionadas con el ciclo celular.

Para las especies de dinoflagelados *A. peruvianum*, *D. caudata*, *G. impudicum* y *P. minimum* se han presentado mayores concentraciones celulares en la superficie y muy baja densidad se encuentra en el fondo, los análisis estadísticos demuestran que presentaron diferencias estadísticas entre los tres estratos (Anexo 5 y 6). Puede ser explicado por su mejor capacidad para aprovechar las condiciones de temperatura y salinidad que presenta el medio marino de la bahía de Samanco y estar íntimamente relacionados con las variaciones de estos parámetros que presenta la columna de agua de mar (Tomás, 2012).

Para el caso de las diatomeas como las *Pseudonitzschias* son especies que se desarrollan muy bien en las tres profundidades de la bahía de Samanco. Trainer (2014) señala que las *Pseudonitzschias* son capaces de recorrer mayores distancias verticales porque tiene amplia adaptabilidad. Es así que las especies *P. delicatissima*, *P. seriata*, *D. acuminata*, *D. rotundata*, *P. reticulatum*, *P. crassipes*, y *H. akashiwo*) no demostraron diferencias estadísticas entre los tres estratos (Anexo 5), porque las estaciones de muestreo están ubicadas a profundidades casi similares (E1=17 m y E2=18m), lo cual hace que su distribución entre los tres estratos sean también similar, porque sus abundancias tienen la adaptabilidad de distribuirse en los tres estratos.

Relación del fitoplancton tóxico con la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia en la E1 y E2.

Existen factores que tienen relación con el fitoplancton tóxico, pero en esta investigación discutiremos la relación entre el fitoplancton tóxico y la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia en dos estaciones en la bahía de Samanco. La evaluación continúa en los diversos trabajos de investigación realizadas a lo largo del litoral peruano demuestran que las fluctuaciones del fitoplancton tienen relación con el incremento de temperatura, influyendo para que se favorezca la fotosíntesis y facilitar el desarrollo y mantenimiento de las especies. (Boletines del IMARPE), igualmente lo señalan Moreno (1995); Carmelo (1997); Fraga *et al.* (1995), Ochoa (2003), Bounza y Aboal (2007) y Muyllaert *et al.* (2009).

La densidad del fitoplancton tóxico en la bahía de Samanco está relacionada con la temperatura, fundamentalmente cuando la temperatura aumenta en el estrato de 0-5 m, la densidad del fitoplancton tóxico aumenta, es decir la temperatura ha influenciado para el desarrollo de estas especies; es así, que las especies que mostraron relación directa con la temperatura. Esta relación presentada en la bahía, es corroborado con el estudio de Abarzua *et al.*, (1995), que señalan que encontraron una alta correlación de algas fitoplactónicas y bacterias heterotróficas con la temperatura, parámetro que explica un alto porcentaje de las variaciones temporales observadas.

En cuanto a la salinidad, la evaporación y las descargas de actividades antropogénicas que ingresan a la bahía son las causas principales de las variaciones de salinidad. *P. minimum* es una especie que ha establecido relación inversa en ambas estaciones, lo que indica que es una especie que se adaptada a esas condiciones que evidencian que la salinidad estaría actuando como una variable importante en la distribución *P. minimum* en la bahía de Samanco. Conduce a explicar el comportamiento casi uniforme en los tres estratos, que aumenta la densidad a medida que decrece la salinidad. Según Ulloa, 2005, la salinidad es una variable que puede estar regulando la composición del fitoplancton, lo cual permite explicar la presencia de especies con carácter eurihalino como las diatomeas del género *Pseudonitzschia* y el dinoflagelado *P. minimum*.

En cuanto al oxígeno no hay un comportamiento uniforme en ambas estaciones. El oxígeno disuelto tiende a acumularse en las capas superficiales debido a la abundancia de la vida vegetal, y a ser consumido a mayores profundidades (Wetzel, 1981). La densidad de algunas especies de fitoplancton tóxico de la bahía de Samanco está relacionada con el oxígeno: como la especie *P. delicatissima*, cuando el oxígeno desciende en los estratos de (5-10) m y (10-15) m, la densidad del fitoplancton tóxico aumenta, es decir el oxígeno se ha relacionado con el desarrollo de esta especie, contradiciendo este resultado. Wetzel (1981), indica que la presencia de la abundancia

fitoplanctónica da como resultado un incremento en los valores de oxígeno disuelto en el medio, en tanto las especies *D. caudata*, *D. rotundata* y *G. impudicum* si mostraron relación directa con el oxígeno y se manifestó en el estrato de (0-5) m. La relación inversa podría deberse a la variación vertical de este parámetro que sugiere la tendencia de un ambiente templado como es de la bahía de Samanco, sujeto a la presencia de una concentración de oxígeno casi estable, desendiendo los registros de oxígeno en los tres estratos a medida que desiendo la profundidad.

En cuanto al pH, la prevalencia de la relación es inversa en 2 especies: *D. rotundata* y *P. reticulatum*. En toda la columna de agua de la bahía se desarrolla el proceso de la descomposición de la materia orgánica con diferencias en los diferentes estratos lo que permite la producción del dióxido de carbono, que conduce a la disminución del pH en el agua. Es así que Talavera *et al.* (1998), señalan que los organismos heterótrofos (bacterias y animales acuáticos) interfieren sobre el pH del medio en general y que ésta situación ocurre debido a los intensos procesos de descomposición y respiración a través de los cuales hay liberación de CO₂, que por hidrólisis origina ácido carbónico e iones de hidrógeno. Asimismo, que varios procesos metabólicos que ocurren en las aguas naturales pueden generar iones de hidrógeno, contribuyendo de esta forma con la disminución del pH medio.

En el caso de la transparencia es otro factor que presentó relación inversa con las especies. *D. acuminata*, *D. rotundata* y *P. mínimum*. Las abundancias de estas especies se relacionaron con los valores bajos de transparencia (2 m), lo que significa que la abundancia estuvo asociada con la turbidez biológica, que consiste en la reducción de la claridad del agua por la presencia de materia suspendida (www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx).

Las especies que no han manifestado establecer relación estadística significativa, pueden proliferar y adaptarse a rangos mucho más amplios de factores fisicoquímicos como la temperatura y la salinidad. Mientras que es notorio observar los que presentaron relación fue porque estuvieron asociadas a la sensibilidad de los factores fisicoquímicos de la bahía de Samanco. Además, en la E1 se encontró más relación de especies de fitoplancton tóxico con los factores fisicoquímicos en comparación con la relación presentada en la estación E2. Esto probablemente se deba que la E1 está ubicada en el centro de la bahía y los factores fisicoquímicos están más estables; esto no sucede con la E2 que está ubicada cerca de la orilla de la bahía y los factores fisicoquímicos están sujetos a cambios más cortos.

Algunos de estos factores ambientales como el pH y el oxígeno pueden ser modificados en el ambiente natural por las actividades antropogénicas al incorporar material orgánico, lo cual

conduce a incrementar o disminuir el proceso fotosintético que coadyuva a pasar a un nivel de eutrofización el cual es perjudicial para el ecosistema acuático. De allí que es necesario evaluar en forma continua al fitoplancton, porque es un indicador del grado de eutrofización que se estaría acelerando por el material orgánico que produce la actividad acuícola y que al descomponerse se modificaría sus parámetros ambientales que permiten que el fitoplancton tóxico se desarrolle al encontrar condiciones óptimas. La interrogante de como este gradiente de estas variables fisicoquímicas medidas impacta a la composición de especies del fitoplancton no tiene una respuesta simple, ya que es una cuestión muy compleja más allá del alcanza del presente trabajo.

El fitoplancton tóxico registrado en el estudio ha variado en su abundancia. Jacinto, (2004), indica que, estos organismos son consumidos por organismos filtradores como los moluscos que pueden transferir estas toxinas a niveles superiores de la cadena trófica, actuando como vectores que dan lugar a los tristemente célebres síndromes de “intoxicación por mariscos” que afectan al hombre que es el principal consumidor. Esta inferencia se ha presentado en algunas concesiones acuícolas de la bahía de Samanco por que se ha detectado toxinas en *A. purpuratus* por *Dinophysis* spp., que los convierten en no aptos para el consumo humano, como en otras zonas de la costa del Perú.

A la fecha (2017), para detectar las toxinas se ha venido realizando con la muerte del ratón como metodología, sin embargo, Sanipes en el 2016 (www.sanipes.org.pe), estableció que los análisis de toxina deben ser realizados por el método de HPLC, aun así, algunas conceciones acuícolas no se ajustan a dicha directiva porque no existen laboratorios especializados y de bajo costo con capacidad en infraestructura analítica y equipo para abordar la gran gama de toxinas a las que estamos expuestos.

Las instituciones como Sanipes e IMARPE hacen monitoreos de fitoplancton como parte de un Programa de Control de Moluscos Bivalvos con el fin de determinar si existe presencia de toxina en el molusco, pero sería necesario coordinar con otros especialistas dentro y fuera del país con el fin de unificar esfuerzos entre diversas instituciones y poder continuar avanzando hacia una mejor observación que permita la identificación taxonómica hasta el nivel de especie de toda la comunidad fitoplanctónica y el manejo adecuado de especies tóxicas en nuestro país, un enfoque multidisciplinario que abarque desde aspectos de la biología molecular, métodos bioquímicos y análisis basados en enfoques genéticos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se registró 11 especies de fitoplancton tóxico *Pseudonitzschia delicatissima*, *P. pungens*, *Alexandrium peruvianum*, *Dinophysis acuminata*, *D. caudata*, *D. rotundata*, *Gymnodinium impudicum*, *Protoceratium reticulatum*, *Prorocentrum mínimum*, *Protoperdinium crassipes* y *Heterosigma akashiwo* en ambas estaciones.
- Se determinó que no existe diferencia estadística significativa entre las densidades celulares de las dos estaciones de la bahía de Samanco.
- Se determinó que existe diferencia estadística significativa en las densidades temporales durante los meses de estudio, es decir, no existe un patrón de comportamiento mensual; sin embargo las mayores densidades se presentaron en épocas de primavera y verano en ambas estaciones.
- Existe diferencia estadística significativa entre las densidades de los tres estratos de profundidad en ambas estaciones.
- Las especies abundantes fueron *Pseudonitzschia delicatissima*, *P. pungens*, *G. impudicum*, *P. mínimum* y *H. akashiwo*, y estuvieron presentes casi todo el tiempo de estudio en ambas estaciones; así también *D. caudata*, presentó incidencia en el tiempo aunque sus abundancias fueron bajas en ambas estaciones.
- Fueron 8 especies de fitoplancton tóxico que presentaron relación con la temperatura; *A. peruvianum*, *D. caudata*, *D. rotundata* y *P. mínimum*, presentaron relación directa; mientras que *D. acuminata*, *G. impudicum*, *P. reticulatum* y *P. crassipes* presentaron relación inversa. En el caso de la salinidad 5 especies presentaron relación con este factor; de las cuales *D. acuminata*, *D. caudata*, *D. rotundata* y *G. impudicum* presentaron relación directa; mientras que *P. mínimum* presentó relación inversa. En el caso del oxígeno disuelto fueron 5 especies que presentaron relación con este factor; *D. caudata*, *D. rotundata* y *G. impudicum* presentaron relación directa; mientras que *P. delicatissima*, presentó relación inversa. En el caso del pH fueron 2 especies que presentaron relación con este factor, *D. rotundata* y *P. reticulatum* presentaron relación inversa. Y en el caso de la transparencia fueron 5 especies que presentaron relación con este factor, *A. peruvianum* presentó relación directa; mientras que *D. acuminata*, *D. rotundata*, *P. mínimum* y *P. crassipes* presentaron relación inversa.

5.2 Recomendaciones

- Ampliar la evaluación de parámetros ambientales como nutrientes, intensidad lumínica, estado del mar conjuntamente con los muestreos continuos de fitoplancton tóxico con la finalidad de conocer la fluctuación de este factor en relación con el fitoplancton tóxico.
- Generar una data histórica que permita realizar un software que coadyuve a predecir datos de registros de fitoplancton y parámetros ambientales, con toda la información que se recabe de las estaciones de monitoreo de la bahía de Samanco.
- Realizar un perfil tóxico de las especies de fitoplancton tóxico de la bahía de Samanco para identificar y cuantificar toxinas con la técnica del HPLC o LC Masas Masas lo cual permitirá establecer medidas preventivas ante la aparición de tales eventos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarzua M, Basualto S. y Urrutia H. (1995). *Relación entre la abundancia y biomasa del fitoplancton y bacterioplancton heterotrófico en aguas superficiales del golfo de Arauco, Chile*. Universidad de Concepción. Invest.Mar., Valparaiso, 23: 67-74.
- AENOR. (2007). Norma Española UNE-EN 15204. *Calidad del Agua. Guía para el recuento de fitoplancton por microscopía invertida (técnica de Utermohl)*. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Génova, Madrid, España. 44 p.
- Aké J., Okolodkov Y., Rodríguez C. y Campos G. (2014). Florecimientos Algales Nocivos en Veracruz: especies y posibles causas (2002-2012). 133-146p. En: Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. UAC, UNAM, ICMT, CINVESTAV-Unidad Mérida, 1174 p.
- Akselman R., Krock B., Alpermann T., Tillmann U., Boreal C., Almandoz G. y Ferrario M. (2015). *Protoceratium reticulatum (Dinophyceae) in the austral south-western Atlantic and the first report on YTX-production in shelf waters of Argentina*. Harmful Algae, 45. 40-52 p.
- Alvés C., Riobó P., Franco J. (2013). *Seasonal variability of Dinophysis spp. and Protoceratium reticulatum associated to lipophilic shellfish toxins in a strongly stratified Chilean fjord*. Editores. Elsevier.
- APHA – AWWA - WPCF. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Waster*. 22 nd. Edition, APHA, Part 10 200 Plankton. C.1, F.2, c.1.
- Assadi C. y otros. (2007). *Fitoplancton Potencialmente Tóxico o nocivo en las Agua de Puerto de Valencia (Mediterraneo Occidental)*. Laboratorio de Biología Marina. Departamento de Zoología. Universidad de Valencia. C/Dr. Moliner 50, 46 100 Burjassot (Valencia). En: *Avances y Tendencias en Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas*. 2008.
- Avaria S., Cáceres C., Castillo P. y Muñoz P. (1987). *Effects of the El Niño (1982-1983) on the Marine Phytoplankton off Northern Chile*. J. Geophys. Res. 92 (C-13), 369-382.
- Balech E. (1988). *Los Dinoflagelados del Atlántico Suboccidental*. Publ. Esp. Inst. Esp. Oceanografía. N°1. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid. España.
- Band-Schmidt C., Bustillos C., López D., Núñez E. y Hernandez F. (2011). *El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México*. Hidrobiológica 21 (3): 381- 413.
- Bárcena V., López J., Rojas J., Baylón M., Sánchez L. y Flores O. (2013). *Alexandrium tamiyavanichii on the north coast of Perú*. Phytoplankton Laboratory, toxin Laboratory, Certificaciones del Perú S.A. (CERPER). Perú.
- Baylón M., Sánchez S., Bárcena V., López J. y Mamani E. (2015). *Primer reporte del Dinoflagelado potencialmente tóxico Alexandrium minutum Hallim 1960 en el litoral peruano*. Revista Peruana de Biología 22(1): 113-118.
- Belardi H. (2008). *Floraciones Algales Nocivas en el Mar Mediterraneo*. Cátedra Euroárabe de Medio Ambiente. Fundación Euroárabe de altos estudios. España.
- Berrú P., García V., Tresierra A., Cervantes C. y Tenorio J. (2005). *Prospección bioceanográfica en el litoral de la Provincia del Santa: Delimitación de zonas de pesca artesanal, bancos naturales de invertebrados y áreas propuestas para maricultura (07-12 y 14-16 de junio del 2005)*. Informe Preliminar. IMARPE. Unidad de Investigación de Invertebrados Marinos. Laboratorio Costero de Chimbote.
- Berrú P. y Tresierra A. (2007). *Bahía Samanco, Chimbote, Perú: Invertebrados Marinos. Bancos Naturales, niveles de extracción y parámetros comunitarios. 2001- 2004*. Inf. Inst. Mar Perú, vol. 34, N° 01, 69-79 p. Enero a Marzo 2007. Callao Perú.

- Berrú P., Tresierra A. y García V. (2008). *Evaluación Poblacional de Argopecten purpuratus "concha de abanico" en Isla Santa, Bahía El Ferrol, Bahía Samanco y Bahía Tortuga. Marzo 2008*. Informe Interno. Inst. Mar Perú, 63 p.
- Blanco J., Fernández M., Marino J., Reguera B., Miguez A., Maneiro J., Cacho E. y Martínez A. (1995). *From Dinophysis spp. toxicity to DSP outbreaks: a preliminary model of toxin accumulation in mussels*. In: Lassus P., Arzul G., Erard E., Gentien P y Marcaillou C. (eds). Harmful marine algal blooms. Lavoisier, Paris, 777-782 p.
- Bouza N. y Aboal M. (2007). *Fitoplancton Potencialmente tóxico en la costa sur de Murcia (SO Mar Mediterráneo)*. Laboratorio de Algología. Departamento de Botánica. Facultad de Biología. Universidad de Murcia, Campus de Espinardo. E-30100-Murcia. España.
- Burguera E. (2013). *Abundancia de fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: Influencia de factores físicoquímicos y biológicos*. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Politécnica Superior de Gandía. Master Universitario en Evaluación y Seguimiento Ambiental de Ecosistemas marinos y costeros.
- Busso F. y Paesky L. (2010). *Análisis del fitoplancton. Significación ecológica y sanitaria*. Universidad Católica de Córdova. UCC.
- Cabello R., Tam J. y Jacinto E. (2002). *Procesos naturales y antropogénicos asociados al evento de mortalidad de conchas de abanico ocurrido en la Bahía de Paracas (Pisco, Perú) en junio del 2000*. Rev. Perú. Biol. 9(2): 49-65.
- Carmelo R. Tomás. (1997). *Identifying Marine Phytoplankton. Florida Department of Environmental Protection*. Florida Marine Reserarch Institute St. Petersburg, Florida. Academia Press Limited. San Diego. California. USA.
- Caroppo C. y Congestri R. (1999). *On the presence of Phalacrocoma rotundatum in the southern Adriatic Sea (Italy)*. Aquatic Microbial Ecology. Vol. 17: 301-310.
- Cassis D., Muñoz P. y Avaria S. (2002). *Variación temporal del Fitoplancton entre 1993 y 1998 en una estación fija del seno Aysén, Chile (45° 26' S 73° 00' W)*. Revista de Biología Marina y Oceanografía 37 (1): 43-65. Chile.
- Cembella A. (2014). *Microalgas Marinas Nocivas. Biología–Toxicidad. Chemical Ecology and species concepts for HAB Taxa: Emerging New Paradox of the Plankton*. Curso Internacional de Posgrado. Facultad Regional de Chubut, Puerto Madryn, Chubut, Argentina.
- Chang F., Delgado E. y Fernández C. (1999). *Composición Abundancia y Distribución del Fitoplancton frente a la Costa de Perú, durante el verano 1999*. Inf. Inst. Mar Perú, N°147, agosto, 1997. 99-108 p. Callao, Perú.
- Chang F., Sánchez S., Delgado E., Villanueva P. y Fernández C. (2000). *El Fitoplancton en la Superficie del Mar Peruano durante el Otoño 2000*. Inf. Inst. Mar Perú, N°163, octubre, 2001. 43-16 pp. Callao, Perú.
- Chang F., y Delgado E. (2003). *Fitoplancton en Invierno 2003*. Inst. Mar Perú, N°02, vol 35, 103-107 p. Callao, Perú.
- Chang F., Villanueva P. y Fernández C. (2004). *Fitoplancton del mar peruano durante el invierno 2001*. Inf. Inst. Mar Perú, 32(1). Callao, Perú.
- Cupp E. (1943). *Marine Plankton Diatoms of the west coast of North America*. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California. La Jolla. California. Vol 5:1-238.
- Decreto Supremo N° 002-2008 MINAM.
- Decreto Supremo N° 015-2015 MINAM
- Decreto Supremo N° 007-2004-PRODUCE.

Decreto Supremo N° 012-2013-PRODUCE

- Delgado E., Chang F., Villanueva P. y Sánchez S. (1995). *Fitoplancton durante el crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos (13 febrero-05 abril, 1995) BIC SNP-1*. Inf. Inst. Mar Perú, N°116, febrero, 1996. 3-29 p.
- Delgado E. y Villanueva P. (1997). *Estructura Comunitaria del Fitoplancton durante el Crucero BIC Humboldt 9709-10, de Matarani a Paíta*. Inf. Inst. Mar Perú, N°130, febrero, 1998. 53-57 p.
- Delgado E. y Villanueva, P. (1998). *La comunidad fitoplanctónica en el litoral peruano durante marzo-mayo 1998*. Crucero BIC Humboldt 9803-05 de Tumbes a Tacna. Inf. IMARPE. 135:114-120.
- Delgado E., Chang F., Villanueva P. y Fernández C. (1999). *Fitoplancton en el Invierno 1999 en un área seleccionada (7°-9° S) Crucero BIC José Olaya Balandra 9908-09*. Inst. Mar Perú, N°154, junio, 2000. 23-41 p.
- Delgado E. Villanueva P., Chang F. y Fernández C. (2000). *El Fitoplancton del Mar Peruano en el Verano 2000*. Inf. Inst. Mar Perú, N°159, febrero, 2001. 85-98 p.
- Delgado E., Sánchez S., Chang F. y Villanueva P. (2004). *Fitoplancton del mar peruano durante el verano austral 2001*. Inf. IMARPE. 32(1).
- Delgado E. y Chang F. (2005). *Fitoplancton de Mar Peruano a fines de Invierno 2005*. Inf. Inst. Mar Perú, N°02. Vol. 35. 153-157 p.
- Delgado E. y Chang F. (2009). *Comunidad Microalgal durante el verano 2006*. Inf. IMARPE. 36(3-4):131-135.
- Ecolástico C., Cabildo P., Claramunt R. y Claramunt T. (2013). *Ecología II: Comunidades y Ecosistemas*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid.
- FAO. (2005). *Biotoxinas Marinas. Estudio FAO: Alimentación y Nutrición*. Roma, Italia.
- Fernández A. (1999). *Manual de las Diatomeas Peruanas*. Edit. Talleres Gráficos IVP. Trujillo. Perú.
- Fraga S., Bravo I., Delgado M., Franco J. y Zapata M. (1995). *Gyrodinium impudicum Dinophyceae a non toxic chain-forming red tide dinoflagellate*. Phycologia vol. 34: 514-521.
- Gadea I. (2009). *Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes*. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.
- García V. (2002). *Influencia de los factores físicos-químicos en la germinación de quistes y crecimiento de dinoflagelados potencialmente nocivos en el extremo Sur de Brasil*. En: Sar et al. (2002). *Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano*.
- García V., Huerto M., Cervantes C., León J. y Córdova N. (2013). *Caracterización Ambiental y Potencial Pesquero 2004-2011: Bahía de Samanco, Chimbote, Perú*. Informe del Instituto del Mar del Perú. Vol. 40 N° 1-2.
- Garro T. y Prado J. (2007). *Impactos Ambientales del Cultivo de Concha de Abanico en la Bahía de Samanco-Perú*. AQUAHOY. Portal de Información de Acuicultura.
- Gilabert J. (2007). *Avances y tendencias en Fitoplancton tóxico y biotoxinas*. (Recopilación de trabajos). Actas de la IX Reunión Ibérica sobre Fitoplacnton tóxico y Biotoxinas, Cartagena, 7-10 mayo 2007, Colombia.
- Graco M., Ledesma J., Flores G. y Girón M. (2007). *Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú*. Revista Peruana de Biología. Vol. 14(1): 117-128. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM.
- Granéli E. y Turner J. (2006). *An introduction to Harmful algae in ecology of harmful algae*. Granéli E. y Turner J. (eds) Springer Editorial, 3-7 p.

- Goya E., Vega D., Aguilar R., Paredes E., Rivadeneyra S., Silva J. y Marcelo C. (2012). *Mortandad de Delfines en el litoral de la costa norte, Febrero a Abril de 2012*. Inf. IMARPE, mayo 2012.
- Gómez S., Licea S. y Gómez S. (2004). *Proliferaciones de Pseudonitzschia spp, (Bacillariophyceae) y otras especies de microplancton en la Bahía de Mazatlán, México*. Rev. Biol. Trop. 52 (Supl. 1): 69-76.
- González I., Beltrán L., Rodríguez R., y Delgado E. (2000). *Monitoreo Oceanográfico Pesquero en Áreas seleccionadas: MOPAS Paita 0011-12*. Inf. Prog. Inst. Mar Perú, N°145, mayo, 2001. 3-16 p.
- Guillén O. y Santander H. (1970). *Informe del Crucero SNP-1, 7006. Condiciones Bioceanográficas*. Inst. Mar Perú, Serie de Informes Especiales N°IM-68.
- Guzmán L. (2010). *Alexandrium catenella y Veneno Paralizante de los Mariscos en Chile*. División de Investigación en Acuicultura, Instituto de Fomento Pesquero, Puerto Montt, Chile.
- Hallegraeff G., Anderson D. y Cembella A. (1993). *Manual on Harmful Marine Microalgae*. Technical Director: H.O. Enevoldsen Unesco Publishing.
- Hallegraeff G., Anderson D. y Cembella A. (2003). *Manual on Harmful Marine Microalgae*. Technical Director: H.O. Enevoldsen Unesco Publishing.
- IMARPE (2009). *Estudio de Línea Base en el Ámbito Marino de la Bahía de Samanco, 13 - 24 diciembre 2008*. Informe Final. Febrero, 2009. Chimbote, Perú.
- IMARPE. (2010). *Manual de Procedimientos para el Muestreo y Ensayo Semicuantitativo y Cuantitativo del Fitoplancton Potencialmente Tóxico*. Edición 1, versión 0, Lima, 1-22 p Perú.
- Instituto Tecnológico Pesquero. (2006). *II Curso Teórico - Práctico de Fitoplancton de Fitoplancton Potencialmente Nocivo*. Dirección de Investigaciones en Oceanografía. Unidad de Investigaciones en Oceanografía Biológica (UIOB). Callao.
- Jacinto M., Guzmán M., Morón O., Delgado E. y Córdova J. (1995). *Evaluación de la Calidad del Medio Marino en la Bahía de Ferrol, Chimbote. Octubre 1995*. Inf. Prog. Inst. Mar Perú, N°49, enero, 1997. 3-29 p.
- Junqueira de Azevedo C., Fernández L. y Mafra L. (2015). *Seasonal and spatial patterns of toxigenic species of Dinophysis and Pseudo-nitzschia in a subtropical Brazilian estuary*. Brazilian Journal of Oceanography, 63(1):17-32. Brasil.
- Kameya A., Elliott W., Morón O., Saravia B., Delgado E., Girón M. y Cárcamo E. (1993). *Prospección Bioceanográfica y pesca en el Callao (Playas Carpayo, Arenilla, Cocos y Mar Brava)*. Inf. Prog. Inst. Mar Perú, N°11, noviembre, 1995.
- Landsberg J. (2002). *The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms*. Reviews in Fisheries Science 10:130-390.
- Lassus P., Arzul G., Erard E., Gentian P. y Marcaillou C. (2016). *Harmful marine algal Bloom*. Paris: Lavoisier Intercept Ltd. 103-112 p.
- Licea S., Moreno J., Santoya H. y Figueroa G. (1995). *Dinoflagelados del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Sep-Fomes. Primera edición. México.
- López J. y Méndez A. (2014). *Evaluación de la concentración de los grupos de fitoplancton: Diatomeas, Cianofitas, Clorofitas y Dinoflagelados y su relación con los parámetros fisicoquímicos, en las aguas del Río Estero Rea, periodo junio-noviembre 2013*. Tesis para optar el grado de licenciado en Biología. Universidad Autónoma de Nicaragua, Julio, 2014.

- Margalef R. (1978). *Phytoplankton Communities in Upwelling Areas*. The example of NW Africa Ecol, Aquat. 3:97-132.
- MCadaillón, y otros. (2010). *Floraciones Algas Nocivas y Ficotoxinas en Fitoplancton y Zooplancton de los Golfos Nuevo y San José (Chubut, Argentina)*. Laboratorio de Hidrobiología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Patagonia San Juan Bosco, sede Puerto Madryn.
- Méndez S. y Ferrari G. (2002). *Floraciones algales nocivas en Uruguay: Antecedentes, proyectos en curso y revisión de resultados*. En: Sar (eds). 2002. *Floraciones Algas en el Cono Sur Americano*, 312 p.
- Minaya C., Vargas M. y Moreno M. (2014). *Dinoflagelados en la Ensenada de la Isla Los Chimus, Santa – Perú, 2014*. Manglar 11(2):49-53, Revista de Investigación Científica. Universidad Nacional de Tumbes, Perú.
- Moreno J., Licea S., Santoyo H. y Figueroa G. (1995). *Dinoflagelados del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Sep-Fomes. Primera edición. México.
- Moreno J., Licea S. y Santoyo H. (1996). *Diatomeas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Sep-Fomes. Primera edición. México.
- Morón O., Vásquez L., Delgado E. y Ayón P. (1996). *Monitoreo Oceanográfico Pesquero en Áreas seleccionadas (MOPAS) Paita-Chimbote-Callao-Pisco-Ilo (enero-1996)*. Inf. Prog. Inst. Mar Perú, N°42, octubre, 1996.
- Morón O., Delgado E., Girón M., Gómez E. y Carrasco N. (1997). *Monitoreo Oceanográfico Pesquero en Áreas seleccionadas: Paita Chimbote Callao Pisco Ilo (MOPAS 9710)*. Inf. Prog. Inst. Mar Perú, N°100, febrero, 1999. 3-84 p.
- Muciño R, Figueroa M. y Gárate I. (2011). *Especies fitoplanctónicas formadoras de proliferaciones algales nocivas en la boca de la laguna costera de Sontecomapan, Veracruz, México*. Research Journal of the Costa Rican Distance Education University. Vol. 3(2).
- Muyllaert K., Sabbe K. y Vyverman W. (2009). *Changes in phytoplankton diversity and community composition along the salinity gradient of the Schelde estuary (Belgium/The Netherlands)*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 82(2), 335-340.
- Ochoa N. y Gómez O. (1981). *Variaciones del fitoplancton en el área de Chimbote, durante 1977*. Boletín IMARPE. Vol. Extraordinario: 119-128.
- Ochoa N. y Tarazona J. (2003). *Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de la Bahía Independencia, Pisco-Perú*. Revista Peruana de Biología. Vol.1 n°1.
- Odebrecht C. (1996). *Floraciones de fitoplancton en el extremo sur de Brasil*. Fundacao Universidad Federal do Rio Grande. Rio Grande, RS, Brasil.
- Orduña R. (2012). *Patrones de Distribución y Abundancia del Fitoplancton Nocivo en la zona costera de Tuxpan Veracruz, México*. Tesis para obtener el título de: Maestra en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tuxpan, México.
- Orozco R. (2009). *Situación Actual de la Gestión del Agua de Lastre en el Perú*. Inst. Mar Perú.
- Palacios H. (2016). *Aspectos biológicos, taxonómicos y ecológicos de los principales grupos causantes de floraciones de algas en aguas continentales*. Universidad CES. Facultad de Ciencias y Biotecnología.
- Petro-Tech Peruanas. (2010). *EIAs Prospección Sísmica 2D y 3D Lote Z-48. Comportamiento de la dinámica marina y distribución de las masas de agua de mar, sus contribuyente, sus propiedades físicas y sus interrelaciones con la tierra, la atmósfera y vida marina en el*

- ámbito del Lote Z-48 (Costas de Ancash, desde Chimbote hasta Puerto Huarney). Preparado por Walsh Perú S.A.
- Pizarro L., García W., Chang F. y Girón M. (1997). *Condiciones Oceanográficas frente a la costa norte y centro del Perú, durante setiembre y octubre de 1997 (Operación Mopen 9709-10)*. Inf. Prog. Inst. Mar Perú, N°82, mayo, 1998, 3-32 p.
- Pizarro G., Moroño A., Paz B., Franco J., Pazos Y. y Reguera B. (2013). *Evaluation of passive samplers as a monitoring tool for Early Warning of Dinophysis Toxins in sheffish*. Marine drugs. 11: 3823-3845.
- Poot Delgado C. (2006). *Estructura de la comunidad fitoplanctónica con énfasis en las especies tóxicas y/o nocivas de la laguna de Macapule, Sinaloa*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. Institución Politécnica Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S.
- Proença L. y Oliveira G. (1999). *Análise el Ácido Domoico em moluscos cultivados no litoral de Santa Catarina*. Notas Técnicas da Facimar, Itajaí: 3.
- Quijano S., Garcés E., Sampedro N., Lenning K., Flo E., Andree K., Fortuño J. y Camp J. (2008). *Identification and Characterisation of the Dominant Pseudo-nitzschia species (Bacillariophyceae) along the NE Spanish coast (Catalonia, NW Mediterranean)*. Scientia Marina 72(2): 343-359. España.
- Quispe Y. (2009). *Microalgas tóxicas y su impacto en la producción de "concha de abanico"*. Taller Biocomercio: Alternativa de Pesca Pro Acuicultura Integrada. Setiembre, 2009. Instituto Tecnológico Pesquero.
- Raho N., Pizarro G., Escalera L., Reguera B. y Marin I. (2008). *Morphology toxin composition and molecular análisis of Dinophysis ovum schiitt a Dinoflagellate of the Dinophysis acuminata complex*. Harmful Algae 7 (2008) 839-848.
- Ramirez D. y López A. (2006). *Estructura Comunitaria del Fitoplancton de la Cuenca Pacífica Colombiana durante la campaña oceanográfica Pacífico XXXIX-ERFEN XXXVII*. Boletín Científico CCCP (2006), 13: 65-84.
- Reguera B. (2003). *Biología, Autoecología y Toxinología de las principales especies del género Dinophysis asociados a episodios de intoxicación diarrogénicas por bivalvos (DSP)*. Tesis para optar el grado de Doctor en Biología. Universidad de Barcelona. Dept de Ecología. Instituto Español de Oceanografía, C. O. de Vigo.
- Reguera B., Rodríguez F. y Blanco J. (2011). *Harmful Algae Blooms and food safety: Physiological and environmental factors affecting toxin production and their accumulation in sheffish*. Harmful Algae Blooms and Food Safety. En: New Trend in Marine Freshwater Toxin. Editor: A.G. Cabado and J.M. Vieites.
- Reguera B. (2015). *Floraciones de Microalgas Nocivas: Diversidad de especies, diversidad de recursos afectados*. Exposición. Instituto Español de Oceanografía (IEO) Vigo. España.
- Reglamento (EC) 15/2011.
- Reglamento (UE) N°786/2013.
- Rojas B., Gómez O. y Ochoa N. (1983). *Efectos del Fenómeno "El Niño" sobre el fitoplancton*. Instituto del Mar del Perú, apartado 22. Callao, Perú.
- Round F., Crawford R. y Mann D. (1990). *The Diatoms. Biology and Morphology of the genera*. Cambridge University Press. New York.
- Ruiz C. (2013). *Aislamiento, identificación, clonación y análisis filogenético de la microalga Prorocentrum mínimum (Pavillard) J. Schiller 1933 aislada de la bahía del Callao-Perú*.

- Tesis para optar el grado de Magister en Biotecnología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.
- Salbatier M., Osorio S., Fajardo W., Roncal F. y Olivares V. (2008). *Caracterización fitoplanctónica del áreas costera del Callao-Perú, afectada por aguas residuales*. Biologist (Lima), N° 2, Vol. 6, 135-145 p. Perú.
- Santinelli N. (2008). *Fitoplancton de un ambiente costero sometido a perturbación antrópica: bahía Nueva, provincial de Chubut*. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de la Patagonia. Argentina.
- Sánchez S., Delgado E. y Chang F. (1995). *Características de fitoplancton superficial en Paita, Chimbote, Callao, Pisco e Ilo (MOPAS 9510) (21-27 octubre de 1995)*. Inf. Prog. Inst. Mar Perú, N°33, mayo, 1996. 53-70 p.
- Sánchez S. (1995). *La Comunidad fitoplanctónica en el Área de Tambo de Mora a Paita, agosto-setiembre*. Inf. Inst. Mar Perú, N°119, 55-69 p.
- Sánchez S., y Delgado E. (1996). *Mareas Rojas en el Área de Callao (12° S) 1980-1995*. Inf. Prog. Inst. Mar Perú, N°44, noviembre, 1996. 19-37 p.
- Sánchez S., Villanueva P., Menacho M. y Chang F. (1997). *Composición y Distribución del Fitoplancton en el Mar Peruano, durante febrero-abril 1997*. Inf. Prog. Inst. Mar Perú, N°127, setiembre, 1997. 56-62 p.
- Sánchez S. y Villanueva P. (1998). *Características del Fitoplancton durante el crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos en la primavera 1998*. Inf. Inst. Mar Perú, N°146, junio, 1999. 54-59 p.
- Sánchez S., Chang F. y Fernández C. (1999). *Fitoplancton de Primavera en el Mar Peruano. Crucero de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos 9911-12*. Inf. Inst. Mar Perú, N°157, diciembre, 2000. 46-52 p.
- Sánchez S. (1999). *El Fitoplancton durante la prospección de reclutas de Recursos Pelágicos 9906*. Inf. Inst. Mar Perú, N°149, octubre, 1999. 71-74 p.
- Sánchez S. y Salvatierra M. (2000). *Variación espacial de fitoplancton con relación a parámetros físicos en las Bahías Ferrol y Samanco (Chimbote-Perú) en noviembre del 2000*. Área de Fitoplancton y Producción Primaria. Inf. Inst. Mar del Perú.
- Sánchez S. (2001). *Fitoplancton durante el Crucero de invierno 2000 para evaluación de biomasa desovante de anchoveta*. Inf. IMARPE. N°162.
- Sánchez S. y Jacobo N. (2004). *El fitoplancton en superficie durante la prospección bio-oceanográfica para la delimitación y caracterización de los bancos naturales de invertebrados marinos en la Bahía de Sechura 0302*. Informe interno del área de Fitoplancton y Producción Primaria. IMARPE.
- Sánchez S. y Jacobo N. (2004). *El Fitoplancton durante el Invierno 2004*. Inf. Inst. Mar Perú, N°02, vol. 35. 119-122 p.
- Sánchez S., Delgado E., Villanueva P., Chang F., Bemales A. y Jacobo N. (2008). *Investigaciones en Floraciones algales nocivas (FAN)*. Informe Anual 2007 IMARPE.
- Sánchez L., Flores O. y Baylon M. (2013). *Alexandrium minimum en las costas de Callao*. Perú.
- Sánchez S., Delgado E., Bances S., Quintana P. y Huamani A. (2015). *Floraciones Algas en Aguas Costeras del Mar Peruano, Paita-Ilo. (Enero-Marzo 2015)*. Laboratorio de Fitoplancton y Productividad Primaria del IMARPE.
- Sar E., Ferrario M. y Reguera B. (2002). *Floraciones Algas nocivas en el cono Sur Americano*. Primera edición. Instituto Español de Oceanografía. Madrid. España. 312 p.

- Sastre A., Santinelli N., Marino G., Willers V., Ferrario M. y Almandoz G. (2011). Monitoreo de especies de *Pseudonitzschia* Potencialmente tóxicas y Ácido Domoico en aguas costeras de la provincia de Chibut (Patagonia, Argentina). En: Sar E., Almandoz G., y Sunesen I. (editores). Libro de Resúmenes.
- Schiller J. (1937). *Dinoflagellatae: Peridinales y Prorocentrales*. In *Monographischer Behandlung*. Rabenhorst, *Kriptogamen-Flora* 10 (3) parte 2: 589 p.
- Schwarz E. (2011). *Molecular and Morphological Characterization of Alexandrium species (Dinophyceae) from the east coast, USA*. Tesis para optar el título de Maestro en Ciencias. University of North Carolina Wilmington in Partial Fulfillment y en Journal of Phycology.
- Sierra Beltrán et al (1997).
- Smayda T. (1997). *Harmful algae blooms: Their Ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea*. *Limnol, Oceanograph*, (4285): 1137-1153 p.
- Soumia A. (1995). *Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean; an inquiry into diversity*. En: Harmful marine algal Bloom, Lassus P, Arzul G, Erard E, Gentian P y Marcaillou C (eds). Paris: Lavoisier Intercept Ltd. 103-112 p.
- Steindinger K. y Melton H. (1999). *Harmful Microalgae and Associatec Public Health Risks in the Gulf of México*. Florida Marine Research Institute. Departament of Environmental Protection St. Petersburg, Florida, Usa.
- Strickland D., Epley R. y Rojas de Mendiola B. (1969). *Poblaciones de fitoplancton, nutrientes y fotosíntesis en aguas costeras peruanas*. Bol. Inst. Mar Perú vol. 2, N°01. Callao-Perú.
- Suárez B., López A., Hernández A., Clement A. y Guzmán L. (2002). *Impacto Económico de las Floraciones de Microalgas Nocivas en Chile y datos recientes sobre la ocurrencia de Veneno Amnésico de los mariscos*.
- Sunesen I., Lavigne A., Goya A. y Sar E. (2014). *Episodios de toxicidad en Moluscos de Agua Marinas Costeras de la provincia de Buenos Aires (Argentina) asociadas a algas toxigénicas (marzo del 2008 – marzo del 2013)*. Bol. Soc. Argent. Bot 49(3): 327-339.
- Taylor F. (1987). *The biology of Dinoflagellates*, En *Botanical Monographs*. Vol. 21, Oxford. Boston, EUA. 1-47 p.
- Talavera V., Zapata L. y Sanchez D. (1998). *Influencia del ph sobre los organismos acuáticos*. Boletín Nicovita. Ediciones Tumpis. Volumen 3. Edición 2, Julio.
- Tomás C. (1997). *Identifying marine phytoplankton*. Academia Press Inc. California, EUA.
- Tomás C., Wagoner R., Taffers A., White K., Hall S. y Wright J. (2012). *Alexandrium peruvianum (Balech y Mendiola) Balech and Tangen a new toxic species for coastal North Carolina*. *Harmful Algae* 17(2012) 54-63. USA.
- Torres G. (2010). *Composición y Distribución del Fitoplancton an Aguas Costeras Ecuatorianas durante la Niña (Setiembre, 2001)*. Tesis para optar el grado de Magister en Ciencias con Énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
- Trainer V., Bates S., Lundholm N., Thessen A., Cochlan W., Adams N. y Trick Ch. (2014). *Pseudonitzschia physiological ecology, phylogeny, toxicity, monitoring and impacts on ecosystem health*. *Harmful Algae* 14 (2012) 271-300.
- Tresierra A. (2013). *Proyecto de informe de tesis y redacción científica*. Primera edición. Editorial. Industria gráfica ABC SAC. Trujillo, Perú. 108 p.
- Ulloa A. (2005). *Influencia de la disponibilidad de nutrientes sobre los cambios espacio-temporales de la comunidad de fitoplancton en el litoral del Municipio de Guasave, Sinaloa*. Tesis

- para optar el grado de Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional de Sinaloa. Agosto de 2005.
- Uribe J. y Ruiz M. (2001). *Gymnodinium Brown tide in the Magallanic Fjords, Southern Chile*. Revista de Biología Marina y Oceanografía 36 (2): 155-164. Chile.
- Van Dolah F. (2000). *Marine Algal Toxins: Origins, Health effects, and their Increase Occurrence*. Environ Health Perspect 108:133-141.
- Vásquez L., Tenorio J., Crispín M., Velazco F. y Solís J. (2000). *Caracterización física, química y geológica en la Bahía de Samanco, Chimbote. 19-22 de julio del 2000*. Inf. Prog. Inst. Mar del Perú. N° 131. 28 p.
- Wetzel R. (1981). *Limnología*. Ediciones Omega, S. A. Casanova, 220. Barcelona.
- Yucra H., Arellano C., Becerra N., Jara M. y La Torre M. (2005). *Fitoplancton de la Playa Los Pescadores, Chorrillos, Lima, Perú, invierno 2005*. Lab. Ecofisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad Nacional Federico Villarreal. Perú.
- www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx
- www.explorable.com-la-correlación
- www.una.edu.pe/documentos/organización/vri/cdcitra/.../IF.../INFORMES.pdf
- www.sanipes.gob.pe Procedimiento “Ejecución del Control Oficial de las áreas de Producción” y “Ejecución del Programa de Control de Moluscos Bivalvos” (P02-Sub Dirección de Supervisión Acuícola-SANIPES-2017).

ANEXOS

ANEXO 1.2. RESULTADOS CUANTITATIVOS DE FITOPLANCTON TÓXICO DE LA E2.

N°	2011 y 2012	DÍA	ESTACIÓN 2																																
			<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>			<i>Pseudonitzschia pungens</i>			<i>Alexandrium peruvianum</i>			<i>Dinophysis acuminata</i>			<i>Dinophysis caudata</i>			<i>Dinophysis rotundata</i>			<i>Gymnodinium impudicum</i>			<i>Prorocentrum minimum</i>			<i>Protoceratium reticulatum</i>			<i>Protoperidinium crassipes</i>			<i>Heterosigma akashiwo</i>		
			(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m	(0-5) m	(5-10) m	(10-15) m			
1	MARZO	24	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70		26	80	80	160	760	0	1240	0	0	0	0	0	0	0	40	80	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

89

ANEXO 3. DIFERENCIA ESTADÍSTICA DE LA DENSIDAD ENTRE LAS E1 Y E2

Anexo 3.1. Diferencias entre las estaciones E1 y E2 de la bahía de Samanco.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	616028263,340	1	616028263,340	,067	,796
Intra-grupos	1298280960758,597	142	9142823667,314		
Total	1298896989021,938	143			

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

ANEXO 4. DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS DE LA DENSIDAD ENTRE LOS 3 ESTRATOS DE LA E1 Y E2

Anexo 4.1. Diferencias entre los 3 estratos de la E1.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	124283077252,581	2	62141538626,290	6,267	,002
Intra-grupos	2052573189589,343	207	9915812510,093		
Total	2176856266841,924	209			

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 4.2. Diferencias entre los 3 estratos de la E2.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	54437402295,210	2	27218701147,605	2,003	,137
Intra-grupos	2812281675697,786	207	13585901814,965		
Total	2866719077992,996	209			

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

ANEXO 5. DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS DE LAS DENSIDADES DE LAS ESPECIES DE FITOPLANCTON TÓXICO ENTRE LOS 3 ESTRATOS DE LA E1

Anexo 5.1. a) Diferencias b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Pseudonitzschia delicatissima*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	5082597033,808	2	2541298516,904	,763	,467
Intra-grupos	689254467887,225	207	3329731728,924		
Total	694337064921,033	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	2123,825	9753,727	,828
	(10-15) m	11334,683	9753,727	,247
(5-10) m	(0-5) m	-2123,825	9753,727	,828
	(10-15) m	9210,858	9753,727	,346
(10-15) m	(0-5) m	-11334,683	9753,727	,247
	(5-10) m	-9210,858	9753,727	,346

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 5.2. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *P. pungens*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	121218700,752	2	60609350,376	,740	,479
Intra-grupos	16963685383,514	207	81950170,935		
Total	17084904084,267	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	1087,400	1530,174	,478
	(10-15) m	1851,643	1530,174	,228
(5-10) m	(0-5) m	-1087,400	1530,174	,478
	(10-15) m	764,243	1530,174	,618
(10-15) m	(0-5) m	-1851,643	1530,174	,228
	(5-10) m	-764,243	1530,174	,618

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 5.3. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Alexandrium peruvianum*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	6963,810	2	3481,905	2,961	,054
Intra-grupos	243428,571	207	1175,983		
Total	250392,381	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	9,714	5,797	,095
	(10-15) m	13,714 [*]	5,797	,019
(5-10) m	(0-5) m	-9,714	5,797	,095
	(10-15) m	4,000	5,797	,491
(10-15) m	(0-5) m	-13,714 [*]	5,797	,019
	(5-10) m	-4,000	5,797	,491

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 5.4. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Dinophysis acuminata*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	241386,667	2	120693,333	,509	,602
Intra-grupos	49100480,000	207	237200,386		
Total	49341866,667	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	22,857	82,323	,782
	(10-15) m	80,571	82,323	,329
(5-10) m	(0-5) m	-22,857	82,323	,782
	(10-15) m	57,714	82,323	,484
(10-15) m	(0-5) m	-80,571	82,323	,329
	(5-10) m	-57,714	82,323	,484

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 5.5. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Dinophysis caudata*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3590872,381	2	1795436,190	2,481	,086
Intra-grupos	149792754,286	207	723636,494		
Total	153383626,667	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	90,857	143,789	,528
	(10-15) m	311,429*	143,789	,031
(5-10) m	(0-5) m	-90,857	143,789	,528
	(10-15) m	220,571	143,789	,127
(10-15) m	(0-5) m	-311,429*	143,789	,031
	(5-10) m	-220,571	143,789	,127

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 5.6. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Dinophysis rotundata*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3489,524	2	1744,762	,757	,470
Intra-grupos	477280,000	207	2305,700		
Total	480769,524	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	-6,857	8,116	,399
	(10-15) m	2,857	8,116	,725
(5-10) m	(0-5) m	6,857	8,116	,399
	(10-15) m	9,714	8,116	,233
(10-15) m	(0-5) m	-2,857	8,116	,725
	(5-10) m	-9,714	8,116	,233

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 5.7. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Gymnodinium impudicum*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3614535667,133	2	1807267833,566	2,096	,126
Intra-grupos	178500084852,642	207	862319250,496		
Total	182114620519,774	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	4558,671	4963,637	,359
	(10-15) m	10144,971*	4963,637	,042
(5-10) m	(0-5) m	-4558,671	4963,637	,359
	(10-15) m	5586,300	4963,637	,262
(10-15) m	(0-5) m	-10144,971*	4963,637	,042
	(5-10) m	-5586,300	4963,637	,262

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

Anexo 5.8. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Prorocentrum mínimum*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	42645282728,267	2	21322641364,133	9,333	,000
Intra-grupos	472916082822,857	207	2284618757,598		
Total	515561365551,124	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	22499,057*	8079,283	,006
	(10-15) m	34361,686*	8079,283	,000
(5-10) m	(0-5) m	-22499,057*	8079,283	,006
	(10-15) m	11862,629	8079,283	,144
(10-15) m	(0-5) m	-34361,686*	8079,283	,000
	(5-10) m	-11862,629	8079,283	,144

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

Anexo 5.9. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Protoceratium reticulatum*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	5592,381	2	2796,190	,747	,475
Intra-grupos	775085,714	207	3744,375		
Total	780678,095	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	7,429	10,343	,473
	(10-15) m	12,571	10,343	,226
(5-10) m	(0-5) m	-7,429	10,343	,473
	(10-15) m	5,143	10,343	,620
(10-15) m	(0-5) m	-12,571	10,343	,226
	(5-10) m	-5,143	10,343	,620

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 5.10. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Protoperidinium crassipes*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	379260,952	2	189630,476	,905	,406
Intra-grupos	43375405,714	207	209543,023		
Total	43754666,667	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	13,143	77,375	,865
	(10-15) m	96,000	77,375	,216
(5-10) m	(0-5) m	-13,143	77,375	,865
	(10-15) m	82,857	77,375	,285
(10-15) m	(0-5) m	-96,000	77,375	,216
	(5-10) m	-82,857	77,375	,285

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 5.11. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Heterosigma akashiwo*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2416465012,752	2	1208232506,376	,408	,665
Intra-grupos	612869863963,743	207	2960723980,501		
Total	615286328976,495	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	-6645,743	9197,397	,471
	(10-15) m	996,500	9197,397	,914
(5-10) m	(0-5) m	6645,743	9197,397	,471
	(10-15) m	7642,243	9197,397	,407
(10-15) m	(0-5) m	-996,500	9197,397	,914
	(5-10) m	-7642,243	9197,397	,407

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

ANEXO 6. DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS DE LAS DENSIDADES ENTRE LOS 3

ESTRATOS DE LA E2 DE LAS ESPECIES DE FITOPLANCTON TÓXICO. Anexo 6.1. a)

Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Pseudonitzschia delicatissima*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3304115978,067	2	1652057989,033	,286	,752
Intra-grupos	1195733967167,057	207	5776492595,010		
Total	1199038083145,124	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	4455,886	12846,892	,729
	(10-15) m	9705,329	12846,892	,451
(5-10) m	(0-5) m	-4455,886	12846,892	,729
	(10-15) m	5249,443	12846,892	,683
(10-15) m	(0-5) m	-9705,329	12846,892	,451
	(5-10) m	-5249,443	12846,892	,683

Anexo 6.2. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos *Pseudonitzschia pungens*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	40293694,057	2	20146847,029	,394	,675
Intra-grupos	10590437649,200	207	51161534,537		
Total	10630731343,257	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	-542,086	1209,032	,654
	(10-15) m	530,857	1209,032	,661
(5-10) m	(0-5) m	542,086	1209,032	,654
	(10-15) m	1072,943	1209,032	,376
(10-15) m	(0-5) m	-530,857	1209,032	,661
	(5-10) m	-1072,943	1209,032	,376

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 6.3. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos *Alexandrium peruvianum*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	5546,667	2	2773,333	,645	,526
Intra-grupos	890331,429	207	4301,118		
Total	895878,095	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	5,714	11,086	,607
	(10-15) m	12,571	11,086	,258
(5-10) m	(0-5) m	-5,714	11,086	,607
	(10-15) m	6,857	11,086	,537
(10-15) m	(0-5) m	-12,571	11,086	,258
	(5-10) m	-6,857	11,086	,537

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 6.4. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Dinophysis acuminata*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	73706,667	2	36853,333	,375	,688
Intra-grupos	20326331,429	207	98194,838		
Total	20400038,095	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	29,714	52,968	,575
	(10-15) m	45,143	52,968	,395
(5-10) m	(0-5) m	-29,714	52,968	,575
	(10-15) m	15,429	52,968	,771
(10-15) m	(0-5) m	-45,143	52,968	,395
	(5-10) m	-15,429	52,968	,771

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 6.5. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Dinophysis caudata*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3176243,810	2	1588121,905	1,759	,175
Intra-grupos	186858468,571	207	902697,916		
Total	190034712,381	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	126,286	160,597	,433
	(10-15) m	300,000	160,597	,063
(5-10) m	(0-5) m	-126,286	160,597	,433
	(10-15) m	173,714	160,597	,281
(10-15) m	(0-5) m	-300,000	160,597	,063
	(5-10) m	-173,714	160,597	,281

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 6.6. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Dinophysis rotundata*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	6765,714	2	3382,857	1,751	,176
Intra-grupos	399977,143	207	1932,257		
Total	406742,857	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	1,143	7,430	,878
	(10-15) m	12,571	7,430	,092
(5-10) m	(0-5) m	-1,143	7,430	,878
	(10-15) m	11,429	7,430	,126
(10-15) m	(0-5) m	-12,571	7,430	,092
	(5-10) m	-11,429	7,430	,126

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 6.7. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Gymnodinium impudicum*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2077697420,038	2	1038848710,019	1,513	,223
Intra-grupos	142144131997,529	207	686686628,007		
Total	144221829417,567	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	5691,029	4429,404	,200
	(10-15) m	7343,429	4429,404	,099
(5-10) m	(0-5) m	-5691,029	4429,404	,200
	(10-15) m	1652,400	4429,404	,709
(10-15) m	(0-5) m	-7343,429	4429,404	,099
	(5-10) m	-1652,400	4429,404	,709

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 6.8. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Prorocentrum minimum*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	14902485747,895	2	7451242873,948	4,319	,015
Intra-grupos	357120145882,086	207	1725218096,049		
Total	372022631629,981	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	6511,886	7020,822	,355
	(10-15) m	20212,814*	7020,822	,004
(5-10) m	(0-5) m	-6511,886	7020,822	,355
	(10-15) m	13700,929	7020,822	,052
(10-15) m	(0-5) m	-20212,814*	7020,822	,004
	(5-10) m	-13700,929	7020,822	,052

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

Anexo 6.9. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Protoceratium reticulatum*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1386,667	2	693,333	1,186	,307
Intra-grupos	120982,857	207	584,458		
Total	122369,524	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	5,143	4,086	,210
	(10-15) m	5,714	4,086	,164
(5-10) m	(0-5) m	-5,143	4,086	,210
	(10-15) m	,571	4,086	,889
(10-15) m	(0-5) m	-5,714	4,086	,164
	(5-10) m	-,571	4,086	,889

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 6.10. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Protoperidinium crassipes*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	122575,238	2	61287,619	,716	,490
Intra-grupos	17715817,143	207	85583,658		
Total	17838392,381	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	11,429	49,449	,817
	(10-15) m	56,000	49,449	,259
(5-10) m	(0-5) m	-11,429	49,449	,817
	(10-15) m	44,571	49,449	,368
(10-15) m	(0-5) m	-56,000	49,449	,259
	(5-10) m	-44,571	49,449	,368

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Anexo 6.11. a) Diferencia y b) Comparaciones múltiples, entre los 3 estratos de *Heterosigma akashiwo*.

a) ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	61948986,352	2	30974493,176	,005	,995
Intra-grupos	1194058687657,914	207	5768399457,285		
Total	1194120636644,267	209			

b) Comparaciones múltiples

(I) ESTRATO	(J) ESTRATO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
(0-5) m	(5-10) m	1172,257	12837,890	,927
	(10-15) m	1130,957	12837,890	,930
(5-10) m	(0-5) m	-1172,257	12837,890	,927
	(10-15) m	-41,300	12837,890	,997
(10-15) m	(0-5) m	-1130,957	12837,890	,930
	(5-10) m	41,300	12837,890	,997

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

ANEXO 7. DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS DE LAS DENSIDADES PRESENTADAS EN LOS MESES DE ESTUDIO DE LAS ESPECIES DE FITOPLANCON TÓXICO DE LA E1

Anexo 7.1. Diferencia entre los meses de la densidad de *Pseudonitzschia delicatissima*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	78025359339,069	21	3715493301,860	1,933	,029
Intra-grupos	96090188300,583	50	1921803766,012		
Total	174115547639,653	71			

Anexo 7.2. Diferencia entre los meses de la densidad de *Pseudonitzschia pungens*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1180268629,708	21	56203268,081	,809	,696
Intra-grupos	3472450546,167	50	69449010,923		
Total	4652719175,875	71			

Anexo 7.3. Diferencia entre los meses de la densidad de *Alexandrium peruvianum*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	14087,875	21	670,851	1,097	,381
Intra-grupos	30565,000	50	611,300		
Total	44652,875	71			

Anexo 7.4. Diferencia entre los meses de la densidad de *Dinophysis acuminata*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	5790963,236	21	275760,154	1,971	,025
Intra-grupos	6994865,417	50	139897,308		
Total	12785828,653	71			

Anexo 7.5. Diferencia entre los meses de la densidad de *Dinophysis caudata*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	14353865,903	21	683517,424	1,319	,209
Intra-grupos	25910761,417	50	518215,228		
Total	40264627,319	71			

Anexo 7.6. Diferencia entre los meses de la densidad de *Dinophysis rotundata*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	63023,778	21	3001,132	4,019	,000
Intra-grupos	37335,500	50	746,710		
Total	100359,278	71			

Anexo 7.7. Diferencia entre los meses de la densidad de *Gymnodinium impudicum*

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	36254084604,403	21	1726384981,162	26,061	,000
Intra-grupos	3312188723,583	50	66243774,472		
Total	39566273327,986	71			

Anexo 7.8. Diferencia entre los meses de la densidad de *Prorocentrum minimum*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	30307126092,278	21	1443196480,585	1,298	,222
Intra-grupos	55605385321,667	50	1112107706,433		
Total	85912511413,944	71			

Anexo 7.9. Diferencia entre los meses de la densidad de *Prorocentrum reticulatum*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	57543,236	21	2740,154	1,266	,243
Intra-grupos	108242,750	50	2164,855		
Total	165785,986	71			

Anexo 7.10. Diferencia entre los meses de la densidad de *Proto-peridinium crassipes*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7111082,000	21	338622,952	5,045	,000
Intra-grupos	3356267,500	50	67125,350		
Total	10467349,500	71			

Anexo 7.11. Diferencia entre los meses de la densidad de *Heterosigma akashiwo*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	58466984348,500	21	2784142111,833	1,198	,293
Intra-grupos	116169077147,000	50	2323381542,940		
Total	174636061495,500	71			

ANEXO 8. DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS DE LAS DENSIDADES PRESENTADAS EN LOS MESES DE ESTUDIO DE LAS ESPECIES DE FITOPLANCON TÓXICO DE LA E2

Anexo 8.1. Diferencia entre los meses de la densidad de *Pseudonitzschia delicatissima*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	164400806157,694	21	7828609817,033	2,456	,005
Intra-grupos	159351651969,583	50	3187033039,392		
Total	323752458127,278	71			

Anexo 8.2. Diferencia entre los meses de la densidad de *Pseudonitzschia pungens*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1466117605,375	21	69815124,065	1,960	,026
Intra-grupos	1781237009,500	50	35624740,190		
Total	3247354614,875	71			

Anexo 8.3. Diferencia entre los meses de la densidad de *Alexandrium peruvianum*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	45616,736	21	2172,226	,776	,733
Intra-grupos	140027,250	50	2800,545		
Total	185643,986	71			

Anexo 8.4. Diferencia entre los meses de la densidad de *Dinophysis acuminata*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1864332,528	21	88777,739	1,153	,331
Intra-grupos	3851368,750	50	77027,375		
Total	5715701,278	71			

Anexo 8.5. Diferencia entre los meses de la densidad de *Dinophysis caudata*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	12950476,861	21	616689,374	,871	,625
Intra-grupos	35393015,083	50	707860,302		
Total	48343491,944	71			

Anexo 8.6. Diferencia entre los meses de la densidad de *Dinophysis rotundata*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	47711,278	21	2271,966	2,771	,002
Intra-grupos	40999,333	50	819,987		
Total	88710,611	71			

Anexo 8.7. Diferencia entre los meses de la densidad de *Gymnodinium impudicum*

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	30807740157,542	21	1467035245,597	92,518	,000
Intra-grupos	792841355,333	50	15856827,107		
Total	31600581512,875	71			

Anexo 8.8. Diferencia entre los meses de la densidad de *Prorocentrum minimum*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	25214339526,042	21	1200682834,573	1,159	,325
Intra-grupos	51781384738,833	50	1035627694,777		
Total	76995724264,875	71			

Anexo 8.9. Diferencia entre los meses de la densidad de *Prorocentrum reticulatum*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	12713,000	21	605,381	4,477	,000
Intra-grupos	6760,500	50	135,210		
Total	19473,500	71			

Anexo 8.10. Diferencia entre los meses de la densidad de *Protoperidinium crassipes*.

ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3323099,944	21	158242,854	5,336	,000
Intra-grupos	1482736,667	50	29654,733		
Total	4805836,611	71			

Anexo 8.11. Diferencia entre los meses de la densidad de *Heterosigma akashiwo*.

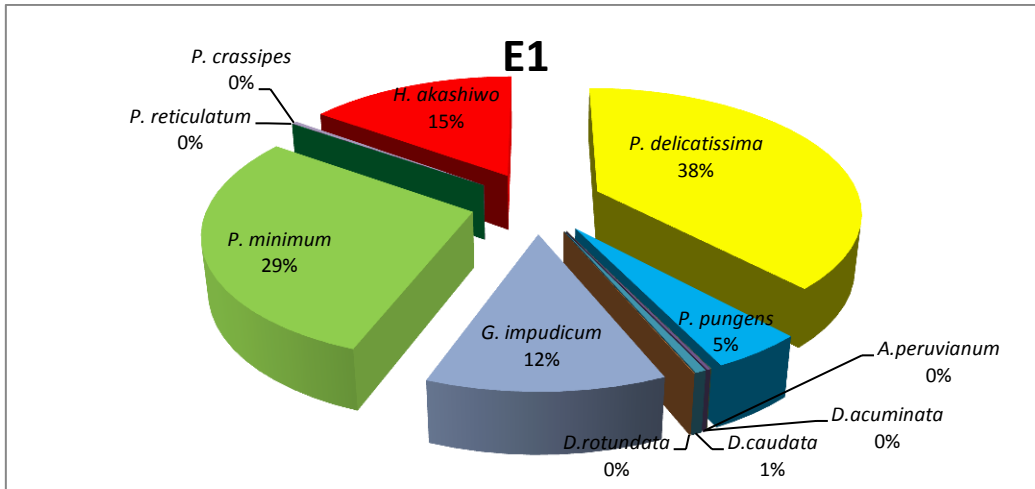
ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	127854615429,444	21	6088315020,450	1,149	,334
Intra-grupos	264933431357,000	50	5298668627,140		
Total	392788046786,444	71			

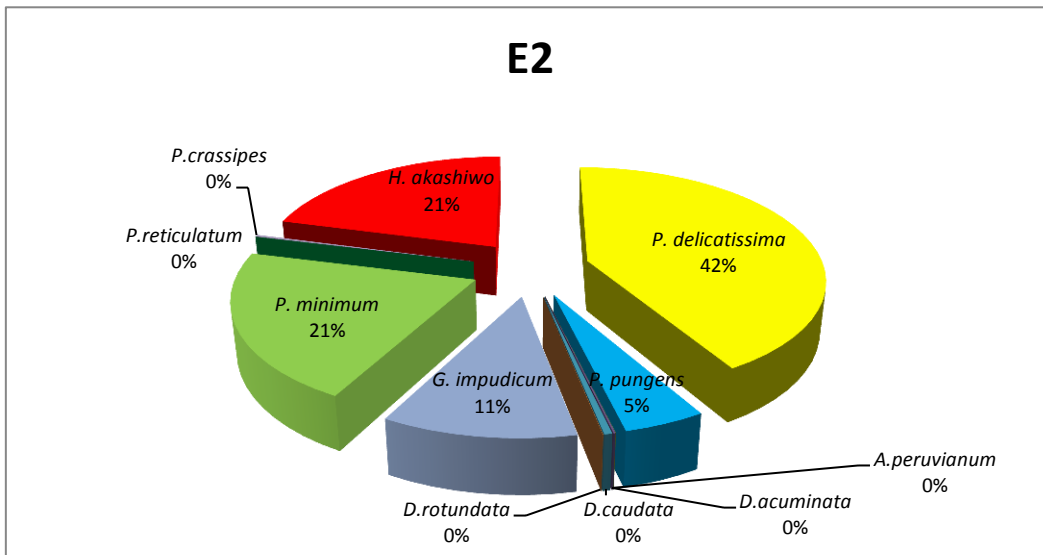
Anexo 9. Meses que presentan diferencias estadísticas significativas de la abundancia del fitoplancton tóxico en la E1 y E2 de la bahía de Samanco, en los años 2011 y 2012.

N°	ESPECIES	ESTACIÓN 1	E1 Y E2	ESTACIÓN 2
1	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>		Noviembre 2012	
2	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>		Agosto 2012	Julio y diciembre 2011 y agosto 2012
3	<i>Alexandrium peruvianum</i>	Junio 2011	Marzo 2012	
4	<i>Dinophysis acuminata</i>	Diciembre 2011	Enero 2012	
5	<i>Dinophysis caudata</i>	Marzo y abril 2011	Enero 2012	
6	<i>Dinophysis rotundata</i>	Abril, mayo y diciembre 2011	Marzo 2011, enero y febrero 2012	
7	<i>Gymnodinium impudicum</i>	Enero 2012	Octubre, noviembre y diciembre 2011	Noviembre 2011
8	<i>Prorocentrum minimum</i>	Agosto y diciembre 2012	Noviembre 2011 y febrero 2012	
9	<i>Protoceratium reticulatum</i>		Noviembre 2012	Diciembre 2012
10	<i>Protoperidinium crassipes</i>		Setiembre, octubre, noviembre y diciembre 2012	Febrero 2012
11	<i>Heterosigma akashiwo</i>		Abril 2011 y diciembre 2012	

ANEXO 10. Porcentaje de las especies más abundantes de fitoplancton tóxico en la E1 y E2



Anexo 10.1. Porcentaje de las especies de fitoplancton tóxico en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.



Anexo 10.2. Porcentaje de las especies de fitoplancton tóxico en la E1 y E2 de la bahía de Samanco en los años 2011 y 2012.

Anexo 11. Correlación de la densidad de las especies de fitoplancton tóxico con la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia, de la E1 de la bahía de Samanco, de los años 2011 y 2012.

N°	ESPECIE	ESTRATO	TEMPERATURA	SALINIDAD	OXÍGENO	pH	TRANS
1	<i>P. delicatissima</i>	(0-5) m	-0,045	-0,032	0,106	-0,241	-0,051
		(5-10) m	0,057	0,036	-0,317	-0,181	
		(10-15) m	0,031	0,013	-0,249	-0,098	
2	<i>P. pungens</i>	(0-5) m	-0,161	-0,003	-0,115	-0,082	-0,049
		(5-10) m	0,089	0,052	0,055	-0,044	
		(10-15) m	0,093	0,054	-0,085	-0,054	
3	<i>A. peruvianum</i>	(0-5) m	0,191	0,025	0,096	-0,048	0,220
		(5-10) m	0,150	0,038	0,071	0,086	
		(10-15) m	-0,111	-0,042	-0,096	-0,029	
4	<i>D. acuminata</i>	(0-5) m	0,091	0,294	0,193	0,021	-0,138
		(5-10) m	-0,011	0,206	0,062	-0,064	
		(10-15) m	-0,285	0,002	0,055	0,026	
5	<i>D. caudata</i>	(0-5) m	0,287	0,374	0,128	0,073	-0,039
		(5-10) m	0,074	0,174	0,090	0,009	
		(10-15) m	-0,179	0,028	0,049	0,017	
6	<i>D. rotundata</i>	(0-5) m	0,118	0,291	0,206	0,093	-0,141
		(5-10) m	-0,013	0,012	0,045	-0,209	
		(10-15) m	-0,192	-0,275	0,165	-0,321	
7	<i>G. impudicum</i>	(0-5) m	0,068	0,285	0,211	0,009	-0,137
		(5-10) m	-0,075	0,142	0,031	-0,060	
		(10-15) m	-0,320	-0,002	0,100	0,024	
8	<i>P. minimum</i>	(0-5) m	-0,083	-0,163	-0,171	-0,196	-0,339
		(5-10) m	-0,077	-0,249	-0,024	-0,038	
		(10-15) m	-0,186	-0,327	0,123	0,152	
9	<i>P. reticulatum</i>	(0-5) m	-0,097	-0,055	-0,021	-0,195	-0,063
		(5-10) m	-0,068	-0,032	-0,143	-0,178	
		(10-15) m	-0,331	-0,125	-0,183	-0,091	
10	<i>P. crassipes</i>	(0-5) m	-0,375	-0,162	-0,088	-0,186	-0,333
		(5-10) m	0,063	-0,016	-0,193	-0,032	
		(10-15) m	-0,165	-0,053	-0,198	0,054	
11	<i>H. akashiwo</i>	(0-5) m	0,045	-0,046	0,044	-0,091	-0,098
		(5-10) m	-0,109	0,066	0,173	0,035	
		(10-15) m	-0,170	0,097	0,060	0,051	

* De 0.0 a ± 0.2 existe correlación no significativa

* De ± 0.2 a ± 0.4 existe una correlación baja.

* De ± 0.4 a ± 0.7 existe una correlación significativa.

* De ± 0.7 a ± 1.0 existe un alto grado de correlación.

Anexo 12. Correlación de la densidad de las especies de fitoplancton tóxico con la temperatura, salinidad, oxígeno, pH y transparencia, de la E2 de la bahía de Samanco, de los años 2011 y 2012.

N°	ESPECIE	ESTRATO	TEMPERATURA	SALINIDAD	OXÍGENO	pH	TRANS
1	<i>P. delicatissima</i>	(0-5) m	-0,041	-0,044	0,026	-0,175	-0,143
		(5-10) m	-0,011	0,000	-0,193	-0,140	
		(10-15) m	0,045	0,006	-0,203	-0,134	
2	<i>P. pungens</i>	(0-5) m	-0,165	0,021	-0,058	-0,071	-0,031
		(5-10) m	0,168	0,123	0,003	0,031	
		(10-15) m	0,159	0,100	-0,074	0,040	
3	<i>A. peruvianum</i>	(0-5) m	0,202	-0,016	0,050	-0,036	0,129
		(5-10) m	-0,045	-0,019	-0,145	-0,034	
		(10-15) m	0,048	-0,021	-0,061	-0,067	
4	<i>D. acuminata</i>	(0-5) m	0,067	0,151	0,055	-0,008	-0,152
		(5-10) m	0,043	0,135	0,138	-0,049	
		(10-15) m	-0,094	0,119	-0,066	0,002	
5	<i>D. caudata</i>	(0-5) m	0,235	0,141	0,018	-0,013	-0,143
		(5-10) m	0,131	0,115	0,136	-0,023	
		(10-15) m	0,181	0,097	0,210	0,167	
6	<i>D. rotundata</i>	(0-5) m	0,285	0,083	0,043	0,002	-0,178
		(5-10) m	-0,022	-0,002	0,058	-0,241	
		(10-15) m	0,110	-0,030	0,112	-0,046	
7	<i>G. impudicum</i>	(0-5) m	0,032	0,106	0,100	-0,035	-0,143
		(5-10) m	0,006	0,097	0,157	-0,124	
		(10-15) m	-0,002	0,084	-0,093	-0,052	
8	<i>P. minimum</i>	(0-5) m	0,195	-0,078	-0,169	-0,025	-0,165
		(5-10) m	0,099	-0,204	0,100	-0,051	
		(10-15) m	-0,163	-0,222	-0,127	-0,145	
9	<i>P. reticulatum</i>	(0-5) m	-0,008	-0,064	0,076	-0,266	-0,007
		(5-10) m	-0,137	0,011	-0,070	0,017	
		(10-15) m	-0,253	-0,020	-0,130	-0,210	
10	<i>P. crassipes</i>	(0-5) m	-0,225	-0,101	0,023	0,041	-0,404
		(5-10) m	-0,217	0,041	-0,170	-0,041	
		(10-15) m	-0,121	-0,082	-0,194	-0,166	
11	<i>H. akashiwo</i>	(0-5) m	0,041	-0,042	0,041	-0,096	-0,146
		(5-10) m	-0,139	-0,025	0,051	-0,138	
		(10-15) m	-0,120	-0,013	-0,016	-0,188	

* De 0.0 a $< \pm 0.2$ existe correlación no significativa

* De ± 0.2 a $< \pm 0.4$ existe una correlación baja.

* De ± 0.4 a $< \pm 0.7$ existe una correlación significativa.

* De ± 0.7 a $< \pm 1.0$ existe un alto grado de correlación.