

Universidad de Guayaquil



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO
SUSTENTABLE DE BIORECURSOS Y
MEDIO AMBIENTE

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS EN MANEJO
SUSTENTABLE DE BIORECURSOS Y MEDIO
AMBIENTE

COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL
PLANCTON ANTE FACTORES
OCEANOGRÁFICOS Y EVENTOS CLIMÁTICOS
EN LAS ESTACIONES DE ESMERALDAS,
PUERTO LÓPEZ Y SALINAS
ROBERT BUCHELI QUIÑONEZ

GUAYAQUIL –ECUADOR

2016

Universidad de Guayaquil



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS: MANEJO
SUSTENTABLE DE BIORECURSOS Y
MEDIO AMBIENTE

MAGÍSTER EN CIENCIAS: MANEJO SUSTENTABLE
DE BIORRECURSOS Y MEDIO AMBIENTE

Tesis de Grado para la obtención del título de Magister en Ciencias con Énfasis
en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y Medio Ambiente

COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL
PLANCTON ANTE FACTORES
OCEANOGRÁFICOS Y EVENTOS CLIMÁTICOS
EN LAS ESTACIONES DE ESMERALDAS,
PUERTO LÓPEZ Y SALINAS

ROBERT BUCHELI QUIÑONEZ
GUAYAQUIL –ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**Blga. María del Carmen Terán Zabala, MSc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**Blga. María Fernanda Arroyo Osorio, MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**Blgo. Wilian Sánchez, MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**Blgo. Telmo Escobar Troya, MSc.
DIRECTOR DE MAESTRÍA**

**Dra. Carmita Bonifaz de Elao, MSc.
DECANA**

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a Jehová Dios por darme la vida, esperanza y su amor incondicional. A mi esposa e hijos por el apoyo y comprensión brindada en el avance de mi vida profesional. A la Dr. Leonor Contreras, viuda de Cajas, por la guía y enseñanza que dio rumbo a mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Pesca, especialmente a los departamento de plancton, oceanografía y química de agua por las bases de datos proporcionada, para la realización de esta tesis.

Al Dr. Luis Trocicoli por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de esta investigación.

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE TABLA	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.2. General	3
1.3. Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Descripción del área de estudio.	8
3.2. Fase de campo colecta de muestras	8
3.3. Fase de laboratorio	10
3.4. Análisis estadísticos	11
4. RESULTADOS	12
4.1. Factores abióticos.....	12
4.2. Temperatura Superficial del Mar (TSM)	12
4.3. Nutrientes y Oxígeno disuelto.....	14
4.4. Nitrito	14
4.5. Nitrato	16
4.6. Fosfato.....	18
4.7. Silicato	20
4.8. Oxígeno disuelto	22
4.9. Plancton.....	24
4.10. Fitoplancton	24
4.11. Diversidad de especies	27
4.12. Riqueza de especies.....	28
4.13. Especies de fitoplancton más frecuentes y abundantes	30

4.14. Zooplancton	30
4.15. Diversidad de especies de zooplancton.....	32
4.16. Riqueza de especies de zooplancton	34
4.17. Especies de zooplancton más frecuentes.....	35
4.18. Relación entre variables y fitoplancton.....	37
4.19. Relación mediante análisis de correspondencia canónica (ACC) entre grupos funcionales de zooplancton y fitoplancton	41
4.20. Esmeraldas	43
4.21. Puerto López	51
4.22. Salinas	58
5. DISCUSIONES	67
6. CONCLUSION.....	75
7. RECOMENDACIONES.....	76
8. LITERATURA CITADA	77
9. ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLA

Tabla. 1. Porcentajes de frecuencias de especies de fitoplancton en las estaciones de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2004 a 2012.....	30
Tabla 2. Porcentajes de frecuencias de especies de fitoplancton en las estaciones de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2004 a 2012.	37
Tabla. 3. Siglas de especies de fitoplancton más frecuentes representados en el gráfico de Análisis de Correspondencia Canónica en las estaciones Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2004 a 2012.....	39
Tabla. 4. Siglas de los grupos de fitoplancton y zooplancton más abundantes representados en el gráfico de Análisis de Correspondencia Canónica en las estaciones Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	42
Tabla. 6. Siglas que representan las variables ambientales y bióticas en los gráficos de Análisis de Correspondencia Canónica.....	44
Tabla.7. Especies indicadoras de las variables ambientales en las tres estaciones durante el periodo de estudio.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estaciones de estaciones de estudio a 10 millas frente al perfil costero de Ecuador.....	9
Figura. 2. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de la temperatura en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	13
Figura.3. Dendograma que representa la similitud de la temperatura en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	14
Figura. 4. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de Nitrito en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	15
Figura.5. Dendograma que representa la similitud de nitrito en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	16
Figura. 6. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de Nitrato en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	17
Figura.7. Dendograma que representa la similitud de nitrato en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	18
Figura. 8. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de Fosfato en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	19
Figura.9. Dendograma que representa la similitud de fosfato en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	20
Figura. 10. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de Silicato en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	21
Figura.11. Dendograma que representa la similitud de Silicato en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	22
Figura. 12. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de Oxígeno en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	23

Figura.13. Dendograma que representa la similitud de oxígeno en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	24
Figura. 14. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de fitoplancton en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2003 a 2012.....	25
Figura. 15. Concentración de las clases del fitoplancton en las estaciones Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	26
Figura. 16. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de diversidad de especies en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2003 a 2012.....	28
Figura. 17. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de riqueza de especies en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2003 a 2012.....	29
Figura. 18. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de abundancias de zooplancton en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2003 a 2012.....	31
Figura. 19. Abundancias de las clases del zooplancton en las estaciones Esmeraldas, Puerto López y Salinas.....	32
Figura. 20. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de diversidad de especies en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2003 a 2012.....	33
Figura. 21. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de riqueza de especies en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2003 a 2012.....	35
Figura. 22. Correlaciones de los grupos de fitoplancton con las variables ambientales en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2003 a 2012.....	38
Figura. 24. Correlaciones de especies más abundantes de fitoplancton con las variables ambientales en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2003 a 2012.	40
Figura 25. Análisis de Correspondencia canónica que relaciona los grupos funcionales de zooplancton y fitoplancton en Esmeraldas (A), Puerto López (B) y Salinas (C) de los años 2004 a 20012.....	43

Figura. 26. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2004 en la estación de Esmeraldas.....	45
Figura. 27. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2005 en la estación de Esmeraldas.....	46
Figura. 28. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2009 en la estación de Esmeraldas.....	47
Figura. 29. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2010 en la estación de Esmeraldas.....	48
Figura. 30. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2011 en la estación de Esmeraldas	49
Figura. 31. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2012 en la estación de Esmeraldas.....	50
Figura. 32. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2003 a 2012 en la estación de Esmeraldas.....	51
Figura. 33. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2004 en la estación de Puerto López.....	52
Figura. 34. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2005 en la estación de Puerto López.....	53
Figura. 35. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2009 en la estación de Puerto López.....	54
Figura. 36. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2010 en la estación de Puerto López.....	55

Figura 37. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2011 en la estación de Puerto López.....	56
Figura 38. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2012 en la estación de Puerto López.....	57
Figura 39. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas en la estación de Puerto López.....	58
Figura 40. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2004 en la estación de Salinas.....	59
Figura 41. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2005 en la estación de Salinas.....	60
Figura 42. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2009 en la estación de Salinas.....	61
Figura 43. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2010 en la estación de Salinas.....	62
Figura 44. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2011 en la estación de Salinas.....	63
Figura 45. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante 2012 en la estación de Salinas.....	64
Figura 46. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante de 2004 a 2012 en la estación de Salinas.....	65

ANEXOS

Anexo 1. Medición de la transparencia del agua por medio del disco Secchi.....	86
Anexo 2. Medición de la TSM y profundidad de la columna de agua por medio del CTD (Conductivity Temperature and Depth).....	86
Anexo 3. Obtención de muestras de aguas para fitoplancton, oxígeno disuelto y nutriente por medio de botellas oceanográficas Niskin.....	87
Anexo 4. Preservación de muestras de fitoplancton con lugol.....	87
Anexo 5. Arrastres de redes para la obtención de muestras para zooplancton.....	88
Anexo 6. Preservación de muestras de zooplancton con formol.....	88
Anexo 7. Análisis de muestras de zooplancton en el laboratorio del INP.....	89

RESUMEN

Los factores oceanográficos desempeñan un papel influyente en el ecosistema marino ecuatoriano, debido a la variabilidad diaria, estacional y espacial de los parámetros oceanográficos. Se determinó el efecto que ejercen los componentes oceanográficos en las abundancia, biodiversidad, riqueza y frecuencia de especies de plancton en las aguas superficiales a diez millas de las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas. Para ello se analizó la información de fitoplancton, zooplancton, nitrito, nitrato, fosfato, silicato y oxígeno de los años 2004 a 2012 de la base de datos del Instituto Nacional de Pesca (INP). Se determinó variación latitudinal y temporal de las concentraciones de las variables abióticas y sus relaciones con las variables bióticas, por medio del análisis de componentes principales y de correspondencia canónica. La temperatura superficial del mar mostró variación latitudinal significativa ($P < 0.05$), con los mayores registros en Esmeraldas y menor en Salinas; también se detectó variación estacional con los mayores valores durante la época húmeda. En el mismo sentido se detectó en las concentraciones de silicato. Así mismo el nitrato mostró diferencia latitudinal ($p < 0.05$) de sur a norte, siendo mayor en Puerto López y menor en Esmeraldas. Por el contrario, nitrito, fosfato y oxígeno disuelto no mostraron diferencias latitudinales ni temporales ($p > 0.05$). La abundancia, diversidad y riqueza de fitoplancton, mostró diferencias latitudinales significativas ($p < 0.05$), siendo mayor en la zona sur, pero mayor diversidad y riqueza se detectaron en la zona norte. Por el contrario, el zooplancton no registró diferencias latitudinales significativas ($p > 0.05$) en abundancia, diversidad y riqueza, pero mostró el mismo patrón estacional del fitoplancton. El análisis correspondencia canónica determinó que la temperatura es una variable que poco influye en el fitoplancton, son los nutrientes los que determinan su variabilidad, por el contrario, el zooplancton está más ligado a la temperatura, efecto que se visualiza en los análisis de componentes principales y de correspondencia canónica.

Palabras claves: fitoplancton, zooplancton, diferencias, significativas, latitudinal

ABSTRACT

Oceanographic factors play an influential role in the Ecuadorian marine ecosystem. Their effect oceanographic components in abundance, biodiversity, species richness and frequency in surface plankton ten miles from the coast of Esmeraldas, Salinas Puerto Lopez and water were determined. For this information phytoplankton, zooplankton, nitrite, nitrate, phosphate, silicate and oxygen from the years 2004-2012 from the database of the National Fisheries Institute (INP) was analyzed. Latitudinal and temporal variation of concentrations of abiotic variables and their relationships with biotic variables, through principal component analysis and canonical correspondence is determined. The sea surface temperature showed significant latitudinal variation ($P < 0.05$), with the highest records in Esmeraldas and smaller in Salinas; seasonal variation with the highest values were also detected during the wet season. Similarly it was detected in concentrations silicate. Also nitrate showed latitudinal difference ($p < 0.05$) from south to north was higher in Puerto Lopez and lowest in Esmeraldas. Conversely, nitrite, phosphate and dissolved oxygen showed no latitudinal or temporal differences ($p > 0.05$). The abundance, diversity and richness of phytoplankton, latitudinal showed significant differences ($p < 0.05$) was higher in the south, but greater diversity and richness were found in the north. By contrast, zooplankton latitudinal found no significant differences ($p > 0.05$) in abundance, diversity and richness, but showed the same seasonal pattern of phytoplankton. Canonical correspondence analysis determined that the temperature is a variable bit influences phytoplankton nutrients are what determine its variability, however zooplankton is more related to the temperature effect is displayed on the principal component analysis and canonical correspondence.

Keywords: phytoplankton, zooplankton, differences significant latitudinal

1. INTRODUCCIÓN

Los organismos del plancton, juegan un papel importante en los ecosistemas acuáticos, porque constituyen el soporte para la vida del resto de organismo, que son objetos de las pesquerías y de aquellos que no lo son. Sin embargo, existe un limitado conocimiento de la importancia del plancton en el ecosistema marino, por autoridades y público en general. Razón por la cual, los gobiernos no asignan los recursos económicos suficientes a las investigaciones planctónicas, las mismas, que tienen que ser continuas en el tiempo y que abarquen una mayor área geográfica. Esta condición ha contribuido a que se tenga mínimos conocimientos de distribución, abundancia y diversidad del plancton en ecosistemas marinos; especies indicadoras de masas de agua; especies indicadoras de eventos climáticos extremos; de complejas interrelaciones que ocurren en los diferentes niveles tróficos; de las preferencias alimentarias de especies comerciales planctófagas y de especies planctónicas asociadas con cardúmenes de peces. Lo que conlleva a limitadas evaluaciones del ecosistema pelágico marino y, por tanto, que no existan Normas ambientales y de pesquerías específicas que protejan los organismos planctónicos de las actividades antropogénicas. Por otro lado, son pocas las especies de este grupo que están en la lista de peligro de extinción de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y en consecuencia, la protección es nula a nivel mundial. (Gabellone et al., 2013).

El contexto es similar a lo que ocurre en el país. Las instituciones dedicadas a las investigaciones oceanográficas y de recursos pesqueros muy pocas veces consideran al plancton como parte de las evaluaciones ambientales y pesqueras de manera directa, sino como un parámetro de relleno de dichas investigaciones. Tal como se lee en los informes de Herrera et al (2012), Nicolaidis et al (2012) y Flores y Mora (2011).

No obstante, al estar el plancton ligado a fenómenos como: el Niño y la Niña, es que obtiene cierta importancia por parte de institutos de investigación, entre estos el Instituto Nacional de Pesca (INP), Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), universidad de Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y empresa privada (EFICASITA).

Con respecto a los organismos del plancton, estos han sido determinados en dos grupos: fitoplancton y zooplancton. Ambos grupos son importantes en la regulación de los procesos biogeoquímicos, y por medios de estos grupos, determinar cómo los ecosistemas responden al cambio global (Barton et al., 2013).

El fitoplancton está constituido por organismos autótrofos, cuya función es la fotosíntesis clorofílica. El tamaño, en general, oscila entre 0.02-200 μm , siendo los principales grupos las diatomeas y los dinoflagelados. Las diatomeas son unicelulares tienen esqueleto silíceo de forma y estructuras muy diversas, también pueden formar agregación (colonias y cadenas), mientras los dinoflagelados, que son organismos tecados, se caracterizan por poseer flagelos, algunos de sus miembros son heterótrofos (pirrofitos). En densas agregaciones forman las denominadas mareas rojas.

Cabe resaltar que el fitoplancton requiere de la luz y de algunas sustancias inorgánicas esenciales para realizar la fotosíntesis, elementos como: magnesio, calcio, potasio, sodio, sulfato, cloruro, etc., se encuentran en cantidades suficientes, pero otros como: nitrato, fosfato, silicato, hierro y manganeso, pueden estar presentes pero en concentraciones mínimas pudiendo ser un limitante para el fitoplancton (Ly et al., 2014). Por lo tanto, los nutrientes ejercen un control en el incremento del fitoplancton, pero la tasa de crecimiento es dependiente de la capacidad de absorción y almacenamiento de los nutrientes limitantes por parte del fitoplancton. En consecuencia, el fitoplancton, por medio de la fotosíntesis, da inicio a la cadena alimentaria, la cual sustenta los ecosistemas acuáticos (Daewel et al., 2014), siendo compleja la relación entre el predador y la presa (Yletyinen et al., 2016).

El zooplancton, está formado por organismos heterótrofos, cuyo tamaño varía desde organismos unicelulares microscópicos a varios centímetros de largo (Johnson y Allen, 2012). Muchos de ellos son herbívoros, otros carnívoros, otros detritívoros, pero la mayoría son omnívoros. Se dividen en dos categorías dependiendo de su residencia en medio pelágico: holoplancton y meroplancton. Además, de acuerdo a su hábitat se clasifican en oceánicos y neríticos (Johnson y Allen, 2012). Su principal grupo son los copépodos.

La productividad primaria del fitoplancton constituye el primer eslabón de la cadena trófica, esta productividad es removida por el zooplancton herbívoro (segundo

eslabón), por medio del pastoreo, en grandes proporciones ejerciendo un control importante en las poblaciones de fitoplancton a diferentes escalas espaciales y temporales. A su vez, la mortalidad del zooplancton herbívoro está sujeto a la depredación de los niveles tróficos superiores (Daewel et al., 2013). El proceso, se refiere como redes tróficas complejas compuestas de especies, y las interacciones tróficas que conectan las especies en una comunidad ecológica (Yletyinen et al., 2016).

Esta investigación realiza un análisis histórico de la abundancia, distribución de fitoplancton y zooplancton y su relación con algunas variables ambientales en las estaciones de Esmeraldas, Puerto López y Salinas, lugares que han sido monitoreados de manera regular por el Instituto Nacional de Pesca, para determinar las reacciones del plancton, ante cambios de temperatura y densidad de los nutrientes en época normales, extremas y durante eventos climáticos como el Niño.

Considerando la importancia del plancton en los procesos costeros y como elemento fundamental en la trama trófica pelágica, es necesario integrar los datos obtenidos con los diferentes estudios en la zona costera ecuatoriana.

1.1. Objetivos

1.1. General

Relacionar el comportamiento del plancton con el entorno oceanográfico y épocas climáticas en las localidades de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

1.2. Objetivos específicos

- Reconocer las especies de fitoplancton y zooplancton.
- Examinar las variables físicas y químicas.
- Correlacionar las especies de fitoplancton y zooplancton con los componentes físicos y químicos
- Procesar una guía que identifique la variabilidad de las condiciones en el periodo de estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Las capas superficiales del pacífico oriental están sometidas a variaciones físicas y químicas estacionales, a causa de los giros anticlónicos y la consiguiente mezcla de las aguas, desempeñando un papel importante en los fenómenos biológicos (CPPS, 2014). Dentro de este marco, una variable física de gran importancia en el ecosistema marino es la temperatura superficial del mar (TSM): Factor que ejerce un impacto importante en las comunidades en una localidad determinada (Ayala et al., 2016). Por ejemplo en Aguas Tropicales Superficiales (ATS) se desarrolla una alta biodiversidad y bajas biomásas, mientras Aguas Costera Frías (ACF) reflejan alta biomasa y baja diversidad (Flores et al., 2013). Al variar, durante el intervalo del día, en unos grados centígrados influye marcadamente en la distribución de los organismos convirtiéndolos en dependientes de un óptimo térmico, y de la tolerancia fisiológica a temperaturas altas (Mesas & Tarifeño, 2015). Por debajo de la superficie del mar la temperatura disminuye gradualmente originándose una estructura térmica, que en un punto determinado, disminuye repentinamente formándose una termoclina que varía de profundidad de acuerdo a la estaciones del año, la intensificación de las masas de aguas y los afloramientos costeros (Flores et al., 2013). Así mismo, la salinidad, al igual que la temperatura, tiene trascendental importancia en las actividades biológicas. En el mar el valor de la salinidad están asociadas a las diferentes masas de aguas. Por ejemplo, las capas superficiales del mar son ocupadas por Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y ATS de bajas salinidades y por ACF de altas salinidades (Dioses, 2013). Bajos las diferentes condiciones de temperatura y salinidad, las especies se distribuyen de acuerdo al grado de tolerancia en la cual pueden sobrevivir.

Otro factor a considerarse entre los que determinan la distribución del plancton en el ecosistema marino pelágico, es la luz, La absorción de la luz por parte del fitoplancton es fundamental para su estructura, biomasa y producción primaria (Verdugo-Díaz, et al., 2014; Jiménez Estrada, 2014). Constituyendo esta característica óptica del agua de mar que en conjunto con la temperatura, salinidad, surgencia costera y nutrientes como factores elementales para la distribución, abundancia y diversidad de los organismos marinos. También, hay que considerar los cambios climáticos y estacionales, fenómeno que contribuyen para que se produzcan anomalías en los

factores físicos y en los volúmenes del plancton en el ecosistema pelágico (Barange & Perry, 2012).

Por ejemplo, la producción primaria, en los ecosistemas marinos oligotróficos, constituye la fuente más importante de carbono orgánico. Este carbono, en forma de fitoplancton, es consumido por los organismos de los niveles tróficos superiores proporcionándoles materia y energía para sobrevivir. Los mismos, que a la vez, excretan una parte de la materia consumida, estimulando el desarrollo de fitoplancton y bacterias (Castellví, 2016; Verdugo-Díaz, 2014).

Cabe destacar, que los patrones de circulación local asociados con los parámetros físicos varían la posición espacial de los organismos. Procesos oceanográficos que estructuran agregaciones superficiales del plancton en zonas de frentes de discontinuidad térmicos o halinos (Mattos & Mujica, 2012). De manera similar, el fenómeno de surgencia costera asociados a las corrientes oceánicas (Graco et al., 2007) contribuyen en la distribución y diversidad del plancton; fenómeno que generalmente ocurre en la estación seca cuando la capa de mezcla es más profunda. El movimiento lleva aguas subsuperficiales frías ricas en nutrientes hacia la capa de mezcla motivando los florecimientos, que enriquece al medio marino, propiciando la proliferación de consumidores secundarios y terciarios. Sin embargo, los nutrientes como el nitrógeno (N), fósforo (P) y silicio (Si), que regulan el crecimiento del fitoplancton, pueden ser factores limitantes, por su insuficiente concentración en el mar (Gadea Perez, 2012).

Algo semejante ocurre cada cierto tiempo, con los eventos conocidos como el Niño y la Niña. El primero se caracteriza, porque la temperatura superficial del mar se eleva más allá de sus rangos normales y a la vez se presentan lluvias por encima de sus niveles normales mensuales este también acontece de manera anormal cada tres a siete años y dura de trece a 18 meses (Poveda & Mesa, 2015). Este evento está asociado con la Oscilación del Sur (Gajardo, 2013). La Niña se caracteriza por temperaturas más frías que las normales; asociada con eventos de surgencias y prolongada sequía en toda la costa (Poveda & Mesa, 2015). Durante el evento de El Niño, el mayor efecto en el océano es el hundimiento de la termoclina acompañada por una disminución de la salinidad y la desaparición de la haloclina en los primeros 100 metros de la columna de agua.

Por último, el interés por parte de la comunidad científica por los gases de efecto invernadero, lo han dirigido a buscar repuestas en los organismos del plancton marino, especialmente, en los copépodos. Dirigiendo su atención en la variabilidad espacio-temporal y cambios en su biogeografía, que proporcionando evidencia del aumento del contenido de calor en el océano, debido que estos organismos influyen en la bomba biológica de carbono (Medellín y Escribano, 2013).

Considerando las condiciones oceanográficas mencionadas, se han realizado estudios del plancton marino a nivel regional y mundial; evidenciándose la influencia que ejercen los parámetros abióticos y bióticos sobre el plancton. Como los realizados por Gaxiola Castro et al., (2008); Galeano y Arteaga (2010). Hernández-Trujillo et al. (2010); Macías (2010); Hernández et al. (2013); Lucero et al. (2013); Torres- Delgado et al. (2013), Álvarez Molina et al. (2013); Escalante et al. (2013); Lara (2013) y López Mojica (2015).

De igual manera se han realizado estudios en el Pacífico Ecuatoriano, el cual se encuentra influenciado básicamente por tres flujos; dos flujos que se dirigen hacia el oeste: la Corriente Ecuatorial del Norte y la Corriente Ecuatorial del Sur y el tercero tiene trayectoria este, situándose entre las dos corrientes mencionadas: la contracorriente Ecuatorial del Norte (CPPS, 2014). Es importante destacar, que el Pacífico Ecuatoriano, está influenciado de manera directa por la corriente ecuatorial del sur, la corriente del Humboldt y por la corriente de El Niño o corriente de Panamá que procede del norte, de las costas de Panamá, corrientes que bañan la costa occidental de América del sur y por la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell (CPPS, 2014).

La corriente del Humboldt, también conocida como ACP, o Aguas Costeras de Humboldt (ACH) se muestra con mayor fuerza en la costa ecuatoriana, de mayo a octubre, determinando mayor humedad que se refleja en lloviznas y nubosidad, debido que al llegar aguas frías el aire caliente se condensa. Así mismo, de diciembre a abril, se manifiesta la corriente cálida de El Niño, relacionada con la contracorriente ecuatorial, corriente que acarrea vientos cálidos y húmedos, suscitando tormentas y el aumento de la temperatura del aire y, como resultado se producen fuertes precipitaciones en toda la zona costera del país (Cruz, 2012).

Respecto a las condiciones oceanográficas descritas para el Pacífico Ecuatoriano, se han realizado varios trabajos de investigación planctónicas, basados en la circulación oceánica, distribución, abundancia, diversidad y productividad del plancton entre ellos los de De la Cuadra (2009); Calderón y Lindao (2009); Cruz et al. (2010-2011); Gualancañay et al. (2010-2011); Tapia y Naranjo (2012); Cruz (2012); Tapia (2013); Naranjo y Tapia (2014) y Belén del Salto (2013).

Al momento de elaborar esta tesis, el Comité Nacional para el Estudio Regional del Fenómeno el Niño (ERFEN); constituido por INOCAR, INP, INAMHI, ESPOL y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo (SNGR) permanecían evaluando las condiciones océano-atmosférica del mar ecuatoriano.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio.

El territorio marítimo de Ecuador se halla localizado en el Pacífico Oriental. Tiene una extensión, desde la línea de costa, de 200 millas náuticas, ocupando una superficie de aproximadamente 1.100.000 km² (Jyves et al., 2009). El área se halla influenciada por dos grandes ecosistemas marinos: el del Pacífico Central y el de la corriente de Humboldt, ecosistemas que han originado en la zona norte y parte de la central características de tipo tropical con predominio de aguas cálidas resultantes de la corriente de Panamá cuya temperatura varía entre 23 y 27 °C, mientras la zona sur está influenciada por aguas de características frías entre 20 y 25 °C, proveniente de la corriente de Humboldt. El encuentro de las dos corrientes crean una zona de transición debido a la mezcla de aguas de diferentes temperaturas, ocasionando oscilaciones térmicas y desalojo de las masas de agua, según la estación que esté presente durante el año (CPPS, 2014). De diciembre a abril se produce la época húmeda (invierno) y de mayo a noviembre la temporada seca (verano) (Cruz, 2012).

3.2. Fase de campo colecta de muestras

Las muestras del plancton y los parámetros ambientales, fueron obtenidos en estaciones ubicadas a 10 millas del margen costero de las provincias de Esmeraldas (79°46'49.8. O; 1°7'42.2. N), Manabí-Puerto López (81°02'217. O; 1°34'9.6. S) y Santa Elena-Salinas (81°06'18.6. O; 2°12'3.36. S) (figura 1) entre los años 2003 a 2012 con una frecuencia de muestreo mensual de campañas de investigación realizadas por el Instituto Nacional de Pesca, dentro del Programa de Investigación “Variabilidad Climática”.

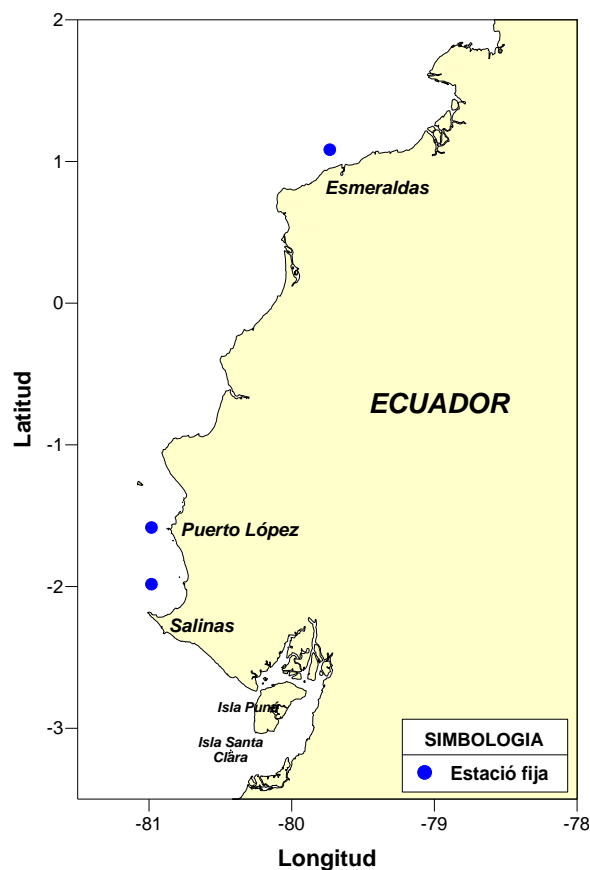


Figura 1. Ubicación de la estaciones de estaciones de estudio a 10 millas frente al perfil costero de Ecuador.

Para desplazarse a la zona de muestreo, se utilizaron embarcaciones de fibra de vidrio propulsada por un motor fuera de borda y mediante un GPS (Global Position System) se ubicaba el punto de muestreo. Inmediatamente, se tomaron datos de temperatura superficial del mar (TSM) mediante un termómetro de mercurio, el cual era sumergido en un balde con agua de mar durante cinco a diez minutos; completado los minutos se procedía a leer y anotar la temperatura en una bitácora. Luego se sumergía un disco de Secchi, amarrado a un cabo graduado en metros y centímetros, y se medía la profundidad cuando el disco desaparecía de la vista del técnico.

A continuación, se colectaron muestras de agua para oxígeno disuelto, nutrientes como nitrato, nitrito, fosfato y silicatos y fitoplancton mediante la sumersión de una botella Niskin a 0, 10, 30, 50, 75 y 100 m de profundidad. Después a bordo, se procedía a la colecta de agua, en botellas de polietileno de 500 ml de capacidad,

líquidos que luego eran filtrados al vacío por medio de membranas de filamentos de vidrio Wathman GF/C. Los filtros eran colocados en papel aluminio e inmediatamente congelados, para después ser llevados al laboratorio del INP, para su posterior análisis.

De las muestras de aguas colectadas en la misma botella Niskin, se obtuvieron muestras para análisis de fitoplancton, las cuales se colectaron en frascos de 200 ml de capacidad. A cada muestra se agregó 8 a 10 gotas de una solución de lugol para su conservación.

Después se procedió a realizar un arrastre superficial con redes de plancton de 200 micras de ojo de malla, para la obtención de organismos del zooplancton. El arrastre se lo realizó a una velocidad de la embarcación de dos nudos durante cinco minutos. Luego se procedía a recoger las redes y el plancton atrapado en la red era colectado en frascos de 200 ml de capacidad, al cual se le agregaba entre 8 y 10 ml de formol neutralizado con tetraborato de sodio.

3.3. Fase de laboratorio

En el laboratorio de química del INP, a las muestras de agua para el análisis químico, se le determinaron los siguientes elementos químicos: nitrito [NO₂], nitrato [NO₃], fosfato [PO₄], silicato [SiO₄], y oxígeno disuelto [O₂]. Los valores de los nutrientes fueron calculados en base a los criterios de Strickland y Parsons (1972). El oxígeno disuelto fue valorado por el método de Winkler reformado por Carpenter (1965).

En el laboratorio de plancton del INP, se procedió a realizar el análisis cuali-cuantitativo de fitoplancton, por el método Utermöhl, descrito por Mora et al. (2016), luego de haber sedimentados las muestras durante 24 horas en cámaras de sedimentación de 10cc. El recuento se realizó mediante un microscopio invertido y la identificación de los organismos mediante claves de libros especializados Björnberg (1981). En tanto, para la estimación del zooplancton, se aplicó el procedimiento descrito por Frontier (1981) luego de colocar una alícuota (25 ml) en una cámara Dolfus, para después identificar las especies presentes, principalmente copépodos. Para el análisis cualitativo de las especies se utilizó la metodología aplicado por Boltovskoy (1981) y

Boltovskoy (1999). El recuento de los individuos se lo realizó por medio de un estereomicroscopio.

3.4. Análisis estadísticos

Para este trabajo de tesis sólo se consideraron las muestras tomadas en el nivel superficial. Luego de los análisis cualitativos y cuantitativos, los datos fueron tratados de manera estadística, para estimar la equitatividad, riqueza y diversidad de Shannon-Wiener (Martella et al., 2012). A continuación, a los mismos datos, se le calculó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Guillen, 2013). Luego de comprobar el no cumplimiento de los supuestos, se determinó la aplicación del análisis no paramétrico Kruskal-Wallis (Soto, 2013), para comprobar si la abundancia del plancton y los valores de las variables abióticas, fueron significativamente diferente de manera interanual y entre localidades. Y la prueba Mann-Whitney para estacionalidad (Angulo et al., 2013). Los valores fueron expresados en diagramas de caja y bigotes (García & Dulcimar, 2013).

Con el fin de conocer las variables ambientales que mejor influyeron en los grupos funcionales, de manera estacional y por localidad, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) (Carles, 2014) con el paquete estadístico Statgraphics 5.1. En cambio para conocer las relaciones entre las variables ambientales y las especies más frecuentes y/o abundantes, se efectuó un análisis de correspondencia canónica (ACC) (Carles, 2014) mediante el programa CANOCO versión 4.5. Para establecer la relación entre los diferentes años se realizó un análisis de clasificación (cluster) utilizando el índice de Bray Curtis con el algoritmo de la distancia euclidiana (Spinelli et al., 2016).

4. RESULTADOS

4.1. Factores abióticos

4.2. Temperatura Superficial del Mar (TSM)

La estación del Esmeraldas presentó las TSM promedio más cálida fluctuando los valores entre 25.7 y 27.5 °C, en cambio, en Puerto López los valores oscilaron entre 23.9 y 25.6 °C, mientras en Salinas, que se encuentra más al sur, los valores variaron entre 22.5 y 24.7 °C. Se detectó una variación latitudinal significativa ($P < 0.05$), debido que los valores se mantuvieron siempre más altos en la estación del norte y siempre más bajos en las estaciones del sur (figura 2 A y B); así mismo, se observó diferencias entre las épocas, siendo más cálida la estación húmeda (figura 2 C). Por otro lado el análisis clúster determinó dos grupos, uno formados por TSM promedio menores a 25 °C que correspondieron a los años 2004, 2005 y 2009 y otro formado por temperatura mayor 25 °C que correspondieron a los años de el 2007 al 2012 (figura 3).

Por otro lado, la TSM registro una tendencia positiva de el 2003 al 2012 en Esmeraldas y Salinas, mientras en Puerto López, la tendencia, fue ligeramente negativa. Se puede observar que los valores de las tendencias son bajos lo que indica que la TSM es ampliamente variable en espacio y tiempo en el área de estudio (figura 2 A, B y C).

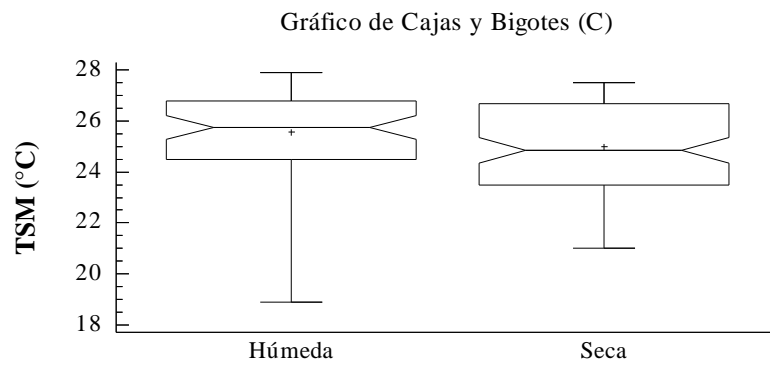
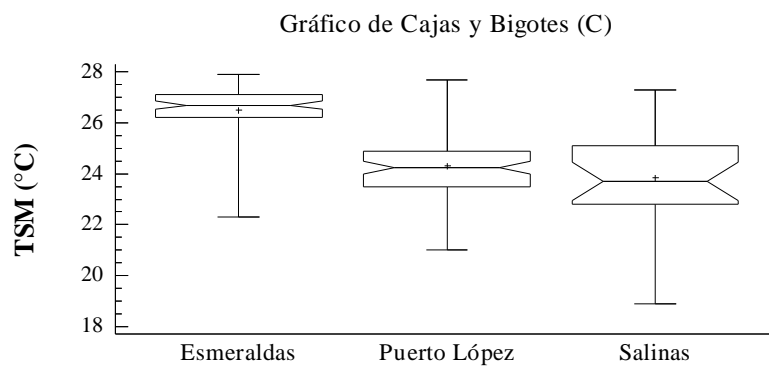
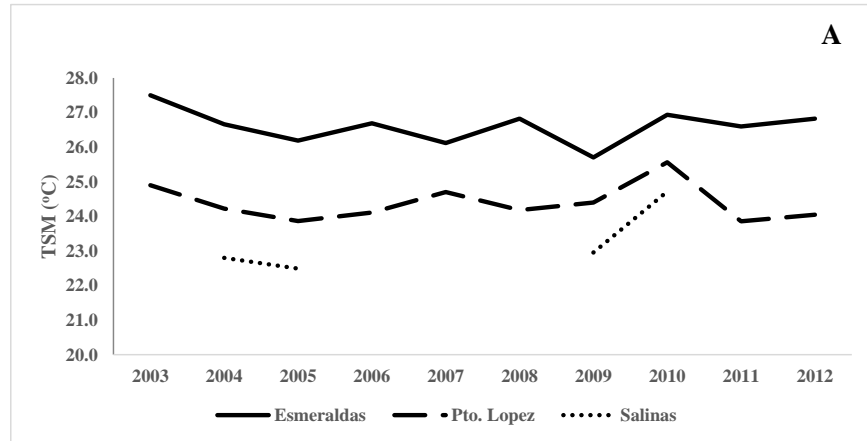


Figura. 2. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de la temperatura en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

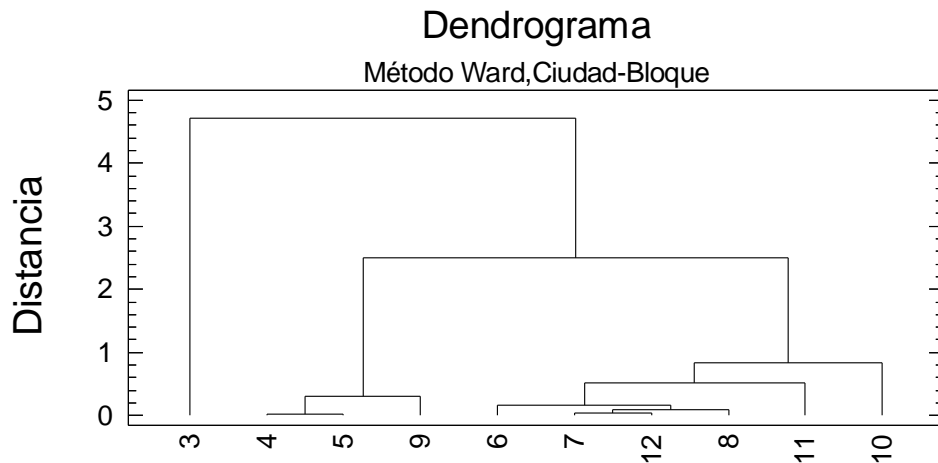


Figura.3. Dendrograma que representa la similitud de la temperatura en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

4.3. Nutrientes y Oxígeno disuelto

4.4. Nitrito

No se detectó un claro gradiente latitudinal ($p > 0.05$) (figura 4 A) ni tampoco diferencias significativas ($p > 0.5$) temporales (figura 4 B y C). En Esmeraldas las concentraciones promedio interanuales fluctuaron entre 0.03 y 0.37 $\mu\text{mol/L}$, detectándose el valor menor en los años 2005, 2008 y 2012, el mayor en el 2004. En tanto, en Puerto López los valores oscilaron entre 0.03 y 0.21 $\mu\text{mol/L}$, observándose la cifra menor en el 2010 y la mayor en el 2004. Mientras en Salinas se registraron densidades entre 0.07 y 0.21 $\mu\text{mol/L}$, perteneciendo la mínima densidad al 2012 y la máxima al 2005. El análisis clúster determinó dos grupos: el formado por los años 2003, 2008 y 2010, que registraron concentraciones menores a 0.05 $\mu\text{mol/L}$ y el resto mayores a 0.06 $\mu\text{mol/L}$ (figura 5).

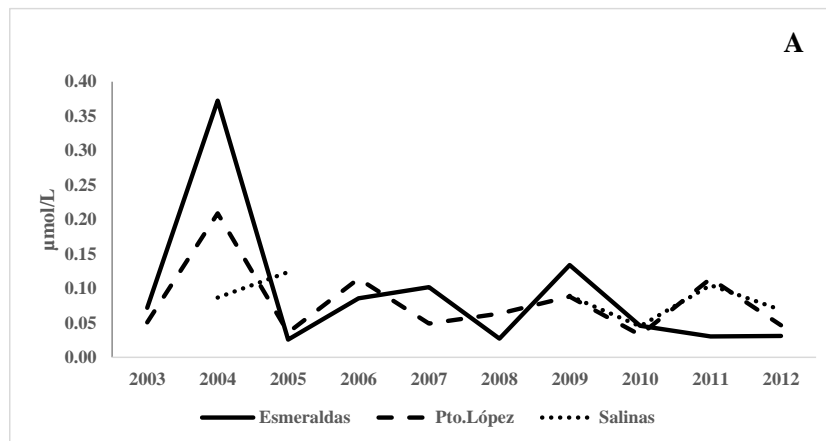


Gráfico de Cajas y Bigotes (B)

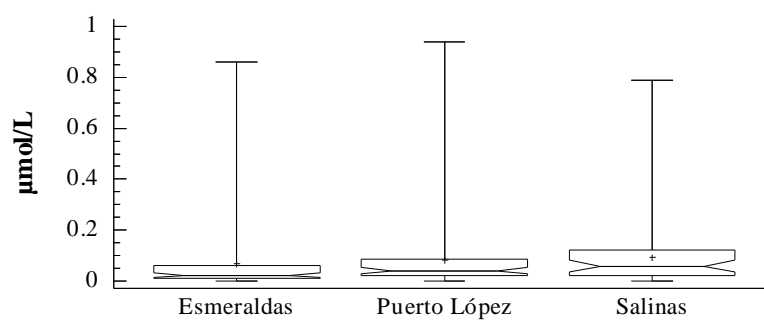


Gráfico de Cajas y Bigotes (C)

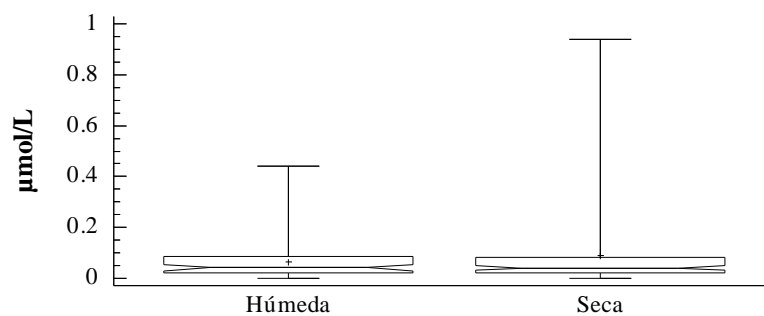


Figura. 4. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de Nitrito en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

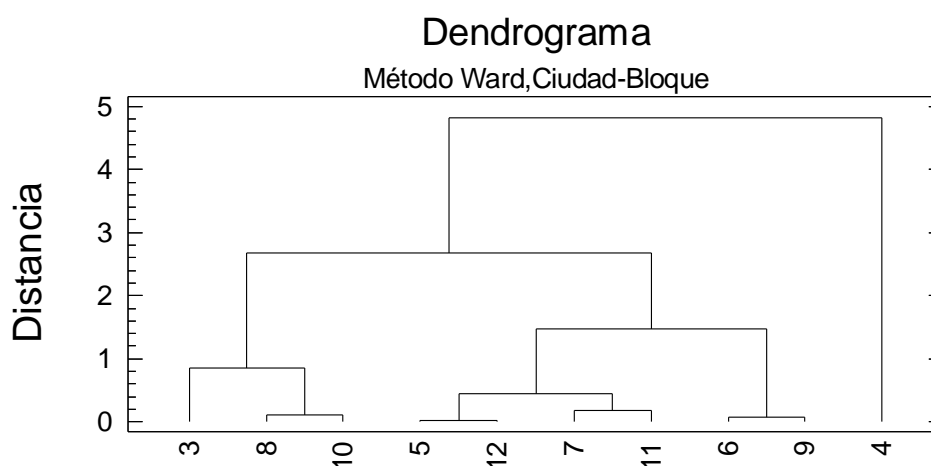


Figura.5. Dendrograma que representa la similitud de nitrito en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

4.5. Nitrato

Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) a nivel de localidades manifestando mayor concentración en Salinas (figura 6 B). También hubo diferencias significativas entre estaciones ($p < 0.05$), detectándose mayor concentración en la época húmeda (figura 6 C). En Esmeraldas se registraron las concentraciones más bajas de la zona de estudio, oscilando las densidades entre 0.18 y 1.20 $\mu\text{mol/L}$, mientras en Puerto López oscilaron entre 0.47 y 4.47 $\mu\text{mol/L}$ y en Salinas entre 0.81 y 5.03 $\mu\text{mol/L}$ (figura 6 A). El análisis clúster diferenció dos grandes grupos: al primero lo subdividió en dos grupos, a un subgrupo lo asoció a concentraciones que oscilaron entre 0.06 y 0.48 $\mu\text{mol/L}$, que correspondieron a los años 2003, 2004 y 2005; al otro entre 0.82 y 1.30 $\mu\text{mol/L}$, que se observó en los 2006, 2007 y 2012, mientras al segundo grupo valores entre 2.53 y 2.86 $\mu\text{mol/L}$, que fueron detectados de 2008 a 2011 (figura 7).

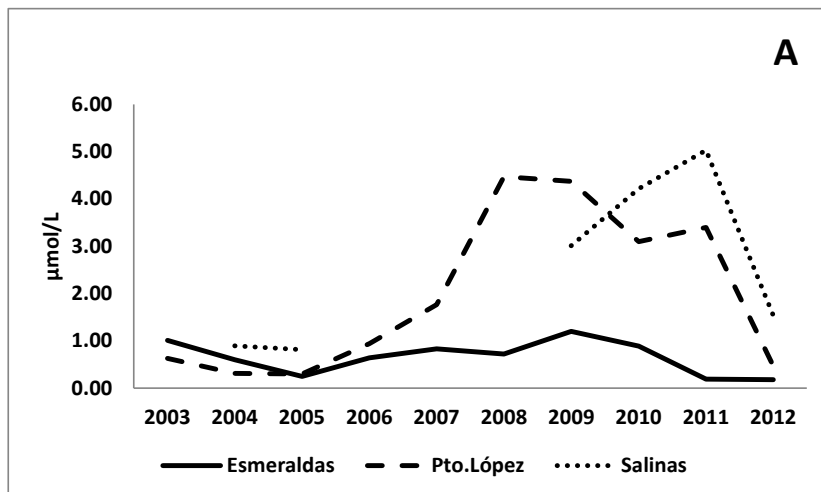


Gráfico de Cajas y Bigotes (B)

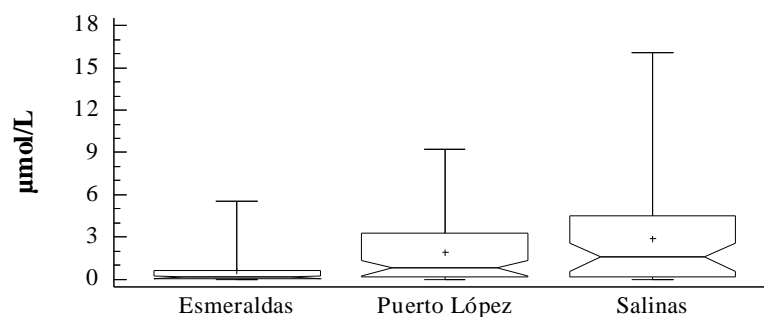


Gráfico de Cajas y Bigotes (C)

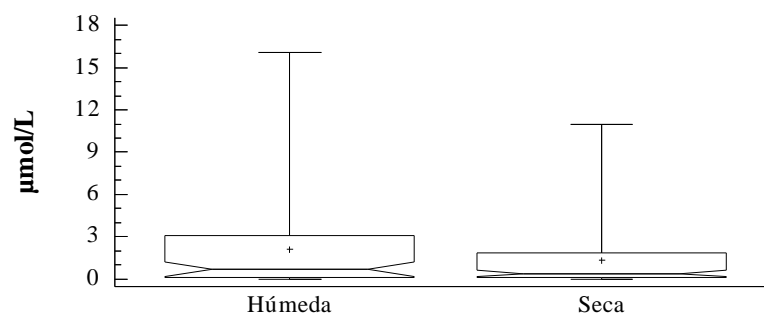


Figura. 6. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de Nitrato en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

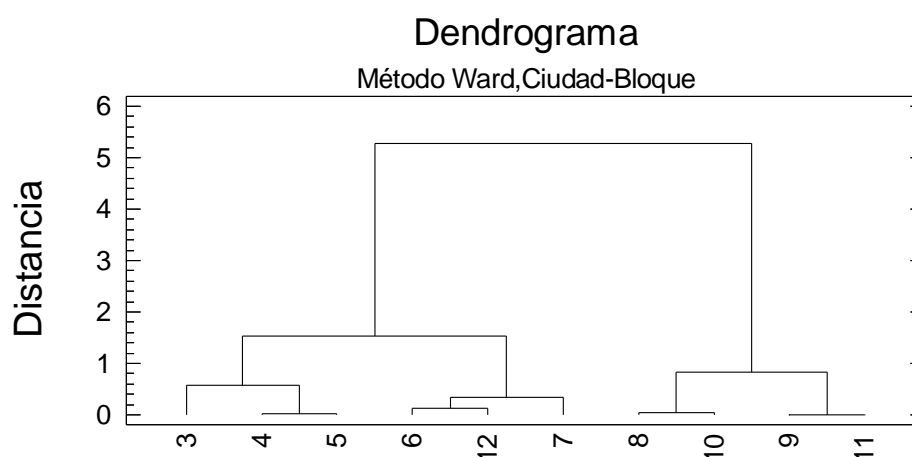


Figura.7. Dendrograma que representa la similitud de nitrato en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

4.6. Fosfato

Se observó que no hubo diferencias latitudinales ($p > 0.5$) en las concentraciones del fosfato. En cuanto las concentraciones por época, fue mayor la estación seca (figura 8 C). En Esmeraldas el valor mínimo ($0.18 \mu\text{mol/L}$) fue registrado en el año 2012 y el máximo ($2.28 \mu\text{mol.L}^{-1}$) en el 2008: se dividió, en esta estación, los valores más altos y más bajos del área de estudio. Por otro lado, en Puerto López se halló la mínima concentración ($0.31 \mu\text{mol/L}$) en el 2010 y la máxima ($0.85 \mu\text{mol/L}$) en el 2008, mientras en Salinas el valor menor ($0.29 \mu\text{mol/L}$) se presentó en 2010 y el mayor ($0.55 \mu\text{mol/L}$) en el 2009 (figura 8 A y B). El análisis clúster diferenció dos grupos, el primero compuesto por los años que mostraron densidades menores a $0.40 \mu\text{mol/L}$ y que correspondieron a los años de el 2003 al 2005 y del 2010 al 2012, mientras el segundo tenía densidades por encima del valor $0.40 \mu\text{mol/L}$ y que correspondieron a los años 2006 al 2009 (figura 9).

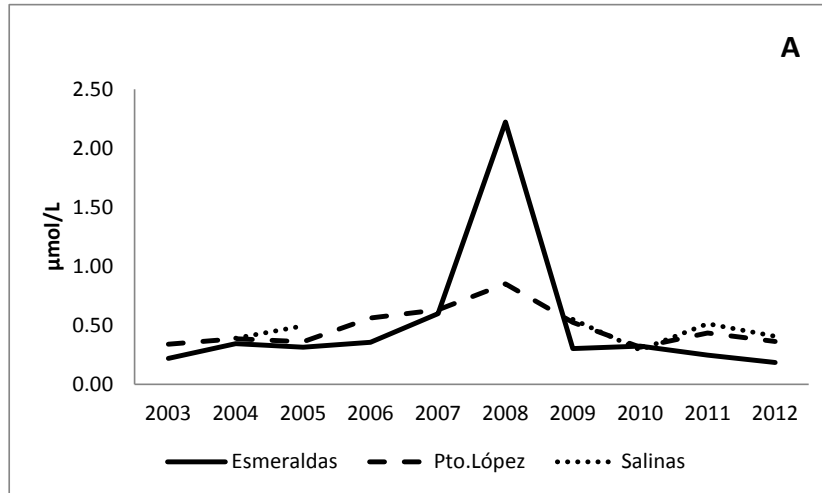


Gráfico de Cajas y Bigotes (B)

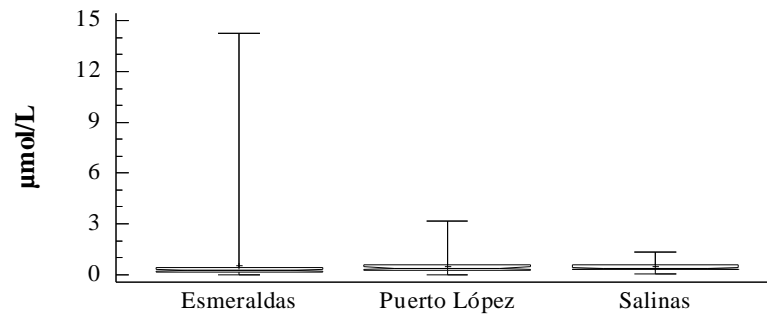


Gráfico de Cajas y Bigotes (C)

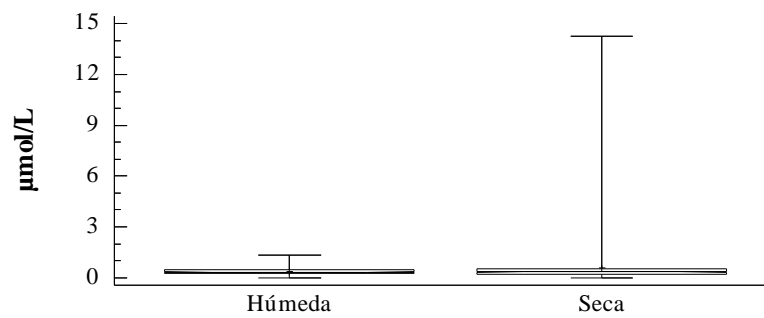


Figura. 8. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de Fosfato en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

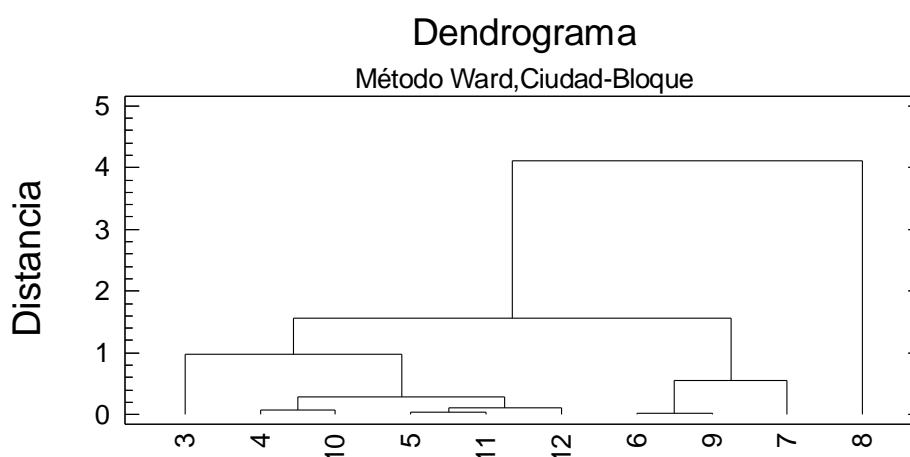


Figura.9. Dendrograma que representa la similitud de fosfato en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

4.7. Silicato

El silicato varió significativamente ($P < 0,05$) entre las diferentes localidades, registrando la concentración más alta en Esmeraldas (figura 10 B). Así mismo, se detectaron diferencias entre las épocas, el valor más elevado se manifestó en la época húmeda ($P < 0,05$) (figura 10 C). Esmeraldas presentó concentraciones promedio que fluctuaron entre 3.32 y 28.0 $\mu\text{mol/L}$, en cambio en Puerto López, los valores oscilaron entre 2.03 y 5.98 $\mu\text{mol/L}$, mientras que en Salinas, las densidades variaron entre 1.93 y 7.91 $\mu\text{mol/L}$ (figura 10 A). El análisis clúster evidenció dos grupos, los cuales se subdividieron en tres. El primero asoció los años 2004 y 2012 que se caracterizaron por concentraciones entre 2 y 3 $\mu\text{mol/L}$, el segundo relacionó los años 2005 y 2006, cuyas concentraciones oscilaron entre 8 y 9 $\mu\text{mol/L}$ y el último grupo asoció los años 2007 y 2009 con valores que fluctuaron entre 6 y 7 $\mu\text{mol/L}$ (figura 11).

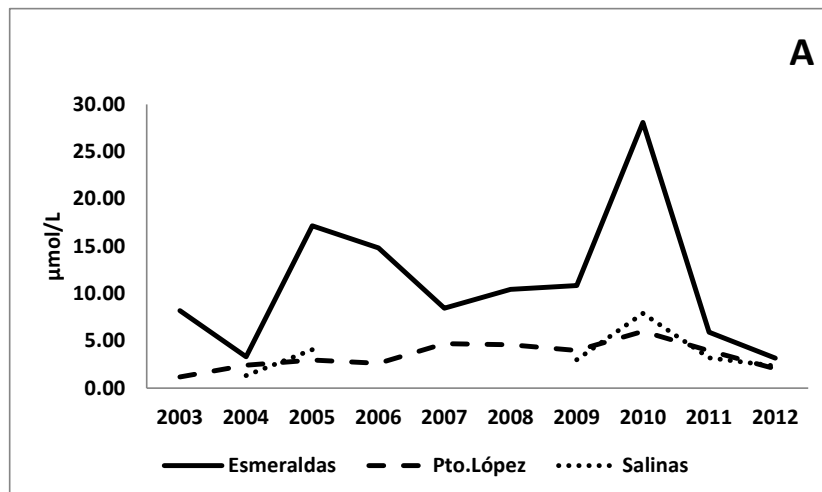


Gráfico de Cajas y Bigotes (B)

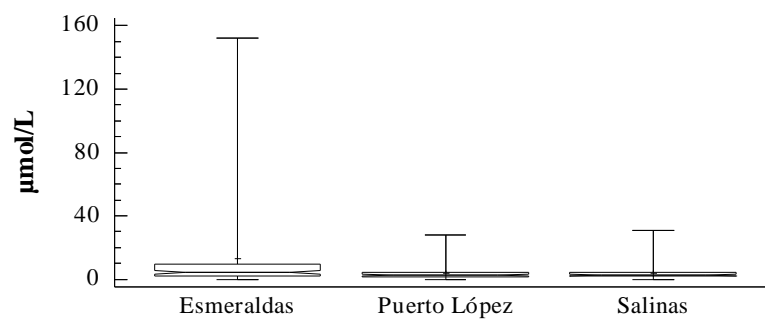


Gráfico de Cajas y Bigotes (C)

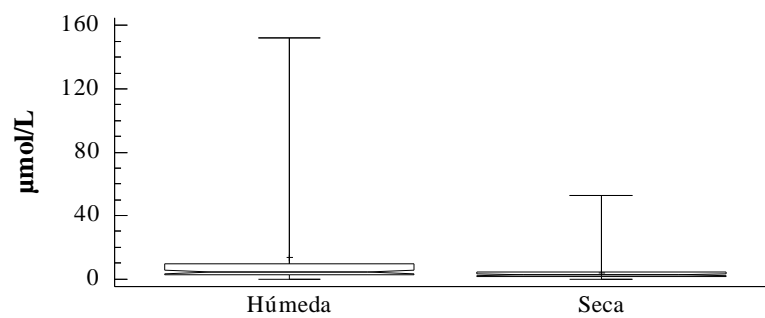


Figura. 10. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de Silicato en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

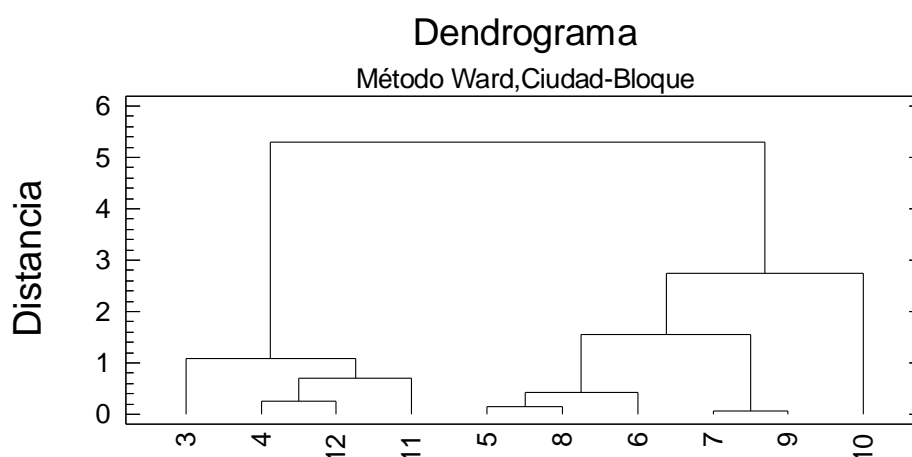


Figura.11. Dendrograma que representa la similitud de Silicato en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

4.8. Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) a nivel de localidades, interanual y temporal. Los valores promedios fluctuaron entre 4.72 y 5.23 ml/L en Esmeraldas, entre 4.48 y 5.24 ml/L en Puerto López y entre 4.58 y 5.29 ml/L en Salinas, (figura 12 A). La localidad con mayor promedio fue Puerto López y la de menor promedio fue Salinas (figura 12 B), en el mismo sentido, la época húmeda registró el valor máximo (figura 12 C). El clúster determinó fuerte similitud entre años, excepto en los años 2010 y 2011 que se separan de manera leve del resto de años (figura 13).

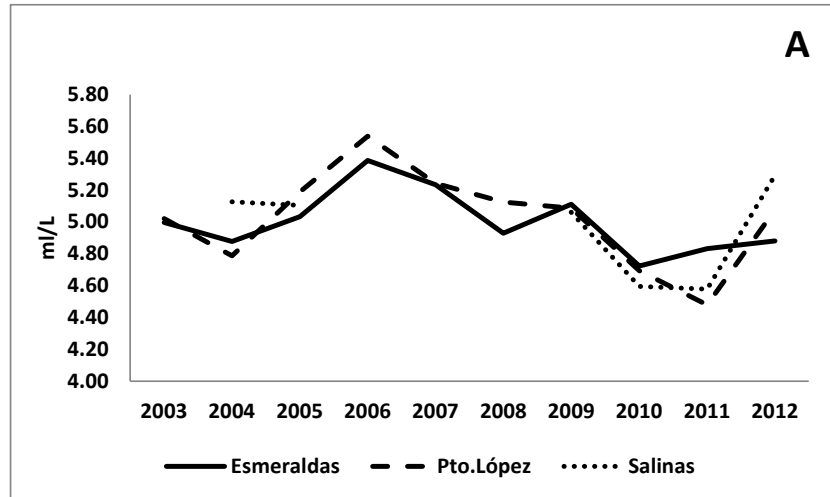


Gráfico de Cajas y Bigotes (B)

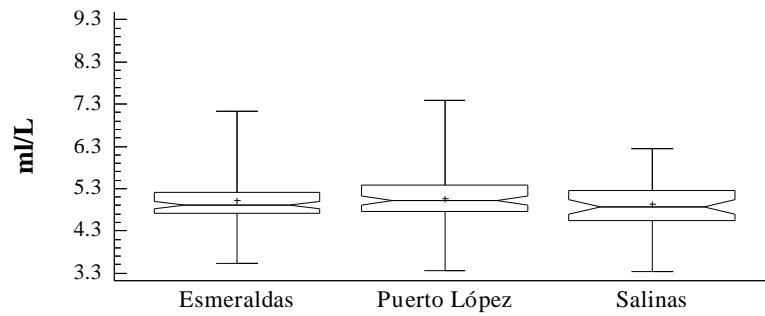


Gráfico de Cajas y Bigotes (C)

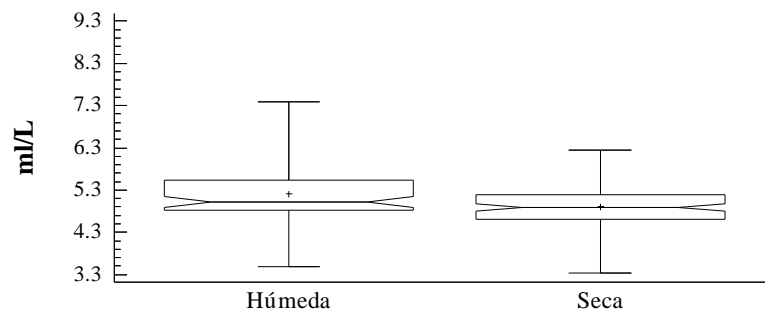


Figura. 12. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de Oxígeno en aguas superficiales a diez millas de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

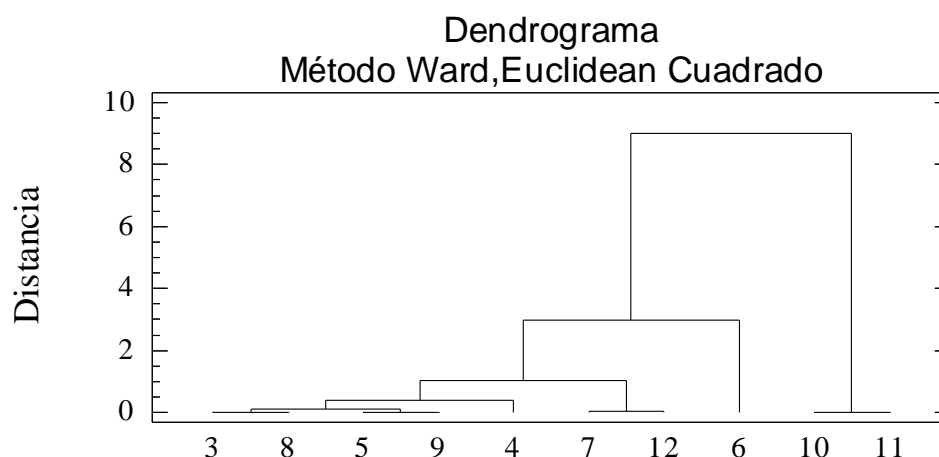


Figura.13. Dendrograma que representa la similitud de oxígeno en aguas superficiales entre los diferentes años a diez millas de la de la costa de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

4.9. Plancton

4.10. Fitoplancton

Las densidades mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto a las localidades. Máxima abundancia se registró en Esmeraldas y menor en Puerto López, (figura 14 B). Por otra parte, en Esmeraldas, la densidad promedio osciló entre 7795 y 33483 cel/L, observándose el valor mínimo en el 2003 y el máximo valor en el 2009, mientras en Puerto López variaron entre 8405 y 29545 cel/L, valores detectados en el 2006 y el 2011 respectivamente y en Salinas fluctuaron entre 11226 y 44286 cel/L, siendo registrados los valores menores en el 2005 y los mayores en el 2011 (figura 14 A). Se pudo observar que las abundancias tendieron a aumentar, de manera gradual del 2003 al 2012 en las tres localidades. Además, se detectó la máxima abundancia en el período seco (figura 14 C).

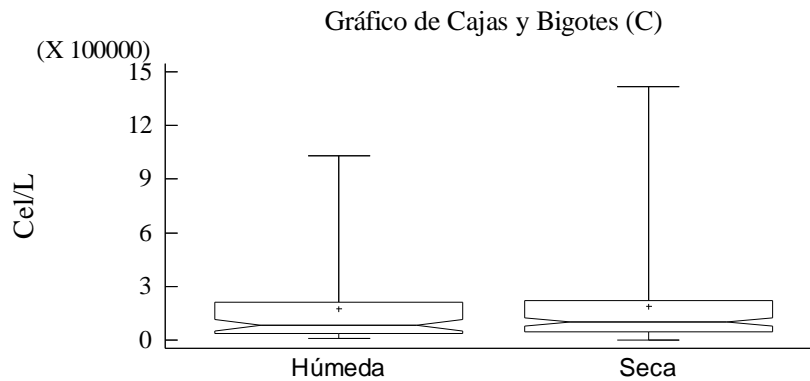
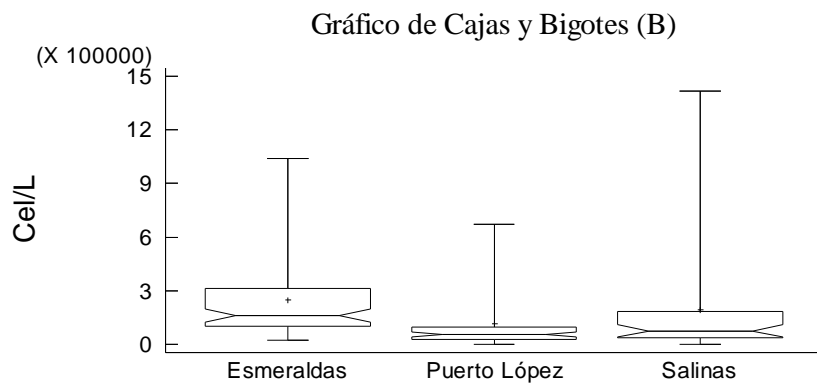
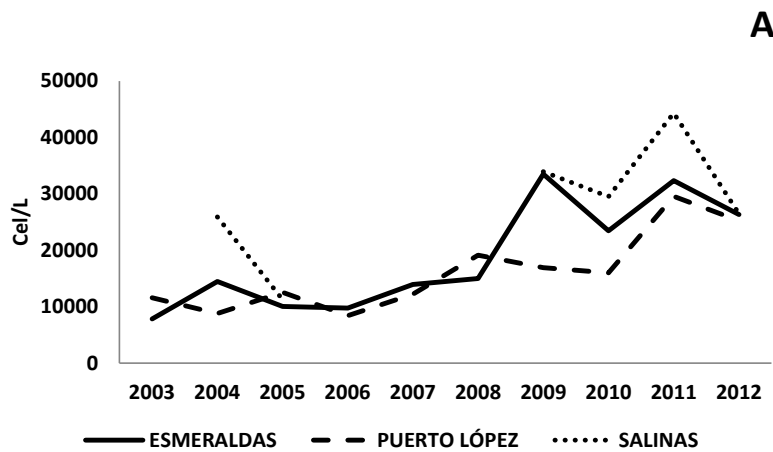


Figura. 14. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de fitoplancton en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas del 2003 al 2012.

Durante el estudio, el análisis taxonómico determinó nueve clases, siendo más trascendentales *Coscinodiscophyceae* y *Bacillariophyceae* (Figura 15). La clase *Bacillariophyceae* registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre años siendo más

abundantes en el año 2012. A nivel de localidades, la mayor densidad la registró Salinas y la menor Esmeraldas, con respecto a la época, mayor concentración se detectó en la seca.

La clase Coscinodiscophyceae registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los años siendo más abundante en el 2011. A nivel de localidades, fue más copioso en Salinas y menos en Puerto López y además en época seca.

La clase Dictyochophyceae registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los años siendo más abundante en el 2012. A nivel de localidades, fue más copioso en Puerto López y menos en Salinas, también en época seca.

La clase Cyanophyceae, no registró diferencias significativas. Fue más abundante en Puerto López y menos en Esmeraldas. A nivel de los años registró valores máximos en el 2010 y el 2011, a nivel de época fue mayor en la húmeda.

La clase Fragilariophyceae registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre localidades, detectándose la máxima abundancia en Esmeraldas y la mínima en Puerto López, en tanto a nivel interanual registró mayor densidad en el 2011. A nivel de época fue copioso en la húmeda.

Las clases Litostomatea, Prymnesiophyceae y Euglenophyceae fueron poco representativos (figura 15).

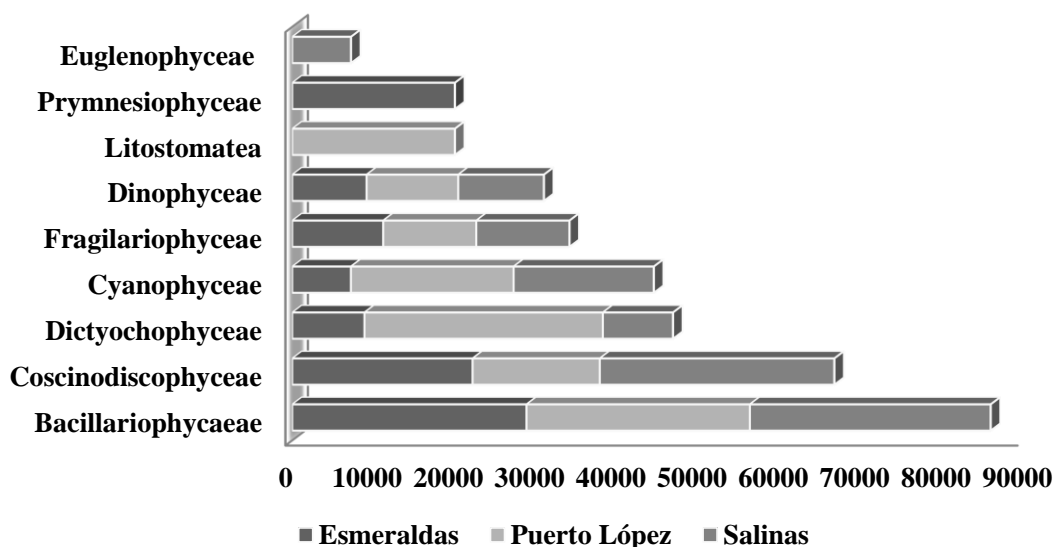


Figura. 15. Concentración de las clases del fitoplancton en las estaciones Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

4.11. Diversidad de especies

La diversidad de especies registró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre localidades observándose mayor diversidad en Esmeraldas y entre épocas fue mayor la seca (figura 16 B y C). En Esmeraldas los valores de diversidad oscilaron entre 2.09 y 3.51 bits.org, observándose que valores menores a 3.00 bits.org se detectaron del 2007 al 2012, excepto en el 2008 y superiores del 2003 al 2006; en Puerto López los valores fluctuaron entre 1.47 y 2.77 bits.org, detectándose cifras menores a 2 bits.org en el 2007 y del 2009 al 2011 y superiores en el resto de años, mientras en Salinas la diversidad varió entre 0,92 y 2,99 bits.org, así mismo, valores menores a 2 bits.org se registraron en el 2009 y el 2010 y mayores en los años 2004, 2005 y 2012 (figura 16 A)

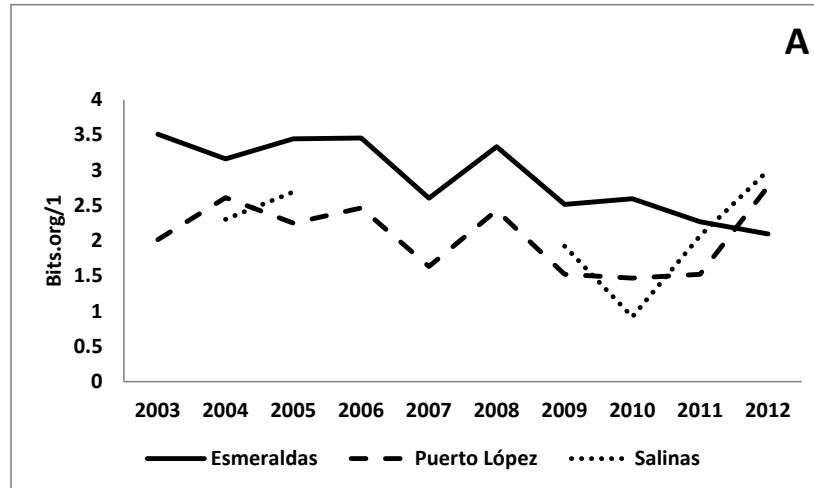


Gráfico de Cajas y Bigotes (B)

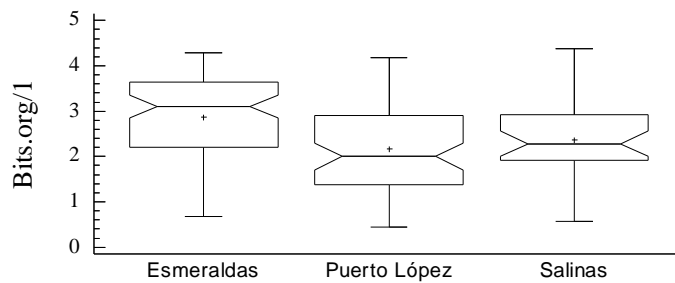


Gráfico de Cajas y Bigotes (C)

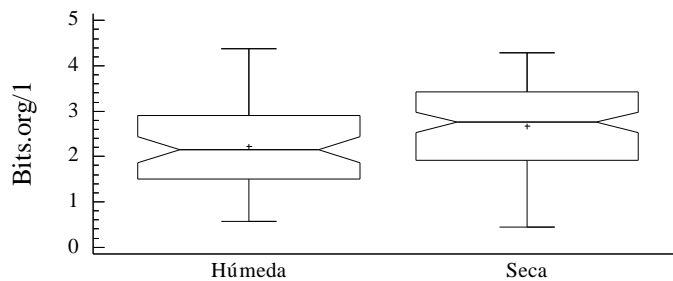


Figura. 16. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de diversidad de especies en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2003 a 2012.

4.12. Riqueza de especies

Al igual que la diversidad, la riqueza de especies registró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre localidades, conteniendo la mayor riqueza Esmeraldas y, también hubo diferencias entre épocas ($P < 0,05$), detectándose mayor números de individuos en

la época seca (figura 17 B y C). La riqueza de especies, en el área de estudio, osciló entre 0.13 y 1.25. Esmeraldas mostró el valor más alto (1.25) en el 2005, así mismo, el valor máximo en Puerto López y Salinas (0.94 y 0.92) se detectó en el 2012 (figura 17 A), en tanto que el valor mínimo observado, se registró en el 2010 en la localidad de Salinas (figura 17 A).

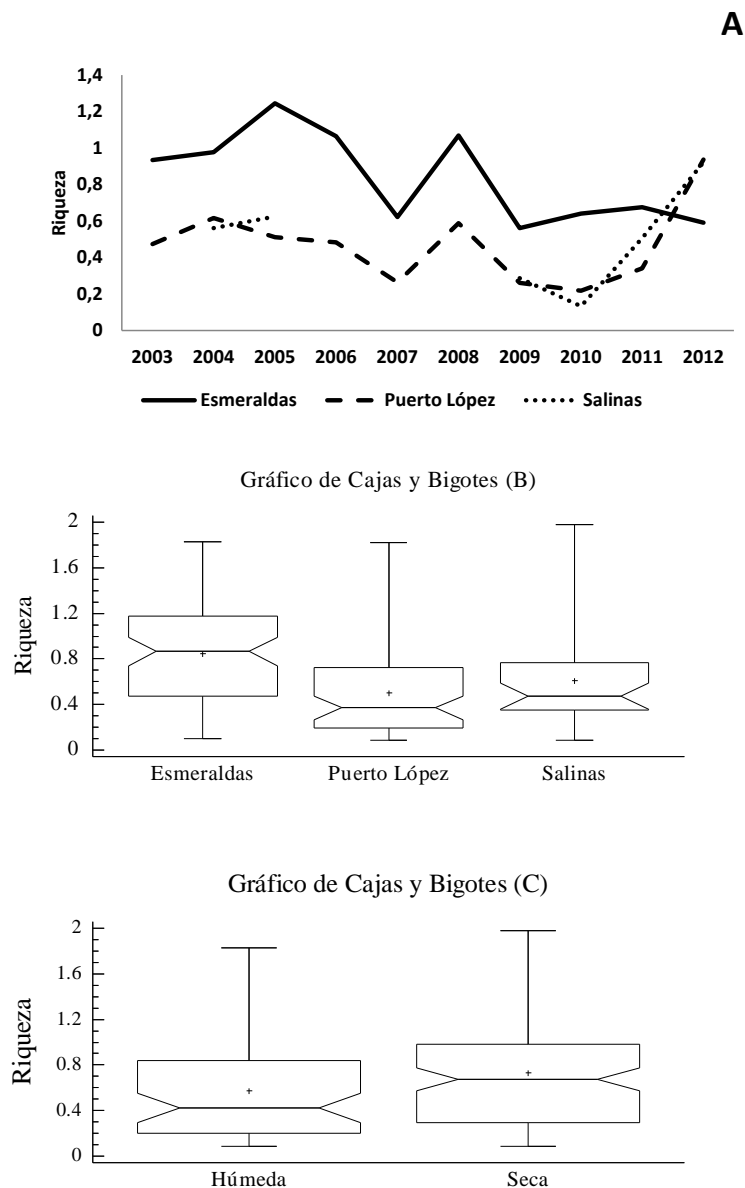


Figura. 17. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de riqueza de especies en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas de 2003 a 2012.

4.13. Especies de fitoplancton más frecuentes y abundantes

En la tabla 1 se registraron las especies de fitoplancton más frecuentes para cada localidad. Como se puede ver, todas las especies estuvieron presentes. Sin embargo, a nivel interanual *Guinardia flaccida* no fue detectada en junio del 2009 y 2010 en Esmeraldas y Salinas, *Leptocylindrus danicus* en marzo del 2010 en Esmeraldas y Puerto López, *Proboscia alata* en mayo del 2011 en Puerto López y Salinas. *Rhizosolenia setigera* en marzo del 2009 en las tres localidades antes mencionadas.

Tabla. 1. Porcentajes de frecuencias de especies de fitoplancton en las estaciones de Esmeraldas, Puerto López y Salinas del 2004 al 2012.

NOMBRE CIENTÍFICO	Esmeraldas	Puerto López	Salinas
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	29	13	8
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	28	11	4
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	27	35	33
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle comb. nov.	29	16	19
<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle comb. nov.	13	2	7
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H. Peragallo	19	7	9
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle com. nov.	39	22	19
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow	33	15	11
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	25	11	13
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson in Kützing) Ralfs in Pritchard	23	29	25
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	17	9	7
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	19	12	13
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	19	10	9
<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell	25	13	11
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	35	3	6

4.14. Zooplancton

El zooplancton no mostró diferencias significativas en abundancia, diversidad y riqueza. En Esmeraldas la densidad promedio osciló entre 27 y 106 org.m⁻³, observándose el valor mínimo en el 2008 y el máximo en el 2006, mientras en Puerto López, variaron entre 24 y 310 org.m⁻³, valores detectados en el 2010 y 2012 respectivamente; en Salinas fluctuaron entre 26 y 121 org.m⁻³, registrándose una cantidad menor en el 2010 y la mayor en el 2012 (figura 18 A). Se pudo observar que la abundancia tendían a aumentar, de manera gradual del 2003 al 2006, para luego descender hasta el 2011 recuperándose en el 2012. Durante el período de estudio, los

valores más elevados se registraron en el 2012 y los mínimos en el 2010 y el 2011 (figura 18 A), así mismo, el zooplancton fue abundante en época húmeda (figura 18 C).

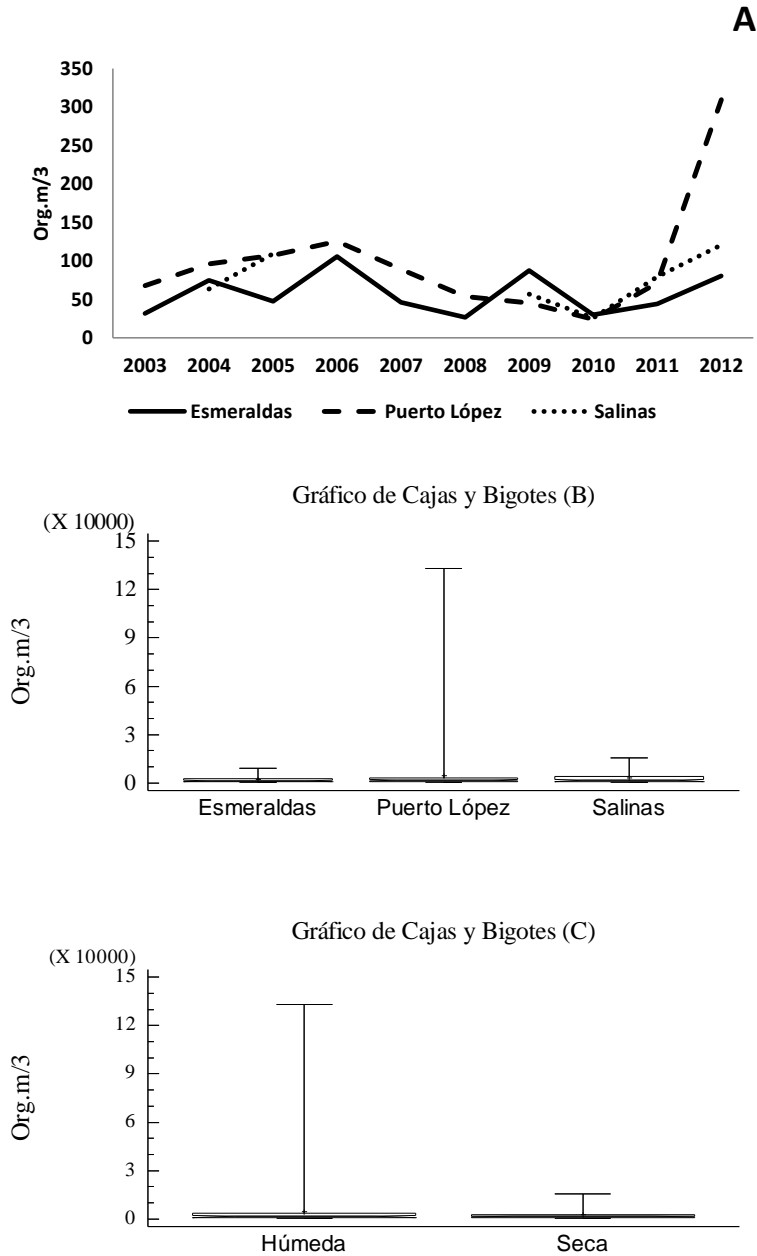


Figura. 18. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de la abundancia de zooplancton en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas del 2003 al 2012.

Durante el estudio siete clases fueron las más representativas, siendo Maxillopoda y Malacostraca las de mayor abundancia (figura 19). Predominando en mayor concentración la primera en Salinas y la segunda en Puerto López. Así mismo, se

observó que los grupos registraron las densidades más altas en el 2006 y el 2012 y siendo época húmeda.

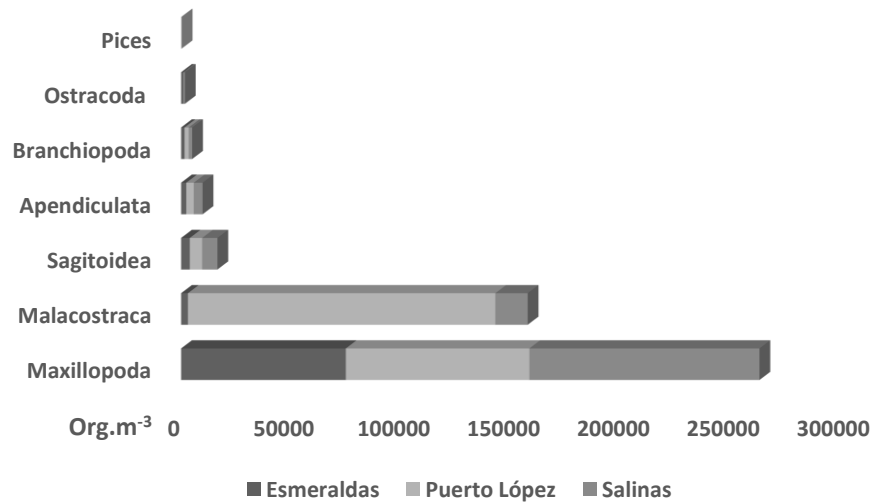


Figura. 19. Abundancias de las clases del zooplancton en las estaciones de Esmeraldas, Puerto López y Salinas.

4.15. Diversidad de especies de zooplancton

La diversidad no mostró diferencias latitudinales significativas ($P > 0,05$), pero si entre épocas ($p < 0,5$), observándose la máxima en época seca (figura 20 C). En Esmeraldas los valores de diversidad oscilaron entre 3,07 y 4,02 bits.org⁻¹, siendo este último valor el único más alto registrado y que correspondió al 2008; en cambio en Puerto López los valores fluctuaron entre 2,77 y 3,66 bits.org⁻¹, detectándose cifras menores a 3,00 bits.org⁻¹ desde el 2003 al 2005 y en el 2011 y superiores en el resto de años, mientras en Salinas la diversidad varió entre 2,86 y 3,67 bits.org⁻¹, siendo el valor menor y único registrado para el año 2005 (figura 20 A). Se observó un gradiente de las variables de norte a sur (figura 20 B).

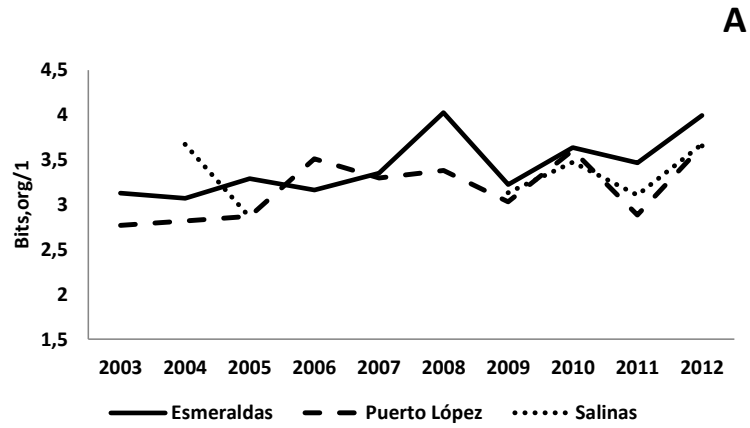


Gráfico de Cajas y Bigotes (B)

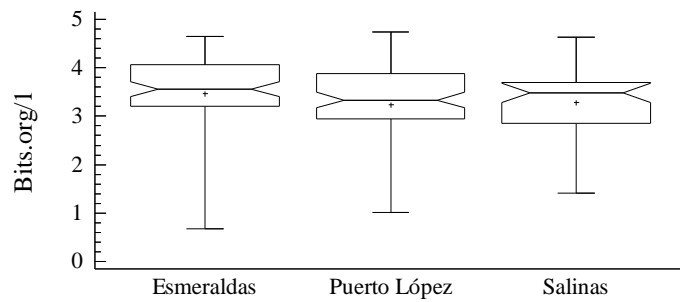


Gráfico de Cajas y Bigotes (C)

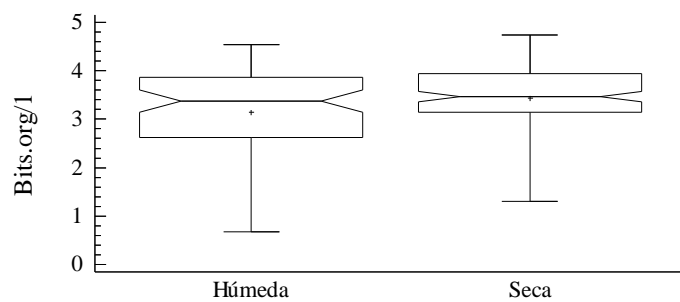


Figura. 20. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de diversidad de especies en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas del 2003 al 2012

4.16. Riqueza de especies del zooplancton

La riqueza de las especies no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$) entre localidades, pero a nivel de épocas, si se detectó diferencias ($p < 0,05$), registrándose la máxima riqueza en época seca (figura 21 C). En el área de estudio, la riqueza osciló entre 2,32 y 4,31. Cabe destacar, que valores máximos detectados en Esmeraldas (4,29), Puerto López (4,31) y Salinas (4,02) fueron observados en el 2012, mientras que el valor mínimo, en Esmeraldas (2,84) se registró en el 2009, mientras en Puerto López (2,32) y Salinas (2,55) se observó en el 2005 (figura 21 A). Se detectó un gradiente de las variables de norte a sur (figura 21B).

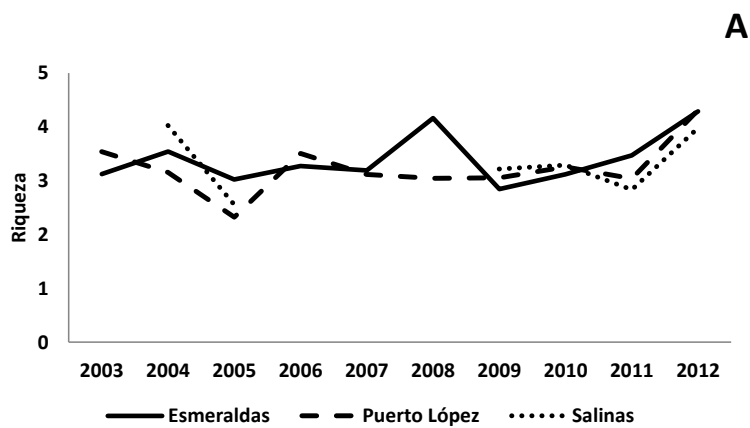


Gráfico de Cajas y Bigotes (B)

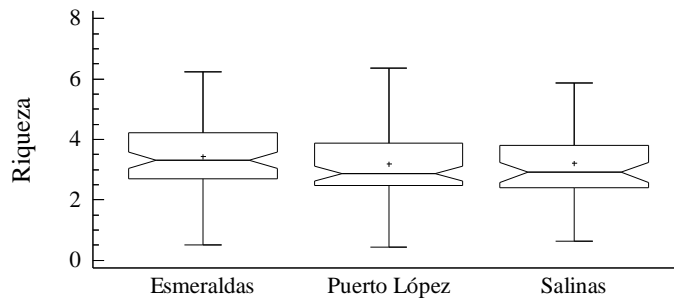


Gráfico de Cajas y Bigotes (C)

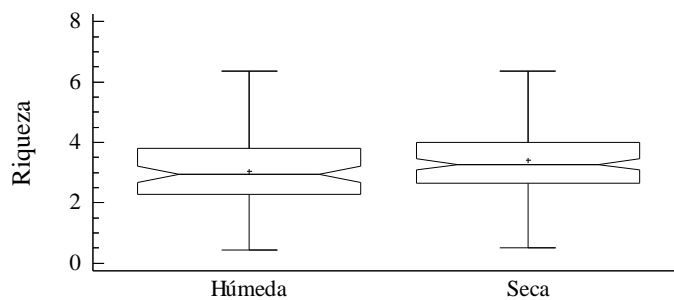


Figura. 21. Distribución interanual (A), espacial (B) y temporal (C) de riqueza de especies en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas del 2003 al 2012.

4.17. Especies de zooplancton más frecuentes

En general las especies más frecuentes estuvieron presentes en todas las localidades (tabla 1) observándose repetidamente a: *Paracalanus parvus*, *Oncaea venusta* y *Centropage furcatus*. Al considerar las frecuencias de las especies de zooplancton

(tabla 2) de norte a sur, se observó que: *Euterpina acutifrons*, *Penilia avirrostris* y *Undinula vulgaris* fueron más comunes en Esmeraldas y menos frecuentes en Puerto López. Vale destacar, que *E. acutifrons* y *U. vulgaris* registraron diferencias significativas ($P < 0,05$) a nivel interanual y entre época respectivamente, además fueron más comunes en la época húmeda, en cambio *P. avirrostris* mostró una tendencia opuesta.

Por otra parte, las especies: *Temora discaudata*, *Centropage furcatus*, *Calocalanus pavo*, *Acrocalanus longicornis*, *Clausocalanus furcatus*, *Eucalanus pileatus*, *Paracalanus parvus*, *Canthocalanus pauper*, *Evadne tergestina*, *Oncaea cleveis*, *Oncaea media* y *Farranula gracilis* fueron las más habituales en Puerto López y menos usuales en Esmeraldas y Salinas. Todas las especies mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) un nivel de año a otro y entre épocas observándose mayor ocurrencia de individuos en el 2012 y en época seca, excepto *A. longicornis* y *C. furcatus* que fueron más frecuentes en época húmeda.

Las especies: *Oncaea venusta* y *Oithona plumífera* fueron más comunes en Salinas y menos en Esmeraldas. *O. venusta* registró diferencia significativa ($P < 0,05$) entre años y entre épocas detectándose mayor frecuencia de esta especie en el 2012 y en la época seca, en tanto que *O. plumífera* no mostró diferencia estadísticamente significativa en todos los niveles, sin embargo fue más frecuente en época húmeda.

Tabla 2. Porcentajes de frecuencias de especies de fitoplancton en las estaciones de Esmeraldas, Puerto López y Salinas del 2004 al 2012.

Nombre científico	Esmeraldas	Puerto López	Salinas
<i>Acrocalanus longicornis</i> Giesbrecht	24	29	21
<i>Calocalanus pavo</i> Dana	28	28	24
<i>Canthocalanus pauper</i> Giesbrecht	29	34	34
<i>Centropages furcatus</i> Björnberg	39	38	43
<i>Clausocalanus furcatus</i> Brady	25	21	26
<i>Eucalanus pileatus</i> Giesbrecht	40	38	38
<i>Euterpina acutifrons</i> Dana	35	27	26
<i>Evadne tergestina</i> Claus	25	16	12
<i>Oithona plumifera</i> Baird	34	29	33
<i>Oncaea clevei</i> Früchtl	36	32	33
<i>Oncaea media</i> Giesbrecht	36	28	37
<i>Oncaea venusta</i> Philippi	39	40	43
<i>Paracalanus parvus</i> Claus	40	48	43
<i>Penilia avirostris</i> Dana	26	27	21
<i>Temora discaudata</i> Giesbrecht	43	37	41
<i>Undinula vulgaris</i> Dana	23	31	31

4.18. Relación entre variables y fitoplancton

Las comunidades del fitoplancton mostraron asociaciones muy diferentes en las localidades. Así tenemos en Esmeraldas los tres grupos principales (Coccolinodiscophyceae, Bacillariophyceae y Dinophyceae) estuvieron más relacionados con nitrato, fósforo y TSM y poco relacionados con silicato y nitrato. En Puerto López, Coccolinodiscophyceae, Bacillariophyceae se ligaron al nitrato principalmente y en forma negativa con TSM y silicato; mientras que Dinophyceae estuvo más asociado a la temperatura y en baja intensidad al nitrato. En tanto, los grupos fitoplanctónicos de Salinas estuvieron ligados al nitrato, nitrato y fósforo y poco con silicato. La figura 22 muestra las relaciones de los grupos.

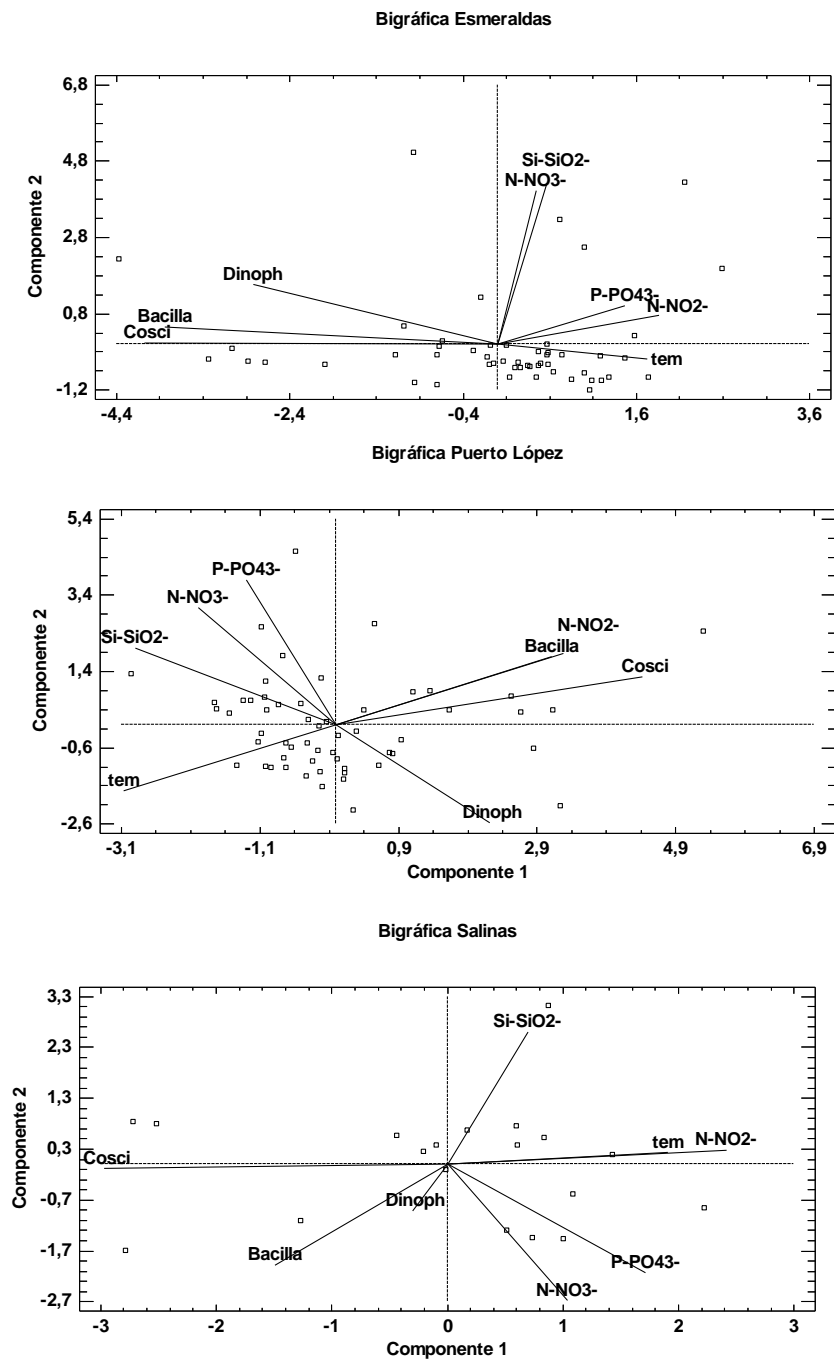


Figura. 22. Correlaciones de los grupos de fitoplancton con las variables ambientales en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas del 2003 al 2012.

Las relaciones de las especies con las variables ambientales, mostraron en Esmeraldas a las especies más abundantes fuertemente asociadas con nitrato y silicato, siendo más estrecha la correlación con *D. fragilisimus* y *C. closterium*. También fue

importante para las especies la TSM, pero de manera inversa. En Puerto López se observó una fuerte afinidad de *D. fragilissimus*, *G. striata* inversa a TSM y *H. auckii* con nitrito y de *N. longissima* con nitrato, fosfato y silicato (figura 18). En Salinas *C. closterium*, estuvo en relación inversa a fosfato y nitrito y positiva a concentraciones altas de fosfato y poco asociada con nitrato, el resto de las especies mostraron una pobre correlación con las variables ambientales. Las asociaciones se pueden ver en la figura 24.

Tabla. 3. Siglas de especies de fitoplancton más frecuentes representados en el gráfico de Análisis de Correspondencia Canónica en las estaciones Esmeraldas, Puerto López y Salinas del 2004 al 2012.

FITOPLANCTON		
fito=Fitoplancton	<i>Badelicat</i> = <i>Bacteriastrum delicatulum</i>	<i>Chadecipi</i> = <i>Chaetoceros decipiens</i> =
<i>Cycloste</i> = <i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Guinstriata</i> = <i>Guinnardia striata</i>	<i>Hemhauck</i> = <i>Hemiaulus hauckii</i>
<i>Leptdani</i> = <i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Nitlongi</i> = <i>Nitzschia longissimi</i> =	<i>Psnitpun</i> = <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>
<i>Rhizsty</i> = <i>Rhizosolenia styliformis</i>	<i>Skelecos</i> = <i>Skeletonema costatum</i>	
AMBIENTALES		
TSM=Temperatura Superficial del Mar	Dsecchi=disco de Secchi	Tclina= Termoclina
NO2=nitrito	NO3=nitrato	PO43=fosfato
SiO2= silicato	O2=oxígeno	

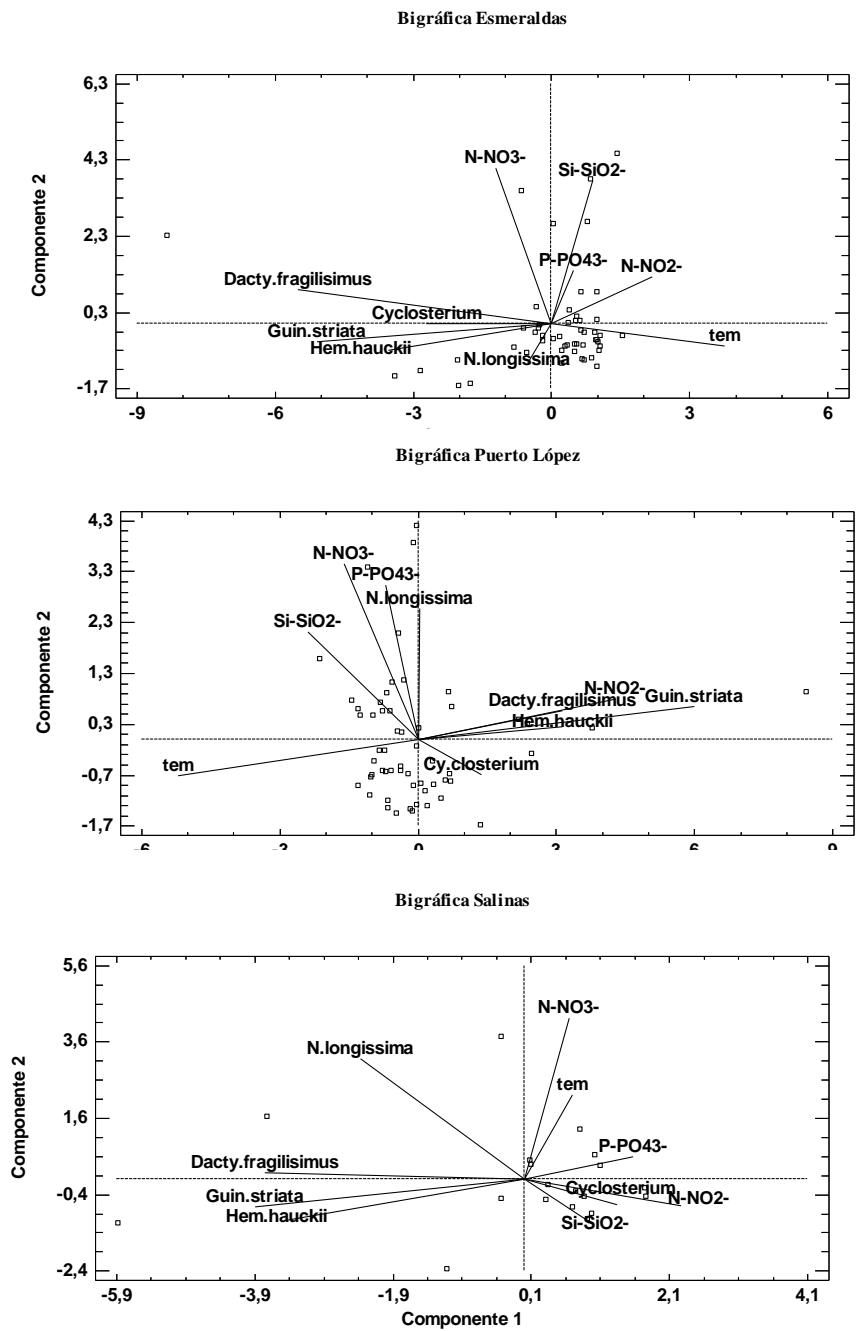


Figura. 24. Correlaciones de especies más abundantes de fitoplancton con las variables ambientales en las aguas superficiales a 10 millas frente a las costas de Esmeraldas, Puerto López y Salinas del 2003 al 2012.

4.19. Relación mediante análisis de correspondencia canónica (ACC) entre grupos funcionales de zooplancton y fitoplancton

En Esmeraldas, el primer componente correlacionó Dictyochophyceae y Fragilariophyceae con los Branchiopodas, estos a su vez, se relacionaron en forma inversa a Bacillariophyceae y Dictyochophyceae asociados con Apendiculata y larvas de peces. En el segundo componente las Cyanophyceae se asociaron a Malacostraca en relación inversa a Coscinodiscophyceae, Prymnesiophyceae, Ostrácoda y Maxillopoda. En el mismo sentido, los Maxillopoda y Ostracoda se asociaron con la parte negativa del segundo eje, lo que indica que estos grupos fueron más abundantes en presencia de Prymnesiophyceae y Coscinodiscophyceae, mientras Sagittoidea y Malacostraca crecieron muy poco; los Branchiopodas fueron abundantes cuando se relacionaron con Dinophyceae; Apendiculata y Pices aumentando en presencia de Bacillariophyceae y Dictyochophyceae (figura 25 A).

En Puerto López: Fragilariophyceae y Coscinodiscophyceae se ubicaron en el extremo positivo del primer eje, mientras que Dinophyceae y Bacillariophyceae fueron ubicados en el extremo negativo. En el segundo eje se observó correlación alta de Cyanophyceae y más baja de Litostomateaceae y Dictyochophyceae. Los Malacostraca fueron abundantes cuando se asociaron con Fragilariophyceae y Coscinodiscophyceae, mientras que Maxillopoda, Branchiopodas, Pices y Apendiculata incrementaron sus densidades cuando se asociaron con Dinophyceae y Bacillariophyceae. Por último, se observó una fuerte asociación entre Ostracoda y Cyanophyceae (25 B).

En Salinas se registraron altas correlaciones positivas del primer eje con Fragilariophyceae y Coscinodiscophyceae. Mientras que al segundo eje se relacionaron de forma positiva Cyanophyceae y Euglenophyceae y en sentido negativo Dictyochophyceae, Bacillariophyceae y Dinophyceae. Se pudo observar un crecimiento de Fragilariophyceae y Coscinodiscophyceae que influyó en el crecimiento de Branchiopoda, Ostracoda, Maxillopoda y Pices, mientras Cyanophyceae influyó en Malacostraca (figura 25 C).

Tabla. 4. Siglas de los grupos de fitoplancton y zooplancton más abundantes representados en el gráfico de Análisis de Correspondencia Canónica en las estaciones Esmeraldas, Puerto López y Salinas del 2004 al 2012.

Grupos de fitoplancton	Grupos de zooplancton
Cyano=Cyanophyceae	Appendic=Appendicularia
Dictyoch=Dictyochophyceae	Branchio=Branchiopoda
Dinoph=Dinophyceae	Malacost=Malacostraca
Eugleno=Euglenophyceae	Maxillop=Maxillopoda
Fragilario=Fragilariophyceae	Ostra=Ostracoda
Litosto=Litostomateaceae	Pisces=Pescos
Prymnes=Prymnesiophyceae	

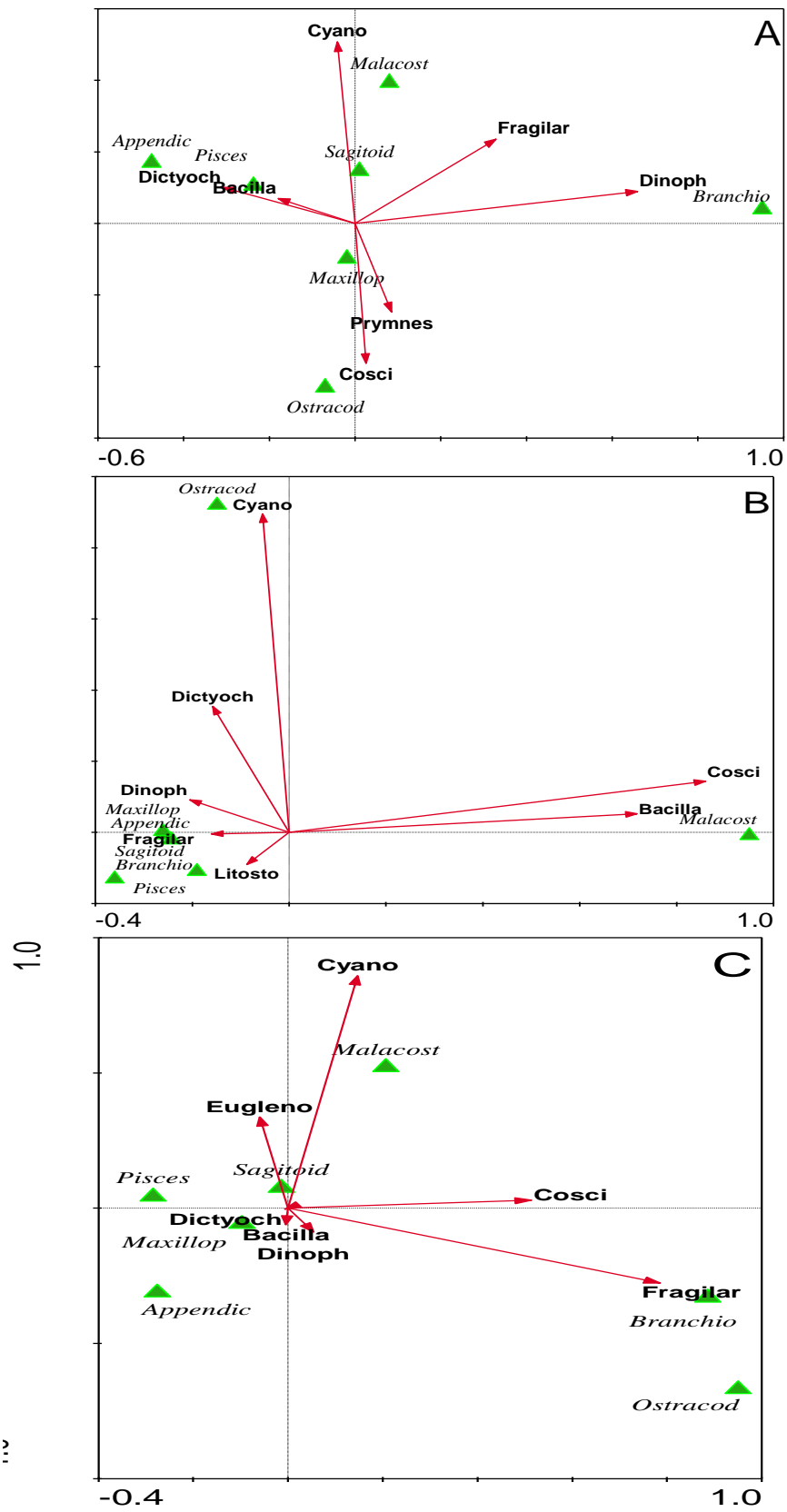


Figura 25. Análisis de Correspondencia canónica que relaciona los grupos funcionales de zooplancton y fitoplancton en Esmeraldas (A), Puerto López (B) y Salinas (C) de los años 2004 a 2012.

4.20. Esmeraldas

Tabla. 6. Siglas que representan las variables ambientales y bióticas en los gráficos de Análisis de Correspondencia Canónica.

FITOPLANCTON		
fito=Fitoplancton	<i>Badelicat</i> = <i>Bacteriastrum delicatulum</i>	<i>Chadecipi</i> = <i>Chaetoceros decipiens</i> =
<i>Cycloste</i> = <i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Guinstriata</i> = <i>Guinnardia striata</i>	<i>Hemhauck</i> = <i>Hemiaulus hauckii</i>
<i>Leptdani</i> = <i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Nitlongi</i> = <i>Nitzschia longissimi</i> =	<i>Psnitpun</i> = <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>
<i>Rhizsty</i> = <i>Rhizosolenia styliformis</i>	<i>Skelecos</i> = <i>Skeletonema costatum</i>	
ZOOPLANCTON		
zoo =Zooplancton=	<i>A.longicornis</i> = <i>Acrocalanus longicornis</i>	<i>C.pavo</i> = <i>Calocalanus pavo</i>
<i>C.pauper</i> = <i>Canthocalanus pauper</i>	<i>C.furcatus</i> = <i>Centropage furcata</i>	<i>Cl.furcatus</i> = <i>Clausocalanus furcatus</i>
<i>C.andrewsi</i> = <i>Corycaeus andrewsi</i>	<i>Eucalanus pileatus</i> = <i>E.pileatus</i>	<i>E.acutifrons</i> = <i>Euterpina acutifrons</i>
<i>E.tergestina</i> = <i>Evadne tergestina</i>	<i>O.plumifera</i> = <i>Oithona plumifera</i>	<i>O.media</i> = <i>Oncaea media</i>
<i>O.venusta</i> = <i>Oncaea venusta</i>	<i>O.cleveii</i> = <i>Oncaea cleveii</i>	<i>P.parvus</i> = <i>Paracalanus parvus</i>
<i>P.avirrostris</i> = <i>Penilia avirrostris</i>	<i>T.discana</i> = <i>Temora discaudata</i>	
AMBIENTALES		
TSM=Temperatura Superficial del Mar	Dsecchi=disco de Secchi	Tclina= Termoclina
NO2=nitrito	NO3=nitrato	PO43=fosfato
SiO2= silicato	O2=oxígeno	

Para el año 2004, el ACC que integra el fitoplancton con los factores ambientales, muestra al primer componente asociado de forma positiva al silicato y nitrito. El segundo factor se correlacionó positivamente con disco de Secchi, TSM, nitrato, fosfato, oxígeno y termoclina. Se observó a *H. hauckii*, *L. danicus*, *D. fragilisimus*, *G. striata*, *N. longissima* y *R. setigera* mayormente influenciados por las fluctuaciones de las variables ambientales (figura 26 fito). Con respecto al zooplancton, en el lado positivo del primer eje se ubicó el oxígeno y en el opuesto el disco de Secchi. El ACC combinó a: *O. venusta*, *E. tergestina*, *P. avirrostris*, *T. discaudata* y *P. parvus* con termoclina y oxígeno. Mientras *C.pavo*, *O.plumifera*, *A.longicornis* y *E.pileatus* fueron fuertemente influenciados por la profundidad de la transparencia. El resto de las especies fueron débilmente afectadas por las variables ambientales (figura 26 zoo).

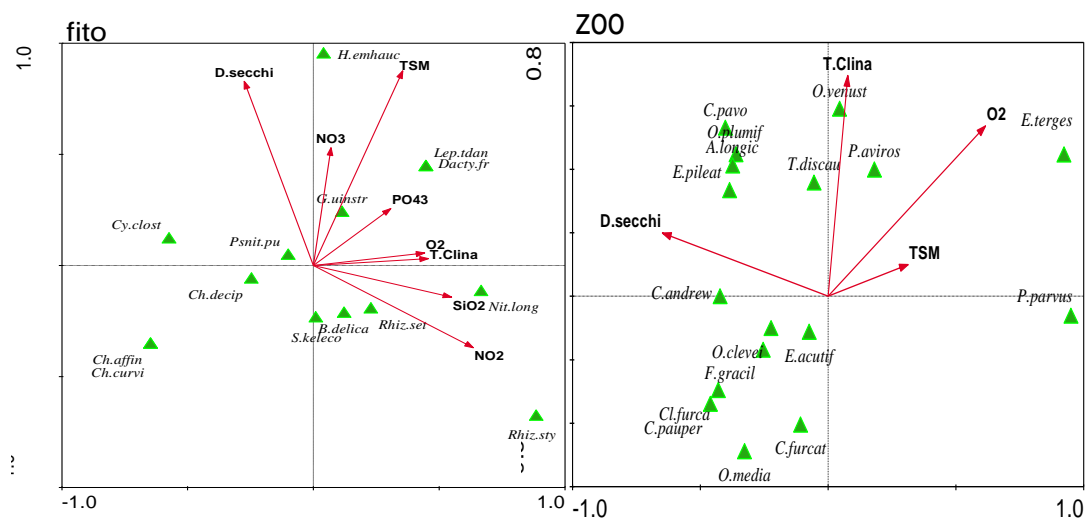


Figura. 26. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2004 en la estación de Esmeraldas. ,

Del análisis de la especie del fitoplancton con las variables ambientales, para el año 2005, se destaca que al primer componente se asociaron positivamente el disco Secchi y termoclina, de manera negativamente el nitrito, mientras que al segundo factor se ligó positivamente el silicato, TSM, fosfato y con menor peso el oxígeno. El nitrato presentó correlación muy baja por lo que se localizó cerca del centro del biplot (figura 27 fito). Las especies: *N. longissima*, *L. danicus*, *R. setigera* mostraron preferencia por la profundidad de la transparencia del agua, termoclina y oxígeno; *P. pugen* por silicatos, *C.closterim* por nitritos; *C.compresus* y *R. stiliformis* por fosfato y TSM. De la relación entre el zooplancton y las variables ambientales el oxígeno, termoclina y el disco Secchi estuvieron más relacionadas de manera positiva con el eje uno, mientras que la TSM se correlacionó fuertemente de forma negativa con el eje dos. Mediante el análisis, se observó a *O.plumifera*, *C. furcatus*, *C. andrewsi*, *A. longicornis*, *O cleveis* y *C. pauper* influenciadas por el oxígeno, termoclina y el disco Secchi. Por otro lado: *P. avirrostris*, *O. venusta*, *E. tergestina* y *T. discaudata* fueron influenciadas por la variabilidad de la TSM (figura 27 zoo).

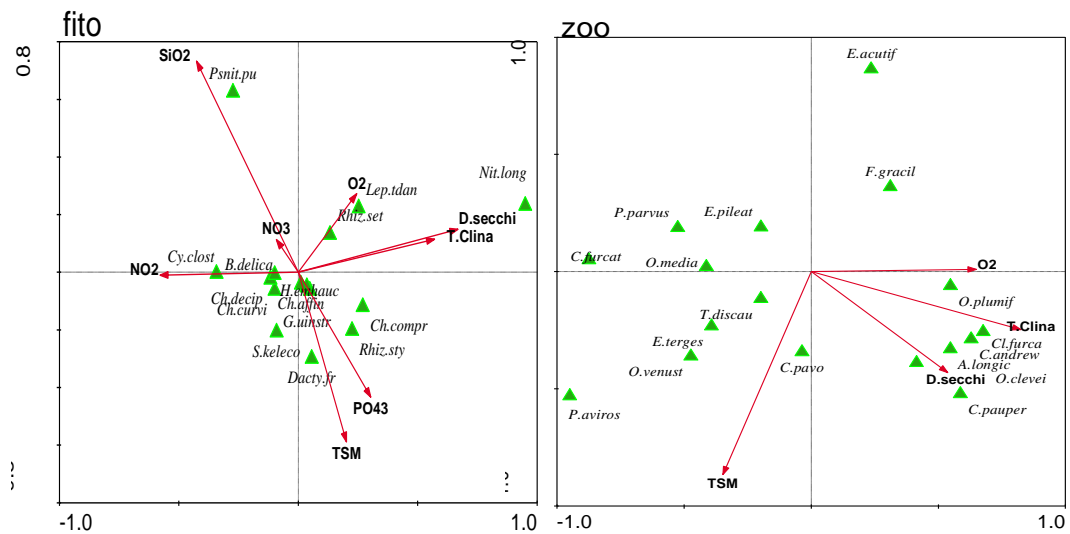


Figura. 27. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2005 en la estación de Esmeraldas.

Durante el 2009, las combinaciones entre las densidades del fitoplancton y los datos ambientales, determinaron que las variables: TSM, oxígeno y silicato se agruparan en el primer componente, pero TSM la realizó en sentido inverso, afectando las dos primeras variables a *C. compressus*, *C. affinis*, *C. curvisetus* y la segunda a *D. fragilisimus*. Al segundo componente, fueron afines: disco Secchi, fósforo y nitrito, correlacionados en sentido positivo, e influyeron en *C. curvisetus* y *G. striata*. La otra variable fue nitrito, correlacionado negativamente, la misma que influyó en *C. closterium* (figura 28 fito). La termoclina tuvo baja correspondencia con las especies. Por otro lado, los enlaces que evaluaron las densidades del zooplancton con los datos ambientales, arrojó una fuerte relación positiva entre disco Secchi y la termoclina determinadas en el componente uno, parámetros que presentaron alta covariancia. Las composiciones del componente dos establecieron una TSM con poca variación y asociada de manera inversa con el oxígeno, cuya dimensión del vector indica la amplia variación que tuvo el elemento químico. A las variables del primer factor se asociaron: *C. pavo*, *C. furcatus*, *E. pileatus*, *O. venusta* y *O. plumífera*; en tanto que a los parámetros del segundo componente se ligaron: *C. furcatus*, *P. avirrostris*, *E. acuitifrons*, *A. longicornis*, *C. andrewsi* y *P. parvus* (figura 28 zoo).

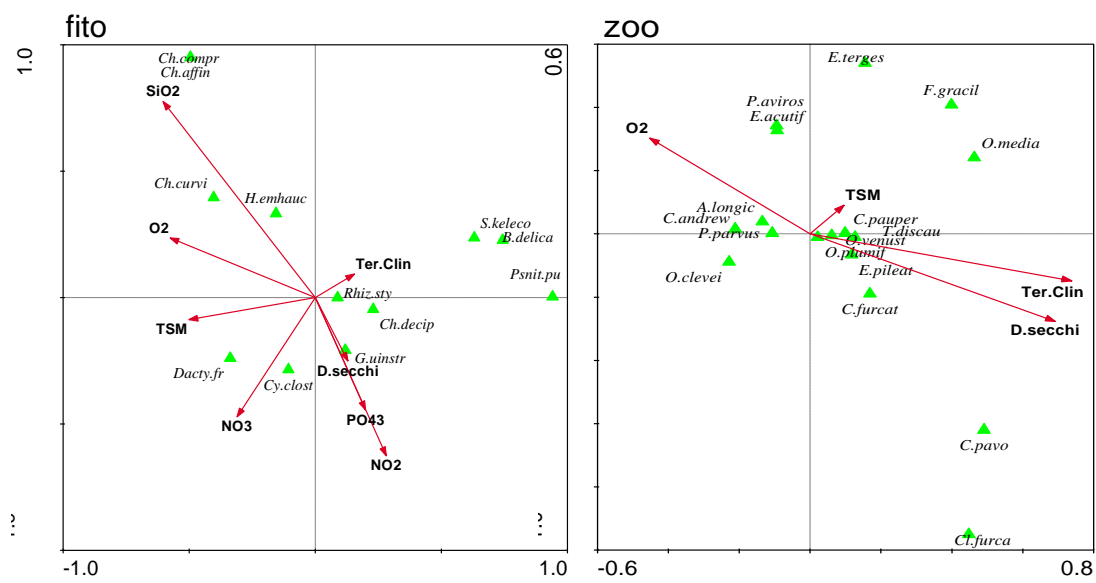


Figura. 28. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2009 en la estación de Esmeraldas.

Para el 2010 la correspondencia entre fitoplancton y los factores ambientales mostraron los parámetros: oxígeno, TSM, silicato, y disco Secchi distribuidos en el primer componente de modo positivo y la termoclina en sentido inverso. En tanto, que el nitrito se distribuyó en el segundo factor. A su vez, el fosfato y nitrato mostraron la más baja correspondencia. Se observó a *C.compresus* y *L. danicus* asociados con disco Secchi; *P. pingens*, *R. setigera* y *D. fragilisimus* con termoclina; *C.closterium* y *S. costantum* al oxígeno; *C. curvisetus*, *R. styliiformis* y *C. decipien* con nitrito y *H.haucki* a fosfato (figura 29 fito). Con respecto de las relaciones del zooplancton con las variables ambientales, la TSM y la termoclina fueron relacionadas con el primer componente de modo positivo y junto con ellas: *O. cleveis*, *A. longicornis*, *C. furcatus* y *C. andrewsi*. En tanto, el oxígeno y disco Secchi fueron correlacionados en el segundo componente, asociándose a esas variables: *C. pauper*, *E. pileatus*, *P. parvus*, *P. avirrostris* y *E. acutifrons* (figura 29 zoo).

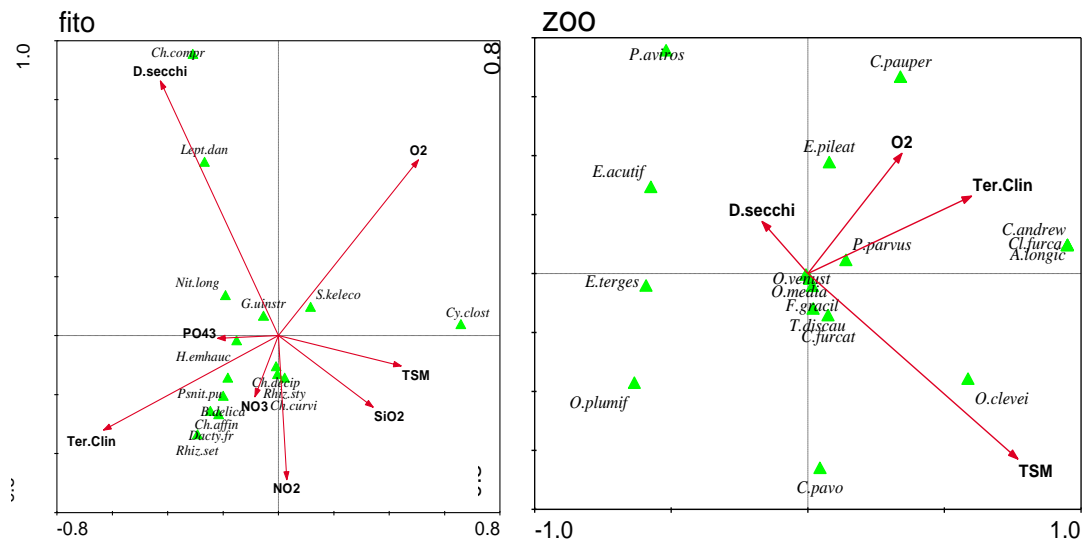


Figura. 29. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2010 en la estación de Esmeraldas.

El ACC del 2011, que correlacionó al fitoplancton con los factores físicos-químicos, ubicó en el componente uno al nitrato en el extremo positivo y al oxígeno en el negativo. A la primera variable se ligó *C. compressus* y a la segunda *C. curvisetus*, *C. decipiens*, *D. fragilisimus*, *L. danicus*, *C. affinis* y *H. haucki*. Las variables asociadas al segundo factor fueron fosfato, termoclina y silicato correlacionados de modo positivo. Se observó que el fosfato presentó la mayor variabilidad, no obstante, ninguna especie se asoció con el elemento químico, siendo la termoclina la variable más importante para *N. longissima*, *P. pungen* y *R. setigera* y para *R. stylifera* y *G. striata* lo fue el silicato. Por otro parte, la TSM, nitrato y disco de Secchi presentaron mínima variabilidad (figura 30 fito). Mientras tanto, las combinaciones entre el zooplancton y los parámetros ambientales, determinó agrupar en el eje uno a todas las variables ambientales en conjunto con *O. venusta*, *C. furcatu*, *E. tergestina*, *P. avirrostris* y *O. plumífera* (figura 30 zoo).

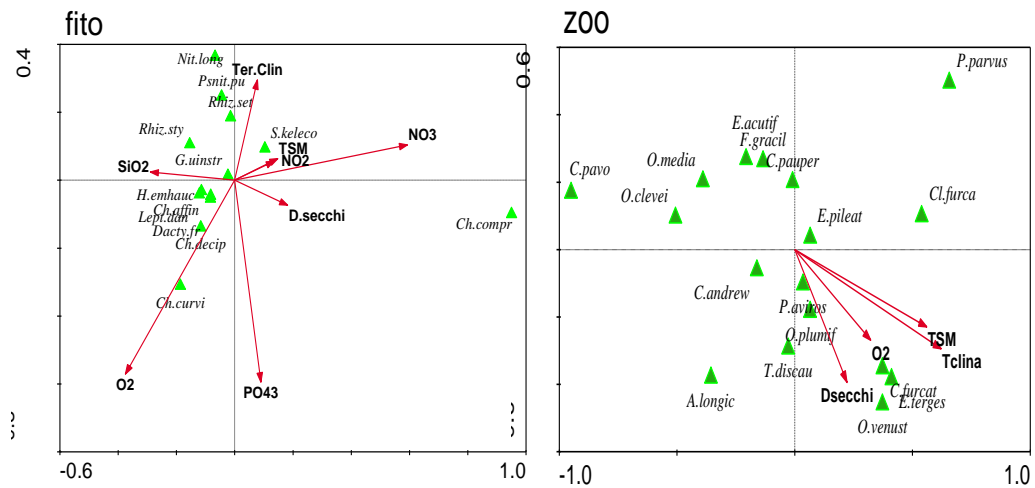


Figura. 30. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2011 en la estación de Esmeraldas.

Para el 2012, los resultados del análisis estadístico de correspondencia entre fitoplancton y los parámetros ambientales, asoció el primer componente, en sentido positivo, con el silicio y en dirección negativa con la TSM. Al segundo componente lo ligó positivamente con nitrato, fosfato, nitrato, oxígeno y negativamente con termoclina y disco Secchi. Mostrándose correlacionados a *P. pungen* con el silicato y en menor proporción *R. styliformis*, *C. closterium* y *H. haucki*; *N. longissima* con nitrato; *C. compresus* con oxígeno; *C. decipien* con fosfato y nitrato; *G. striata* con disco Secchi y *D. fragilisimus* con termoclina (figura 31 fito). Con respecto a las combinaciones del zooplancton con los parámetros ambientales, el ACC determinó correlacionar de manera negativa la termoclina, TSM y disco de Secchi en el componente uno y de manera positiva al oxígeno en el componente dos. Se observó poca afinidad de las especies con las variables del primer componente, siendo *O. venusta* la única especie asociada. En cambio con oxígeno se correlacionaron las especies *O. media*, *O. plumífera*, *E. acutifrons* y *C. furcatus* (figura 31 zoo).

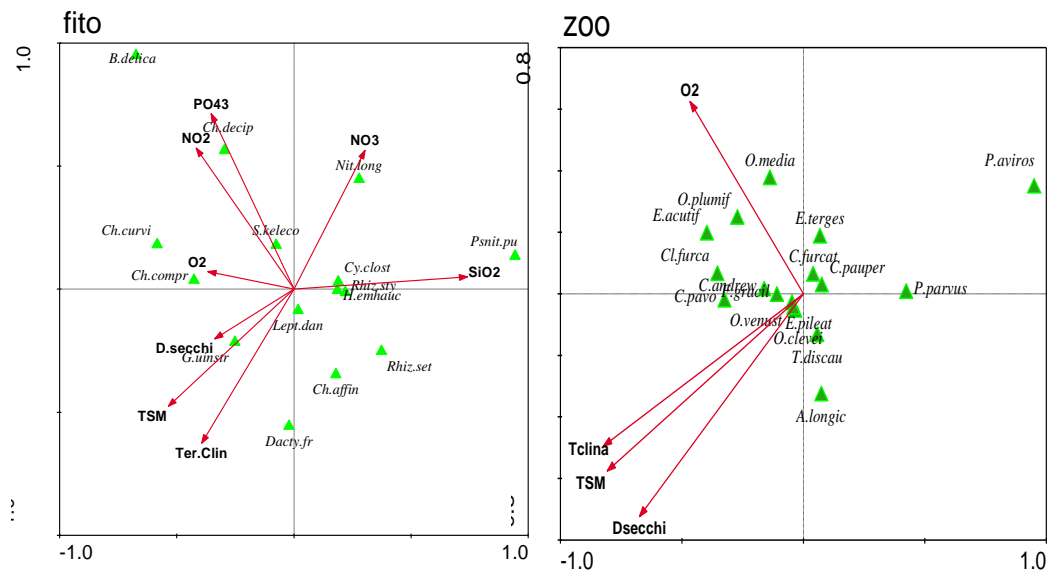


Figura. 31. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2012 en la estación de Esmeraldas.

En general, durante el estudio, de los resultados de las combinaciones del ACC, el disco Secchi fue el parámetro de mayor variabilidad y la TSM la de menor variabilidad, para las especies de fitoplancton y zooplancton. El fitoplancton estuvo asociado a una mayor concentración de nitrato, termoclina más profunda y considerables densidades de fosfato, silicato, nitrito y mínima concentración de oxígeno; para el zooplancton fue una termoclina más profunda y mayor concentración de oxígeno. Las especies de fitoplancton más afines al disco Secchi fueron *C. compressus* y *N. longissima*; para nitrato y fosfato; *D. fragilis* y *C. closterium*, para nitrito; *R. styliformis* y *G. striata*, para termoclina; *B. delicatula*, *R. setigera*, *P. pungens*, *C. decipiens* y *H. haucki* para silicato (figura 32 fito). Con respecto de las combinaciones con zooplancton, la profundidad de la transparencia fue importante para *A. longicornis*, *C. andrewsi*, *E. pileatus*, *O. plumífera*, *O. cleveis*, *C. furcatus*, *T. discaudata* y *O. venusta*; para *O. media*, *C. pavo*, *F. gracilis* y *C. furcatus* fue importante la termoclina y en menor grado la temperatura y para *E. tergestina*, *C. pauper*, *P. parvus* y *P. avirrostris* el oxígeno (figura 32 zoo).

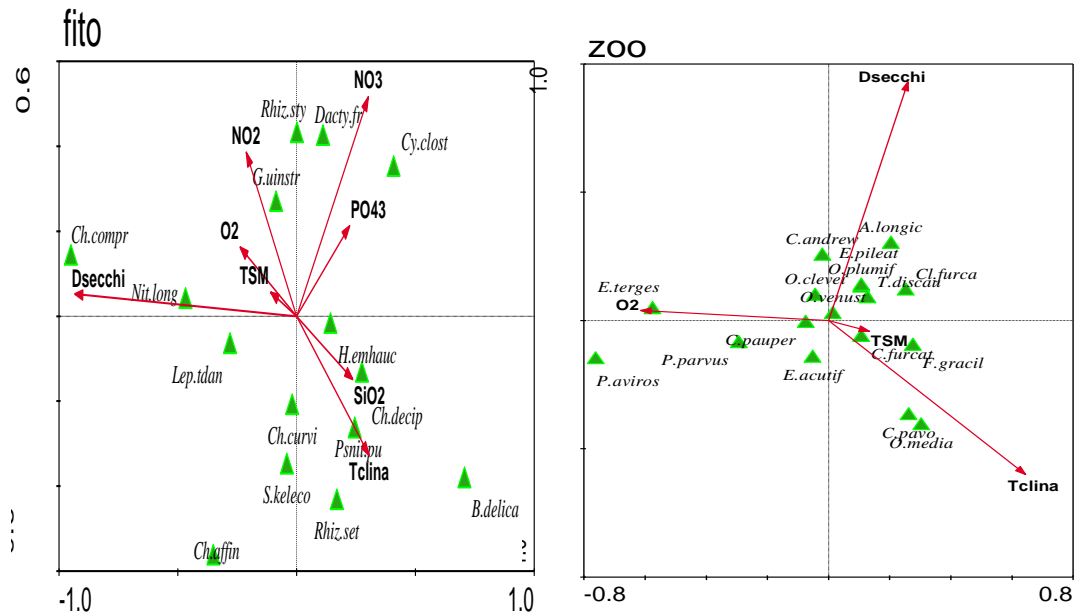


Figura. 32. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas del 2003 al 2012 en la estación de Esmeraldas.

4.21. Puerto López

Para el 2004, el ACC que integra el fitoplancton con los factores ambientales, muestra al primer componente asociado de forma positiva al nitrato, fosfato, oxígeno y termoclina. El segundo factor se correlacionó positivamente con oxígeno, TSM, nitrato y silicato, siendo este último poco importante. La correlación negativa fue con el disco Secchi. Se observó que *G. striata*, *R. setigera* y *N. longissima* estuvieron mayormente influenciadas por las fluctuaciones de fosfato, nitrato, oxígeno y termoclina; *P. delicatissima*, *H. hauckii*, *C. curvisetus*, *E. cornuta* y *N. pacifica* afectadas por la profundidad del disco Secchi; *D. fragilis* y *C. decipiens* relacionadas con la TSM (figura 33 fito). Con respecto al zooplancton, en el lado positivo del primer eje se ubicó el oxígeno y la TSM y en el sentido opuesto al disco Secchi y en el extremo positivo del segundo eje la, termoclina. El ACC combinó a *A. longicornis*, *C. pavo*, *E. pileatus*, *C. amazonicus*, *O. plumífera*, *C. furcatus* y *O. venusta* con el oxígeno; *P. parvus* y *C. ovalis* con TSM; *U. vulgaris*, *F. grailis* y *O. cleveis* con el disco Secchi; *C. andrewsi* y *C. pauper* con la termoclina. El resto de especies fueron débilmente afectadas por las variables ambientales (figura 33 zoo).

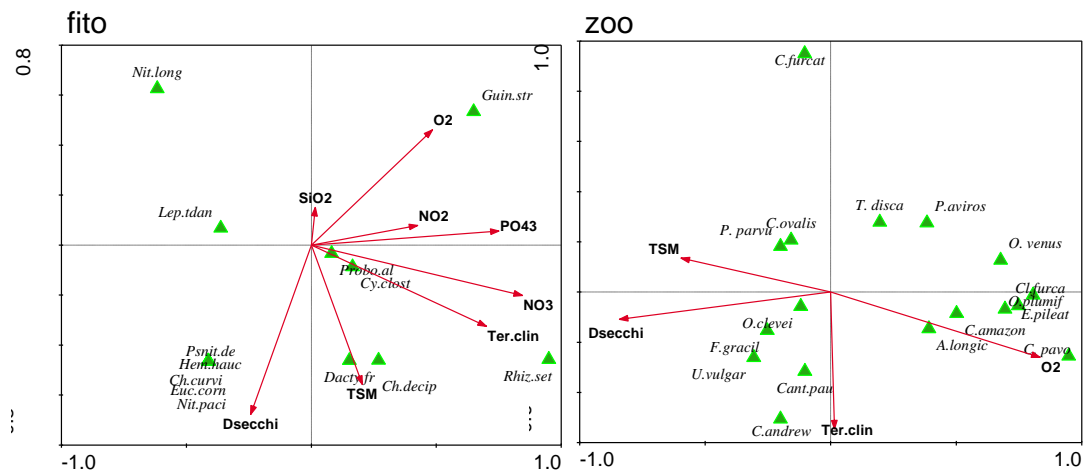


Figura. 33. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2004 en la estación de Puerto López.

Del análisis de las especie del fitoplancton con las variables ambientales para el año 2005, se destaca que al primer componente se asoció positivamente la TSM, mientras que el segundo factor se ligó positivamente con oxígeno, nitrito y fosfato. Negativamente con termoclina, silicato, nitrato y disco Secchi, siendo este último parámetro el de más baja ponderación. *C. closterim* y *N. pacifica* mostraron preferencia por la TSM; *C. curvisetus*, *R. styliiformis*, *P. alata*, *D. fragilisimus*, *R. setigera*, *G. Striata* y *E. cornuta* se asociaron con oxígeno, fosfato y nitrito; *C. decipiens*, *L. danicus*, *H. haucki* y *N. longissimas* se relacionaron con silicato, nitrito, termoclina y disco Secchi (figura 34 fito). De la relación entre zooplancton y variables ambientales la termoclina y el disco de Secchi estuvieron relacionadas de manera positiva con el eje uno, mientras que el oxígeno, se correlacionó fuertemente de forma negativa. El eje dos fue correlacionado con la termoclina. Mediante el análisis, se observó a *O venusta*, *E. tergestina*, y *P. parvus* influenciadas por TSM y disco Secchi. Por otro lado *C. amazonicus*, *O. cleveis*, *Cl. furcatus*, *C. andrewsi*, *P. avirrostris*, *C. pauper*, *E. pileatus*, *F. gracilis*, *O. plumífera*, *C. pavo*, *C. furcatus* y *A. longicornis* fueron influenciadas por la variabilidad del oxígeno (figura 34 zoo).

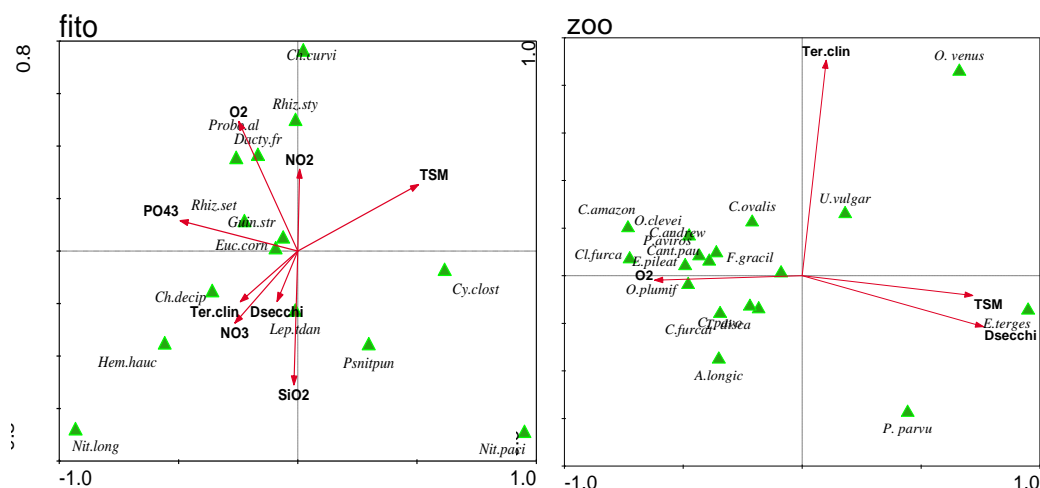


Figura. 34. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2005 en la estación de Puerto López.

Durante el 2009, el ACC que combinó las densidades del fitoplancton y los datos ambientales, determinó asociar al primer componente la TSM en dirección positiva y al disco Secchi en sentido contrario, parámetros que afectaron levemente la abundancia de *N. longissima*. En el segundo componente, fueron ubicados en el extremo positivo: silicato, nitrito y termoclina; mientras que el, fosfato y oxígeno en el lado negativo. A los dos primeros parámetros se asociaron: *H. hauckii*, *R. setigera* y *C. closterium* y a los segundos: *P. pungens*, *E. cornuta*, *C. curvisetus*, *G. striata* y *P. delicatulus* (figura 35 fito). Por otro lado, los enlaces que evaluaron las densidades del zooplancton con los datos ambientales, mostraron una relación positiva para termoclina y negativa para la TSM y disco Secchi, determinadas en el componente uno. Quedando el oxígeno asociado al componente dos de manera positiva. Se observó que el incremento de la termoclina influyó en las densidades de *U. vulgaris*, *C. pavo* y *C. furctus*, en tanto que el decrecimiento de la TSM y disco de Secchi afectó positivamente las densidades de *T. discaudata*, *P. parvus*, *P. avirrostris*, *C. pauper*, *A. longicornis* y *F. gracilis*; pero en la última especie, las variables fueron poco influyentes. Por otro lado, el incremento del oxígeno, permitió el aumento la abundancia de *O. plumífera*, *Cl. furcatus*, *E. pileatus*, *O. cleveis* y *C. ovalis* (figura 35 zoo).

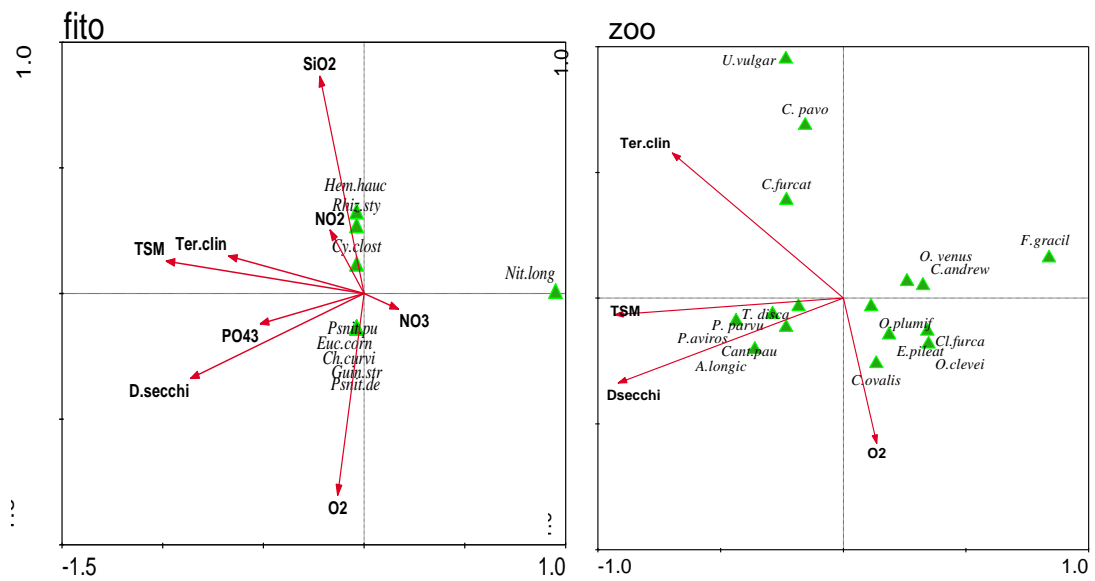


Figura. 35. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2009 en la estación de Puerto López.

Para el 2010, la correspondencia entre el fitoplancton y los factores ambientales mostraron a los parámetros: oxígeno, termoclina, nitrito, TSM y disco Secchi distribuidos en el primer componente de modo positivo. En tanto que Nitrito, fosfato y silicato se distribuyeron en el segundo factor en el sentido negativo. Se observó que el incremento de las tres primeras variables del primer factor, afectó positivamente la abundancia de: *D. fragilissimus*, *N. longissima* y *R. styliiformis*. En tanto que el descenso de la concentración de las variables del segundo componente, favoreció el aumento de la biomasa de *G. striata* y *C. closterium* (figura 36 fito). Con respecto de la relación del zooplancton con las variables ambientales, la termoclina fue relacionada con el primer componente de modo positivo, mientras que de manera negativa fue TSM y disco Secchi, quedando el oxígeno relegado al segundo factor en la dirección positiva. Al aumentar la profundidad de la termoclina, hubieron especies que reaccionaron tales como: *O. plumífera*, *E. tergestina*, *F. gracilis*, *C. pavo* y *P. parvus*, *P. avirrostris* positivamente. En tanto que *O. cleveis*, *Cl. Furcatus*, *A. longicornis*, *O. venusta*, *E. pileatus* y *C. furcatus* fueron afectados negativamente por el descenso de la TSM y la profundidad del disco Secchi. En cambio, *T. discaudata*, *U. vulgaris* y *E. tergestina* fueron beneficiadas por una mayor disponibilidad de oxígeno (figura 36 zoo).

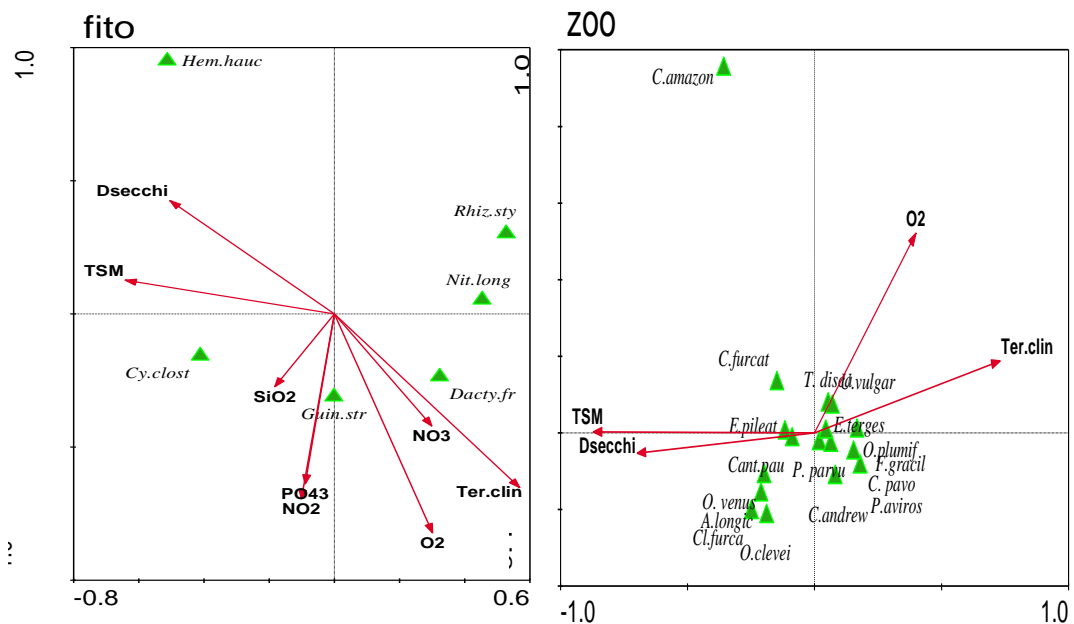


Figura. 36. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2010 en la estación de Puerto López.

Durante el 2011, el ACC que correlacionó al fitoplancton con los factores físico-químicos, ubicó en el componente uno al nitrito en el extremo positivo y al fosfato y nitrato en el eje negativo. Las variables asociadas al extremo positivo del segundo factor fueron: silicato, termoclina y la TSM y en el lado negativo al oxígeno. Se estableció que las especies: *D. fragilissimus*, *P. delicatissima*, *E. cornuta*, *H. haucki*, *G. striarta*, *R. styliformis* y *R. setigera* asociadas al primer componente se relacionaron pobremente con las variables ambientales del mismo factor. *N. longissima* se asoció con el oxígeno; *C. closterium*, *L. danicus* y *C. curvisetus* fueron influenciadas positivamente por el incremento en la concentración de silicato y la profundidad de la termoclina. Finalmente *P. pungen* fue levemente influenciado por la variación del nitrito (figura 37 fito). De las combinaciones entre el zooplancton y los parámetros ambientales, el ACC determinó agrupar en el eje uno la TSM y el oxígeno y en el eje dos la termoclina. La variación de la temperatura provocó el aumento de las densidades de *O. cleveis*, *C. pauper*, *Cl. Furcatus*, *C. amazonicus*, *C. andrewsi*, pero un decrecimiento de *P. parvus* y *F. gracilis*. El aumento de la concentración del oxígeno implicó el incremento de las

densidades de: *E. tergestina*, *U. vulgaris* y *C. pavo*. La leve variabilidad de la termoclina fue beneficioso para *O. plumífera* y *O. venusta* (figura 37 zoo).

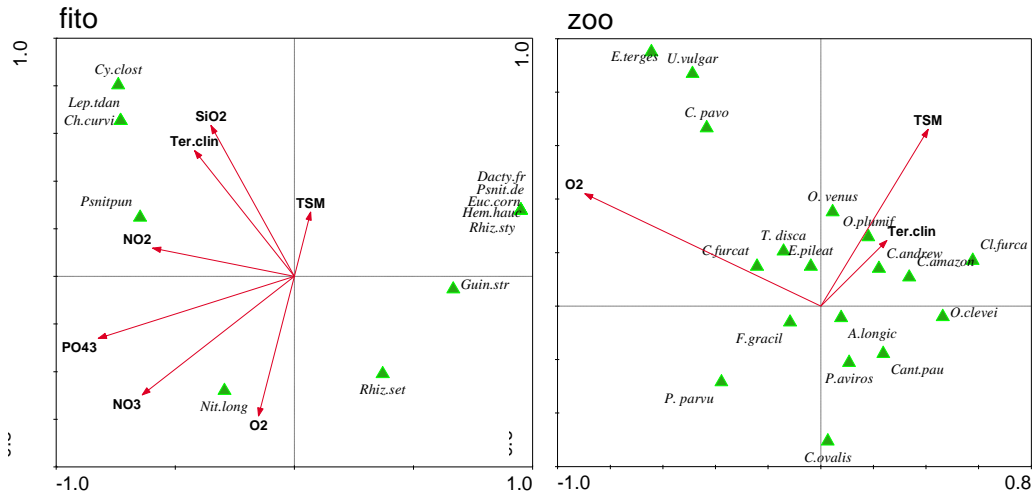


Figura. 37. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2011 en la estación de Puerto López.

Para el 2012, los resultados del análisis estadístico de correspondencia entre el fitoplancton y los parámetros ambientales, asoció al nitrito en el primer componente en sentido positivo. El segundo componente se ligó positivamente con fosfato y negativamente con oxígeno. Las demás variables (TSM, termoclina, silicato y nitrato) fueron débilmente correlacionadas con los componentes. Contemplándose un incremento moderado del volumen del nitrito que involucró un efecto positivo en la densidad de *R. styloformis*, *E. cornuta*, *P. pungens*, *L. danicus*, *R. setigera* y *H. hauckii*. En tanto, la alta concentración de oxígeno favoreció las densidades de *P. delicatissima* y *G. striata*. El resto de especies se correlacionaron débilmente con las variables ambientales (figura 38 fito). El ACC para las combinaciones del zooplancton con los parámetros ambientales, determinó correlacionar de manera positiva la termoclina y negativamente la TSM en el componente uno y relacionar de forma positiva al oxígeno en el componente dos. Se percibió que la alta variación de la termoclina causó un efecto positivo en la abundancia de *Cl. Furcatu*, *C. amazonicus*, *P. avirrostris*, *P. parvus*, y en menor grado en *C. pavo* y *A. longicornis*. En tanto, que los altos valores de temperatura implicó el incremento en las densidades de: *O. venusta*, *O. plumífera*,

C. pauper y *E. pileatus*. Por otra parte, los altos valores del oxígeno permitieron el crecimiento de *C. furcatus*, *T. discaudata*, *C. ovalis*, *O. Cleveis*, *C. andrewsis* y *F. gracilis* (figura 38 zoo).

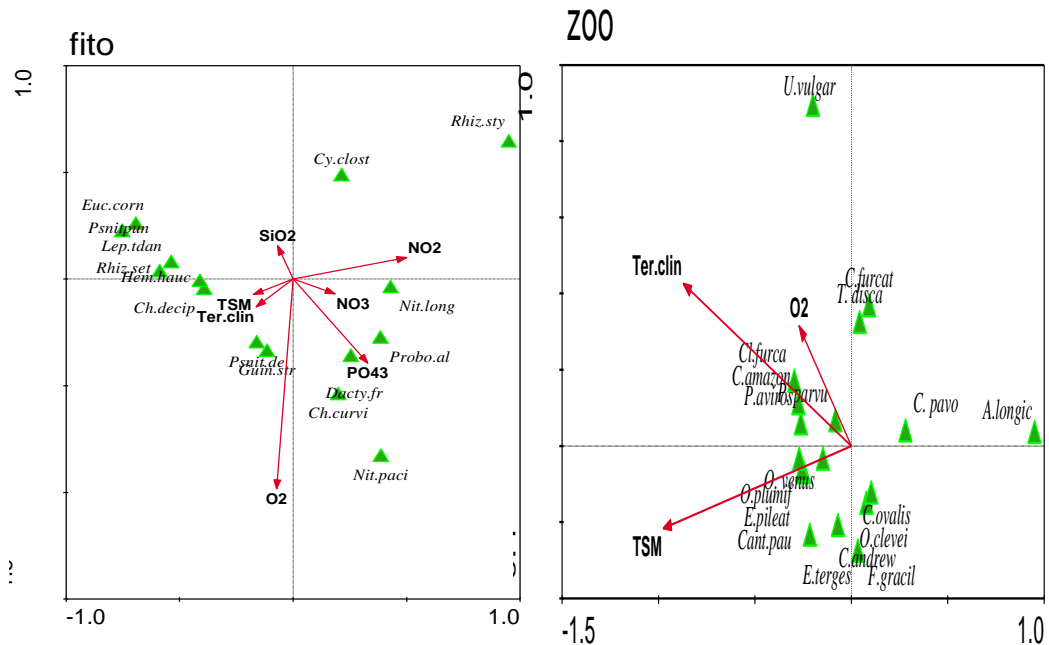


Figura. 38. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físicas y químicas y especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2012 en la estación de Puerto López.

En general, durante el estudio, el ACC entre especies de fitoplancton y variables ambientales determinó, que el oxígeno fuera el parámetro de mayor variabilidad y el de menor variabilidad la termoclina. El primer componente estuvo compuesto por nitrito y nitrato asociados de modo positivo, variables que influyeron positivamente en las densidades de *N. longissima*, *C. closterium*, *C. curvisets* y *P. alata*. El segundo componente estuvo conformado por la TSM, silicato, disco de Secchi y fosfatos asociados de forma positiva y por oxígeno relacionado de manera negativa. El incremento de concentración de las cinco primeras variables, implicó el aumento en las densidades de: *H. hauckii*, *N. pungens*, *R. setigera* y *E. cornuta*. En tanto, el descenso de la abundancia del oxígeno, afectó negativamente las abundancias de: *R. styliformis*, *G. striata*, *P. delicatulus* y *G. striata* (figura 39 fito). El ACC entre el zooplancton y los parámetros ambientales, el disco de Secchi fue el factor de mayor coeficiente y la

termoclina la menor ponderada. El primer factor, asoció en el extremo positivo al disco Secchi, observándose que el incremento de la variable estimuló las densidades de: *P. parvus*, *E. tergestina*, *A. longicornis*, *P. avirrostri*, pero afectó negativamente a *O. plumífera*, *C. pauper* y *C. amazonicus*. El segundo componente, correlacionó positivamente a la TSM y oxígeno, pero negativamente la termoclina. Las dos primeras variables tuvieron considerables correspondencias positivas con *T. discaudata*, *U. vulgaris*, *F. gracilis*, *C. furcatus*, *C. andrewsi*, *O. cleve*, *C. pavo* y *C. ovalis*. En tanto que la termoclina, influyó negativamente en la abundancia de *E. pileatus*, *O. venusta* y *C. furcatus* (figura 39 zoo).

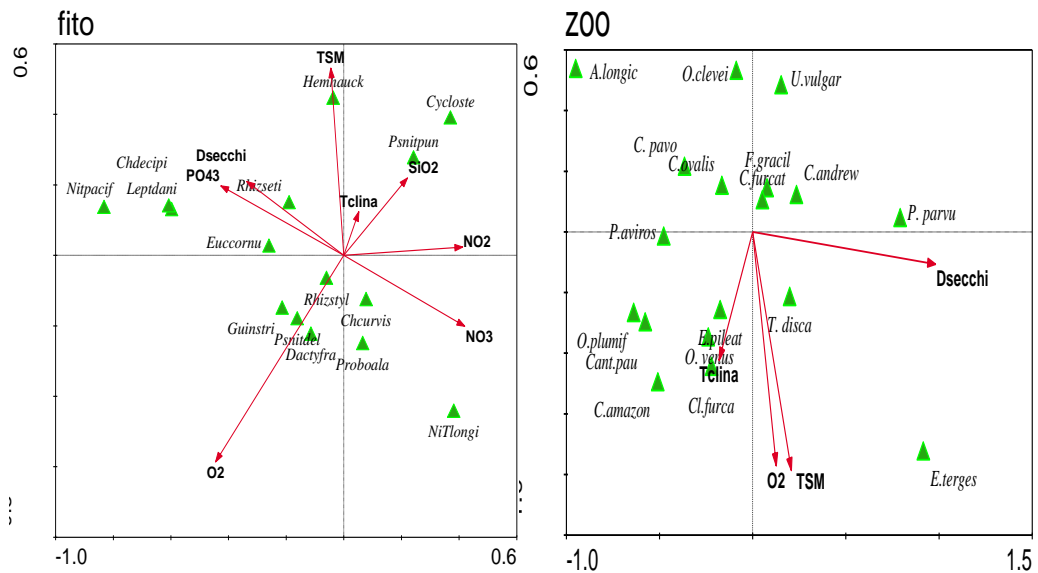


Figura. 39. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas en la estación de Puerto López del 2004 al 2012.

4.22. Salinas

Para el 2004, el ACC que relaciona al fitoplancton con los factores ambientales, muestra al primer componente asociado de forma positiva a silicato, fosfato, disco de Secchi y TSM y de modo inverso al oxígeno y nitrito. El segundo factor se correlacionó positivamente con la termoclina. La especie *G. striata* estuvo más asociada a la termoclina, mientras *L. danicus* y *P. delicatissima* revelaron mayor inclinación por

silicio, fósforo, temperaturas bajas y poca transparencia. Las especies *H. haucki* y *R. setigera* se asociaron al nitrito y oxígeno. *C. closterium*, *N. longissima* y *D. fragilissimus* no se relacionaron con las variables independientes (figura 40 fito). Con respecto al zooplancton, en el lado positivo del primer eje se ubicó el oxígeno y la TSM. Mientras el segundo factor, correlacionó positivamente la termoclina y disco de Secchi. Se observó las especies: *T. discaudata* relacionada de manera considerable con oxígeno, pero también se asociaron *C. pauper*, *Cl. furcatus*, *O. media*, *O. plumífera* y *U. vulgaris* de forma moderada. En tanto, *O. venusta*, *E. pileatus*, *F. gracilis*, *C. furcatus* y *P. parvus* se coligaron a las condiciones favorables de la TSM y disco de Secchi. Así mismo, *P. avirrostris*, *A. longicornis* y *U. vulgaris* mostraron preferencia por la profundidad de la termoclina. El resto de especies fueron débilmente afectadas por las variables ambientales (figura 40 zoo).

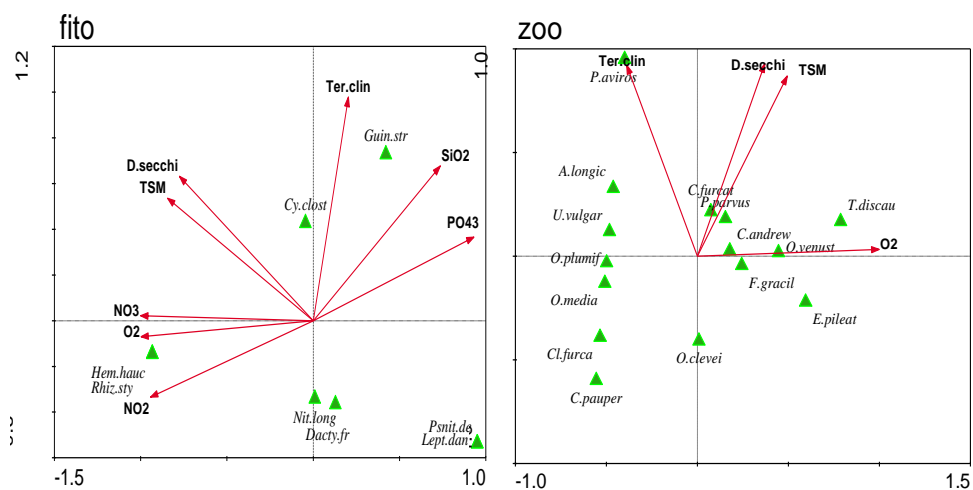


Figura. 40. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2004 en la estación de Salinas.

Durante el 2005, el ACC que combinó las densidades del fitoplancton con los datos ambientales, determinó asociar la TSM, disco de Secchi, oxígeno y fósforo al primer componente en dirección positiva. En tanto relacionó que el nitrato, nitrito, termoclina y silicato se relacionaron con el segundo componente en el extremo positivo, presentando el último parámetro el más bajo valor de significancia. Se observó que el incremento del oxígeno estaría relacionado por las abundancia de *R. styliformis*, *N.*

longisima, *P. delicatissima* y *D. fragilisimus* especies que fueron atraídas por el incremento de oxígeno, TSM y la transparencia. En tanto, *C. closterium* y *P. pungen* fueron favorecidas por altas concentraciones de fosfato. Por otra parte, una termoclina más profunda permitió el aumento de las densidades de *G. striata* y *H. hauckii*, mientras *L. danicus* y *R. setigera* se asociaron a nitrato y nitrito (figura 41 fito). Los enlaces que evaluaron las densidades del zooplancton con los datos ambientales, mostraron una relación negativa para termoclina, para oxígeno y disco Secchi, determinadas en el componente uno, mientras que la TSM y termoclina fueron asociados al componente dos. Se observó que el oxígeno y disco Secchi influyó positivamente en las densidades de: *Cl. furcatu*, *O. cleveis*, *A. longicornis*, *C. furcatu*, *O. plumifera* y *U. vulgaris*. En tanto, el crecimiento de los valores de la TSM y termoclina afectaron positivamente las densidades de *T. discaudata*, *O. media*, *O. venusta*, *P. avirrostris*, *C. andrewsi*, *P. parvus* y *E. pileatus* (figura 41 zoo).

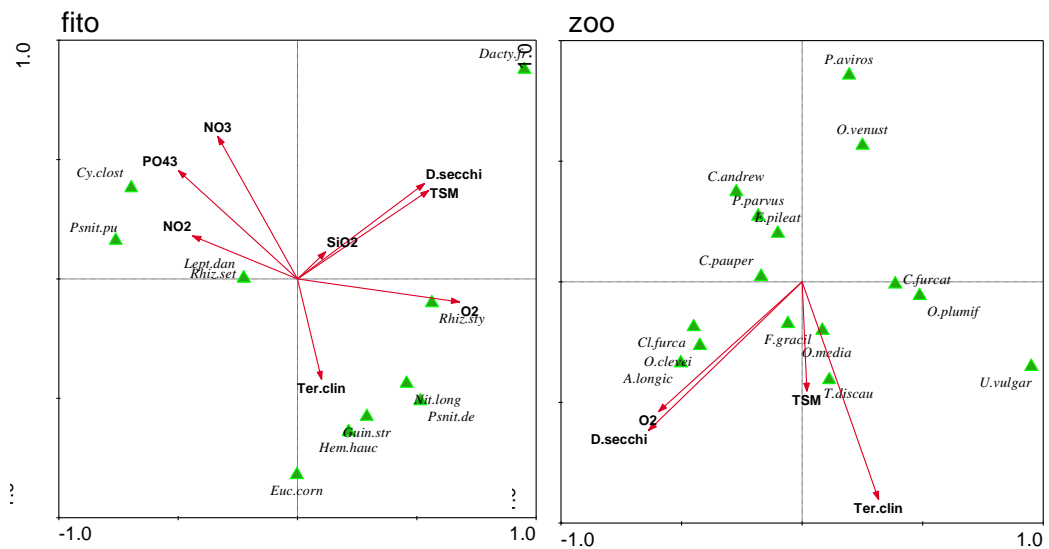


Figura. 41. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2005 en la estación de Salinas.

Durante el 2009, la abundancia del fitoplancton no fue representativa como para ser correlacionados. Mientras tanto, las combinaciones entre el zooplancton y los parámetros ambientales el ACC determinó agrupar en el eje uno y en dirección positiva al oxígeno y en la trayectoria negativa a la termoclina. En el eje dos correlacionó de

forma positiva a la TSM y el disco Secchi, parámetros que presentaron baja correlación con el componente. La variación del oxígeno provocó el aumento de las densidades de *C. andrewsi*, *P. avirrostris*, *P. parvus* y en menor grado la abundancia de *O. media* y *A. longicornis*. La variación de la termoclina afectó positivamente las concentraciones de *U. vulgaris* y *Cl. Furcatu*. Las variables del segundo componente afectaron levemente las densidades de *C. pauper*, *T. discaudata*, *O. plumífera*, *C. furcatu* y *O. cleveis* (figura 42 zoo).

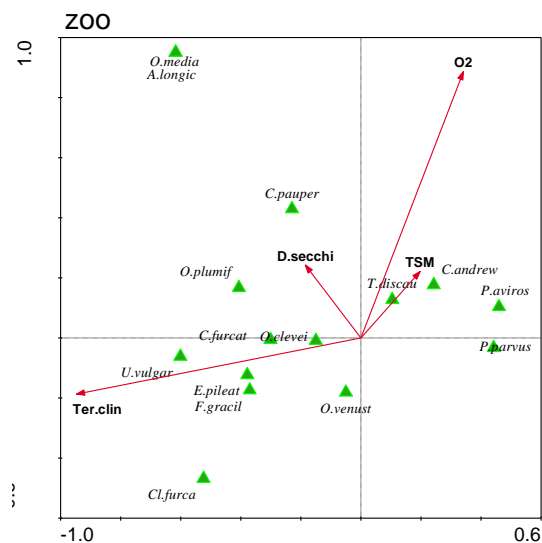


Figura. 42. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2009 en la estación de Salinas.

Para el 2010, la correspondencia entre fitoplancton y los factores ambientales, mostraron los parámetros TSM y disco Secchi distribuidos en el primer componente, el primero de modo positivo y el segundo de forma negativa. En tanto, nitrato, nitrito, fosfato, oxígeno, silicato y termoclina se distribuyeron en el segundo factor, el nitrato en la trayectoria positiva y el resto de variables en sentido negativo. Se observó que el incremento del valor de TSM, afectó ligeramente la abundancia de *D. fragilissimus* y *H. hauckii*, mientras que la transparencia y nitrato influyeron considerablemente en las densidades de *N. longisima* y *P. delicatissima*. En tanto, *C. closterium* fue afectado positivamente por las concentraciones de nitrito, fosfato, oxígeno, silicato y termoclina (figura 43 fito). Con respecto de las relaciones del zooplancton con las variables ambientales, la TSM y disco Secchi fueron relacionados con el primer componente de

modo positivo. Quedando el oxígeno y la termoclina para el segundo factor, el primero en la dirección positiva y el segundo en la orientación negativa. Las especies *O. cleveis*, *C. andrewsi*, *A. longicorni* y *Cl. furcatus* estuvieron asociados a la alta variabilidad de la transparencia y valores bajos de TSM. Las especies *P. avirrostris*, *O. plumífera*, *O. media*, *U. vulgaris* y *F. gracilis* reaccionaron positivamente al aumentar la profundidad de la termoclina y leve concentración de oxígeno, pero a esta última variable también se asociaron moderadamente *C. furcatus*, *C. pauper*, *P. parvus* y *O. venusta* (figura 43 zoo).

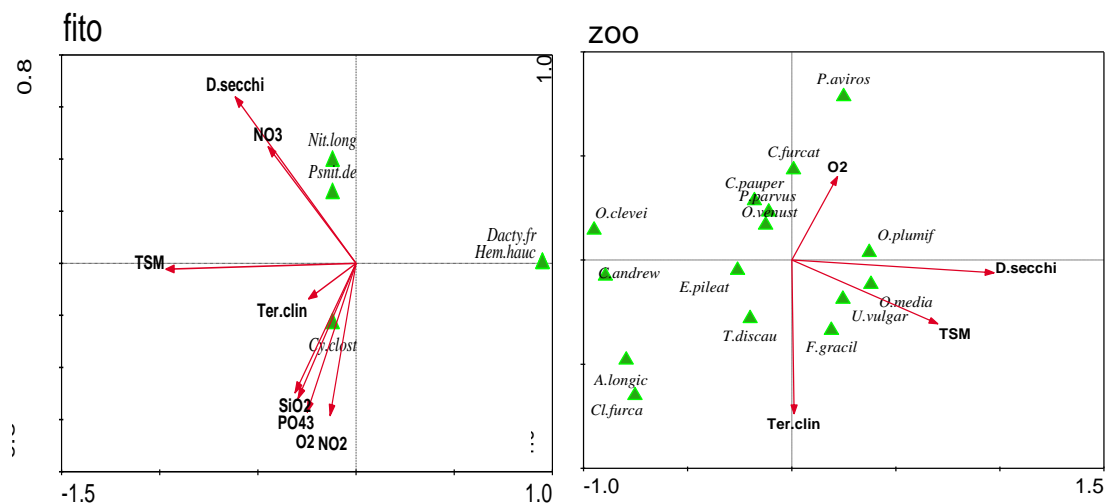


Figura.43. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2010 en la estación de Salinas.

En el año 2011, la correspondencia de las especies de fitoplancton con las variables ambientales, describieron que: nitrito, nitrato y oxígeno estuvieron correlacionadas positivamente al eje uno, variables, que afectaron positivamente la abundancia de *N. longissima* y levemente las densidades de *P. delicatissima*, *L. danicus*, *H. hauckii*. El segundo factor combinó: termoclina, fosfato y silicato en el lado positivo, afectando la distribución de *C. closterium*, *R. styliformi*, *E. cornuta* y *P. pungens* y de una manera moderada las abundancias de *G. striata*, *D. fragilissimus*, *R. setigera* y *P. pungens* (figura 44 fito). De la afinidad entre el zooplancton con las variables ambientales, se observó, que dos variables fueron correlacionadas. La termoclina en el componente uno

y el oxígeno en el componente dos, ambas correlacionadas en sentido positivo. Un incremento de la profundidad de la termoclina, implicó un crecimiento en las densidades de *U. vulgaris* y levemente de *O. venusta*, *O. cleveis* y *Cl. furcatus* y el decrecimiento de *A. longicornis*, *P. avirrostris* y *E. pileatus*. El oxígeno, afectó positivamente la abundancia de *O. plumifera*, *T. discaudata*, *C. furcatus*, *F. gracilis*, *C. pauper*, *P. parvus* y *O. media* (figura 44 zoo).

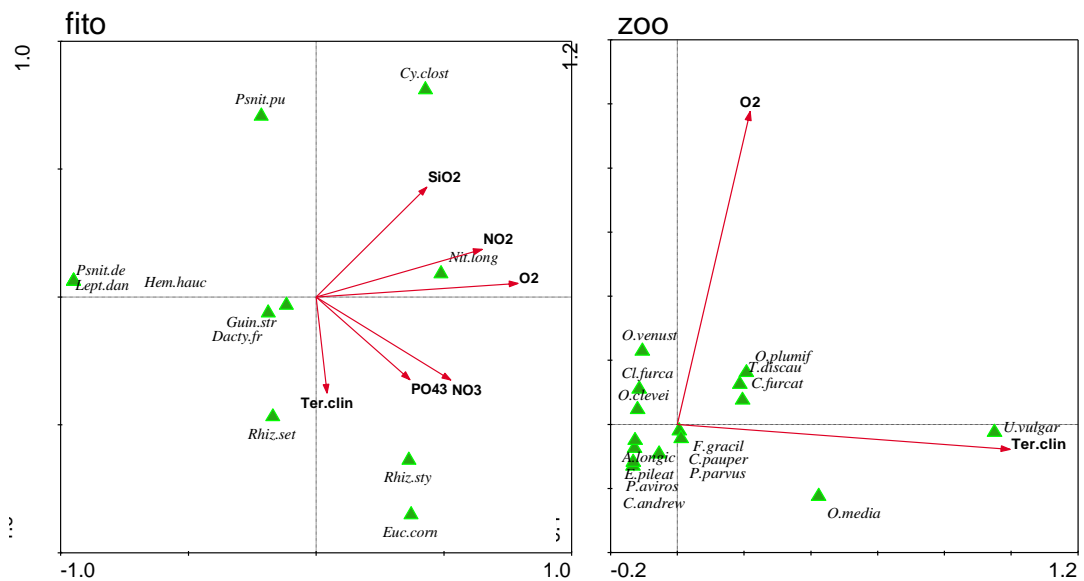


Figura. 44. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2011 en la estación de Salinas.

Para el 2012, los resultados del análisis estadístico de correspondencia entre fitoplancton y los parámetros ambientales, asoció al primer componente con el silicato, nitrito, nitrato y oxígeno en sentido positivo y con el segundo componente al fosfato en la trayectoria positiva. Contemplándose correlacionadas las siguientes especies; *L. danicus*, *E. cornuta*, *H. hauckii*, *P. delicatissima* y *R. setigera* con los parámetros del primer componente y las especies; *P. pungens*, *C. closterium* y *N. longissima* con el fosfato (figura 45 fito). Con respecto a las combinaciones del zooplancton con los parámetros ambientales, la única variable muestreada fue el oxígeno, correlacionada de manera negativa con el componente uno, variable a la cual se asociaron: *P. avirrostris* y

P. parvus. Se observó poca afinidad del resto de especies con la variable mencionada (figura 45 zoo).

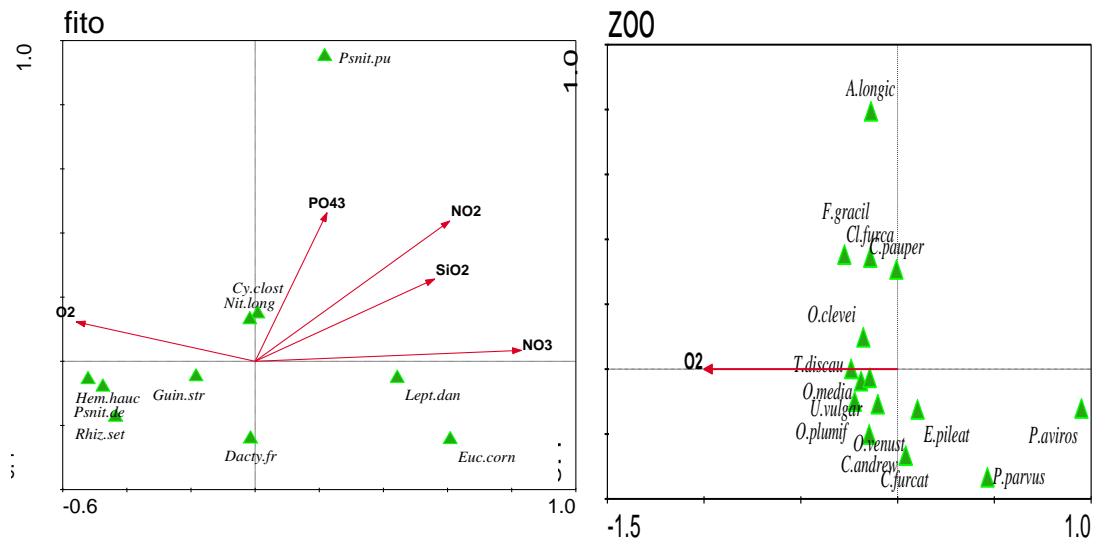


Figura. 45. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante el 2012 en la estación de Salinas.

En general, durante el estudio, el ACC entre especies de fitoplancton y variables ambientales determinó, que la TSM fuera el parámetro de mayor variabilidad y el de menor variabilidad el nitrito. Al primer componente se asoció de modo positivo la TSM y negativamente el oxígeno. Al componente dos se relacionaron en el extremo positivo, silicatos y en el negativo nitrato y fosfato. Al silicato se asoció *C. closterium*; a disco Secchi *P. seriata*; a nitrato *N. longissima* y *P. alata*, a fosfato *R. styliformis* y a oxígeno *H. sinensis*. El resto de especies se relacionaron de manera débil con las variables (figura 46 fito). El ACC entre el zooplancton y los parámetros ambientales, la TSM, fue el factor de mayor coeficiente y el oxígeno disuelto la menor ponderada. El primer factor, asoció en el extremo negativo al oxígeno disuelto y en el positivo la TSM, observándose que el incremento de la variable estimuló las densidades de *O.cleveis*, *C. furcatus*, *A. longicornis*, *U. vulgaris* y *P.parvus*. El segundo componente, correlacionó

positivamente al disco Secchi, variable que influyo poco en *O. media*. La mayor parte de especies se correlacionaron de manera débil con las variables (figura 46 zoo).

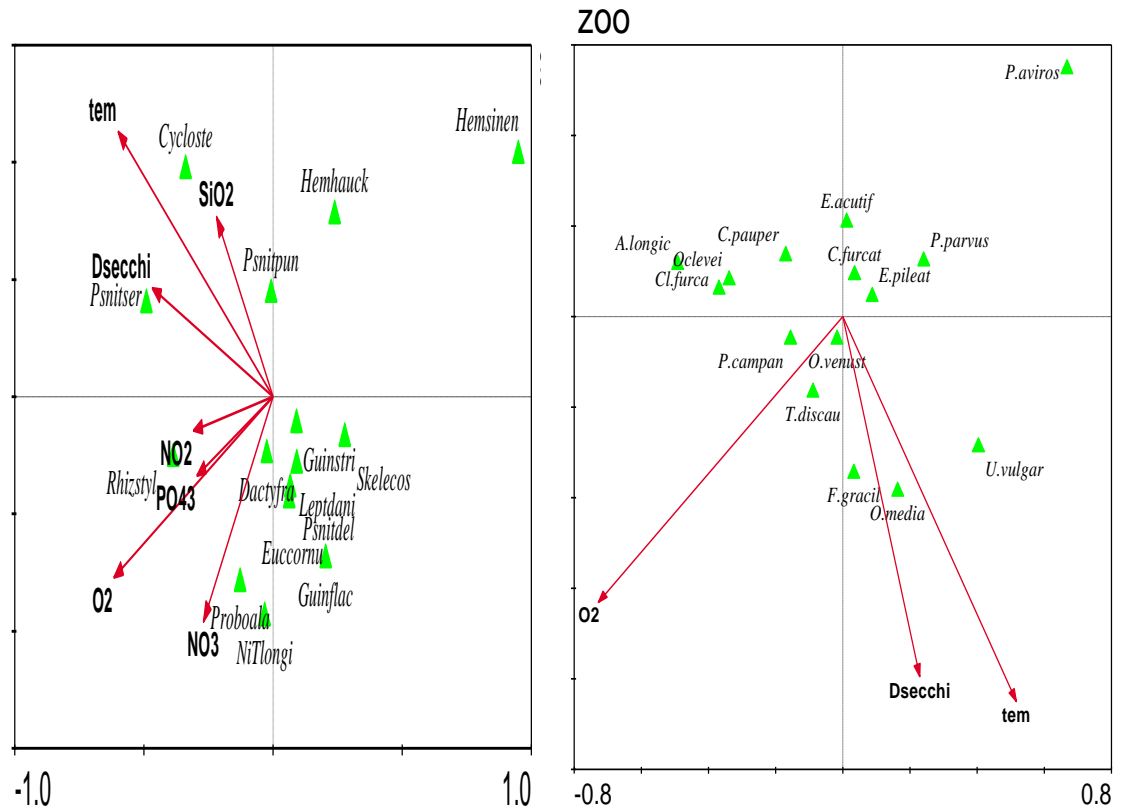


Figura. 46. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) de las variables físico-químicas con especies de fitoplancton y zooplancton más representativas durante de 2004 a 2012 en la estación de Salinas.

En la tabla 7 se representan las especies indicadoras durante el periodo de estudio, puede distinguirse que no todas la especies son efectivos en la caracterización de una determinada variable en cada localidad, por ejemplo *G.striata* se muestra como indicadora de nitrato en Esmeraldas, pero no en Puerto López y Salinas. Se detectó que las especies, de acuerdo a su requerimiento físico y químico se mostraron como indicadoras de uno o varios parámetros en una localidad o en varias de ellas.

Tabla. 7. Especies indicadoras de las variables ambientales en las tres estaciones durante el periodo de estudio.

Esmeraldas			Puerto López			Salinas		
Especies	variables	promedios (µm/L)	Especies	variables	promedios (µm/L)	Especies	variables	promedios (µm/L)
<i>Guinardia striata</i>	NO2	0,07	¿?	NO2	0,08	¿?	NO2	0,09
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	NO3	0,57	<i>Nitzschia longissima</i>	NO3	1,96	<i>Nitzschia longissima</i>	NO3	2,91
<i>Dactyliosolen fragilisissimus</i>			<i>Proboscia alata</i>			<i>Proboscia alata</i>		
<i>Cylindrotheca closterium</i>	PO3	0,55	<i>Chaetoceros decipiens</i>	PO3	0,49	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	PO3	0,45
<i>Chaetoceros decipiens</i>	SiO3	11,61	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>			<i>Cylindrotheca closterium</i>	SiO3	4,08
<i>Evagne tergestina</i>	O2	4,82	<i>Nitzschia pacifica</i>			<i>H. sinensis</i>	O2	4,93
<i>Penilia avirrostris</i>			<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	SiO3	3,67	<i>O.cleveis</i>		
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Transp.	5,92	<i>Cylindrotheca closterium</i>			<i>Clausocalanus furcatus</i>		
<i>Nitzschia longissima</i>			<i>Acrocalanus longicornis</i>	O2	4,92	<i>Acrocalanus longicornis</i>		
<i>Rhizosolenia setigera</i>	T.clima	30 m	<i>Oncaea cleveis</i>			<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	Transp.	8,37
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>			<i>Clausocalanus furcatus</i>	Transp.	7,13	<i>Oncaea media</i>		
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>			<i>Oncaea venusta</i>	T.clima	40	<i>Undinula vulgaris</i>	TSM	20,58
<i>Oncaea media</i>			<i>Eucalanus pileatus</i>			<i>Paracalanus parvus</i>		
<i>Calocalanus pavo</i>			<i>Hemiaulus hauckii</i>	TSM	21,85			
<i>Hemiaulus hauckii</i>	TSM	24.75 °C						

5. DISCUSIONES

El comportamiento espacial de la temperatura mostró un gradiente de disminución de norte a sur, el mismo que manifestó temperaturas más elevadas en la estación Esmeraldas, en comparación con las estaciones de Puerto López y Salinas (figura 2 A). El gradiente es evidenciado como consecuencia del predominio de aguas cálidas que llegan desde la cuenca de Panamá afectando la zona norte del Pacífico Ecuatoriano, mientras que la zona sur es influenciada por un ramal de la corriente fría de Humboldt (CPPS, 2014). Estas dos masas de aguas determinan que la TSM sea más baja en el verano y más alta en el invierno (figuras 2 C); similar tendencia confirmó Belén del Salto et al. (2013), que analizó el comportamiento de las condiciones climáticas durante la época húmeda en la costa ecuatoriana entre los períodos de 1975-2000 y de 1981-2010.

En efecto, el grado de intensidad de las corrientes mencionadas determina una importante variabilidad térmica de manera espacial y temporal frente a las costas de Ecuador. Lo cual fue evidenciado por el análisis Clúster, el mismo que reveló dos grupos de años asociados. El primer grupo (2004, 2005 y 2009) tuvo una TSM promedio menor a 24.5 °C. Durante esos años las anomalías de la temperatura fueron ligeramente negativas, especialmente, los dos últimos meses del 2005, así como los últimos cinco del 2007 y los primeros seis meses del 2008 fueron asociados al evento la Niña (Coronado et al., 2013). El segundo grupo (2006-2012) registró una temperatura promedio mayor a 25 °C, siendo vinculados los primeros los últimos seis meses del 2009 y los primeros cuatro meses del 2010, a un evento de el Niño intenso, según Coronado et al. (2013). Sin embargo, dichos eventos no fueron detectados en la costa ecuatoriana, a pesar de las anomalías observadas en esos años (BAC, 2005, 2007, 2008, 2009 y 2010). Ya que las anomalías, tanto positivas como negativas, no superaron el 1°C. Para que se el fenómeno se manifieste las anomalías deben estar por encima o por debajo de los 1.4°C (Coronado et al., 2013) Una explicación sería; el grado de intensidad de los vientos alisios del sureste, y para que los eventos el Niño o la Niña se presenten, la intensidad del viento debe ser mayor o menor a los rangos en condiciones normales. Además, deben estar asociadas a otras variables tales como el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), el valor del Índice de Oscilación del Sur (IOS), la profundidad de la Termoclina y las precipitaciones, así mismo, ligadas a la

intensidad de la Corriente fría de Humboldt, Contracorriente Ecuatorial y Corriente cálida de Panamá.

Por otro lado, las aguas superficiales de la estación de Esmeraldas, estarían relacionadas con una masa de agua o corriente más conocida por los colombianos como, “Agua Superficial Colombiana Ecuatorial Tropical” (Agua Tropical Superficial), localizada entre los 0 y 10 metros de profundidad, también observada en la isla Malpelo (Málikov et al., 2010; Rodríguez-Rubio y Giraldo, 2011); debido que ambas masas tienen como promedio una TSM de 25.7 °C; teniendo en cuenta la temperatura promedio, la estación de Esmeraldas se considera como una zona de mezcla de aguas costeras con aguas oceánicas, de acuerdo a Moreno et al. (2008), que determinaron este tipo de agua para el pacífico colombiano en base a la TSM y la salinidad. Además, la ubicación geográfica de la estación, le permite recibir un constante flujo, en forma de cuña de agua dulce proveniente del río Esmeraldas, pluma comunes en otras desembocaduras, como la del río Itajaí-Açu en el Brasil (Resgalla et al., 2008), a diferencia de las estaciones de Puerto López y Salinas, cuyos promedios de TSM son menores, pero de salinidad mayor con respecto a la estación Esmeraldas. Podrían ser consideradas como aguas costeras y oceánicas, de acuerdo a Moreno et al. (2008).

Por otra parte, fue evidente que la variabilidad de la TSM influyó en la variabilidad espacial y temporal del plancton. Se pudo observar, que las correlaciones entre TSM con fitoplancton y zooplancton fueron en sentido inversa, sin embargo para el fitoplancton, la temperatura no tuvo un efecto fuerte como lo hubo para el zooplancton. Situación evidenciada en los valores de las correlaciones siendo baja entre la temperatura y el fitoplancton, y ligeramente alta para el zooplancton. Este comportamiento del fitoplancton coincide con lo observado por Galeano y Arteaga (2010), quienes detectaron valores bajos de correlación entre diatomeas y temperatura. El mismo comportamiento detecto Pulina et al., (2016) en *Cyclotella* sp., y en *Thalassiosira* sp., mientras Delgado & Chang (2015) con la biomasa de fitoplancton. En tanto el comportamiento de zooplancton, coinciden con Giraldo et al. (2014); con Álvarez Silva y Torres-Alvarado (2013) y con Zaafa et al., (2012). Quienes detectaron asociación positiva entre zooplancton con la TSM más elevadas. Sin embargo, a pesar de los bajos valores de correlación entre TSM y fitoplancton, es evidente que la

temperatura ejerce una fuerte influencia en el plancton (Inda-Díaz et al., 2013), puesto que los organismos del plancton son afectados en sus densidades y diversidad por las variables ambientales que se manifiestan en el océano, en especial, la temperatura y la salinidad.

Comparando la frecuencia y abundancias de la especies presentes en las tablas 1 y 2 de la TSM mayor a 27 °C y menor a 22.5 °C, se detectó, que un gran número de estas especies se repitieron en TSM más alta como en la más baja, a excepción de *B. delicatulum*, *S. costatum* (fitoplancton) y de *C. Furcatus* (zooplancton) que no se repitieron en la TSM más baja, observando su presencia en los años más cálidos (figura 3). Sin embargo, estas especies no han sido reportadas como indicadoras del evento El Niño (Vargas et al., 2014), por lo que se sugiere, que las especies mencionadas podrían ser indicadoras de masas aguas de elevada temperatura (Olguín et al., 2015; Palomares-García et al., 2013), asociadas a la corriente de Panamá. Así mismo, su ausencia en los años más frío (figura 3), podrían ser indicadoras de masas de aguas frías menor a 22.5 °C asociada a la corriente Humboldt (Olguín et al., 2015), para Ecuador. El resto de especies, podrían ser consideradas euritermas, debido a su elevada capacidad de tolerancia a las temperaturas extremas, que se dieron en este estudio.

El rango de la TSM en la cual los organismos del fitoplancton se asociaron puede ser más amplio aún, se detectó una abundancia importante de *T. nichoides* y *S. costatum*, *C. fusus var fusus*, *C. furca*, *C. tripos* y *S. trichoidea* presentes en una TSM que fluctuó entre 21 y 28 °C, pero también fueron halladas en una TSM que osciló entre 17.9 y 27.8 °C (Sun et al., 2013; Vargas et al., 2014). Así mismo, algunas especies de este estudio pueden vivir tanto en zonas neríticas como oceánicas (eurytopica), entre estas *S. costatum* y *G. flaccida* (Sun et al., 2013). Esta característica estaría relacionada con lo observado por Thomas et al. (2012), en cepas de fitoplancton aisladas de 76 ° N y 75 ° S. Lo que sugiere que el plancton del mar ecuatoriano tendría la capacidad de adaptarse a la temperatura ambiental causada por las masas de aguas (corriente de Humboldt y del Niño) que se presentan, en su debida época, en el mar ecuatoriano, ya que la oscilación de la TSM no es drástica, sino gradual. Además, en la zona se dan dos períodos estacionales (invierno y verano), donde los cambios no son tan bruscos, como en zonas que tienen cuatro períodos estacionales, observándose sucesiones de especies y

una termoclina que desaparece en el invierno y otoño (Flores et al., 2013). Sin embargo, a pesar de la capacidad de adaptación, pueden ser afectados negativamente por el calentamiento de los océanos (Thomas et al., 2012).

Tapia y Naranjo (2012), reportan la presencia de: *Thalassiosira subtilis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Ch. eibonii*, *Rhizosolenia imbricata*, *Proboscia alata* y *Planktoniella sol* como indicadoras del Frente Ecuatorial, de las cuales solo: *C. curvisetus*, *P. alata* y *R. imbricata* fueron reportadas en este estudio. Sin embargo, no se las detectó en la época en la que coincidió con el estudio (Septiembre 2011) de Tapia y Naranjo (2012). No obstante, fueron reportadas en otros años y meses. Por otro lado, si el frente se localiza entre 0 a 3° S y las especies indicadoras también fueron encontradas en la estación Esmeraldas, lo que manifiesta que las especies de fitoplancton no son indicadoras puntuales de un evento, sino que cumplen varias funciones ecológicas, según su ubicación en el océano y su abundancia, pues los mismos investigadores mencionan que estas especies son indicadoras de masas de aguas oceánicas y de afloramientos.

Así mismo, se observó un contraste entre las especies de fitoplancton del trabajo de Tapia (2013), con respecto a este estudio en lo que se refiere a las estaciones cercanas de Esmeraldas y frente a Puerto López durante diciembre del 2008. Puesto que la investigadora registra a *Rhizosolenia stolterfothii*, *Coscinodiscus perforatus*, *Mesodinium rubrum*, *Corethron Criophyllum*, *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Pseudonitzschia paradoxa*, *Pseudoeunotia doliolus*, *Biddulphia alternans* y *Grammatophora marina* que no fueron comunes a nivel superficial. Este contraste, es posible que esté relacionado a las diferencias en las fechas de muestreo, a la no coincidencia en la posición geográfica de las estaciones, como también a la percepción taxonómica de los analistas. De todos modos, cualquiera que sea el contraste, el trabajo de Tapia (2013), es un aporte a la biodiversidad del fitoplancton en el mar ecuatoriano. En general, la mayoría de especies son coincidentes, en especial, las colectadas con redes.

A igual que la TSM, los nutrientes, mostraron una variabilidad temporal y espacial. Con respecto al silicato, los resultados indicaron mayor concentración en la zona costera de Esmeraldas, evidentemente, ocasionado por un mayor aporte de las aguas del

río Esmeraldas, cuyo recorrido puede llegar hasta 15 millas mar afuera (Cucalón, 2002), siendo la época húmeda la de mayor descarga. Hay que considerar que el punto de muestreo se encontraba a 10 millas náuticas de la desembocadura del río, razón por la cual sería mayor la concentración. Situación diferente la de Puerto López y Salinas donde las concentraciones fueron menores (figura 11 B).

Por otro lado, comparando las concentraciones de los rangos de silicatos de este estudio con los reportado por la SETEMAR (2015), en cruceros realizados en Galápagos. En este estudio, la concentración es superior con respecto a los datos de la SETEMAR (2015). Pues tal que, el silicato osciló entre 5-20 mg/L, durante la estación lluviosa, seca, el Niño y la Niña, mientras que este estudio lo reportó entre 6.37- 28,0 mg/L. Tendencia similar, para los cruceros del pacífico peruano (1.70-34.57mg/L), (García et al., 2015). Si se compara los valores promedios máximos con los cruceros del pacífico peruano, se observó que fueron mayores (0,0-30,0 mg/L) frente a Perú (Graco et al., 2007), con respecto a esta investigación (2.58-13.45 mg/L). Estas diferencias, con respecto a los cruceros de Ecuador y Colombia, se deben a la ubicación de las estaciones, en este estudio fueron a 10 millas de la costa, mientras que las estaciones de los cruceros fueron en su mayoría oceánicas. Al estar cerca de la costa reciben mayor carga de sedimento fluvial de los ríos aledaños con alto contenido de silicato, el mismo que se va diluyendo a medida que se adentra al mar. Con respecto a los cruceros peruanos, la mayor concentración de nutrientes están correlacionadas con las persistentes y fuertes afloramientos que se producen en el mar peruano (Castillo et al., 2007).

Así mismo, relacionando los datos con el Domo de Costa Rica, se detecta un rango promedio de silicato mayor en la zona costera de Ecuador que la del Domo, como lo evidencia una investigación realizada por Selph et al. (2015). Pues, los investigadores reportaron concentración de silicato entre 2.8–4.2 mg/L en la zona costeras y en alta mar del Domo de Costa Rica.

En el mismo sentido de la variabilidad espacial y temporal, las concentraciones de nitrito y nitrato que fueron más elevadas en Puerto López y Salinas, podrían estar relacionadas a la corriente de Humboldt y al aporte de las aguas del Golfo de Guayaquil. No obstante, al ser mayor la concentración en época húmeda, se sugiere que estos

elementos vendrían del aporte de las aguas del río Guayas. Puesto que, durante el invierno se producen inundaciones en toda la cuenca baja del Guayas y por tanto el arrastre de fertilizantes de los cultivos.

En el informe de la SETEMAR (2015), señalan rangos de nitrato entre 2-6 mg/L, y fosfato de 0.2–2.0 mg/L, durante la estación lluviosa, seca, el Niño y la Niña, mientras en esta investigación se estimaron rangos en 2.01-16.06 mg/L y de 0.63-14.28 mg/L respectivamente. Observándose que los niveles obtenidos este estudio es superior. Incluso son superior a los datos registrados en la zona tropical del Pacífico Oriental Sur durante El Niño y La Niña (nitrato=0.13-0.39 mg/L; fosfato=; 0.35-0.44/L) (Dekaezemaker et al., 2013). Y superior a los reportados por Selph et al., (2015) en el Domo de Costa Rica (nitrato =1.5–2.3 mg/L; fosfato=0.28 mg/L). Al igual que el silicato los promedios de este estudio son inferiores (nitrato=0.45-2.97; fosfato=0.28-1.54 mg/L) a Perú (nitrato=0,0–35,0; fosfato=0,2–4,0 mg/L) (Graco et al., 2007). Diferencias que tiene una explicación similar en la del silicato.

Comparando los valores promedios de nitrato y fosfato obtenidos frente a la costas de Ecuador, resultaron ser inferiores a los reportados frente a Perú (Graco et al., 2007), pero superiores a los registrado por Selph et al. (2015) para el Domo de Costa Rica. Así mismo en comparación a un estudio realizado en el sureste de Brasil por Fernández et al. (2015), se pudo ver que el nitrito resultó superior para este estudio, pero nitrato, fosfato y oxígeno resultaron ser menores. Se plantea entonces que las diferencias se deben a la zona de investigación. La concentración de nutrientes es menor en océano abierto pero mayor en zonas próximas a la costa (Paparazzo et al., 2013).

Los nutrientes antes mencionados y reportados para el Golfo de Guayaquil (Prado et al., 2015), sus promedios resultaron mayores a este estudio. Esta diferencia es debido a la alta concentración de los elementos al interior del golfo, puesto que recibe directamente las descargas del río Guayas.

Las correlaciones positivas entre nutrientes y fitoplancton, es indicio de que existe una continua disponibilidad de nutrientes para el fitoplancton y a la vez alimento continuo para el zooplancton herbívoro, es así, que los nutrientes no son limitantes para el desarrollo del plancton. En el caso del silicato, investigaciones anteriores indican que para reproducirse el fitoplancton, la concentración de silicato tiene que ser superior a

0.05 mg/L (Balnova, 2015), en este estudio el valor mínimo fue 0.8 mg/L. Así mismo, con el OD, estudio muestran que las especies de zooplancton prefiere asentarse en zona de alta concentración de oxígeno disuelto (Trejo-Albarrán et al., 2015; Rodríguez-Sáenz et al., 2012). Las concentraciones del oxígeno disuelto, en este estudio coinciden con los rangos exigidos por el zooplancton (figura 12 A).

En general el fitoplancton mostró correlación positiva con los nutrientes. Se pudo observar en Esmeraldas que Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae y Dinophyceae tuvo un mayor consumo de nitrato, pero se sugiere que el mayor agotamiento lo realizó Coscinodiscophyceae, Al respecto se considera que en ese grupo abundan especies oportunistas (estrategas r) que consumen mayor concentración de nutrientes (Wehr & Kociolek. 2015).

Esto es importante porque la reacción del plancton ante los pulsos de nutrientes y turbulencia producidos por las masas de agua no son inmediatos y los lapsos de muestreo mensual efectuados por estudios como el presente, no captan el patrón real de sucesión de fitoplancton y zooplancton por lo que se deben acompañar estos estudios con experiencias a corto plazo.

Al comparar las curvas de abundancia del fitoplancton con la del zooplancton durante el estudio, se observa que la del fitoplancton siempre se mantuvo por encima del zooplancton, especialmente en las estaciones de Esmeraldas y Salinas. Lo que indicaría que existe una constante disponibilidad de alimento para el nivel trófico secundario (consumidores primarios). Observándose que existiría una eficiente cascada trófica de abajo hacia arriba en las zonas de estudio, y que esta podría ser pequeña, ya que las cascadas tróficas estudiadas en el mar han demostrados ser débiles (Borer et al., 2005; Terborgh and Estes. 2013). Sin embargo, la alta productividad y diversidad fitoplantónica causada por la alta disponibilidad de nutrientes, estaría generando cascadas tróficas de mayor magnitud que las indicadas por los autores antes mencionados.

Las figuras del análisis de correspondencia canónica de las variables físicas con nutrientes y el plancton, no presentaron una determinada especie que se relacione de manera fuerte con una determinada variable ambiental, de modo que sea considerada como una indicadora de algún tipo de parámetro en particular para las tres localidades

(tabla 7). Como se puede observar, esto se esperaba, ya que las condiciones ambientales en cada estación son diferentes, a pesar de que los parámetros climáticos medidos son los mismos. Esto se debe a la variabilidad de los factores oceanográficos, ejerciendo una fuerte influencia en la distribución, abundancia y diversidad de las especies (Dabrio & Polo. 2015; Juárez et al., 2014). Además, las especies se acomodan mejor cuando el factor oceánico es favorable, debido a la capacidad que tiene cada especie de sobrevivir y proliferar en las diferentes condiciones oceanográficas.

6. CONCLUSIÓN

Los factores oceanográficos evidencian diferencias significativas latitudinal y estacional. Así, considerando los valores de la TSM, silicatos y nitratos, en todo el periodo de estudio, los dos primeros revelan una variación latitudinal decreciente de norte a sur, diferente al nitrato cuyo gradiente es de sur a norte, y entre épocas, se detectó mayor concentración, de las variables mencionadas, en el periodo húmedo. Nitrito, fósforo y oxígeno disuelto no mostraron diferencias significativas.

La TSM, es un factor que influye poco en el desarrollo del fitoplancton, pero si lo es para el zooplancton. Evidenciado por las correlaciones, siendo bajas entre TSM y fitoplancton y más altas entre TSM y zooplancton.

Los nutrientes, están disponibles en los rangos exigidos por el fitoplancton, siendo positivas las correlaciones entre las variables mencionadas. De modo, que en las estaciones de estudios, existiría una cascada trófica dominada por el fitoplancton ejerciendo el control sobre los niveles tróficos superiores.

En base al Análisis de Correspondencia Canónica, se sintetiza cuáles son los indicadores biológicos principales durante el periodo de estudio. Se pone de manifiesto un indicador de nitrito a *G. striata* en Esmeraldas; de nitrato a *R. styliformis* en Esmeraldas y *N. longissima* en Puerto López y Salinas; de fosfato a *C. closterium* en Esmeraldas, *C. decipiens* en Puerto López y *R. styliformis* en Salinas; de silicato a *C. decipiens* en Esmeraldas y *C. closterium* en Puerto López y Salinas; de oxígeno disuelto a *P. avirrostris* en Esmeraldas y *O. cleveis* en Salinas; de mayor transparencia en el agua a *C. closterium* en Esmeraldas y *P. seriata* en Salinas; de temperatura a *H. hauckii* en Esmeraldas y Puerto López y *U. Vulgaris* en Salinas; de termoclina a *O. media* en Esmeraldas y *E. pileatus* en Puerto López.

7. RECOMENDACIONES

Realizar estudios anuales con frecuencia mensual continua que permitan entender, más a fondo, las relaciones existentes entre los factores oceanográficos y los biológicos planctónicos.

Ejecutar investigaciones de cascadas tróficas pelágica orientados a entender como un nivel trófico afecta los niveles adyacentes y los procesos que se dan de abajo hacia arriba y viceversa en los diferentes ecosistemas marinos, que permitan establecer predicciones sobre sobre productividad.

Efectuar observaciones sobre indicadores biológicos y seleccionar las especies para utilizarla en programa de vigilancia ambiental, como indicadoras de masas de aguas y en fenómenos oceánicos como El Niño y La Niña.

Desarrollar análisis físicos-químicos y planctónico en estaciones que no tengan influencias de descargas de aguas dulces provenientes de río, para comparar con las estaciones del presente estudio, especialmente en Esmeraldas.

8. LITERATURA CITADA

Álvarez Molina, L. L., Álvarez Borrego, S., Lara Lara, J. R., & Marinone, S.G. (2013). Variaciones anual y semianual de la biomasa y producción fitoplanctónica en el golfo de California central estimadas de datos de satélite. *Ciencias Marinas*, 39(2), 217–230.

Álvarez-Silva, C., y Torres-Alvarado, M. (2013). Composición y abundancia del zooplancton de la laguna de Coyuca, Guerrero, México. *Hidrobiológica* 23(2): 241-249.

Angulo, N., de Szarvas, S. B., Guevara, H., Mathison, Y., González, D., Hadad, E., & Hernández, A. (2013). Inflammatory markers in obese schoolchildren. *Vitae*, 52.

Ayala, A., Bonilla, H. R., Calderón-Aguilera, L. E., Perezrul, M. D. H., & Espinosa, P. C. G. (2016). Proyección de cambios en la temperatura superficial del mar del Golfo de California y efectos sobre la abundancia y distribución de especies arrecifales. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 8(1), 29-40.

BAC. (2005-2010). Estudio Regional del Fenómeno el Niño. Boletín de Alerta Climático, Recuperado de <http://www.inocar.mil.ec>.

Balnova. (2015). El silicio, un mineral importante para el afloramiento de las diatomeas en piscinas. *Recuperado de* <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-silica.pdf>

Barange, M., & Perry, R. I. (2012). Repercusiones físicas y ecológicas del cambio climático en la pesca de captura marina y continental y en la acuicultura. Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura. Visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. *Documento Técnico de Pesca y Acuicultura*, 530, 7-118.

Barton, A., Pershing, A., Litchman, E., Record, N., Edwards, K., Finkel, Z., Kiørboe, T., and Ward. (2013). The biogeography of marine plankton traits. *Ecology Letters*, 16, 522–534.

Belén del Salto, M., Gálvez, H., y Regalado, J. (2013). Análisis del comportamiento climático de los últimos 30 años, en las costas de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar durante la época húmeda. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 18 (1).

Björnberg, T. A. (1981). Copepoda. En: Boltovskoy, D. (Ed.), Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. (pp. 587 – 679) *Argentina, INIDEP*.

Boltovskoy, D. (1999). South Atlantic zooplankton. Leiden, Netherlands: Backhuys.

Boltovskoy, E. (1981). Atlas del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. *Mar del Plata, Argentina: INIDEP*.

Borer, T., Seabloom, E., Shurin, J., Anderson, K., Blanchette, C., Broitman, B., Cooper, S., y Halpern. B. (2005). What determines the strength of a trophic cascade? *Ecology*, 86(2), 528–537.

Calderón, G., y Lindao, j. (2009). Abundancia del ictioplancton frente a las costas de Esmeraldas, Punta Galera y Puerto López durante el 2008. *Boletín Científico y Técnico*, 20 (5), 43-60.

Carles, C. M. (2014). Nuevos métodos de análisis multivariante. CMC Editions, Barcelona España.

Carpenter, J. (1965). The Accuracy of the Winkler Method for Dissolved Oxygen Analysis. *Limnol Oceanog*, 10, pp. 135-140.

Castillo, R., Antezana, T., y Ayon, P. (2007). The influence of El Niño 1997–98 on pelagic ostracods in the Humboldt Current Ecosystem off Perú. *Hydrobiologia*, 585,29–41.

Castellví Linde, G. (2016). Estudio de la dinámica de un ecosistema marino.

CCCP. (2002). Centro Control Contaminación del Pacífico. Compilación Oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. Edición: *Imágenes de la Naturaleza* 124p.

CPPS. (2014). Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur - CPPS. Guayaquil, Ecuador. *Serie Estudios Regionales*, 4, 244 p.

Coronado, K., Josephraj, J., y Guzmán, A. (2013). Efecto de El Niño en la productividad primaria y temperatura superficial del mar del pacífico colombiano. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - *SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE*

- Cruz, M. (2012). Preferencia y rangos de tolerancia a la temperatura y salinidad de los Pterópodos y Heterópodos frente a la costa ecuatoriana. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 17(1).
- Cruz, M., Tapia, M., y Naranjo, C. (2010-2011). Especies planctónicas marinas como bioindicadoras de masas de agua frente a la costa ecuatoriana durante el evento el Niño 2009–2010. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 16(1).
- Cucalón E. (2002). Estudio de los Aspectos físicos del estuario de Esmeraldas. *Informe final de Petroecuador: 5-14*.
- Dabrio, C. J., & Polo, M. D. (2015). Cambios del nivel del mar. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23(2), 171.
- Daewel, U., Hjøllø, S., Huret, M., Ji, R., Maar, M., Niiranen, S., Travers-Trolet, M., Peck, M., and van de Wolfshaar, K. (2014). Predation control of zooplankton dynamics: a review of observations and models. *ICES Journal of Marine Science*; doi:10.1093/icesjms/fst125.
- Dekaezemacker, J., Bonnet, S., Grosso, O., Moutin, T., Bressac, M., & Capone, D. G. (2013). Evidence of active dinitrogen fixation in surface waters of the eastern tropical South Pacific during El Niño and La Niña events and evaluation of its potential nutrient controls. *Global Biogeochemical Cycles*, 27(3), 768-779.
- Delgado, E., & Chang, F. (2015). La comunidad de fitoplancton en la costa peruana, primavera 2005. *Inf Inst Mar Perú*, 42(3).
- De la Cuadra, T. (2009). Variabilidad estacional e interanual en estaciones a 10 millas de la costa en el periodo 2004-2008. *Boletín Científico y Técnico*, 20 (5), 1-16.
- Dioses, T. (2013). Patrones de distribución y abundancia del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 20(1), 067-074.
- Escalante, F., José Eduardo Valdez Holguín J. E., Álvarez Borrego. S., & Lara Lara J. R. (2013). Variación temporal y espacial de temperatura superficial del mar, clorofila a y productividad primaria en el golfo de California. *Ciencias Marinas*, 39(2), 203–215.
- Fernandes, M., Carvalho, G., Favilla, N., y Fernandes, J. (2015). Multivariate Analysis of Extreme Physical, Biological and Chemical Patterns in the Dynamics of Aquatic Ecosystem. *Journal of Environmental Protection*, 6, 885-901.

Flores, L., y Mora E. (2011). Evaluando variaciones en la talla de *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en el archipiélago de Jambelí: hay indicios de sobrepesca? *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*, 5(1).

Flores, R., Espino, M., Luque, G., & Quispe, J. (2013). Patrones de variabilidad ambiental en el mar peruano. *Revista Peruana de Biología*, 20(1), 21-28.

Frontier, S. (1981). Tratamiento de los datos. En: Boltovskoy, D. (Ed). Atlas de Zooplankton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino (pp.169-188). *Mar del Plata, Argentina, INIDEP*.

Gabellone, N., Solaria, L., Cascob, M., Clapsa., M. (2013). Conservación del plancton y protección de las cuencas hídricas. El caso de la Cuenca Inferior del Río del Salado, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Recuperado de <http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showToc>*

Gadea Perez, M. I. (2012). Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

Gajardo, N., Marchant, M., & Hebbeln, D. (2013). Variación temporal de los afloramientos costeros frente a Chile Central (36° S; 74° W), mediante los isótopos estables de oxígeno de foraminíferos planctónicos, durante El Niño 2006. *Gayana (Concepción)*, 77(1), 10-20.

Galeano, A., y Arteaga, E. (2010). Distribución y abundancia de diatomeas del género pseudo-nitzschia en condición de el niño 2007 sobre la cuenca pacífica colombiana. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(1).

García, V., Rubio, J., Sánchez, G., Sánchez, S., Orozco, R., Huerto, M., & Cervantes, C. (2015). Calidad del ambiente marino y costero en la Región Áncash, 2012. *Inf Inst Mar Perú*, 42(4).

Gaxiola Castro, R., Durazo, R., B Lavaniegos, Cruz Orozco, De La., Millán Núñez, E., Soto Mardones, L., Cepeda Morales, J. (2008). Interannual changes of the pelagic ecosystem off Baja California. *Ciencias Marinas*, 34(2), 263–270.

García-Dulcimar, J. (2013). Distribución vertical y temporal del zooplankton con sistema de filtración por bomba en la ensenada de turpialito, Estado Sucre, Venezuela. *Universidad de Oriente. Venezuela*.

Giraldo, A., Valencia, B., Acevedo, J., & Rivera, M. (2014). Fitoplancton y zooplancton en el área marina protegida de Isla Gorgona, Colombia, y su relación con variables oceanográficas en estaciones lluviosa y seca. *Rev. Biol. Trop.*, 62, 117-132.

Guillen, A., Badii, M. H., Abreu, J. L., & Rodríguez, H. (2013). Modelos Estadísticos Paramétricos y No Paramétricos para dos Muestras. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)*, 8(3).

Giraldo, A., Rodríguez Rubio E., y Zapata, F. (2008). Condiciones oceanográficas en isla Gorgona, Pacífico oriental tropical de Colombia. *Lat, Am, J, Aquat, Res*, 36(1), 121-128.

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. *Rev, Peru, Biol*, 14(1), 117- 128.

Gualancañay, E., Tapia, M., Naranjo, C., Cruz, M., Villamar, F. (2010-2011). Caracterización biológica de la bahía de Jaramijó en la costa ecuatoriana, 2008. *Acta oceanográfica del pacífico*, 16, 1.

Herrera, M., Coello, D. y Cajas J. (2012). Desembarques y Aspectos Biológicos de Elasmobranchios en las Pesquerías Artesanales del Ecuador durante 2011. *Boletín científico y técnico*, XXII (1).

Hernández, J., Chapa, C., Delgadillo, F., Camacho, V., Huerta, A., Santamaría E., Galindo, S., y Segovia, J. (2013). Dinámica del carbono inorgánico disuelto en la región de las grandes islas del golfo de California: Influencia de las masas de agua. *Ciencias Marinas* 39(2), 183–201.

Hernández Trujillo, S. G., Esqueda Escárcega, G., & Palomares-García, R. (2010). Variabilidad de la abundancia de zooplancton en Bahía Magdalena Baja California Sur, México 1997-2001. *Lat, Am, J, Aquat, Res*, 38(3), 438-446.

Inda-Díaz, E. A., Domínguez-Ojeda, D., Romero-Bañuelos, C. A., Navarro, J. T. N., & Morales, J. C. (2013). El zooplancton marino de la costa de Nayarit, México. *Revista Fuente nueva época Año*, 4(14).

Jiménez Estrada, M., Y. (2014). *Caracterización de las relaciones bio-ópticas del fitoplancton frente al sistema lagunar Navachiste, Sinaloa, México.* (Tesis de Grado). Instituto Politécnico Nacional.

Johnson, W. S., & Allen, D. M. (2012). Zooplankton of the Atlantic and Gulf coasts: a guide to their identification and ecology. *JHU Press*.

Johnson, W. S., & Allen, D. M. (2012). Zooplankton of the Atlantic and Gulf coasts: a guide to their identification and ecology. *JHU Press*.

Juárez, M., Sánchez, A., & González-Yajimovich, O. (2014). Variabilidad de la productividad biológica marina en el Pacífico nororiental durante el último milenio. *Ciencias marinas*, 40(4), 211-220.

Jyves, J., Sallares, V., Pazmiño, N. (2009) geología y geofísica marina y terrestre del Ecuador desde la costa continental hasta las Islas Galápagos. *Ecuador, Argudo & Asociados Impresores*.

López, R., Mojica, L. (2015). Influencia abiótica sobre algunos géneros de copépodos (crustacea) epipelágicos en el pacífico colombiano. Septiembre de 2002. *Universidad Militar Nueva Granada*, 11(1), 20-33.

Lucero, C., Cantera, J., Gil, D., Muñoz, O., Zapata, L., Cortes, N., Gualteros, W., y Manjarres, M. (2013). Análisis espacio temporal de la biología reproductiva y el reclutamiento del molusco bivalvo *Anadara tuberculosa* en la costa del Pacífico colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48, (2), 321-334.

Ly, J., Philippart, C., and Kromkampa, J. (2014). Phosphorus limitation during a phytoplankton spring bloom in the western Dutch Wadden Sea. *Journal of Sea Research*, 88, 109–120.

Macías, C. (2010). *Variabilidad espacial de la forma espectral del fitoplancton y su relación taxonómica en abril 2008 en la zona occidental de Baja California*. (Tesis de maestría inédita). Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California.

Málikov, I., Villegas, N., y J. Moreno. (2010). Identificación de masas de agua horizontales y verticales como base para la localización de estaciones de monitoreo océano-atmosférico en la cuenca del pacífico colombiano. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 29 (1), 68-78.

Martella, M. B., Trumper, E. V., Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano, G., & Gleiser, R. M. (2012). Manual de Ecología. *Evaluación de la biodiversidad. REDUCA (Biología)*, 5(1).

Mattos, H., & Mujica, A. (2012). Composición de zooplancton superficial en zonas lisas y rugosas en la bahía de Coquimbo (noviembre 2001). *Latin American journal of aquatic research*, 40(2), 453-461.

Medellín Mora & Escribano, R. (2013). Análisis automático de zooplancton utilizando imágenes digitalizadas: estado del conocimiento y perspectivas en Latinoamérica. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(1), 29-41.

Mesas, A., & Tarifeño, E. (2015). Temperaturas letales superiores para el mejillón, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819), en la costa de Chile central. *Latin american journal of aquatic research*, 43(3), 473-483.

Mora, M., Ascón, D., & Hung, A. (2016). Evaluación y validación de la prueba de qPCR para el control y monitoreo de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* en las bahías de Guaynuna y Salinas. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 3(1), 13.

Moreno, L., Villegas, N., y Málikov, I. (2008). Análisis de la relación entre masas de aire y masas de agua superficiales sobre la Cuenca del Pacífico Colombiano para el establecimiento de estaciones hidrometeorológicas de monitoreo. *Bol Cient CIOH*, 26, 188-204.

Naranjo, C., y Tapia, M. (2014). Productividad planctónica en la Bahía de Pedernales, Manabí-Ecuador durante el 2013. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 19(2).

Nicolaidis, F., Mendívez, W., García-Sáenz, R., y Chicaiza, D. (2012). Indicadores Biológico-Pesqueros y Parámetros Poblacionales del camarón pomada (*Protrachypene precipua*) durante 2011 en Posorja y Esmeraldas, Ecuador. *Boletín Científico y Técnico*, XXII (3).

Olguín, H., Brandini, F., and Boltovskoy, D. (2015). Latitudinal patterns and interannual variations of spring phytoplankton in relation to hydrographic conditions of the southwestern Atlantic Ocean (34°–62° S). *Helgol Mar Res*, 69:177–192.

Paparazzo, F. E., Farias, L., Santinelli, N., Alder, V. A., & Esteves, J. L. (2013). Incorporación de nitrato por fitoplancton en dos ambientes marinos diferentes de la provincia de Chubut (42-46 S, Argentina). *Revista de biología marina y oceanografía*, 48(3), 591-600.

Poveda, G., & Mesa, Ó. J. (2015). Las fases extremas del fenómeno ENSO (El Niño y La Niña) y su influencia sobre la hidrología de Colombia. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 11(1), 21-37.

Prado, M., Troccoli, L., & Moncayo, E. (2015). Cambios estructurales del microfitoplancton en la zona costera de la provincia el Oro-Ecuador en temporada seca. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 54(2).

Resgalla, J., Gonçalves, V., Rubi, L., y França, C. (2008). Spatial and temporal variation of the zooplankton community in the area of influence of the Itajaí-Açu river, sc (Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, 56, (3): 211-224.

Rodríguez-Rubio., E., y Giraldo., A. (2011). Características Oceanográficas en la isla Malpelo y su relación con la cuenca oceánica del Pacífico Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40 (Supl. Esp).

Rodríguez-Sáenz, K., & Morales-Ramírez, A. (2012). Composición y distribución del mesozooplancton en una zona de afloramiento costero (Bahía Culebra, Costa Rica) durante La Niña 1999 y el 2000. *Revista de Biología Tropical*, 60, 143-157.

Selph, K., Landry, M., Taylor, A., Gutierrez, A., Stukel, M., Wokuluk, J., y Pasulka, a. (2015). Phytoplankton production and taxon-specific growth rates in the Costa Rica Dome. *Plankton Res*, 0(0), 1–17.

SETEMAR (2015). Borrador del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto para la Recolección y Procesamiento de datos con Sísmica de Reflexión Multicanal en 2D (dentro del área de la reserva marina de Galápagos). *Ecoeficiencia, Gestion Ambiental*.

Soto, P. L. (2013). Contraste de hipótesis. Comparación de más de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba de Kruskal-Wallis. *Revista Enfermería del Trabajo*, 3(4), 166-171.

Spinelli, M. L., Gonçalves, R. J., Villafañe, V. E., & Capitano, F. L. (2016). Diversity of copepods in Atlantic Patagonian coastal waters throughout an annual cycle. *Ciencias Marinas*, 42(1).

Strickland, J., y Parsons, T. (1972). A Practical Handbook of Sea Water Analysis. *Bull. Fish. Res. Board of Canada*, 67.

Sun, C., Wang, Y., Wu, M., Dong, J., Wang, Y., Sun, F., and Zhang, Y. (2011). Seasonal Variation of Water Quality and Phytoplankton Response Patterns in Daya Bay, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8, 2951-2966.

Sureshchandra, K., and chandrashekar, A. (2010). New species of Paracalanidae along the west of India: Paracalanus arabiensis. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(2): 399–408

Tapia, E. (2013). Composición y distribución del fitoplancton durante la prospección sísmica en la costa ecuatoriana, diciembre de 2008. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 18 (1).

Tapia, M., y Naranjo, C. (2012). Aspectos Oceanográficos del Plancton y su relación con el Frente Ecuatorial, durante septiembre de 2011. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 17, (1).

Terborgh, J., & Estes, J. A. (Eds.). (2013). Trophic cascades: predators, prey, and the changing dynamics of nature. *Island Press*.

Thomas, M., Kremer, C., Klausmeier, C., y Litchman, E. (2012). A Global Pattern of Thermal Adaptation in Marine Phytoplankton. *SCIENCE*, 338, Issue 6110, pp. 1085-1088.

Torres-Delgado, V. F. Delgadillo Hinojosa, V. F., Camacho Ibar, M.A., Huerta Díaz, J. A., Segovia-Zavala, J. M. Hernández Ayón & Galindo-Bect, S. (2013). Enriquecimiento invernal de nutrientes inorgánicos en el canal de Ballenas, golfo de California. *Ciencias Marinas*, 39(2): 165–182.

Trejo-Albarrán, R., Granados-Ramírez, J. G., & Gómez-Márquez, J. L. (2014). Variación del cladóceros *Daphnia laevis* Birge, 1879 en el lago Zempoala, Morelos, México. *Editor asociado*, 25.

Vargas, E. C., Abarca, J. B., & Artavia, K. B. (2014). Efectos de El Niño y La Niña sobre el comportamiento del microfitoplancton marino y las variables fisicoquímicas durante el 2008 a 2010 en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 6, 115-133.

Verdugo-Díaz, G., Martínez-López, A., Villegas-Aguilera, M. M., & Gaxiola-Castro, G. (2014). Producción primaria y eficiencia fotosintética en cuenca Alfonso, Bahía de la paz, Golfo de California, México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 49(3), 527-536.

Wehr, J. D., Sheath, R. G., & Kociolek, J. P. (Eds.). (2015). *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Elsevier.

Yletyinen, J., Bodin, Ö., Weigel, B., Nordström, M. C., Bonsdorff, E., & Blenckner, T. (2016, February). Regime shifts in marine communities: a complex systems perspective on food web dynamics. In Proc. R. Soc. B (Vol. 283, No. 1825, p. 20152569). *The Royal Society*.

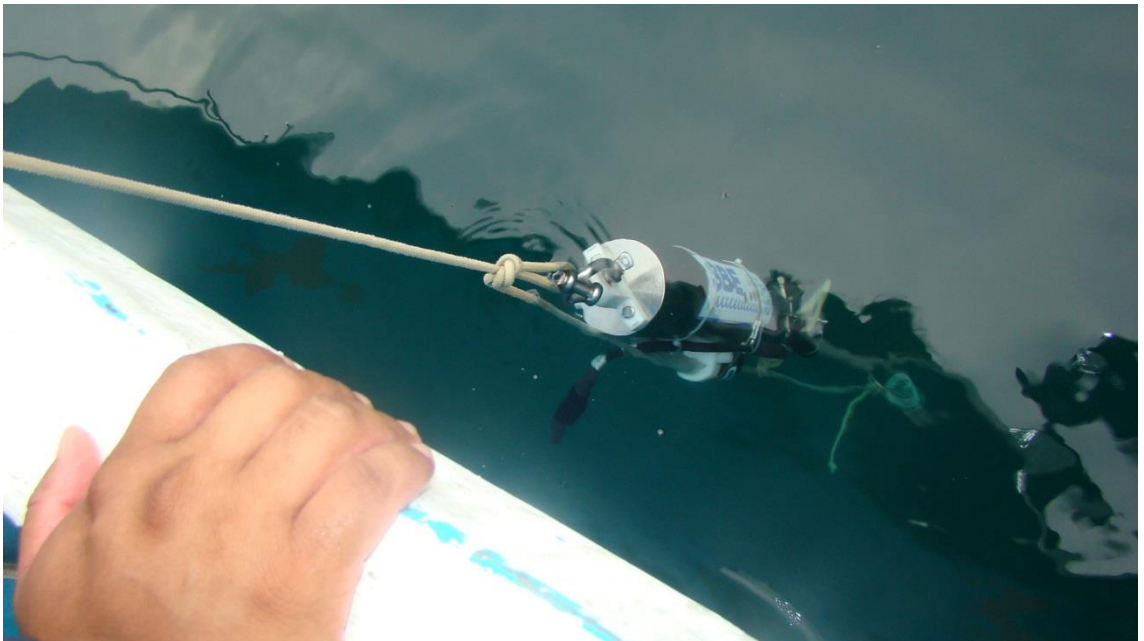
Zaafa, A., Ettahiri, O., Elkhiafi, N., Blahen, M., Berraho, A., Somoue, L., and Elghrib, H. (2012). Variability of spatial and temporal distribution of marine zooplankton communities in relation with environmental parameters in Tangier and M'Diq (Gibraltar strait) regions. *J. Mater. Environ. Sci.* 3(2) 262-269.

9. ANEXO

Anexo 1. Medición de la transparencia del agua por medio del disco Secchi.



Anexo 2. Medición de la TSM y profundidad de la columna de agua por medio del CTD (Conductivity Temperature and Depth).



Anexo 3. Obtención de muestras de aguas para fitoplancton, oxígeno disuelto y nutriente por medio de botellas oceanográficas Niskin.



Anexo 4. . Preservación de muestras de fitoplancton con lugol.



Anexo 5. Arrastres de redes para la obtención de muestras para zooplancton.



Anexo 6. Preservación de muestras de zooplancton con formol.



Anexo 7. Análisis de muestras de zooplancton en el laboratorio del INP.

