

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDÍA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO  
AMBIENTAL DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de  
playas arenosas: influencia de factores  
físicoquímicos y biológicos”**

***TRABAJO FINAL MÁSTER:***

**Autor:**

Estefanía Burguera Aguilar

**Directores:**

Vicente Estruch Fuster

Miguel Rodilla Alamá

**Gandía, 2013**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDÍA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO  
AMBIENTAL DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de  
playas arenosas: influencia de factores  
físicoquímicos y biológicos”**

EJERCICIO FINAL DEL ALUMNO:

**ESTEFANÍA BURGUERA AGUILAR**

Gandía, Septiembre de 2.013

EL ALUMNO:

LOS TUTORES:

Fdo. Estefanía Burguera Aguilar.

Fdo. Vicente Estruch Fuster.

Fdo. Miguel Rodilla Alamá.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDÍA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO  
AMBIENTAL DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de  
playas arenosas: influencia de factores  
físicoquímicos y biológicos”**

EJERCICIO FINAL DEL ALUMNO:

**ESTEFANÍA BURGUERA AGUILAR**

Gandía, Septiembre de 2.013

NOTA:

TRIBUNAL

SECRETARIO:

PRESIDENTE:

VOCAL:

Fdo.

Fdo.

Fdo.

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, quisiera agradecer a Miguel Rodilla Alamá y Vicente Domingo Estruch Fuster, tutores del proyecto, por haberme brindado su ayuda e ideas para poder realizar esta tesina.*

*Por otro lado quisiera agradecer a Julia Escrivá y Javier Sospedra por la ayuda brindada en el análisis de nutrientes como en la determinación de macrofauna.*

*Querría agradecer a Lorena Parra por su ayuda desinteresada y apoyo durante todo el máster.*

*Por último querría agradecerle a mi madre Antonia, por haberme animado a hacer el máster y decirme que yo también podría con él. Además de mi padre, hermanos y novio por estar a mi lado en todo el momento.*

## RESUMEN

Las diferentes características físico, químicas y biológicas de las playas arenosas condicionarán la abundancia de fitoplancton en las zonas de surf además de la abundancia de la macrofauna bentónica y del zooplancton.

Es objeto de estudio de este trabajo estudiar la relación entre el fitoplancton, zooplancton y macrofauna bentónica observando que factores son los que contribuyen a la aparición y cuáles influyen negativamente en el crecimiento de las diferentes especies. De esta manera se podrá tener una idea más interna del comportamiento de los ecosistemas marinos.

Tras realizar el estudio se pueden destacar las siguientes relaciones entre el fitoplancton y los nutrientes: *Ochlorophyta* y *Euglenophyta* dependen del fósforo soluble en reactivos (PSR); las *Haptophyta* dependen de los nitritos y sílice; *Chlorophyta* dependen del amonio mientras que las *Charophyta* dependen de PSR, nitritos y sílice.

Respecto al zooplancton se encuentran las siguientes relaciones: Tintinidos - *Ochlorophyta*, *Euglenophyta* y *Dinophyta*; Larvas de crustáceos - *Haptophyta* y *Bigyra*; Hidromedusas- *Ochlorophyta*, *Euglenophyta* y *Bigyra*; y Cladóceros - *Chlorophyta*, *Charophyta* y *Bigyra*.

Por último respecto a la relación encontrada entre la macrofauna y el zooplancton se observa que los moluscos dependen de los pterópodos, poliquetos y cladóceros, mientras que los crustáceos sólo dependen de los pterópodos.

**Palabras clave:** macrofauna, fitoplancton, zooplancton, parámetros físicos, químicos y biológicos.

## ABSTRACT

The different physical, chemical and biological characteristics of the sandy beaches condition the abundance of phytoplankton in surf zones, moreover influence the abundance of benthic macrofauna and zooplankton.

This study pretends to investigate the relationship between phytoplankton, zooplankton and benthic macrofauna taking into account what factors are those that contribute to their onset and which adversely affect the growth of different species. This helps to have a more internal known about the behavior of marine ecosystems.

Concluded the study it is possible to highlight the following relationships between phytoplankton and nutrients: *Ochlorophyta* and *Euglenophyta* depend on soluble reactive phosphorus (PSR), the *Haptophyta* depend on nitrites and silica; *Chlorophyta* depend on the ammonium while *Charophyta* depend on PSR, nitrite and silica.

Regarding zooplankton the relationships are the following: tintinnids - *Ochlorophyta*, *Euglenophyta* and *Dinophyta*; crustacean larvae - *Haptophyta* and *Bigyra*; hydromedusae - *Ochlorophyta*, *Euglenophyta* and *Bigyra*; and cladocerans - *Chlorophyta*, *Charophyta* and *Bigyra*.

Finally, the relationship found between macrofauna and zooplankton is that molluscs depend on pteropods, polychaetes and cladocerans while crustaceans depend on pteropods.

**Key words:** macrofauna, phytoplankton, zooplankton, physical, chemical and biological parameters.

1	INTRODUCCIÓN.....	1
	1.1. Nutrientes .....	2
	1.2. Fitoplancton.....	4
	1.3. Zooplancton.....	5
	1.4. Macrofauna bentónica .....	5
2	OBJETIVOS.....	6
	2.1. Objetivos específicos.....	6
3	MATERIALES Y MÉTODOS .....	6
	3.1. Diseño del muestreo .....	6
	3.2. Conservación y análisis de nutrientes.....	9
	3.2.1. Sólidos en suspensión.....	9
	3.2.2. Amonio.....	10
	3.2.3. Nitritos.....	10
	3.2.4. Nitratos .....	10
	3.2.5. Fósforo soluble reactivo .....	10
	3.2.6. Fósforo total .....	10
	3.2.7. Materia Orgánica Disuelta Coloreada .....	11
	3.2.8. Sílice reactivo disuelto .....	11
	3.3. Medición clorofila a .....	12
	3.4. Granulometría.....	12
	3.5. Muestras de macrofauna y recuento .....	12
	3.6. Muestras de zooplancton y recuento .....	12
	3.7. Muestras de fitoplancton y recuento.....	13
	3.8. Herramientas informáticas.....	13
	3.9. Análisis de los datos .....	13
4	RESULTADOS .....	14
	4.1. Análisis descriptivo variables ambientales.....	14
	4.1.1. Temperatura.....	14
	4.1.2. Salinidad.....	15
	4.1.3. Oxígeno disuelto.....	16
	4.1.4. Materia orgánica disuelta coloreada .....	16
	4.1.5. Sólidos suspendidos .....	17
	4.2. Análisis descriptivo clorofila-a.....	17
	4.3. Análisis descriptivo de nutrientes.....	18
	4.3. Análisis descriptivo macrofauna .....	19
	4.4. Análisis descriptivo zooplancton.....	25
	4.6. Análisis estadístico de los datos .....	30
5	DISCUSIÓN.....	35
6	CONCLUSIONES .....	41
7	BIBLIOGRAFÍA.....	42

## **Índice imágenes**

Imagen 3.1. Condiciones marítimas. Elaboración propia	6
Imagen 3.2. Puntos de muestreo. Elaboración propia	7

## **Índice tablas**

Tabla 3.1. Los datos fueron tomados en las siguientes fechas. Elaboración propia	7
Tabla 3.2. Coordenadas de los puntos de muestreo. Elaboración propia	8
Tabla 3.3. Variables objeto de estudio. Elaboración propia	14
Tabla 4.1. Máximo, mínimo, media y desviación estándar de los diferentes nutrientes. Elaboración propia	18
Tabla 4.2. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 1. Elaboración propia	20
Tabla 4.3. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 2. Elaboración propia	21
Tabla 4.4. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 3. Elaboración propia	21
Tabla 4.5. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 4. Elaboración propia	21
Tabla 4.6. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 5. Elaboración propia	22
Tabla 4.7. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 6. Elaboración propia	22
Tabla 4.8. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 7. Elaboración propia	22
Tabla 4.9. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 8. Elaboración propia	23
Tabla 4.10. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 9. Elaboración propia	23
Tabla 4.11. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 10. Elaboración propia	23
Tabla 4.12. Resumen especies más abundantes en cada punto de muestreo. Elaboración propia	24
Tabla 4.13. Máximo, mínimo, media y desviación de las especies de macrofauna	25
Tabla 4.14. Células/L en los distintos grupos de fitoplancton	27
Tabla 4.15. Porcentaje de especies de fitoplancton en los distintos puntos de muestreo	28
Tabla 4.16. Especies que presentan un porcentaje mayoritario en cada punto de muestreo	28
Tabla 4.17. Máximo, mínimo, media y desviación de las especies fitoplancton	29

Tabla 4.18. Resumen regresión múltiple fitoplancton	32
Tabla 4.19. Resumen regresión múltiple zooplancton	33
Tabla 4.20. Resumen regresión múltiple macrofauna	33

## Índice figuras

Figura 3.1. Proceso previo para análisis de nutrientes. Elaboración propia	9
Figura 4.1. Variación de la temperatura (°C) en los diferentes puntos de muestreo a un metro de profundidad. Elaboración propia	15
Figura 4.2. Variación de la salinidad (psu) en los diferentes puntos de muestreo a un metro de profundidad. Elaboración propia	15
Figura 4.3. Variación del oxígeno disuelto (mg/L) en los diferentes puntos de muestreo a un metro de profundidad. Elaboración propia	16
Figura 4.4. Variación espacial de CDOM en los diferentes puntos de muestreo a un metro de profundidad. Elaboración propia	16
Figura 4.5. Variación espacial de SS en los diferentes puntos de muestreo a un metro de profundidad. Elaboración propia	17
Figura 4.6. Representación de la concentración de clorofila-a a un metro de profundidad en las diferentes estaciones de muestreo. Elaboración propia	17
Figura 4.7. Representación de la concentración de los diferentes nutrientes a un metro de profundidad en las diferentes estaciones de muestreo. Elaboración propia	18
Figura 4.8. Relaciones molares en la aguas costeras de cada punto de muestreo. Delimitado por Redfield (DSi: DIN: DIP = 16:16:01). Elaboración propia	19
Figura 4.9. Representación de la macrofauna a un metro de profundidad metro cuadrado en las diferentes estaciones de muestreo. Elaboración propia	24
Figura 4.10. Representación de la concentración de zooplancton a un metro de profundidad en las diferentes estaciones de muestreo. Elaboración propia	25
Figura 4.11. Representación de la concentración de fitoplancton a un metro de profundidad en las diferentes estaciones de muestreo	29
Figura 4.12. Valores de los máximos, mínimos y media de las especies de fitoplancton	30
Figura 4.13. Resumen regresión múltiple fitoplancton	34
Figura 4.14. Resumen regresión múltiple zooplancton	34
Figura 4.15. Resumen regresión múltiple macrofauna	34

## 1 INTRODUCCIÓN

Debido a sus características naturales, las aguas costeras son ecosistemas muy cambiantes, y pueden ser muy vulnerables cuando están expuestas a los efectos negativos de las actividades antrópicas (Mozetic *et al.*, 2008).

En la mayor parte de las zonas costeras mediterráneas la biomasa del fitoplancton es relativamente baja (Duarte *et al.*, 2000, Drira *et al.*, 2010), sin embargo, la presión antrópica ha propiciado cambios en algunas zonas costeras, sobretodo en áreas que reciben elevados aportes de nutrientes, dando lugar a situaciones de eutrofia. Este aumento de nutrientes en el medio conlleva una serie de problemas, tales como las floraciones de algas nocivas y el deterioro de la calidad del agua (Domingues *et al.*, 2011).

Una presión antrópica que genera procesos de eutrofización en el ecosistema costero es la descarga de aguas residuales. Estos efectos pueden reducirse por medio de un correcto tratamiento de las aguas residuales y la descarga a través de emisarios submarinos que bien diseñados, y adecuadamente situados, logran altas tasas de dilución (Parnell, 2003).

Zonas como el Golfo de Valencia muestra situaciones puntuales de eutrofia, debido principalmente al desarrollo industrial y demográfico de las ciudades costeras, pero también a la descarga de agua de los ríos y acequias caracterizadas por presentar elevada concentración de nutrientes que provienen de la agricultura intensiva de la zona (Soler Torres *et al.*, 1996).

Por otro lado en aguas costeras y de plataforma, la abundancia de plancton y la composición de las especies se caracterizan por una alta variabilidad espacial y temporal (Ribera d'Alcalà *et al.*, 2004) que reflejan las condiciones ambientales de los ecosistemas.

Dejando atrás lo anterior cabe destacar que, la cantidad de zooplancton y macrobentos pueden afectar a la cantidad de fitoplancton de las aguas, si la abundancia de éstos es alta podría causar una baja presencia de fitoplancton en las zonas estudiadas.

Una comprensión completa de todos estos parámetros es lo que ayudará a entender mejor las redes tróficas de los ecosistemas y, como afectan la presencia y abundancia de unos organismos frente a otros.

## 1.1. Nutrientes

Las áreas litorales constituyen sistemas caracterizados por grandes fluctuaciones en sus características físico-químicas y ecológicas y, por una estrecha interdependencia con las actividades socio-económicas que se realizan en su entorno.

La adición de nutrientes al medio marino por la presión humana se debe principalmente al vertido de las aguas residuales urbanas e industriales (Soler *et al.*, 1995), a la utilización de detergentes fosfatados, al uso excesivo de fertilizantes y pesticidas que son arrastrados desde los cultivos situados en el interior (Sebastiá *et al.*, 2012), o a los sistemas de tratamientos de depuración y potabilización del agua.

El **nitrógeno** en el mar se encuentra en forma orgánica formando parte de los organismos vivos o muertos y en forma inorgánica como nitrato, nitrito o amonio, principalmente. Este último compuesto es la forma preferencial de absorción para el fitoplancton en detrimento de las formas oxidadas (Lomas & Gilbert, 1999). También se puede encontrar nitrógeno orgánico en forma disuelto como la urea o ácido fúlvico.

El nitrógeno tiene varias formas de entrar en el sistema marino. Lo puede hacer formando parte de la materia orgánica o de forma disuelta transportado por las descargas desde el continente a través de ríos, canales, emisarios submarinos o desde la atmósfera.

No obstante, el mayor reservorio de nitrógeno está en forma inviable para ser utilizado por la inmensa mayoría de las plantas y animales. Para poderlo utilizar se debe transformar a sus formas disueltas.

Según Camargo & Alonso (2007) las formas iónicas (reactivas) de nitrógeno inorgánico más comunes en los ecosistemas acuáticos son el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Estos iones pueden estar presentes de manera natural en el medio acuático como consecuencia de la deposición atmosférica, la escorrentía superficial y subterránea, la disolución de depósitos geológicos ricos en nitrógeno, la descomposición biológica de la materia orgánica, y la fijación de nitrógeno por ciertos procariontes. Sin embargo, las actividades humanas han alterado de manera significativa el ciclo global del nitrógeno, aumentando su disponibilidad en muchas regiones del planeta como consecuencia de fuentes puntuales y difusas de contaminación. Asociados a esta contaminación generalizada aparecen los siguientes problemas medioambientales en los ecosistemas acuáticos: (a) acidificación de ríos y lagos con baja o

reducida alcalinidad; (b) eutrofización de las aguas y proliferación de algas nocivas; (c) toxicidad directa de los compuestos nitrogenados para los animales acuáticos. Además, la contaminación por nitrógeno inorgánico podría inducir efectos perjudiciales sobre la salud humana. Concentraciones elevadas de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  pueden, además, promover el desarrollo, mantenimiento y proliferación de los productores primarios (fitoplancton, algas bentónicas, macrófitos), contribuyendo al muy extendido fenómeno de la eutrofización cultural de los ecosistemas acuáticos (Anderson, 2002; Smith, 2003;).

El **fósforo** es un nutriente esencial utilizado por todos los seres vivos. La dinámica de este nutriente difiere de la del nitrógeno, carbono u oxígeno por el hecho de que no existe un reservorio significativo de este elemento en la atmósfera ya que no forma compuestos volátiles.

La productividad de un medio acuático guarda relación con la concentración de fósforo, ya que juega un papel importante como limitante del crecimiento y la distribución del fitoplancton marino. Éste llega a las aguas costeras mayoritariamente desde los ríos y acequias. En el mediterráneo el fósforo es un nutriente limitante (Krom *et al.*, 1991).

En aguas superficiales y costeras, el P inorgánico ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) disminuye debido al crecimiento del fitoplancton y a la incorporación de éste a la materia orgánica que sedimenta. En general, el fósforo orgánico particulado se encuentra en suspensión gracias a la mezcla del agua, principalmente por corrientes verticales (afloramientos) y en menor medida por difusión. Los afloramientos son responsables de algunas de las áreas pesqueras más productivas del mundo.

El **sílice** aunque se trate del segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, es un oligoelemento para la mayoría de los organismos vivos, sólo se requiere de concentraciones muy inferiores a los requerimientos de carbono o nitrógeno. La principal entrada de sílice al mar es a través de las aportaciones continentales, ya que procede de la erosión de minerales como el cuarzo, feldespato, arcilla, olivino, etc. en forma disuelta. En los ecosistemas acuáticos el sílice se encuentra en la forma disuelta como ácido orto silícico,  $\text{Si(OH)}_4$ , en forma biogénica o de forma particulada. El sílice es indispensable para las diatomeas, que lo depositan en la pared celular, a la cual se le conoce como frústula, este sílice se conoce como sílice biogénico (Martin - Jézéquel *et al.*, 2000). Estos organismos unicelulares, fotosintéticos, toman el ácido silícico disuelto en el agua y lo precipitan en forma de Si opalino para formar sus frústulas, o paredes celulares en forma de cápsulas, protegiendo a los organismos de los factores ambientales.

Cuando estos organismos mueren, las frústulas sedimentan, entrando a formar parte del ciclo del Si, y reapareciendo en la corteza terrestre después de cientos de millones de años. Según Hermes *et al.*, (2007) el sílice disuelto  $\text{Si}(\text{OH})_4$  tiene una concentración variable en el agua, y por lo general se halla en exceso con respecto al nitrógeno y al fósforo, exceptuando en zonas de vertidos de aguas residuales y en grandes floraciones de diatomeas.

## 1.2. Fitoplancton

El fitoplancton como productor primario juega un papel importante tanto en la circulación de materiales, como en el flujo de energía de los ecosistemas acuáticos. Su presencia controla a menudo el crecimiento, la capacidad reproductora y las características de las poblaciones de otros organismos acuáticos (Kuang *et al.*, 2004). La variación de la tasa de producción primaria del fitoplancton en las áreas costeras está regulada por factores como la temperatura, la radiación solar disponible, la concentración de nutrientes, el consumo por parte de los herbívoros, el parasitismo y la competencia (Wetzel, 2001).

La cantidad de luz disponible para el fitoplancton se ve influida por la frecuencia y la profundidad de la mezcla vertical, que puede determinar la cantidad de luz en la columna de agua (Melack, 1996). Por otro lado, las comunidades de fitoplancton presentan variaciones estacionales pronunciadas que generalmente corresponden con variaciones en la precipitación, descarga de agua o la mezcla vertical de agua, variables que influyen de manera directa en la concentración de nutrientes. El reciclaje de nutrientes depende, en gran medida de la mezcla, la cual controla, para una carga de nutrientes y tiempo de residencia hidráulica dados, la disponibilidad de éstos (Lewis, 1996).

Los nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo resultan de suma importancia para la producción primaria y su escasez limita la fotosíntesis del fitoplancton. Esta limitación involucra la concentración de nutrientes por debajo de los niveles que permiten al fitoplancton mantener su tasa máxima de crecimiento (Lampert & Sommer, 1997).

Cerca de las zona de surf suelen ser abundantes las acumulaciones ricas de diatomeas. Estas acumulaciones se componen en la mayoría de los casos de una sola especie de *Aulacodiscus*, *Attheya*, *Asterionellopsis* o *Anaulus*.

## 1.3. Zooplancton

El grupo de animales que viven flotando en el seno de las aguas, siendo arrastrado por las corrientes, que poseen una pequeña capacidad de movimiento, recibe el nombre zooplancton.

El zooplancton constituye una comunidad animal muy amplia y variada. Los organismos son consumidores, lo cual significa que necesitan tomar su alimento de otros organismos. Si el alimento se extrae directamente de los vegetales se les llama consumidores primarios, y por la forma de alimentarse, herbívoros. Si lo toman de otros animales se les denomina consumidores secundarios, siendo carnívoros. Dentro del grupo de organismos del plancton animal algunos son capaces de alimentarse de ambos, filtrando indiscriminadamente fitoplancton o capturando, en forma selectiva, organismos animales, denominándose omnívoros.

La cadena alimenticia es lo que relaciona al zooplancton con el fitoplancton. El fitoplancton es consumido por el zooplancton herbívoro, y por este motivo hay zonas en que, aun habiendo grandes concentraciones de nutrientes favoreciendo el crecimiento del fitoplancton, al haber gran cantidad de zooplancton éste se ve reducido.

Por último se destaca que la distribución del zooplancton está ligada a los cambios de temperatura, y que se clasifica en función del tamaño:

- Protozooplancton: que compone parte del microplancton.
- Metazooplancton: son parte del mesoplancton, macroplancton y megaplancton.

## 1.4. Macrofauna bentónica

El macrobentos está conformado por los organismos que habitan en los fondos de los ecosistemas marinos. Las especies de macrofauna son diferentes según los diferentes tipos de playas. Las especies de crustáceos dominan sobre todo en las arenas de niveles de mareas alta y con frecuencia dominan las costas más expuestas, mientras que las especies de moluscos los podemos encontrar en costas de exposición intermedia.

En la zona de surf se pueden encontrar cangrejos, misidáceos, bivalvos donacillas o sus equivalentes, poliquetos, nephtys, amphipodos, entre otros. En las playas más reflectantes la cantidad macrofauna cae en descenso.

La macrofauna y zooplancton dependen de la concentración de fitoplancton y además afectan en la disminución del mismo. En la gran mayoría de los estudios que se encuentran se puede observar cómo, el objetivo principal es estudiar las necesidades del fitoplancton dentro de la columna de agua. Los estudios de la zona surf y las relaciones entre los diferentes eslabones (nutrientes, fitoplancton, zooplancton y macrofauna) no están estudiados, por eso la importancia de este proyecto, y poder conocer estas relaciones.

## 2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es cuantificar la concentración de fitoplancton en la zona de surf y evaluar cómo influyen las concentraciones de nutrientes, salinidad, sólidos en suspensión, materia orgánica disuelta coloreada (CDOM), las características hidrodinámicas de cada lugar, el zooplancton y el macrobentos en la abundancia de las diferentes especies o grupos taxonómicos del fitoplancton.

### 2.1. Objetivos específicos

1. Se valora la relación entre las especies de fitoplancton con las especies de zooplancton.
2. Se valora la relación entre las especies de zooplancton y especies de macrofauna.

## 3 MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Diseño del muestreo

Se escogieron diez estaciones de muestreo en playas de arena a lo largo de la costa entre los cabos de Cullera y San Antonio. La elección tuvo en cuenta los aportes superficiales de agua continental, el interés pesquero para el marisqueo de coquinas y la orientación y perfil de las playas como condicionante hidrodinámico. Las condiciones marítimas en todos los muestreos fueron similares, días con suaves brisas, y con un oleaje muy suave.

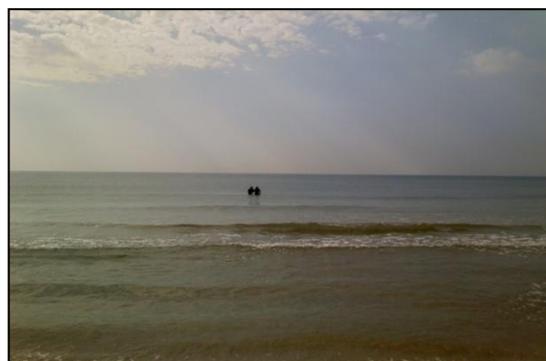


Imagen 3.1. Condiciones marítimas. Elaboración propia.

Habiendo decidido cuál era el objeto de estudio de dicho proyecto, se pasó a la toma de muestras en los días que se muestran en la tabla 3.1.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

Tabla 3.1. Los datos fueron tomados en las siguientes fechas. Elaboración propia.

Estaciones	Días	Estaciones	Días	Estaciones	Días	Estaciones	Días
E4	03/05/2013	E8	09/05/2013	E2	04/06/2013	E10	07/06/2013
E6	06/05/2013	E9	09/05/2013	E3	07/06/2013		
E7	06/05/2013	E1	04/06/2013	E5	07/06/2013		

En la siguiente imagen se puede observar de forma gráfica cuáles son los puntos de muestreo y su localización:

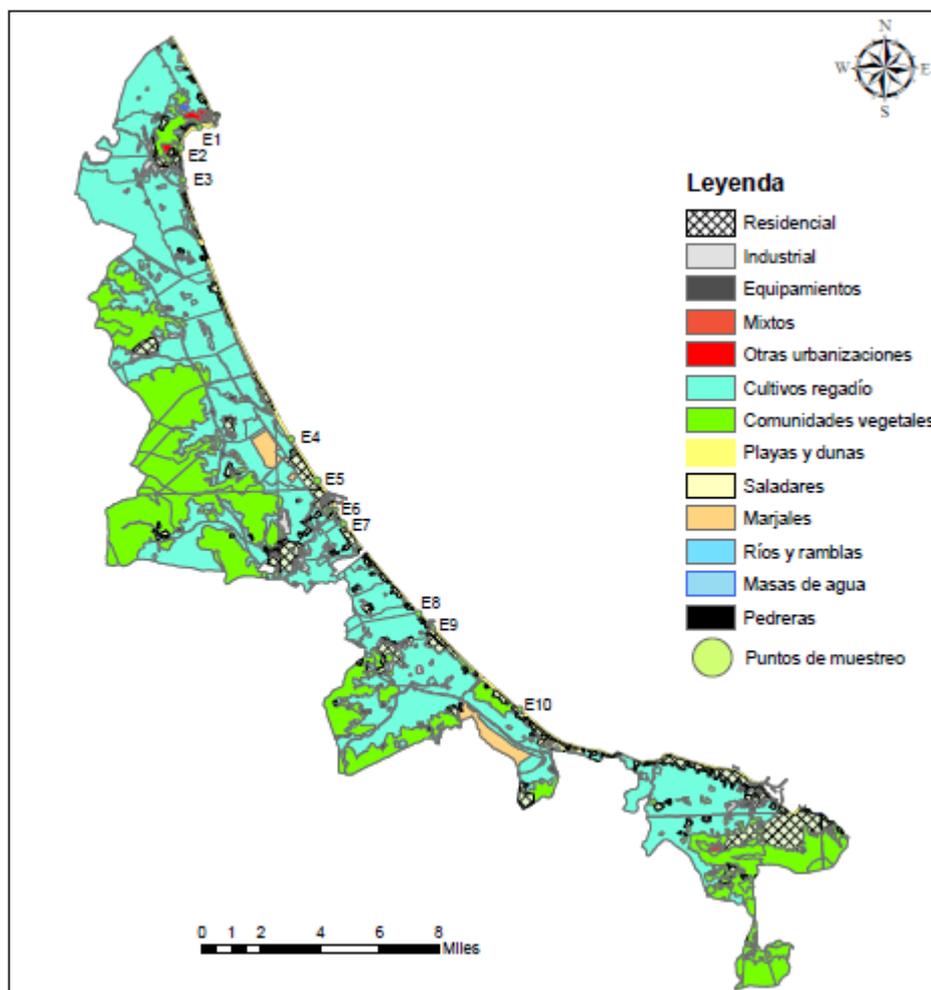


Imagen 3.2. Puntos de muestreo. Elaboración propia.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores físicoquímicos y biológicos

2013

En la siguiente tabla 3.2 se hallan las coordenadas exactas de cada punto de muestreo, las coordenadas son del punto donde se depositó el material de muestreo, un metro aguas adentro, tras la zona de surf es donde se tomaron todas las muestras.

Tabla 3.2. Coordenadas de los puntos de muestreo. Elaboración propia.

Puntos de muestreo	Latitud (N)	Longitud (O)
E1	39°10'51,06"	0°13'38,94"
E2	39°09'43,22"	0°14'25,59"
E3	39°08'56,53"	0°14'21,84"
E4	39°01'42,90"	0°10'45,53"
E5	39°00'20,45"	0°09'40,96"
E6	38°59'21,54"	0°09'3,48"
E7	38°58'55,44"	0°08'45"
E8	38°56'12,3"	0°06'1,98"
E9	38°55'51,36"	0°05'36,12"
E10	38°53'16,31"	0°02'20,45"

En cada punto de muestreo (a un metro de profundidad) se recogieron las siguientes muestras:

- Se tomaron muestras de agua subsuperficial con botellas de vidrio de 125 mL para analizar el fitoplancton, botellas de vidrio ámbar de 125 mL para la determinación de CDOM, y de 2 litros para la determinación de nutrientes.
- Se recogieron 60 L de agua que inmediatamente se filtraron con una malla de luz de 50  $\mu\text{m}$  para el posterior análisis del zooplancton.
- Las muestras de macrofauna se tomaron mediante corers. Era el conjunto de 5 corers el que constituía una superficie total de 192,4  $\text{cm}^2$  (con una superficie de 38,48  $\text{cm}^2$  cada corer) cada uno con una profundidad de 20 cm. Además de un corer de sedimentos para determinar la granulometría.
- Durante el muestreo se midió in situ la temperatura y el oxígeno disuelto con una sonda YSI proODO. Además de determinar la salinidad mediante un conductímetro 340i/SET WTW Multi.

### 3.2. Conservación y análisis de nutrientes

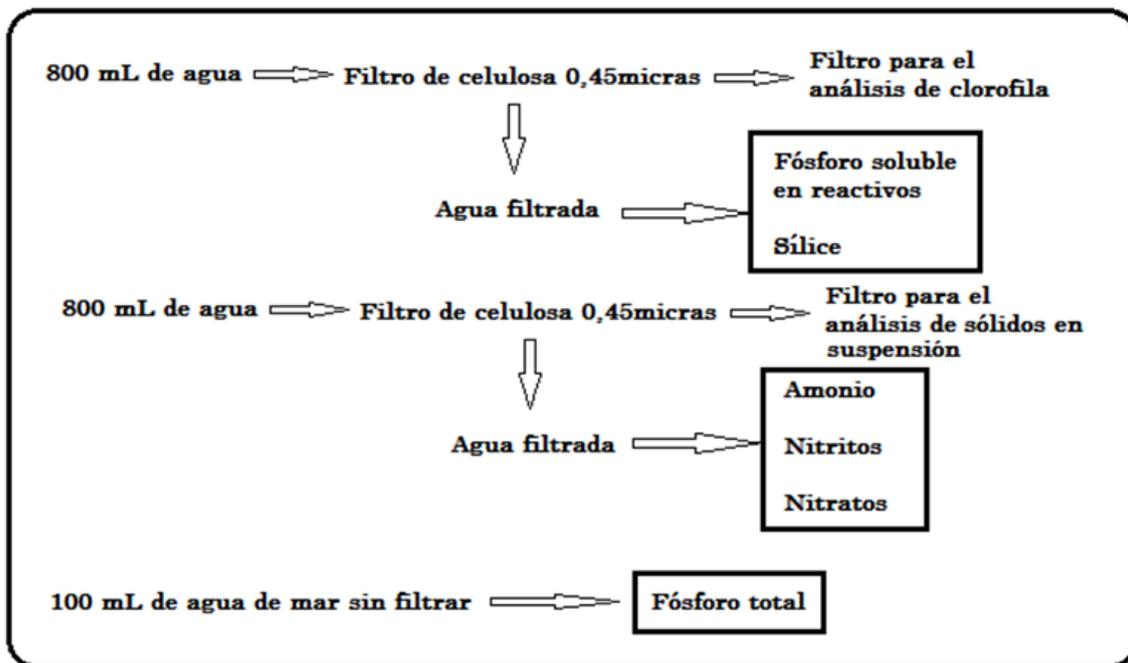


Figura 3.1. Proceso previo para análisis de nutrientes. Elaboración propia.

Inicialmente se separan 100 ml de la muestra de agua de mar para la posterior determinación del fósforo total. Posteriormente se procede a filtrar sendos volúmenes de 800 ml para calcular los sólidos suspendidos y la clorofila a. El agua filtrada se repartió en recipientes de plástico de 100 ml para el posterior análisis de amonio, fósforo soluble reactivo, nitratos, nitritos y sílice. Todas las muestras se conservan a 4 °C.

#### 3.2.1. Sólidos en suspensión

Para la determinación de los sólidos suspendidos se sigue la metodología descrita por APHA (2005). Primero se filtra 800ml de la muestra a través de filtros, previamente secados y pesados, que tienen un diámetro de poro de 0.45µm y 47mm de diámetro elaborados de acetato de celulosa. Para ello se utiliza una bomba de vacío conectada a un matraz kitasato de plástico y un embudo magnético. Una vez filtrado, los filtros se secan en estufa durante 24 horas a 105°C. Posteriormente se enfrían en desecador y son pesados de nuevo para determinar el peso de los sólidos suspendidos.

## 3.2.2. Amonio

La técnica consiste en la reacción de Berthelot, donde el amonio disuelto reacciona con el hipoclorito en un medio alcalino formando monoclaramina. Al añadir fenol más el exceso de hipoclorito y mediante la catalización por parte del ion nitropusiato, la monoclaramina forma azul de indofenol. Este compuesto es medido en espectrofotómetro a 630nm de longitud de onda (Baumgarten *et al.*, 1996).

## 3.2.3. Nitritos

La metodología usada para la determinación de nitritos es la descrita por Shinn (1941) y adaptada para agua de mar por Bendschneider & Robinson (1952). Basada en la formación de un complejo rosado por la reacción del ión nitrito con la sulfamida y con la Nnaftiletilendiamina. Se mide a 543nm de longitud de onda. Mediante este método, se pueden determinar concentraciones comprendidas dentro del rango 0.01-20 $\mu$ M.

## 3.2.4. Nitratos

Basado en la metodología descrita por Grasshoff (1976). Consiste en la reducción de los nitratos a nitritos haciendo pasar la muestra por una columna rellena de cobre y cadmio en una solución básica. Las fases posteriores coinciden con la metodología utilizada para los nitritos comentada anteriormente. Este análisis permitirá conocer la concentración de nitratos existente por diferencia respecto de los nitritos.

## 3.2.5. Fósforo soluble reactivo

La determinación de PSR o fosfatos se llevó a cabo siguiendo la metodología de Murphy & Riley (1962). Este método, sobreestima las concentraciones reales de fósforo ya que existen otros compuestos que reaccionan de manera similar en el análisis por lo que a todo el conjunto que reacciona con el método se le asigna el nombre de fósforo soluble reactivo. La solución resultado se mide en espectrofotómetro a 885nm.

## 3.2.6. Fósforo total

Estas muestras son las únicas, que no son filtradas ya que se está analizando fósforos totales tanto solubles como particulado así como, el fijado por los organismos vivos.(ASI 2)

Para la determinación de los fósforos totales, se utilizan unos frascos ámbar de vidrio de 100 ml previamente digeridos tres veces en autoclave durante 45 minutos a 121°C con 4 ml de un reactivo oxidante compuesto por persulfato de potasio, ácidos bóricos y hidróxido sódico. Posteriormente a las tres digestiones, se le añade a los recipientes 30ml de las muestras a analizar más 4 ml del mismo reactivo anterior para proceder a la cuarta digestión (Rodier, 1981). Después de esta digestión se procede de igual forma que para la determinación del fósforo soluble reactivo. Preferiblemente, el material a emplear debe estar limpio con ácido clorhídrico y enjuagado con agua milli-Q ya que, los detergentes y jabones contienen fosfatos y pueden producir interferencias en las mediciones.

### 3.2.7. Materia Orgánica Disuelta Coloreada

Los coeficientes de absorción fueron determinados mediante la medición de la absorbancia de las muestras de agua mediante espectrofotómetro usando una celda de cuarzo de 10 cm de longitud. Para corregir la turbidez, consecuencia de las pequeñas partículas y coloides que pueden atravesar el filtro, se mide la absorbancia de las muestras a 750 nm. El coeficiente de absorción de la CDOM  $g(440 \text{ nm})$  se calcula aplicando la ecuación (Kirk, 1996):

$$g_{440} = (2.303) [ A(440) - A(750) / l ] \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde  $A(440)$  = absorbancia de la muestra a 440 nm,  $A(750)$  = absorbancia de la muestra a 750 nm, y  $l$  = longitud de la cubeta.

### 3.2.8. Sílice reactivo disuelto

La técnica empleada basada en Strickland & Parsons (1972) consiste en la reacción entre el molibdato amónico y el ácido ortosilícico y la reducción de este compuesto formado por adición de metanol para formar un complejo azulado para su medida en espectrofotómetro a 810nm de longitud de onda en cubeta de 5 cm de paso. El instrumental empleado para la determinación del sílice reactivo disuelto debe ser de materiales plásticos ya que, el vidrio está formado por sílice y debe ser considerado una fuente potencial de contaminación de las muestras. Muy importante el empleo de agua milli-Q.

### 3.3. Medición clorofila a

La clorofila a es analizada por el método tricromático basado en espectroscopia visible (APHA, 2005), donde se determinan las densidades ópticas de las clorofilas a, b y c del extracto que contiene el filtro a distintas longitudes de onda. Luego para determinar el contenido pigmentario se utiliza unas ecuaciones descritas por Jeffrey & Humprey (1975).

### 3.4. Granulometría

Las muestras de arena fueron llevadas a estufa a 105°C durante un período de dos días. Después del secado cada muestra de arena se tamizó con un tamiz de 2mm. Los sólidos retenidos por el tamiz (fragmentos de arena y de moluscos) se separan de la muestra. La arena fue completamente homogeneizada y a posteriori se le incorporó de nuevo los fragmentos de moluscos. La muestra se extendió y cuarteó y al azar se tomó arena, para realizar la réplica se pesaron 25 gr. Posteriormente se pesaron todos los tamices que formaban la columna de tamices ( la luz de malla de los tamices fueron de: 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, 0,063 mm), los 25 gr pesados se depositaron en la columna de tamice y se tamizaron a una velocidad de 5 durante 15'. Por último se pesaron los tamices con la arena y se extrajeron que porcentajes de arena forman la réplica. Para cada punto de muestreo se realizan tres réplicas.

### 3.5. Muestras de macrofauna y recuento

En relación a las muestras de macrofauna que fueron recogidas conforme se explicó con anterioridad, hay que decir que, fueron tamizadas *in situ* con unos tamices de 500  $\mu\text{m}$  de luz. Posteriormente a la tamización los ejemplares fueron relajados al emplear cloruro de magnesio al 7%. Posteriormente separaron los organismos de la arena que pudo quedar tras la tamización. Tras la separación se procedió a recontar e identificar los organismos a nivel taxonómico lo más bajo posible.

### 3.6. Muestras de zooplancton y recuento

Respecto a las muestras de zooplancton, fueron aforadas a 100 mL y se fijaron con solución de formaldehído al 10%. Mediante un microscopio invertido Leica DMIL y cámaras cuentaglobulos se recontaron e identificaron todos los ejemplares de zooplancton encontrados. Se realizaron doce recuentos de cada muestra.

## 3.7. Muestras de fitoplancton y recuento

Las muestras cuantitativas de fitoplancton se recogieron en frascos de 0,125 l y se fijaron *in situ* con una solución de formaldehído al 10% neutralizado con hexametenentramina. Las submuestras (50 ml) se dejan reposar durante al menos 24 horas en cámaras de sedimentación HydroBios para posteriormente ser contadas e identificadas a X400 aumentos (Utermöhl, 1958) con un microscopio invertido Leica DMIL. Los conteos se hicieron siguiendo la metodología de Thronsen (1978). Esto no incluye la fracción de pequeño tamaño del fitoplancton (picoplancton y una parte del nanoplancton). La comunidad de fitoplancton se clasificó hasta el nivel taxonómico más bajo posible de acuerdo con Tomas (1997).

## 3.8. Herramientas informáticas

- Excel.
- Statgraphics Centurion XVI (version 16.1.15, fabricante StatPoint Technologies, Inc.)

## 3.9. Análisis de los datos

Para el análisis de los datos se realizan dos tipos de análisis estadísticos diferentes. El análisis de correlaciones canónicas (ACC) y el análisis de regresión múltiple (ARM).

El objetivo fundamental del análisis del ACC: investigar si existe alguna relación entre dos grupos de variables previamente establecido.

Mediante el ARM estudiamos la posible relación entre varias variables independientes (predictorias o explicativas) y otra variable dependiente (criterio, explicada o, respuesta).

Las variables que se tomaron en cuenta:

### 1. Variables independientes o de clasificación

- Especie, variable cualitativa ( Sp. Fitoplancton, zooplancton y macrofauna).

## 2. Variables dependientes

Tabla 3.3. Variables objeto de estudio. Elaboración propia.

Variables	Tipo de variable	Unidad de medida
CONCENTRACIÓN DE FITOPLANCTON	CUANTITATIVA	Células /L
CONCENTRACIÓN DE ZOOPLANCTON	CUANTITATIVA	Individuos /L
CONCENTRACIÓN DE MACROFAUNA	CUANTITATIVA	Individuos /m <sup>2</sup>
CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES	CUANTITATIVA	μM
CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA	CUANTITATIVA	mg/m <sup>3</sup>
CANTIDAD DE SS	CUANTITATIVA	mg/L
CANTIDAD DE CDOM	CUANTITATIVA	-
GRANULOMETRIA	CUALITATIVA	Tipología

## 4 RESULTADOS

A continuación, a partir de los datos obtenidos, se realizaron los análisis estadísticos pertinentes ( anexo 2), con el programa Statgraphics Centurión XVI. Los resultados de los datos son los siguientes:

### 4.1. Análisis descriptivo variables ambientales

#### 4.1.1. Temperatura

La mejor forma para representar los datos de temperatura, es a partir de las fechas en las cuáles se han realizado los muestreos (serie temporal). Debido a la inestabilidad del clima en el mes del mayo, no se pudo realizar la toma de todos los puntos simultáneamente. Por este motivo en el figura 4.1., se puede observar la evolución de la temperatura según los días en el que se realizaron los muestreos.

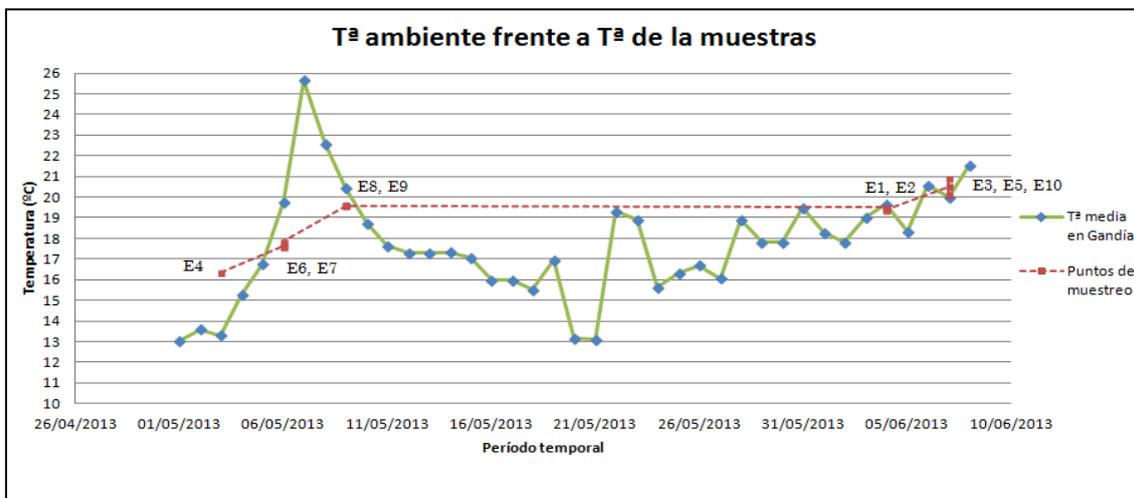


Figura 4.1. Variación de la temperatura (°C) en los diferentes puntos de muestreo a un metro de profundidad. Elaboración propia.

## 4.1.2. Salinidad

La variación de la salinidad en la zona de estudio está relacionada directamente con los aportes de agua dulce, presentando valores mínimos en la Playa de Daimús (E7) 26,5 psu. Otra característica a tener en cuenta en la playa de Gandía (E5) es que en ésta, se presenta la mayor temperatura y el segundo punto con mayor salinidad.

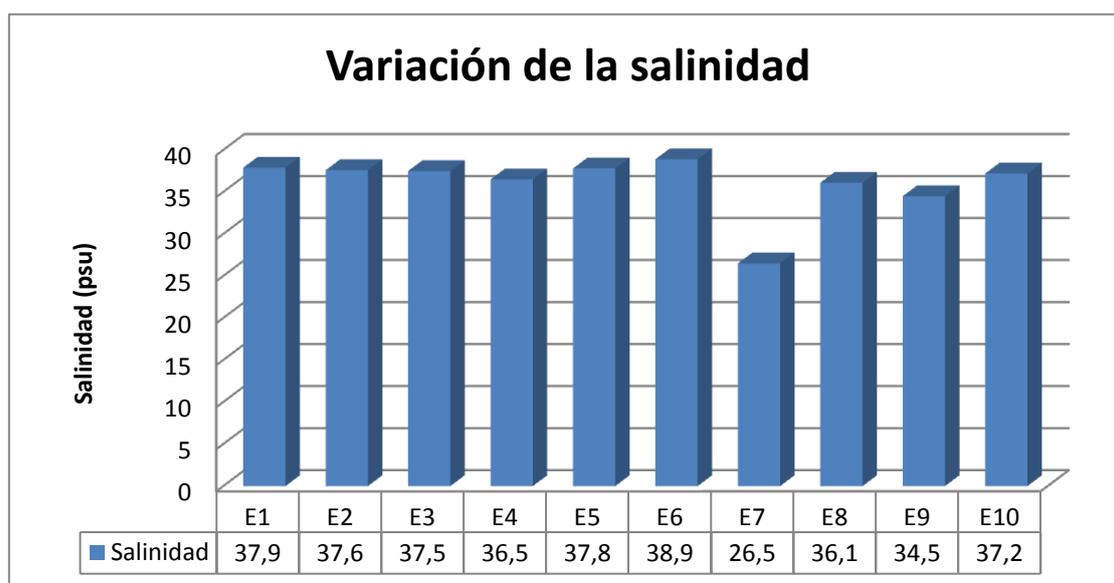


Figura 4.2. Variación de la salinidad (psu) en los diferentes puntos de muestreo a un metro de profundidad. Elaboración propia.

### 4.1.3. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto presenta características similares con valores entre 7,34 y 8,81 mg/L, exceptuando la playa de Oliva, al sur del puerto, donde el oxígeno disuelto tuvo un valor de 9,95 mg/L (Figura 4.3.)

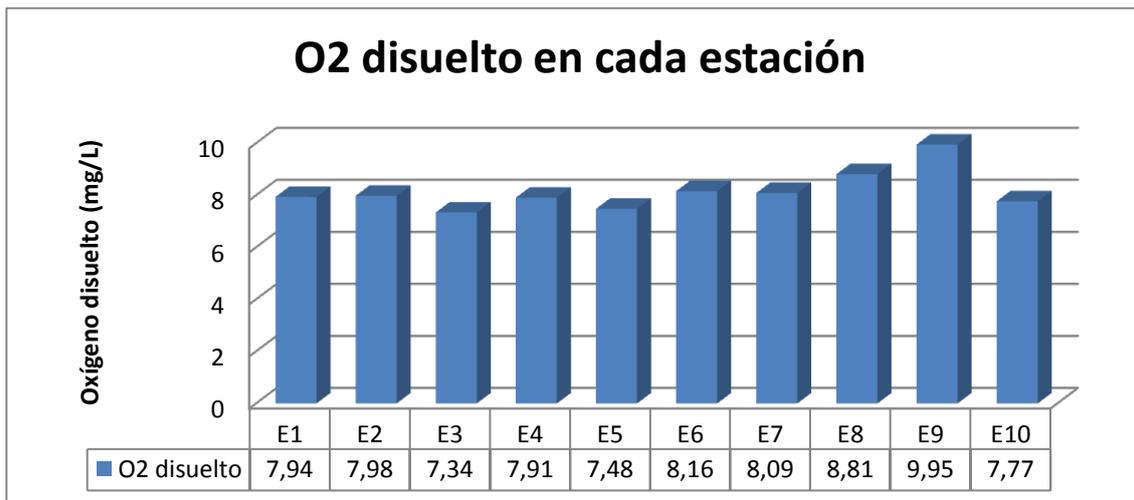


Figura 4.3. Variación del oxígeno disuelto (mg/L) en los diferentes puntos de muestreo a un metro de profundidad. Elaboración propia.

### 4.1.4. Materia orgánica disuelta coloreada.

La cantidad de materia orgánica coloreada (CDOM) disuelta en el agua es uno de los factores principales que afecta a la absorción de la luz solar por parte de organismos fotosintéticos (Keith, 2001) en las aguas costeras y estuarios.

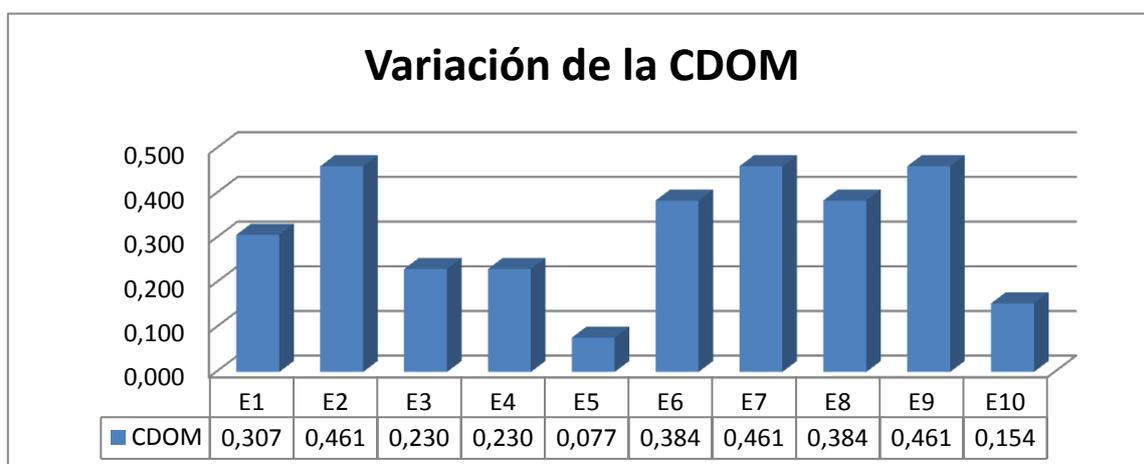


Figura 4.4. Variación espacial de CDOM en los diferentes puntos de muestreo a un metro de profundidad. Elaboración propia.

## 4.1.5. Sólidos suspendidos

A continuación se muestran representados los valores de los datos de los sólidos en suspensión de cada estación de muestreo.

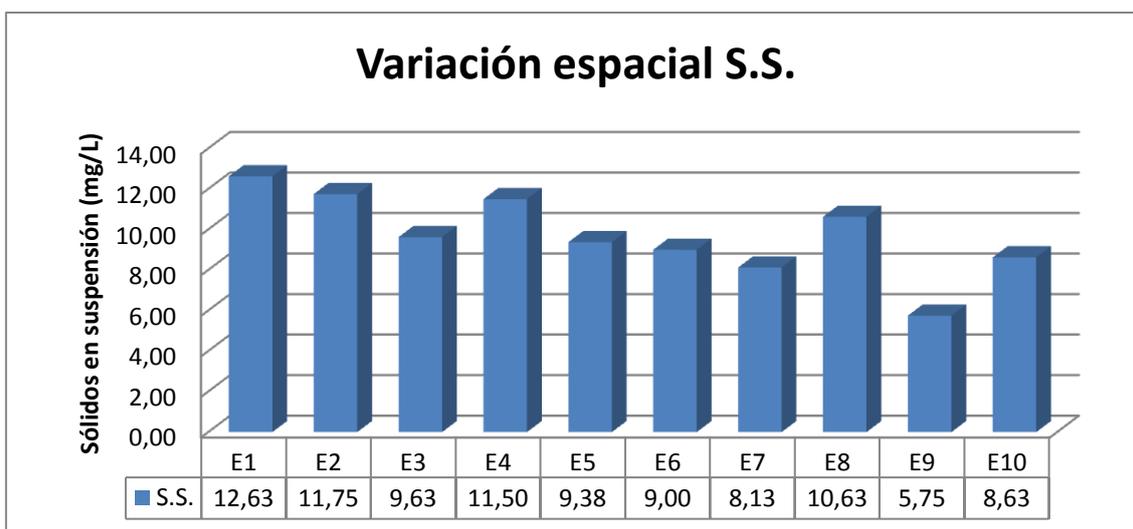


Figura 4.5. Variación espacial de SS en los diferentes puntos de muestreo a un metro de profundidad. Elaboración propia.

## 4.2. Análisis descriptivo clorofila-a

En la siguiente figura 4.6. se puede observar que el punto con mayor cantidad de biomasa de fitoplancton es la playa de Oliva (E8), el mismo punto que presenta mayor cantidad de clorofila-a.

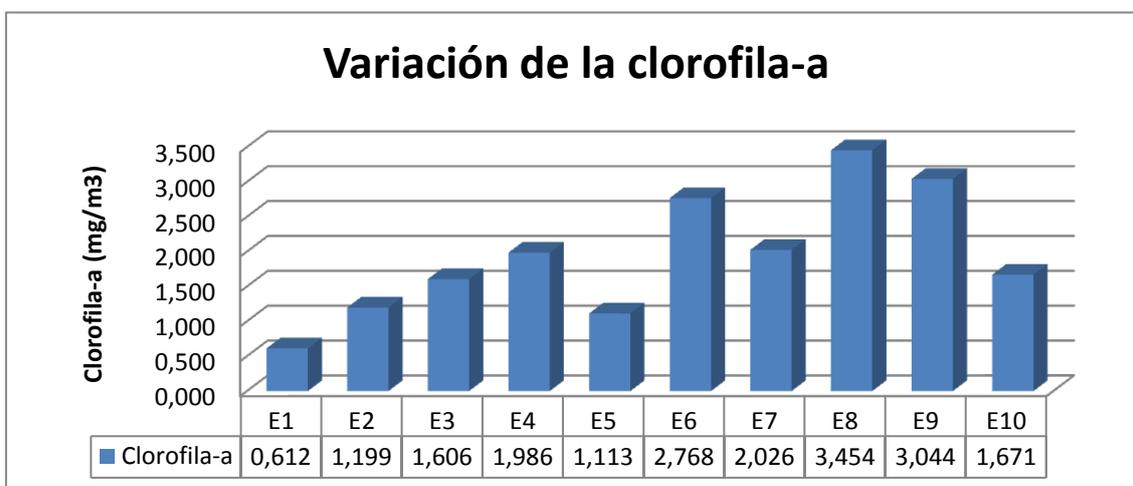


Figura 4.6. Representación de la concentración de clorofila-a a un metro de profundidad en las diferentes estaciones de muestreo. Elaboración propia.

### 4.3. Análisis descriptivo de nutrientes

En la figura 4.7. se representa la concentración de nutrientes que existe en cada zona en el momento en el que se realizó el muestreo:

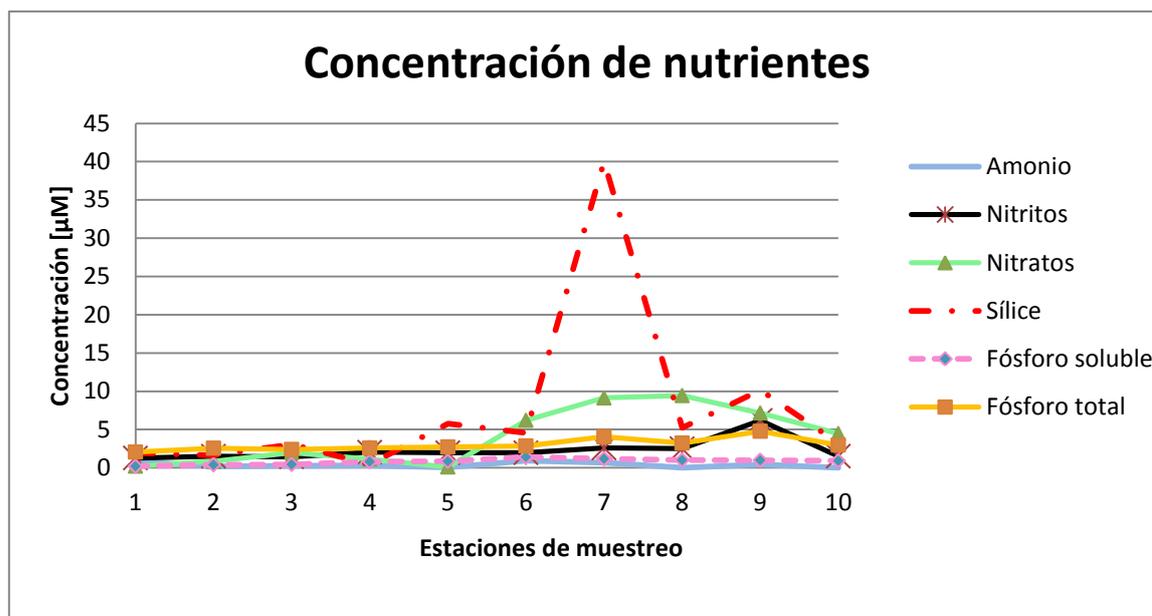


Figura 4.7. Representación de la concentración de los diferentes nutrientes a un metro de profundidad en las diferentes estaciones de muestreo. Elaboración propia.

En la tabla 4.1. se muestran los datos mínimos, máximos, medias y desviación estándar de los valores de los nutrientes.

Tabla 4.1. Máximo, mínimo, media y desviación estándar de los diferentes nutrientes. Elaboración propia.

Nutrientes	Máximo	Mínimo	Media	Desviación estándar	Valores [x ± s]
[ NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] μM	0,917	0,000	0,372	0,3	[0,4 ± 0,3]
[ NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] μM	6,189	1,279	2,299	1	[3 ± 1]
[ NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] μM	9,432	0,107	4,062	4	[4 ± 4]
[Si] μM	40,024	0,464	7,605	12	[ 7 ± 12]
[ PSR ] μM	1,413	0,200	0,819	0,4	[0,8 ± 0,4]
[PT] μM	4,777	2,056	3,021	0,8	[3,0 ± 0,8]

## Nutriente limitante

Con el fin de definir mejor el potencial control de nutrientes, las relaciones entre DSi, DIN y DIP se han comparado con los ratios de Redfield (DSi: DIN: DIP = 16:16:1), tal y como se puede observar en la siguiente figura 4.8.

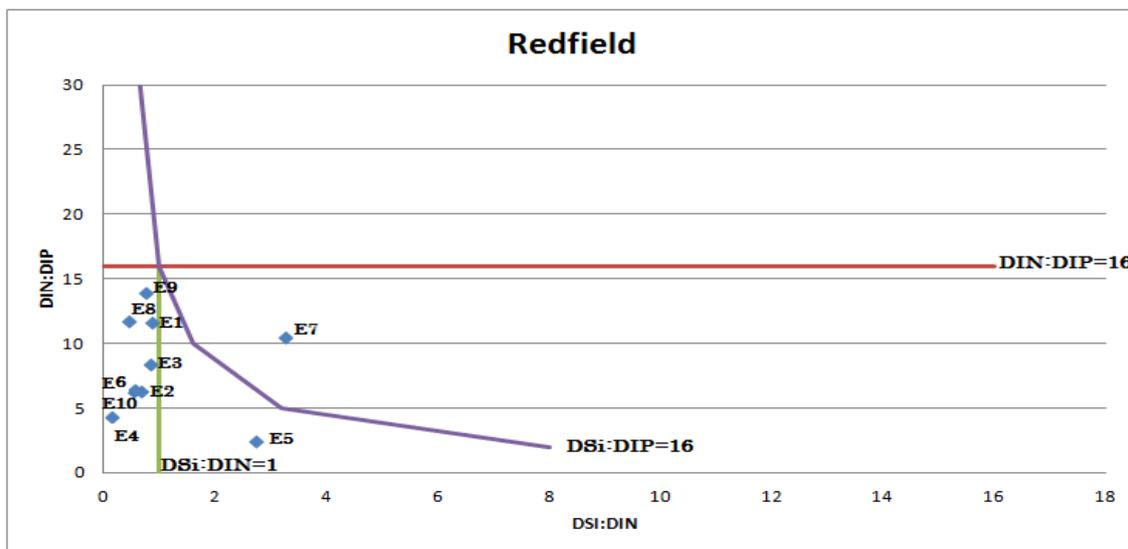


Figura 4.8. Relaciones molares en la aguas costeras de cada punto de muestreo. Delimitado por Redfield (DSi: DIN: DIP = 16:16:01). Elaboración propia.

### 4.3. Análisis descriptivo macrofauna

Respecto a la macrofauna, a un metro de profundidad se han encontrado 11 especies diferentes de crustáceos, 4 especies diferentes de moluscos y 8 de poliquetos. Las especies encontrados de **crustáceos** son:

#### Amphipoda

- ❖ *Urothoe poseidoni* Reibisch, 1905.
- ❖ *Perioculodes aequimanus* (Korssman, 1880)
- ❖ *Urothoe* sp.
- ❖ *Apherusa mediterranea* Chevreux, 1911.
- ❖ *Bathyporeira pseudopelagica*.

#### Decápoda

- ❖ *Liocarcinus* sp.
- ❖ *Portumnus latipes* (Pennant, 1777)
- ❖ *Philocheras trispinosus* (Hailstone in Hailstone & Westwood, 1835)

#### Isópoda

- ❖ *Eurydice affinis*.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores físicoquímicos y biológicos

2013

## Cumácea

- ❖ *Iphinoe serrata* Norman, 1867.
- ❖ *Bodotria* sp.

Las especies encontrados de **mollusca** (bivalvia) son:

- ❖ *Donacilla* sp.
- ❖ *Donax trunculus* L. 1758.
- ❖ *Donacilla cornea* (Poli, 1791)
- ❖ *Donax semiestriatus* .

Por último, dentro de los poliquetos podemos encontrar las siguientes especies de **polichaeta**:

## Familia Spionidae

- ❖ *Scollepis squamata* (Müller, 1806).
- ❖ *Aonides paucibranchiata* Southern, 1914.

## Familia Lumbrineridae

- ❖ *Lumbrineris latreilli* Audouin & Milne Edwards, 1834.

## Familia Maldanidae

- ❖ *Maldane sarsi* Malmgren, 1865.

## Familia Nephtyidae

- ❖ *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818.
- ❖ *Nephtys* sp.

## Familia Owenidae

- ❖ *Owenia fusiformis* Delle Chiaje, 1844.

## Familia Paraonidae

- ❖ *Aricidea fragilis* Webster, 1879.

Después de observar las diferentes especies de macrofauna que se han encontrado en la totalidad de las estaciones, se procede a procesar los datos para extraer resultados.

En la siguiente tabla 4.2. se puede observar como en el punto de muestreo E1 (playa de Cullera, Cap Blanc) el mayor número de ejemplares por metro cuadrado lo poseen los poliquetos (*Scollepis squamata*) con un porcentaje de 80,62% frente a moluscos.

Tabla 4.2. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 1. Elaboración propia..

	Clase	Especies	Nº ejemplares/m <sup>2</sup>
E1	Moluscos	<i>Donacilla</i> sp	52
	Poliquetos	<i>Scollepis squamata</i>	5405
		<i>Aricidea fragilis</i>	104
		<i>Lumbrineris latreilli</i>	52
		<i>Nephtys hombergii</i>	936
		<i>Maldane sarsi</i>	52
		<i>Owenia fusiformis</i>	104

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores físicoquímicos y biológicos

2013

En la siguiente tabla 4.3. se puede observar como en el punto de muestreo E2 (playa de Cullera, Cap de San Antoni) la cantidad por metro cuadrado de moluscos y poliquetos son iguales.

Tabla 4.3. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 2. Elaboración propia.

	Clase	Especies	Nº ejemplares/m <sup>2</sup>
E2	Moluscos	<i>Donax trunculus</i>	52
	Poliquetos	<i>Scolecipis squamata</i>	52

En la siguiente tabla 4.4. se puede observar como en el punto de muestreo E3 (límite entre la playa de Cullera y la playa de Tavernes de la Vallidigna) como el número de ejemplares por metro cuadrado de crustáceos son mayores siendo *Bathyporeira pseudopelagica* las que presentan mayor cantidad.

Tabla 4.4. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 3. Elaboración propia.

	Clase	Especie	Nº ejemplares/m <sup>2</sup>
E3	Crustáceos	<i>Liocarcinus sp</i>	52
		<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>	104
	Poliquetos	<i>Scolecipis squamata</i>	104

En la siguiente tabla 4.5. se puede observar como en el punto de muestreo E4 (playa de l'Ahuir) el número de ejemplares por metro cuadrado de crustáceos son mayores, siendo *Bathyporeira pseudopelagica* los que mayor cantidad presentan.

Tabla 4.5. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 4. Elaboración propia.

	Clase	Especie	Nº ejemplares/m <sup>2</sup>
E4	Moluscos	<i>Donacilla cornea</i>	52
	Crustáceos	<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>	676
		<i>Urothoe poseidoni</i>	104
		<i>Eurydice affinis</i>	104
		<i>Iphinoe serrata</i>	52
	Poliquetos	<i>Nephtys hombergii</i>	52
		<i>Scolecipis squamata</i>	156

En la siguiente tabla 4.6. se puede observar como en el punto de muestreo E5 (playa de Gandía) el número de ejemplares por metro cuadrado de moluscos son mayores, siendo *Donacilla sp.* las que mayor cantidad presentan.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

Tabla 4.6. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 5. Elaboración propia.

	Clase	Especie	Nº ejemplares/m <sup>2</sup>
E5	Moluscos	<i>Donacilla sp</i>	260
		<i>Donax trunculus</i>	52
		<i>Donax semistriatus</i>	104
	Poliquetos	<i>Scolelepis squamata</i>	104

En la siguiente tabla 4.7. se puede observar como en el punto de muestreo E6 (playa dels Marells de Rafalcaid) los ejemplares por metro cuadrado de crustáceos son mayores, siendo *Periculodes aequimanus* los que mayor cantidad presentan.

Tabla 4.7. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 6. Elaboración propia.

	Clase	Especie	Nº ejemplares/m <sup>2</sup>
E6	Crustáceos	<i>Portumnus latipes</i>	52
		<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>	52
		<i>Periculodes aequimanus</i>	156
		<i>Iphinoe serrata</i>	52
	Poliquetos	<i>Nephtys sp</i>	156

En la siguiente tabla 4.8. se puede observar como en el punto de muestreo E7 (playa de Daimús) el número de ejemplares por metro cuadrado de crustáceos es mayor, siendo *Bathyporeira pseudopelagica* la que mayor cantidad presentan.

Tabla 4.8. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 7. Elaboración propia.

	Clase	Especie	Nº ejemplares/m <sup>2</sup>
E7	Moluscos	<i>Donacilla cornea</i>	52
		<i>Donax trunculus</i>	52
	Crustáceos	<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>	936
		<i>Bodotria sp</i>	52

En la siguiente tabla 4.9. se puede observar como en el punto de muestreo E8 (playa de Oliva Norte) el número de ejemplares por metro cuadrado de crustáceos son mayores, siendo *Bathyporeira pseudopelagica* las que mayor cantidad presentan.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores físicoquímicos y biológicos

2013

Tabla 4.9. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 8. Elaboración propia.

	Clase	Especie	Nº ejemplares/m <sup>2</sup>
E8	Moluscos	<i>Donacilla cornea</i>	104
		<i>Donax trunculus</i>	52
	Crustáceos	<i>Eurydice affinis</i>	52
		<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>	364
		<i>Urothoe sp</i>	52
		<i>Bodotria sp</i>	52
	Poliquetos	<i>Aricidea fragilis</i>	104

En la siguiente tabla 4.10. se puede observar como en el punto de muestreo E9 (playa de Oliva Sur) el número de ejemplares por metro cuadrado de crustáceos son mayores, siendo *Bathyporeira pseudopelagica* los que mayor cantidad presentan.

Tabla 4.10. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 9. Elaboración propia.

	Clase	Especie	Nº ejemplares/m <sup>2</sup>
E9	Crustáceos	<i>Urothoe poseidonis</i>	104
		<i>Apherusa mediterranea</i>	52
		<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>	2079
		<i>Eurydice affinis</i>	104
		<i>Bodotria sp</i>	104
		<i>Iphinoe serrata</i>	156
	Poliquetos	<i>Aricidea fragilis</i>	52
		<i>Nephtys sp</i>	104

En la siguiente tabla 4.11. se puede observar como en el punto de muestreo E10 (playa de Oliva desembocadura río Molinell) el número de ejemplares por metro cuadrado de crustáceos son mayores, siendo *Bathyporeira pseudopelagica* los que mayor cantidad presentan.

Tabla 4.11. Cantidad de ejemplares estación de muestreo 10. Elaboración propia.

	Clase	Especie	Nº ejemplare/m <sup>2</sup>
E10	Moluscos	<i>Donacilla sp</i>	104
		<i>Donax trunculus</i>	104
	Crustáceos	<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>	259
		<i>Bodotria sp</i>	156
		<i>Iphinoe serrata</i>	104
		<i>Philocheras trispinosis</i>	52
	Poliquetos	<i>Aonides paucibranchiata</i>	52
		<i>Aricidea fragilis</i>	52

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

En la siguiente tabla 4. 12. se recoge un resumen de la clase y dentro de ella la especie que presenta mayor porcentaje en cada punto de muestreo.

Tabla 4.12. Resumen especies más abundantes en cada punto de muestreo. Elaboración propia.

Estación	Clase	Especie	Estación	Clase	Especie
E1	Poliquetos	<i>Scollepis squamata</i>	E6	Crustáceos	<i>Periculodes aequimanus</i>
E2	Moluscos /Poliquetos	<i>Donax trunculus / Scollepis squamata</i>	E7	Crustáceos	<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>
E3	Crustáceos	<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>	E8	Crustáceos	<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>
E4	Crustáceos	<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>	E9	Crustáceos	<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>
E5	Moluscos	<i>Donacilla sp</i>	E10	Crustáceos	<i>Bathyporeira pseudopelagica</i>

A partir de los datos obtenidos, se obtiene la siguiente figura 4.9. En ella se puede observar de forma más visual la representación del número de especies de macrofauna ( moluscos, crustáceos y poliquetos) por metro cuadrado.

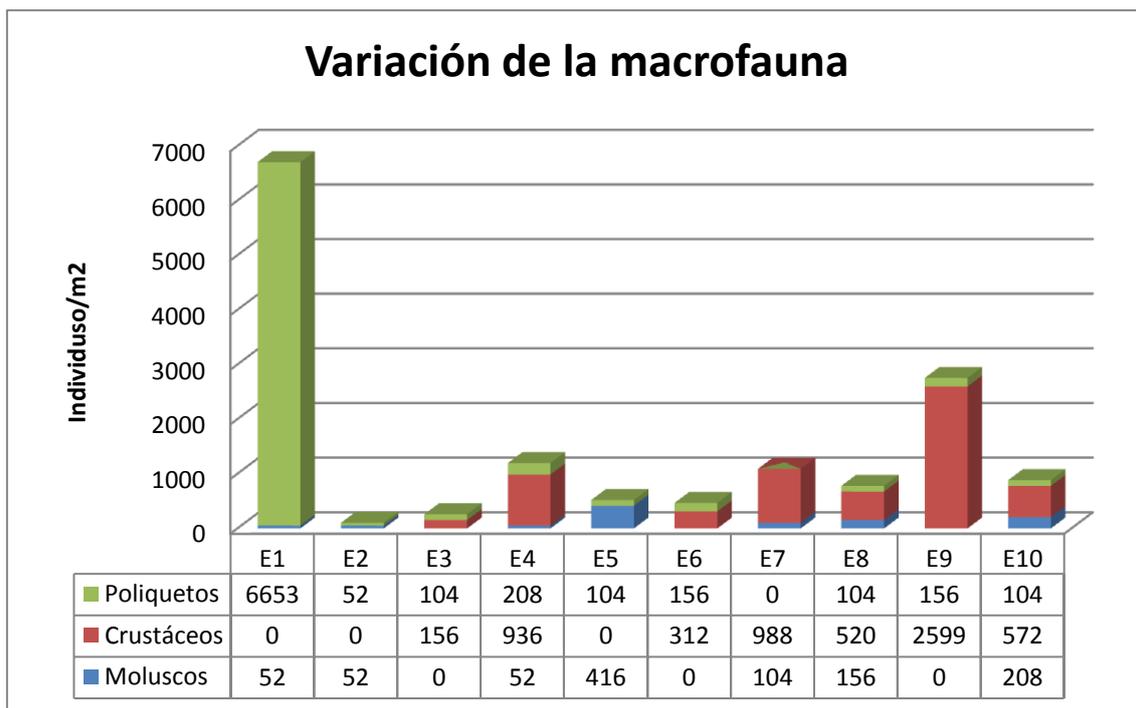


Figura 4.9. Representación de la macrofauna a un metro de profundidad metro cuadrado en las diferentes estaciones de muestreo. Elaboración propia.

En la siguiente tabla 4.13. se expresan el máximo, mínimo, media y desviación estándar de las especies de macrofauna.

Tabla 4.13. Máximo, mínimo, media y desviación de las especies de macrofauna.

Macrofauna	Máximo	Mínimo	Media	Desviación estándar	Valores [ $x \pm s$ ]
Moluscos	416	0	104	130	[ 104 ± 130 ]
Crustáceos	6653	0	1273	2038	[1273 ± 2038]
Poliquetos	208	0	104	60	[104 ± 60]

#### 4.4. Análisis descriptivo zooplancton

En la siguiente figura 4.10. se representan las diferentes especies de zooplancton que se pueden encontrar en las diferentes estaciones de muestreo.

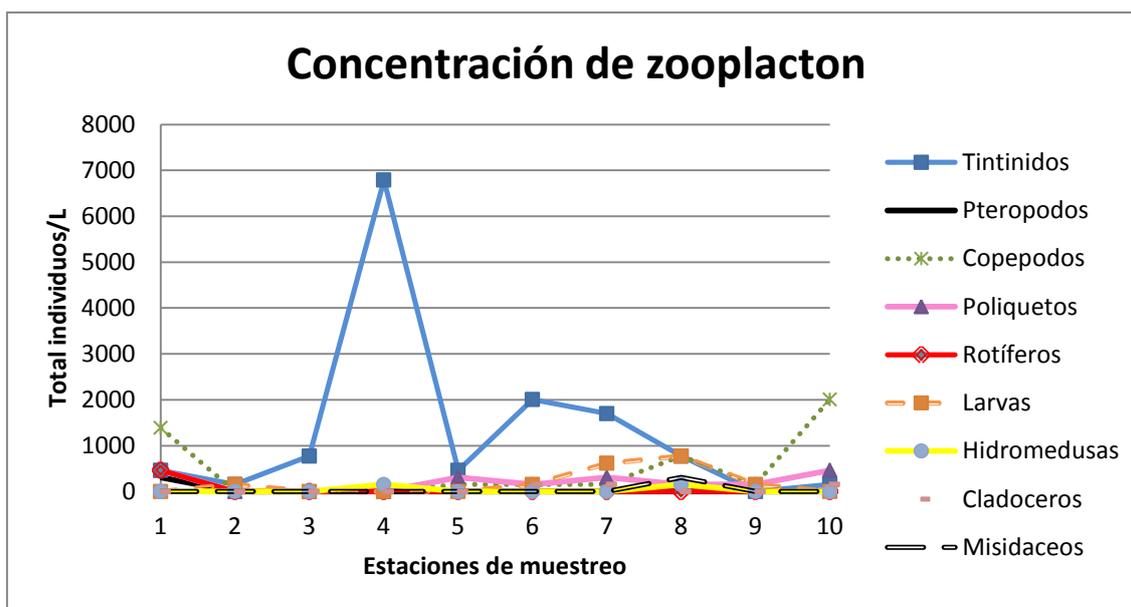


Figura 4.10. Representación de la concentración de zooplancton a un metro de profundidad en las diferentes estaciones de muestreo. Elaboración propia.

#### 4.5. Análisis descriptivo fitoplancton

En lo que respecta al fitoplancton encontrados en las muestras estudiadas, se encontraron un total de 65 especies diferentes de fitoplancton, las cuáles según su filo se distribuyen de la siguiente manera: *Ochrophyta* (31), *Chlorophyta* (5), *Dinophyta* (19), *Charophyta* (5), *Euglenophyta* (4), *Haptophyta* (1) y por último *Bigyra* (1). En el anexo 1 se encuentran las

tablas con los datos de cada estación. Dentro de cada filo podemos encontrar las siguientes especies:

## **Ochrophyta (Diatomeas) (30)**

- ❖ *Diatomea ni.*
- ❖ *Chattonella antiqua* (Hada) Ono.
- ❖ *Chattonella subsalsa* B. Biecheler.
- ❖ *Ciliophrys infusionum* Cienkowski.
- ❖ *Dictyocha staurodon* Ehrenberg
- ❖ *Gossleriella sp.*
- ❖ *Skeletonema sp.\**
- ❖ *Chaetoceros peruvianus* Brightwell.\*
- ❖ *Striatella unipunctata* (Lyngbye) C.Agardh.
- ❖ *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin.\*
- ❖ *Nitzschia longissima* (Brébisson) Ralfs.
- ❖ *Pseudo-nitzschia sp.*
- ❖ *Pleurosigma sp.*
- ❖ *Navicula sp.*
- ❖ *Licmophora sp.*
- ❖ *Proboscia alata* (Brightwell) Sundström.
- ❖ *Rhizosolenia alata.*
- ❖ *Asterionella sp.*
- ❖ *Astartiella sp.*
- ❖ *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round.
- ❖ *Diploneis crabro* Ehrenberg.
- ❖ *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg.\*
- ❖ *Hemidiscus sp.*
- ❖ *Leptocylindrus sp.*
- ❖ *Thalassiothrix sp.*
- ❖ *Amphora spp.*
- ❖ *Lauderia spp.*
- ❖ *Thalassiosira sp.\**
- ❖ *Odontella mobiliensis* (J.W. Bailey) Grunow.
- ❖ *Cerataulina pelagica* (Kleve) Hendey.
- ❖ *Bacillaria sp.*

## **Chlorophyta (5)**

- ❖ *Sphaerocystis sp.*
- ❖ *Sphaerocystis clorofita.*
- ❖ *Ulothrix sp.*
- ❖ *Cladophora sp.*
- ❖ *Scenedesmus sp.*

## **Dinophyta (19)**

- ❖ *Prorocentrum spp.*
- ❖ *Prorocentrum triestinum* J.Schiller.
- ❖ *Prorocentrum micans* Ehrenberg.
- ❖ *Prorocentrum minimum* (Pavillard) J.Schiller.\*
- ❖ *Dinophysis acuminata* (O.F.Müller) Nitzsch.\*
- ❖ *Protopteridinium sp.*
- ❖ *Protopteridinium divergens.* (Ehrenberg) Balech.
- ❖ *Protopteridinium diabolus* (Cleve) Balech .
- ❖ *Protopteridinium pyriforme* (Paulsen) Balech.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores físicoquímicos y biológicos

2013

- ❖ *Scrippsiella sp.*
- ❖ *Diplopsalis sp.*
- ❖ *Oxytoxum sp.*
- ❖ *Heterocapsa Stein.\**
- ❖ *Alexandrium sp.\**
- ❖ *Pyrophacus sp.*
- ❖ *Ceratium longirostrum* Gourret.
- ❖ *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède & Lachmann.

## Charophyta (5)

- ❖ *Netrium sp.*
- ❖ *Hyalotheca Ehrenberg ex Ralfs.*
- ❖ *Cosmoclarium sp.*
- ❖ *Staurastrum sp.*
- ❖ *Cosmarium sp.*

## Euglenophyta (4)

- ❖ *Euplenophyta ni.*
- ❖ *Strombomonas spp.*

- ❖ *Akashiwo sanguinea* (K.Hirasaka) G. Hansen & Ø. Moestrup.
- ❖ *Cetatum fusus* Ehrenberg.\*

- ❖ *Eutreptiella sp.*
- ❖ *Phacus sp.*

## Haptophyta (1)

- ❖ *Florisphaera sp.*

## Bigyra (1)

- ❖ *Bicosoeca sp.*

\* En el listado de especies fitoplanctónicas anterior, se han resaltado con un asterisco las potencialmente nocivas.

En la tabla 4.14., se puede observar la cantidad de especies que se han recontado en cada una de las muestras.

**Tabla 4.14 Células/L en los distintos grupos de fitoplancton.**

Muestra	Ochrophyta	Chlorophyta	Dinophyta	Charophyta	Euglenophyta	Haptophyta	Bigyra
E1	5040	640	8480	840	11920	0	0
E2	4600	880	7120	1000	13040	0	0
E3	6440	2160	16000	1080	2480	0	0
E4	4340	360	1860	380	80	0	0
E5	9120	3840	21400	1040	2360	0	0
E6	7820	880	10220	140	580	0	0
E7	9660	940	3820	1440	1020	20	0
E8	8340	2080	40940	1220	62	0	40
E9	9720	1200	25880	760	1320	0	0
E10	8280	4600	34640	1040	2240	0	0

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

En la tabla 4.15. se representan el porcentaje que tiene cada especie fitoplanctonica en las diferentes zonas de muestreo.

Tabla 4.15. Porcentaje de especies de fitoplancton en los distintos puntos de muestreo.

Muestra	Ochrophyta	Chlorophyta	Dinophyta	Charophyta	Euglenophyta	Haptophyta	Bigyra
E1	19%	2%	32%	3%	44%	0%	0%
E2	17%	3%	27%	4%	49%	0%	0%
E3	23%	7%	57%	4%	9%	0%	0%
E4	62%	5%	27%	5%	1%	0%	0%
E5	24%	10%	57%	3%	6%	0%	0%
E6	40%	4%	52%	1%	3%	0%	0%
E7	57%	6%	23%	8%	6%	0%	0%
E8	16%	4%	78%	5%	0%	0%	0%
E9	27%	3%	67%	2%	3%	0%	0%
E10	16%	9%	68%	25%	5%	0%	0%

En la siguiente tabla 4.16. se muestran las especies que más número de ejemplares han presentado, dentro del filo que mayor porcentaje presenta (en cada punto de muestreo).

Tabla 4.16. Especies que presentan un porcentaje mayoritario en cada punto de muestreo.

Estación	Filo	Especie	Estación	Filo	Especie
E1	Euglenophyta	<i>Eutreptiella sp</i>	E6	Dinophyta	<i>Scrippsiella sp</i>
E2	Euglenophyta	<i>Eutreptiella sp</i>	E7	Ochrophyta	<i>Navicula spp</i>
E3	Dinophyta	<i>Scrippsiella sp</i>	E8	Dinophyta	<i>Scrippsiella sp</i>
E4	Ochrophyta	<i>Skeletonema sp*</i>	E9	Dinophyta	<i>Scrippsiella sp</i>
E5	Dinophyta	<i>Scrippsiella sp</i>	E10	Dinophyta	<i>Scrippsiella sp</i>

Como se puede observar de la tabla anterior, dentro de la especie *Dinophyta*, es la *Scrippsiella* la que presenta mayor porcentaje en todas las estaciones. Por otro lado se puede observar cómo, las estaciones que poseen mayor concentración de *Euglenophyta*, es la especie *Eutreptiella* la que presenta mayor porcentaje. No obstante dentro del filo *Ochrophyta*, existe un porcentaje alto en una estación de *Skeletonema* (especie tóxica), y en otra de Navículas.

En lo que respecta a la concentración de fitoplancton, en la figura 4.15. se representan las células /litro que se hallaron después del recuento.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

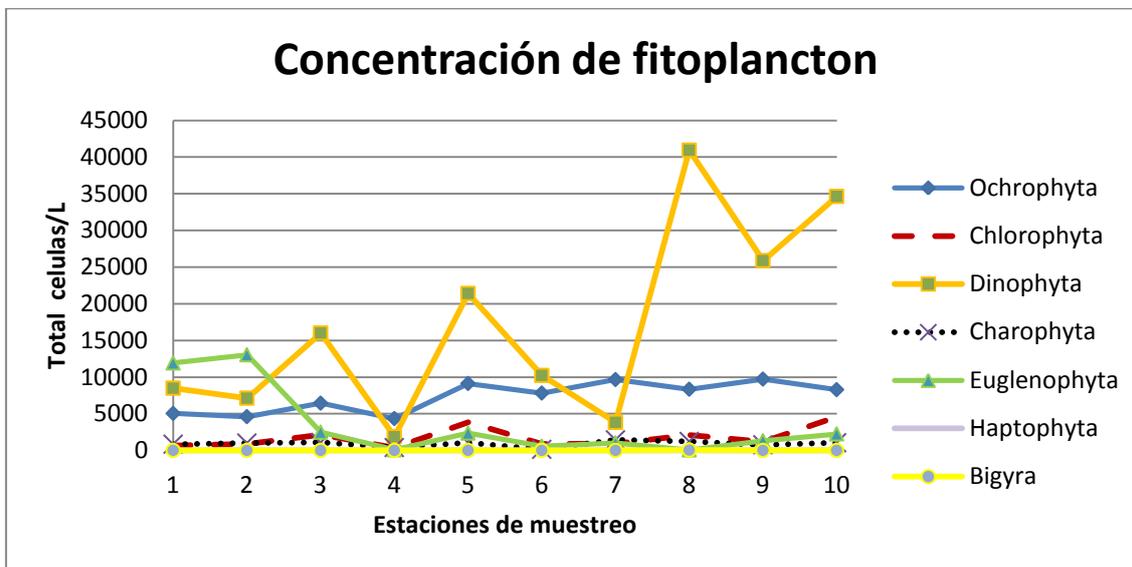


Figura 4.11. Representación de la concentración de fitoplancton a un metro de profundidad en las diferentes estaciones de muestreo.

Como se puede ver en la figura 4.11., en la concentración de fitoplancton son mayoritarias las *Dinophyta*, llegando a 40940 cel/L en la estación E8 (parte norte de Oliva puerto).

Se han expresado a la vez los valores de las especies de fitoplancton, en máximo, mínimo, media y desviación estándar, en la siguiente tabla 4.17 se muestran dichos valores.

Tabla 4.17. Máximo, mínimo, media y desviación de las especies fitoplancton.

Especies	Máximo	Mínimo	Media	Desviación estándar	Valores [ $x \pm s$ ]
<b>Ochrophyta</b>	9720	4340	7336	2080	[7336 ± 2080]
<b>Chlorophyta</b>	3840	360	1758	1430	[1758 ± 1430]
<b>Dinophyta</b>	40940	1860	17036	13344	[17036 ± 13344]
<b>Charophyta</b>	1220	140	894	387	[894 ± 387]
<b>Euglenophyta</b>	13040	62	3510	4816	[3510 ± 4816]
<b>Haptophyta</b>	20	0	2	6	[2 ± 6]
<b>Bigyra</b>	40	0	4	13	[4 ± 13]

A partir de los datos de la tabla 4.17., se ha elaborado la siguiente figura:

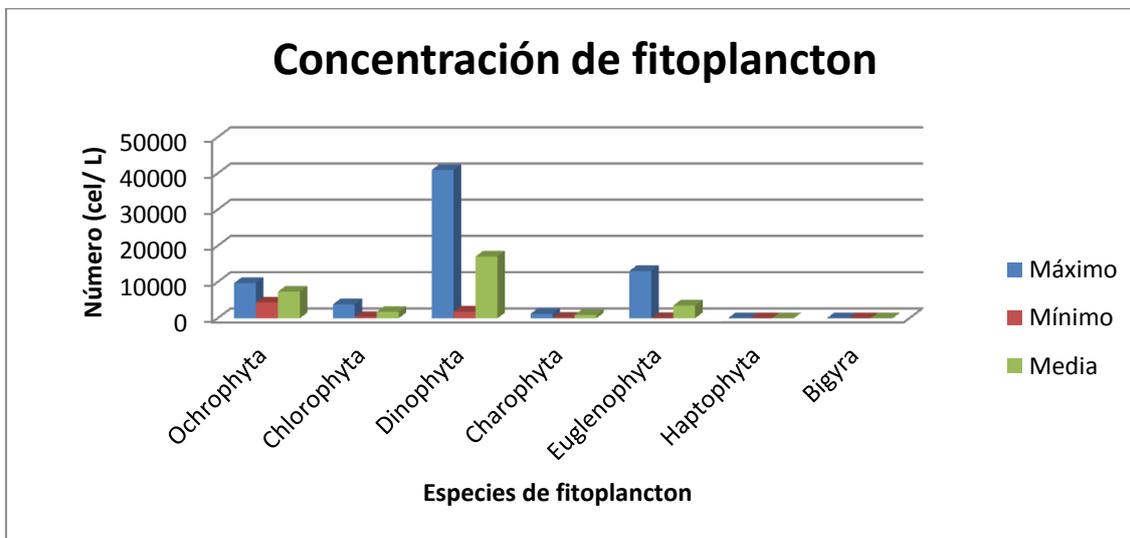


Figura 4.12. Valores de los máximos, mínimos y media de las especies de fitoplancton.

De la figura 4.12 se puede extraer la conclusión que, los datos del filo *Dinophyta* son muy variables el máximo ronda las 40000cel/L, mientras que el mínimo tan sólo unas 5000 cel/L . Los datos más bajos de *Dinophyta* se han encontrado justamente en las estaciones de muestreos cerca de zonas afectadas por las aguas provenientes del río Vaca y del río Serpis. Cabe destacar que es en las estaciones correspondientes a la Ahuir (E4) y Daimús E7, en ambas, la mayor concentración de fitoplancton es del tipo *Ochrophyta*.

#### 4.6. Análisis estadístico de los datos

Para el análisis de los datos, se tiene en cuenta que puede ser interesante establecer la influencia entre grupos de variables en términos de correlación. Para esto se recurre al Análisis de Correlaciones Canónicas (ACC).

El objetivo del ACC es buscar las relaciones que pueda haber entre dos grupos de variables y cuantificar la validez de las mismas. Se diferencia del análisis de correlación múltiple en que éste sólo predice una variable dependiente a partir de múltiples independientes, mientras que la correlación canónica predice múltiples variables dependientes a partir de múltiples independientes.

Con la ayuda de Statgraphics Centurión XVI, se han llevado a cabo diversos ACC, de los cuáles se exponen los que han proporcionado resultados significativos:

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

A partir de los siguientes variables se realizan los siguientes análisis de correlación canónica:

- Nutrientes- Fitoplancton.
- Fitoplancton- Zooplancton.
- Zooplancton- Macrofauna.\*
- Variables ambientales- Fitoplancton.
- Variables ambientales- Zooplancton.
- Variables ambientales- Macrofauna.\*

\*Análisis que no han presentado correlaciones significativas.

A continuación se comentan los resultados significativos de los ACC. En el anexo 2 se detallan los pasos y procesos llevados a cabo.

## NUTRIENTES- FITOPLANCTON.

La cantidad de fósforo total es la variable que más influencia tiene. Un valor elevado de éste, en comparación con los valores de nitratos y nitrito, iría asociado a valores importantes de *Chlorophyta* en comparación con los valores de *Ochrophyta* (cel/ L) y *Dinophyta* (cel/L) . Por otra parte, los resultados indican que cantidades altas de nitritos y nitratos en comparación con los valores de fósforo irían asociados a la mayor presencia de *Ochrophyta* y *Dinophyta*.

## FITOPLANCTON- ZOOPLANCTON

Cantidades altas de *Euglenophyta* y sobre todo de *Ochrophyta* (cel/L) van asociados a valores altos de Poliquetos (individuo/L) y a valores bajos de Tintinidos (individuo/L).

## VARIABLES AMBIENTALES- FITOPLANCTON

La temperatura es la variable que influye más para el grupo de de variables canónicas. Valores altos de ésta (junto a valores altos de SS y clorofila) va asociado a valores altos de *Charophyta*. Cabe destacar que alta salinidad junto a baja temperatura, baja concentración de SS y clorofila se correlacionan con mayores cantidades de *Chlorophyta* y *Euglenophyta* frente a bajas de las demás clases de fitoplancton.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

Respecto a la segunda variable canónica básicamente es un “promedio” ponderado entre las variables ambientales donde predomina el peso del oxígeno disuelto y la clorofila. Valores altos de estas variables irían asociados a valores bajos de *Chlorophyta* y *Charophyta*.

## VARIABLES AMBIENTALES- ZOOPLANCTON

Valores altos de sólidos en suspensión y clorofila irían asociados a valores altos de Larvas de crustáceos. Por otra parte, valores altos de la salinidad junto a valores bajos en SS y clorofila, irían asociados a valores altos en Poliquetos junto a valores bajos en Larvas de crustáceos.

Después de los ACC, se realizan análisis de regresión múltiple (ARM). En la tabla 4.18. se muestra el resumen del ARM considerando el fitoplancton como variables dependiente nutrientes como variables independientes.

Tabla 4.18. Resumen regresión múltiple fitoplancton.

Variable dependiente	Variable independiente
<i>Ochrophyta</i>	[PSR] $\mu\text{M}$
<i>Chlorophyta</i>	[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] $\mu\text{M}$
<i>Dinophyta</i>	-
<i>Charophyta</i>	[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] $\mu\text{M}$
	[PSR] $\mu\text{M}$
	[Si] $\mu\text{M}$
<i>Euglenophyta</i>	[PSR] $\mu\text{M}$
<i>Haptophyta</i>	[NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] $\mu\text{M}$
	[Si] $\mu\text{M}$
<i>Bigyra</i>	-

A continuación se muestra el resumen del ARM considerando el del zooplancton como variable dependiente, y el fitoplancton como variable independiente.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

Tabla 4.19. Resumen regresión múltiple zooplancton.

Variable dependiente	Variable independiente	Variable dependiente	Variable independiente
<b>Tintinidos</b>	<i>Ochrophyta</i>	<b>Cladóceros</b>	Chlorophyta
	<i>Dinophyta</i>		Charophyta
	<i>Euglenophyta</i>		Haptophyta
<b>Larvas de crustáceos</b>	<i>Haptophyta</i>	<b>Pterópoda</b>	-
	<i>Bigyra</i>	<b>Copépoda</b>	-
<b>Hidromedusas</b>	<i>Ochrophyta</i>	<b>Poliquetos</b>	-
	<i>Euglenophyta</i>	<b>Rotíferos</b>	-
	<i>Bigyra</i>	<b>Misidáceos</b>	-

En la siguiente tabla 4.20. se pueden observar los datos obtenidos tras la regresión múltiple, tras ver la relación que posee el zooplancton como variable dependiente con la cantidad de macrofauna bentónica como variable independiente.

Tabla 4.20. Resumen regresión múltiple macrofauna.

Variable dependiente	Variable independiente
Moluscos	Pterópoda
	Poliquetos
	Cladóceros
Crustáceos	Pteropoda
Poliquetos	-

Por último para una representación más visual e intuitiva, se muestran unos esquemas que son la representación de las tablas 4.18.,4.19. y 4.20.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

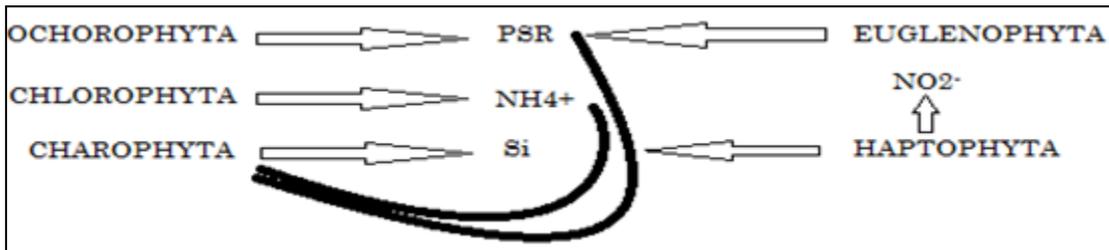


Figura 4.13. Resumen regresión múltiple fitoplancton.

En el anterior esquema 1, se pueden observar como varios nutrientes son necesarios para la aparición de diferentes especies de fitoplancton, pero también se puede observar como son el nitrógeno, fósforo y sílice los nutrientes esenciales para el crecimiento fitoplanctónico.

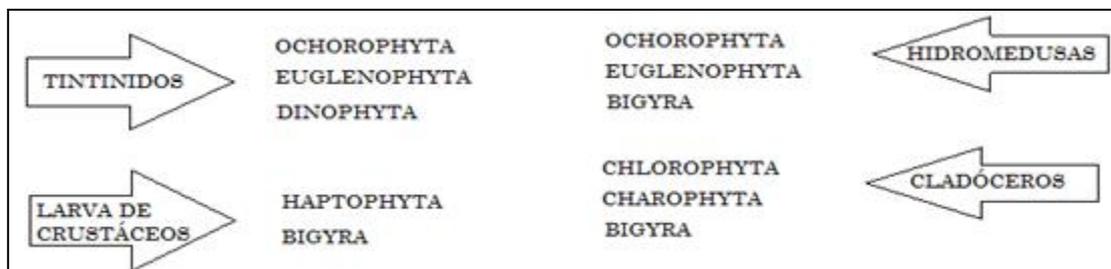


Figura 4.14. Resumen regresión múltiple zooplancton.

Después de ver que existe una relación entre concentración de nutrientes y especies fitoplanctónicas, como se muestra en el esquema 1, en el esquema 2 se puede ver como también existe una relación entre las diferentes especies de fitoplancton y las especies de zooplancton que existen. En este caso no se limita a sólo tres tipos de especies fitoplanctónicas si no que, es más amplia la variedad de fitoplancton la que influye y contribuye a la aparición de zooplancton.

De la misma manera se puede ver el esquema 3 donde se representa la relación que tiene la macrofauna con el zooplancton.

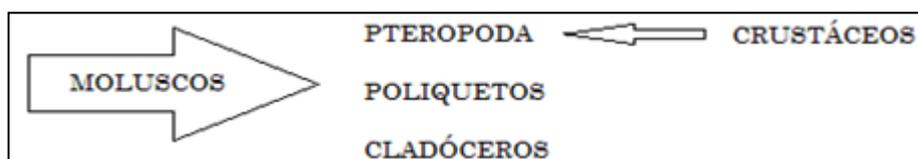


Figura 4.15. Resumen regresión múltiple macrofauna.

Estas relaciones son más complejas, y los datos que se poseen no son suficientes para determinar con detalle las relaciones.

## 5 DISCUSIÓN

Para empezar se destaca que, la biomasa del fitoplancton sigue siendo relativamente bajo en la mayor parte de las zonas costeras del Mediterráneo (Yilmaz *et al.*, 1992;. Duarte *et al.*, 2000;. Drira *et al.*, 2010).

La comprensión de cómo los alimentos (nutrientes) afectan al fitoplancton, nos puede ayudar a comprender mejor como varía su crecimiento, diversidad y producción del mismo. Es necesario dicho estudio para evaluar adecuadamente el impacto del enriquecimiento de nutrientes y la eficacia de las estrategias de reducción de nutrientes posteriores (Gobler *et al.*, 2006), además de observar las relaciones entre la macrofauna y zooplancton con el fitoplancton. Observando los datos obtenidos podemos decir que:

A partir de la anterior figura 4.1. se deduce que, la **temperatura** se incrementó a medida que los días pasaban, por tanto las temperaturas fueron cambiando progresivamente con el paso del tiempo, y no hay diferencias destacables entre los diferentes puntos de muestreo. Sebastiá *et al.* (2013) encuentra también diferencias significativas en las temperaturas en las dos tomas de muestreo ya que, las tomas fueron en diferente época del año. Por tanto nuestras diferencias en las temperaturas se pueden decir que vienen dadas por el período de toma de muestra.

Por otro lado la **salinidad** es más baja en la estación de muestreo de la playa de Daimús (E7) debido a que esta zona está influenciada por las aguas del río Serpis. Por eso la baja salinidad del punto de muestreo. Para contrastar datos en relación a la salinidad según Sebastiá *et al.* (2013) se asume que la salinidad superficial media en épocas de lluvias es de 35,7 mientras que en épocas de sequía es de 36,7. Sin embargo en los datos tomados se puede ver que la máxima salinidad es de 38,9 en un momento de período en el cual sí que habían lluvias.

Respecto a la **materia orgánica disuelta coloreada** (MODC) estas sustancias están constituidas principalmente por ácidos húmicos que son ácidos orgánicos de coloración amarilla que dominan la absorción de la luz visible y UV en la región azul del espectro (Kirk, 1996; Mc Knight *et al.*, 2001). En el presente estudio los valores más bajos de materia orgánica disuelta coloreada se encontraron en las playas de Gandía y Oliva, con 0,077 y 0,154 respectivamente, y los más elevados se dieron en Cullera (E2), Daimús (E7) y el Puerto de Oliva (E9). Estos resultados obtenidos coinciden con los datos recopilados por Kirk (1996) en la desembocadura del río Ródano (Mediterráneo), donde se obtuvieron valores comprendidos entre 0,086 y 0,572 ( $m^{-1}$ ).

Los puntos que mayor **sólidos en suspensión** poseen son la playa de l'Ahuir (E4) y la playa de Oliva (E8). Siendo la playa de Oliva cercana al puerto la zona con menos cantidad de sólidos en suspensión.

En el análisis de **clorofila a** se puede observar como presenta un comportamiento similar a la cantidad de fitoplancton de la zona estudiada. Los puntos que mayor concentración tienen son E6 (playa de Daimús), E8 (playa Oliva Norte) y E9 (playa Oliva Sur) seguramente estas concentraciones altas son debidas al agua de escorrentía (Magazzu y Decembrini, 1995; Agawin *et al.*, 1998;. Duarte *et al.*, 2000;. *Olivos et al.*, 2002) cargada de fósforo.

Como se puede ver en la figura 4.7., la concentración de sílice es mayor en la estación E7 (playa de Daimús), y la concentración menor de **sílice** la encontramos en la estación E4 (playa del Ahuir). La estación E7 posee mayor concentración de sílice que las demás, porque en esos momentos tras las lluvias torrenciales el río Serpis evacuaba una gran cantidad de agua. La pluma del río Serpis llegaba hasta Daimús, y estas aguas poseían una gran cantidad de sílice. Los demás nutrientes presentan características similares en todas las estaciones.

En general, el **nitrógeno** se considera limitante en sistemas marinos (Ryther & Dunstan, 1971) y el fósforo en las aguas dulces (Schindler, 1977), pero estos dos dogmas han sido cuestionados (Sterner, 2008; Domingues *et al.*, 2011). El mar Mediterráneo tiene por lo general el fósforo como nutriente limitante aunque una revisión de los trabajos publicados sobre este asunto muestra que hay discrepancias importantes (Domingues *et al.*, 2011). Algunos autores han señalado que la N-limitación es más probable que P-limitación en las zonas de la occidental Mediterránea (Owens *et al.*, 1989;. Karafistan *et al.*, 1998;. *Olivos et al.*, 2002). Según las relaciones de Redfield, se puede observar como es más clara la deficiencia primeramente de sílice posteriormente de nitrógeno y por último de fósforo según los datos de este estudio. Por tanto respecto a la relación de **nutriente limitante**; podemos decir que, ocho de las estaciones de muestreo poseen la limitación primordial de sílice seguida del nitrógeno y por último el fósforo. No obstante encontramos la playa de Gandía que tiene una delimitación diferente, primeramente el nitrógeno seguido del sílice y por último el fósforo. Por último el punto E7 correspondiente a la playa de Daimús tras realizar el muestreo después de varios días lloviendo, y el río Serpis incorporar suficiente agua con carga de sílice, se puede ver como el nutriente limitante es el nitrógeno, seguido de fósforo y por último el sílice. Alta abundancia de sílice durante el verano en estuarios provenientes del aporte directo de aguas residuales u cauces se relacionan con una abundancia de diatomeas (Garmendia *et al.*, 2011). Son las estaciones E4

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

(Playa de l' Ahuir) y E7 (Playa de Daimús) las que presentan mayor concentración de diatomeas sin embargo, E4 es una estación con baja concentración de sílice, mientras que E7 es la estación que más sílice presenta en el momento del muestreo. Esta diferencia de concentraciones del nutriente (sílice) en dos estaciones con concentraciones altas de diatomeas es venida a que, en la estación E4 el sílice que entra es incorporado directamente por el fitoplancton mientras que en la estación E7 el aporte del mismo es tan grande que, es suficiente para el crecimiento fitoplanctónico y por tanto no hace descender su concentración en el agua marina.

En relación a la **macrofauna**, como se ha mencionado con anterioridad se han hallado 23 especies diferentes de macrofauna a un metro de profundidad que se dividen en: 11 especies diferentes de crustáceos, 4 especies diferentes de moluscos y 8 de poliquetos. La cantidad de crustáceos por metro cuadrado es superior en casi todas las estaciones. Siendo en la estación primera la que mayor cantidad de poliquetos posee con una cantidad de 6653 individuos / m<sup>2</sup>.

La heterogeneidad espacial respecto a la macrofauna es un fenómeno muy común en la naturaleza. De hecho, la mayor parte de las especies se distribuyen en el espacio según un patrón agregado. Las agregaciones espaciales de organismos, o parches, pueden tener diferentes causas, que van desde fenómenos conductuales, reclutamientos, competencia, disponibilidad de alimento, perturbación y por último factores físicos.

La fauna de invertebrados mayores de 1 mm (macrofauna) que habita la zona intermareal de playas de arena no constituyen la excepción. La densidad de la macrofauna intermareal sufre importantes variaciones espaciales a lo largo de las playas de arena.

La morfodinámica de la zona intermareal constituye dentro del contexto de la «ecología de playas de arena», el factor clave explicativo de la distribución y densidad de la macrofauna intermareal (McLachlan 1988; McLachlan *et al.*, 1993, Jaramillo *et al.*, 1993). La morfodinámica está asociada a una serie de variables físicas altamente correlacionadas: tipo de sedimento, pendiente de la playa, tipo de oleaje y clima de marea, (según los autores anteriores). Como en nuestro estudio se ha medido sólo el tipo de sedimento, y la macrofauna de la zona a un metro de profundidad, al realizar el análisis estadístico no han salido correlaciones significativas. Cabe decir que posiblemente esto vendrá dado por que el número de ejemplares encontrado no ha sido relativamente alto, ya que se sabe que a un metro de profundidad es una zona en la cual no hay una gran cantidad de macrofauna.

Respecto a las diferentes especies de **zooplancton** encontrados se han encontrado: tintinidos, pterópodos, copépodos, poliquetos, rotíferos, larvas de crustáceos, hidromedusas, cladóceros y misidáceos. Tras realizar una representación de la concentración de individuos que podemos encontrar en las diferentes estaciones (individuos/L) se puede observar como la mayor cantidad de ejemplares los representan los tintinidos siendo en la estación E4 (playa de Ahuir) la que mayor concentración posee. Según González (2000) en su estudio, teniendo en cuenta que las muestras las tomó en una época de lluvias, según él, el zooplancton se alimentó mayoritariamente del género fitoplanctónico *Peridinium*. Y las especies de rotíferos se suelen alimentar de material particulado. Por otro lado las especies fitoplanctónicas de *Nitzschia* y *Scenedesmus* suelen servir de alimento para copépodos. Según González (2000) en zonas tropicales y subtropicales, el zooplancton de gran cuerpo es escasos, y las especies se alimentan por filtración de las especies de cuerpo pequeño que son las que dominan (Roche *et al.*, 1993; Arcifa *et al.*, 1995); estas especies son menos eficientes en el control de fitoplancton. Según los análisis estadísticos realizados a partir de los datos tomados la cantidad de *Euglenophyta* está correlacionado positivamente con la cantidad de poliquetos cuanto más cantidad de *Euglenophyta* más cantidad de poliquetos.

De la figura 4.11 se puede analizar el **fitoplancton** como se ha mencionado las especies de fitoplancton encontrados sumaron un total de 65 especies diferentes de fitoplancton el porcentaje del cual se distribuye de la siguiente manera: *Ochrophyta* (24%), *Chlorophyta* (6%), *Dinophyta* (56%), *Charophyta* (3%) y *Euglenophyta* (11%). Las *Haptophyta* y *Bigyra* presentan muy pocos ejemplares.

En términos de riqueza de especies, *Dinophyta* y *Orchophyta* fueron los grupos más importantes. *Orchophyta* era el grupo más grande con respecto al número total de taxones identificados (se identificaron 31 especies), que pertenecían a 30 géneros diferentes. La más representativa dentro del género son las navículas. Cabe decir que, aunque Ahuir (E4) y Daimús (E7) son las únicas estaciones en las cuáles el porcentaje de *Ochrophyta* son mayores, la concentración en E7 es mucho mayor; siendo 4340 cel/L en E4 mientras que 9660 cel/L en E7. Aunque cabe decir que la estación que mayor concentración de *Ochrophyta* tiene es la playa de Oliva sur (E9) con un total de 9720 cel/L, no obstante esta estación posee una mayor concentración de *Dinophyta*.

En la zona costera de Gandía, es el fitoplancton junto al nanoplancton lo que forman la biomasa mayoritaria de nuestros puntos de muestreo durante el verano y la primavera. La

contribución de las formas pequeñas (<20 µm) al total de clorofila-a podría llegar a 38,9% en los puntos del municipio de Gandía según Sebastià (2012).

Algunas especies de dinoflagelados y diatomeas que han aparecido en esta zona de muestreo son potencialmente nocivas, según Anderson *et al.*, (2002) estos organismos que presentan unos requerimientos concretos de nutrientes pueden ver satisfechas sus necesidades por los aportes de nutrientes que llegan a través de las aguas dulces, de ahí su aparición en esta zona.

En general, estas concentraciones son de 100 cel l-1 en el caso de *Alexandrium spp*, 500 cel l-1 para *Dinophysis spp*. Y *Prorocentrum lima*, 200.000 cel l-1 para *Pseudo-nitzschia spp*. 500 cel l-1 para especies neurotóxicas y 200.000 para ictiotóxicas. Cabe decir que estos valores han sido extraídos en base a la bibliografía existente y sólo pueden ser considerados como orientativos pues fluctúan de unos autores a otros.

En cuanto al número de células/L el grupo más abundante es el de las *Dinophyta*. Las *Dinophyta* son un grupo principalmente, formado por más de 2.000 especies y que habitualmente se conocen con el nombre de dinoflagelados. Principalmente abarca especies planctónicas en las que el tamaño suele ser inferior a 500 µm, aunque hay especies que llegan a alcanzar varios milímetros.

De igual modo a partir de la tabla 4.16. se puede decir que:

- En los puntos E1 (Cap Blanc) y E2 (Cap de Sant Antoni) el porcentaje de especies es mayoritario en el tipo de *Euglenophyta*, esto se debe a que en las costas Cullera reciben grandes aportes de agua subterránea dulce. Por otro lado se destaca que según Gadea (2013) las *Euglenophyta* aparecen sobre todo en la temporada de lluvias y que en su estudio se encontraron altas concentraciones del género *Euglenophyta* en la boca de la playa de Venecia por la influencia del Serpis y en la entrada del puerto de Gandía. Esos dos puntos en este estudio no se han tratado pero se añade la información que en la playa de Cullera hay grandes concentraciones del mismo género seguramente por los aportes de aguas subterráneas y además por estar justo, en lugares resguardados por los espigones en el cual la hidrodinámica no era fuerte, según Gadea (2013). Aunque se discrepa la siguiente hipótesis "*Euglenophyta se han observado en lugares eutróficos y en sistemas en los que han sido relacionados con altos niveles de nutrientes y la disminución de la turbulencia*" (Olly *et al.*, 1996; Celik & Ongun,

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

2007, Sebastián *et al.*, 2012). Según este trabajo se afirma que, en lugares con bajas turbulencias sí, pero con altas concentraciones de nutrientes no; ya que, sólo E1 (Cap Blac) posee una alta concentración de amonio, y no es la estación de muestreo que más concentración posee.

- En los puntos E3, E4, E5, E8, E9 y E10 el porcentaje de especies es mayoritario en el tipo de *Dinophyta*. Esta abundancia de dinoflagelados en la mayoría de las estaciones, seguramente viene debido a que los muestreos se realizaron en zonas cercanas a la costa, y es donde su abundancia es mayor. La abundancia de dinoflagelados, es mayor en las aguas costeras que en las aguas marinas. además han sido identificados como grupos con preferencia por las condiciones eutróficas, (Latasa *et al.*, 2010).

- En los puntos E4 y E7 el porcentaje de especies es mayoritario en el tipo de las *Ochrophyta* o diatomeas, en general, son especies de crecimiento rápido en condiciones no limitantes de nutrientes (Paches, 2010) y suelen dominar en aguas costeras templadas (Muylaert *et al.*, 2009), y en las que se den concentraciones suficientes de nutrientes, especialmente sílice (Edge, 1998).

La biomasa del fitoplancton puede ser estimada determinando la concentración de pigmentos fotosintéticos en una muestra de agua. Midiendo la concentración de la clorofila-a se puede estimar la biomasa de la mayor parte del fitoplancton presente en un cuerpo de agua.

Por otro lado tras los **análisis estadísticos** (anexo 2) se puede concluir diciendo que, sí, hay una relación entre nutrientes y fitoplancton, que de la misma manera existe una relación entre especies de fitoplancton y especies de zooplancton y por último de macrofauna respecto especies de zooplancton.

Por otra parte, los resultados indican que cantidades altas de nitritos y nitratos en comparación con los valores de fósforo irían asociados a la mayor presencia de *Ochrophyta* y *Dinophyta*.

Además se puede relacionar la cantidad de *Chlorophyta* con la salinidad; valores altos de salinidad están relacionados con la cantidad de *Chlorophyta* (valores altos de la salinidad junto con otros factores como la temperatura van asociados a cantidades altas de Chlorophytas) Pero son características de agua dulce. Según (Sebastián *et al.*, 2013 & Soler *et al.*, 1995) se llega a una distinta conclusión.

## 6 CONCLUSIONES

En los laboratorios de la Escuela Politécnica Superior de Gandía (EPSG) se ha desarrollado la investigación sobre las relaciones que hay entre diferentes niveles tróficos de un ecosistema marino costero, que corresponde a la zona de surf, a fin de evaluar las interacciones entre ellos y los diferentes factores que afectan a los mismos.

Finalmente, se han logrado alcanzar los objetivos planteados con anterioridad en el punto 2 de este trabajo. Los principales problemas que han concurrido durante este estudio son: las condiciones meteorológicas durante el período de muestreo, y el análisis de nitratos ya que el rendimiento de la columna "de reducción de nitratos a nitritos" no llegaba a ser el adecuado.

Con todo ellos se han llegado a las siguientes conclusiones:

1- La abundancia de fitoplancton está muy correlacionada con la disponibilidad de nutrientes en la zona de estudio.

2- Respecto al zooplancton:

- Los Tintinidos presentan una correlación positiva con las (*Ochorophyta*, *Euglenophyta* y *Dinophyta*).
- Las Hidromedusas presentan una correlación positiva con las (*Ochorophyta*, *Euglenophyta* y *Bigyra*).
- Las Larvas de crustáceo presentan una correlación positiva con (*Bigyra* y *Haptophyta*).
- Los Cladóceros presentan una correlación positiva con las (*Bigyra*, *Charophyta* y *Chlorophyta*).

3- No se ha podido encontrar una relación clara entre macrofauna y fitoplancton, mientras que sí se ha encontrado una relación clara entre zooplancton y macrobentos. La clase zooplanctónica *Pteropoda* posee una correlación con Crustáceos y Moluscos; mientras que la clase zooplanctónica Poliquetos y Cladóceros poseen una correlación con la clase de macrofauna "moluscos".

4- En ocho de los diez puntos de muestreo, el nutriente limitante ha sido el sílice mientras que en los otros dos, el nutriente limitante es el nitrógeno.

5- El aporte de sílice por el río Serpis puede estar modificando las comunidades fitoplanctónicas de la zona.

**7 BIBLIOGRAFÍA**

- ❖ Anderson, D. M., Glibert, P. M., & Burkholder, J. M. (2002). Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*, 25(4), 704-726.
- ❖ Agawin, N. S., Duarte, C. M., & Agusti, S. (1998). Growth and abundance of *Synechococcus* sp. in a Mediterranean Bay: seasonality and relationship with temperature. *Marine Ecology Progress Series*, 170, 45-53.
- ❖ Arcifa, M. S., F. L. R. M., Starling, L. H., Sipauva-Tavares, X., Lazzaro, (1995). Experimental Limnology. In: Tundisi, J. G., C. E. M. Bicudo & T. Matsumura-Tundisi (eds), *Limnology in Brazil*. Brazilian Academy of Sciences and Brazilian Limnology Society, Rio de Janeiro, 257–281.
- ❖ Baumgarten, M.G., Rocha, J. M., Niencheski, L. F. (1996). *Manual de análisis en oceanografía química*. Rio Grande, Ed. da FURG, Brasil, 132.
- ❖ Bendschneider, K., & Robinson, R. J. (1952). A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water.
- ❖ Camargo, J. A., & Alonso, A. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Revista Ecosistemas*, 16(2).
- ❖ Celik, K., & Ongun, T. (2007). The relationships between certain physical and chemical variables and the seasonal dynamics of phytoplankton assemblages of two inlets of a shallow hypertrophic lake with different nutrient inputs. *Environmental monitoring and assessment*, 124(1-3), 321-330.
- ❖ Denis-Karafistan, A., Martin, J. M., Minas, H., Brasseur, P., Nihoul, J., & Denis, C. (1998). Space and seasonal distributions of nitrates in the Mediterranean Sea derived from a variational inverse model. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 45(2), 387-408.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

- ❖ Domingues, R. B., Anselmo, T. P., Barbosa, A. B., Sommer, U., & Galvão, H. M. (2011). Nutrient limitation of phytoplankton growth in the freshwater tidal zone of a turbid, Mediterranean estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91(2), 282-297.
- ❖ Drira, Z., Hamza, A., Bel Hassen, M., Ayadi, H., Bouain, A., & Aleya, L. (2010). Coupling of phytoplankton community structure to nutrients, ciliates and copepods in the Gulf of Gabes (south Ionian Sea, Tunisia). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(06), 1203-1215.
- ❖ Duarte, C. M., Agusti, S., & Agawin, N. S. (2000). Response of a Mediterranean phytoplankton community to increased nutrient inputs: a mesocosm experiment. *Marine Ecology Progress Series*, 195, 61-70.
- ❖ Egge, J. K. (1998). Are diatoms poor competitors at low phosphate concentrations?. *Journal of marine systems*, 16(3), 191-198.
- ❖ Gadea, I., Rodilla, M., Sospedra, J., Falco, S., & Morata, T. (2013). Seasonal dynamics of the phytoplankton community in the Gandia coastal area, southern gulf of Valencia. *Thalassas*, 29(1), 35-58.
- ❖ García, M. E., Peña, Á. R. M., Odila De laTorre, V., Ramírez, H. U., & Israde, I. (2007). Disolución de sílice biogénica en sedimentos de lagos utilizados como bioindicadores de calidad del agua. *e-Gnosis*, (5), 1.
- ❖ Garmendia, M., Revilla, M., Bald, J., Franco, J., Laza-Martínez, A., Orive, E., Seoane, S., Valencia, V., & Borja, Á. (2011). Phytoplankton communities and biomass size structure (fractionated chlorophyll "a"), along trophic gradients of the Basque coast (northern Spain). *Biogeochemistry*, 106(2), 243-263.
- ❖ Gobler, C. J., Buck, N. J., Sieracki, M. E., & Sañudo-Wilhelmy, S. A. (2006). Nitrogen and silicon limitation of phytoplankton communities across an urban estuary: The East River-Long Island Sound system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68(1), 127-138.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

- ❖ González, E. J. (2000). Nutrient enrichment and zooplankton effects on the phytoplankton community in microcosms from El Andino reservoir (Venezuela). *Hydrobiologia*, 434(1-3), 81-96.
- ❖ Grasshoff, K., (1976). *Methods of Seawater Analysis*. Verlag chemie. New York: 167-173.
- ❖ Jaramillo, E., McLachlan, A., & Coetzee, P. (1993). Intertidal zonation patterns of macroinfauna over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 101.
- ❖ Jeffrey, S. T., & Humphrey, G. F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanz*, 167(19), 1-194.
- ❖ Kirk, J. T. O. (1994). *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. Cambridge university press.
- ❖ Krom, M. D., Kress, N., Brenner, S., & Gordon, L. I. (1991). Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. *Limnology and Oceanography*, 36(3), 424-432.
- ❖ Kuang, Q., Bi, Y., Xia, Y., & Hu, Z. (2004). Phytoplankton community and algal growth potential in Taipinghu Reservoir, Anhui Province, China. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 9(2), 119-124.
- ❖ Lampert, W., & Sommer, U. (2007). *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. Oxford university press.
- ❖ Latasa, M., Scharek, R., Vidal, M., Vila-Reixach, G., Gutiérrez-Rodríguez, A., Emelianov, M., & Gasol, J. M. (2010). Preferences of phytoplankton groups for waters of different trophic status in the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 407, 27-42.
- ❖ Lewis Jr, W. M. (1996). Tropical lakes: how latitude makes a difference. *Perspectives in tropical limnology*, 43-64.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

- ❖ Lomas, M. W., & Glibert, P. M. (1999). Temperature regulation of nitrate uptake: A novel hypothesis about nitrate uptake and reduction in cool-water diatoms. *Limnology and Oceanography*, 44(3), 556-572.
- ❖ Magazzu, G., & Decembrini, F. (1995). Primary production, biomass and abundance of phototrophic picoplankton in the Mediterranean Sea: a review. *Aquatic microbial ecology*, 9(1), 97-104.
- ❖ McKnight, D. M., Boyer, E. W., Westerhoff, P. K., Doran, P. T., Kulbe, T., & Andersen, D. T. (2001). Spectrofluorometric characterization of dissolved organic matter for indication of precursor organic material and aromaticity. *Limnology and Oceanography*, 46(1), 38-48.
- ❖ McLachlan, A. (1988). Behavioural adaptations of sandy beach organisms: an ecological perspective. *Behavioral adaptation to intertidal life*. Plenum, New York, 449-475.
- ❖ McLachlan, A., Jaramillo, E., Donn, T. E., & Wessels, F. (1993). Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. *Journal of Coastal Research*, 27-38.
- ❖ Melack, J. M. (1996). Recent developments in tropical limnology. *Verhandlungen-Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 26, 211-217.
- ❖ Mozetič, P., Malačič, V., & Turk, V. (2008). A case study of sewage discharge in the shallow coastal area of the Northern Adriatic Sea (Gulf of Trieste). *Marine Ecology*, 29(4), 483-494.
- ❖ Murphy, J., & Riley, J. P. (1958). A single solution method for the determination of soluble phosphate in sea water. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 37, 9-14.
- ❖ Muylaert, K., Sabbe, K., & Vyverman, W. (2009). Changes in phytoplankton diversity and community composition along the salinity gradient of the Schelde estuary (Belgium/The Netherlands). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 82(2), 335-340.
- ❖ Navarro, B. J. B. (2003). Estado y evolución de los procesos de intrusión marina en la unidad hidrogeológica 08.38 plana de Gandía-Denia (Valencia-Alicante, España).

- ❖ Olivos-Ortiz, A., Masó-Agustina, M., & Camp-Sancho, J. (2002). Continental runoff of nutrients and their possible influence over stoichiometrical relations (DIN: P: Si) in the Northwest Mediterranean waters. *Ciencias Marinas*, 28(4), 393-406.
- ❖ Olli, K., Heiskanen, A. S., & Seppälä, J. (1996). Development and fate of *Eutreptiella gymnastica* bloom in nutrient-enriched enclosures in the coastal Baltic Sea. *Journal of plankton research*, 18(9), 1587-1604.
- ❖ Owens, N. J. P., Rees, A. P., Woodward, E. M. S., & Mantoura, R. F. C. (1989). Size-fractionated primary production and nitrogen assimilation in the north-western Mediterranean Sea during January 1989. *Water Pollution Research Reports*, 13, 126-135.
- ❖ Pachés, M. (2010). *PHYMED: Un sistema de indicadores ecológicos para la Directiva Marco del Agua basado en la composición de la comunidad fitoplanctónica*. Universitat Politècnica de València (Spain) (Doctoral dissertation, PhD. Thesis).
- ❖ Parnell, P. (2003). The effects of sewage discharge on water quality and phytoplankton of Hawai'ian coastal waters. *Marine environmental research*, 55(4), 293-311.
- ❖ Roche, K. F., Sampaio, E. V., Teixeira, D., Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J. G., & Dumont, H. J. (1993). Impact of *Holoshestes heterodon* Eigenmann (Pisces: Characidae) on the plankton community of a subtropical reservoir: the importance of predation by *Chaoborus* larvae. *Hydrobiologia*, 254(1), 7-20.
- ❖ Ryther, J. H., & Dunstan, W. M. (1971). Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. *Science*, 171(3975), 1008-1013.
- ❖ Schindler, D. W. (1977). Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science*, 195(4275), 260-262.
- ❖ Sebastiá, M. T., Rodilla, M., Sanchis, J. A., Altur, V., Gadea, I., & Falco, S. (2012). Influence of nutrient inputs from a wetland dominated by agriculture on the phytoplankton community in a shallow harbour at the Spanish Mediterranean coast. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 152, 10-20.

# Abundancia del fitoplancton de la zona de surf de playas arenosas: influencia de factores fisicoquímicos y biológicos

2013

- 
- ❖ Sebastiá, M. T., Rodilla, M., Falco, S., & Sanchis, J. A. (2013). Analysis of the effects of wet and dry seasons on a Mediterranean river basin: consequences for coastal waters and its quality management. *Ocean & Coastal Management*.
  - ❖ Soler Torres, E., & del Río, J. G. (1995). Spatial variations of phytoplankton community structure in a highly eutrophicated coast of the Western Mediterranean Sea. *Water Science and Technology*, 32(9), 313-322.
  - ❖ Sterner, R. W. (2008). On the phosphorus limitation paradigm for lakes. *International Review of Hydrobiology*, 93(4-5), 433-445.
  - ❖ Yilmaz, A., Bastürk, Ö., Saydam, C., Ediger, D., Yilmaz, K., & Hatipoglu, E. (1992). Eutrophication in Iskenderun Bay, north-eastern Mediterranean. *Science of the total environment*, 705-717.
  - ❖ Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: lake and river ecosystems*. Access Online via Elsevier.