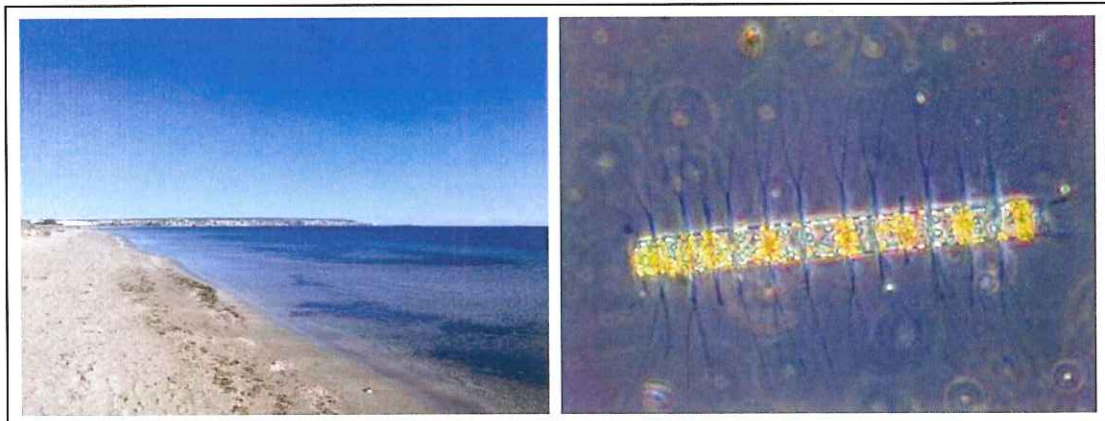




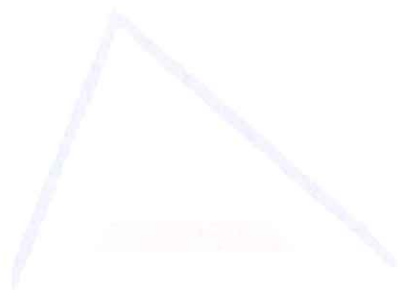
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Departament de Ciències del Mar i Biologia Aplicada
Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada

**PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DEL ESTADO.
INDICADORES BIOLÓGICOS EN LAS MASAS DE
AGUAS DE TRANSICIÓN. CASO DE SANTA POLA Y
DESEMBOCADURA DEL SEGURA**



Noviembre 2016



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Investigador Principal / Coordinador del Proyecto

Alfonso A- Ramos Esplá

Catedrático del Dpto. Ciencias del Mar y Biología Aplicada

Coordinador y Director Científico del CIMAR (Centro de Investigación Marina)

alfonso.ramos@ua.es

Tlf.: +34 965903400 Ext. 9840 (Secretaria del Departamento)

Investigador Especialista:

Javier Aguilar Escribano

Profesor Asociado del Dpto. Ciencias del Mar y Biología Aplicada

javier.aguilar@ua.es

Tlf.: +34 965903400 Ext. 9840 (Secretaria del Departamento)

Equipo Técnico:

Andrés Izquierdo Muñoz

Técnico Superior del Centro de Investigación Marina de Santa Pola (CIMAR)

Universidad de Alicante – Ayuntamiento de Santa Pola

andrés.izquierdo@ua.es

Irene Antón

Técnico Superior del CIMAR

Universidad de Alicante –Ayuntamiento de Santa Pola

irene.anton@ua.es

Contenidos:

1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	5
2. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	6
2.1. MUESTREO.....	6
2.2. ESTUDIO DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA	9
2.3. PIGMENTOS MICROALGALES: CLOROFILAS.....	12
2.4. ESTADO ECOLÓGICO.....	122
3. RESULTADOS.....	15
3.1. PARÁMETROS FÍSICOS	155
3.2. FITOPLANCTON: INDICADOR BIOLÓGICO.....	166
3.2.1. LISTADO FLORÍSTICO	166
3.2.2. PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE LA COMUNIDAD	197
3.2.3. COMPOSICION DE LA COMUNIDAD	19
3.2.4. PIGMENTOS MICROALGALES: CLOROFILA A.....	23
4. CONCLUSIONES	24
5. BIBLIOGRAFÍA	26
6. ANEXO I – Listado Florístico.....	28
7. ANEXO II – Láminas de especies	333

1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada de la Universidad de Alicante (UA) y la Consellería de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana han adquirido el compromiso para la realización del “Evaluación del estado de las masas de agua de transición: Indicadores biológicos. Casos de Santa Pola y desembocadura del Segura”.

La evaluación del estado de las aguas es un elemento esencial en la aplicación de la legislación de aguas nacional y europea. En el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. En este documento se definen las aguas de transición como las masas de agua superficiales próximas a las desembocaduras de los ríos y que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce.

Hay que tener en cuenta que todas las masas de agua de transición han sido designadas como masas de agua muy modificadas (MAMM). Por consiguiente, tal y como establece la Directiva Marco del Agua (DMA 2000/60/CE), para las MAMM, se ha de determinar el potencial ecológico y no el estado ecológico.

El objetivo general de este estudio es la evaluación de las aguas de transición de Santa Pola y Guardamar del Segura (Comunidad Valenciana). Para ello se realizará un estudio completo de la comunidad fitoplanctónica presente en estas masas de agua, usando el fitoplancton como indicador/elemento de calidad biológico, en base a lo establecido por la legislación vigente (DMA 2000/60/CE y RD 817/2015).

2. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

2.1 MUESTREO

En este trabajo se ha planteado un muestreo desde la línea de costa, de igual manera al que se viene realizando por otras entidades públicas para la evaluación de las aguas de transición de la Comunidad Valenciana.

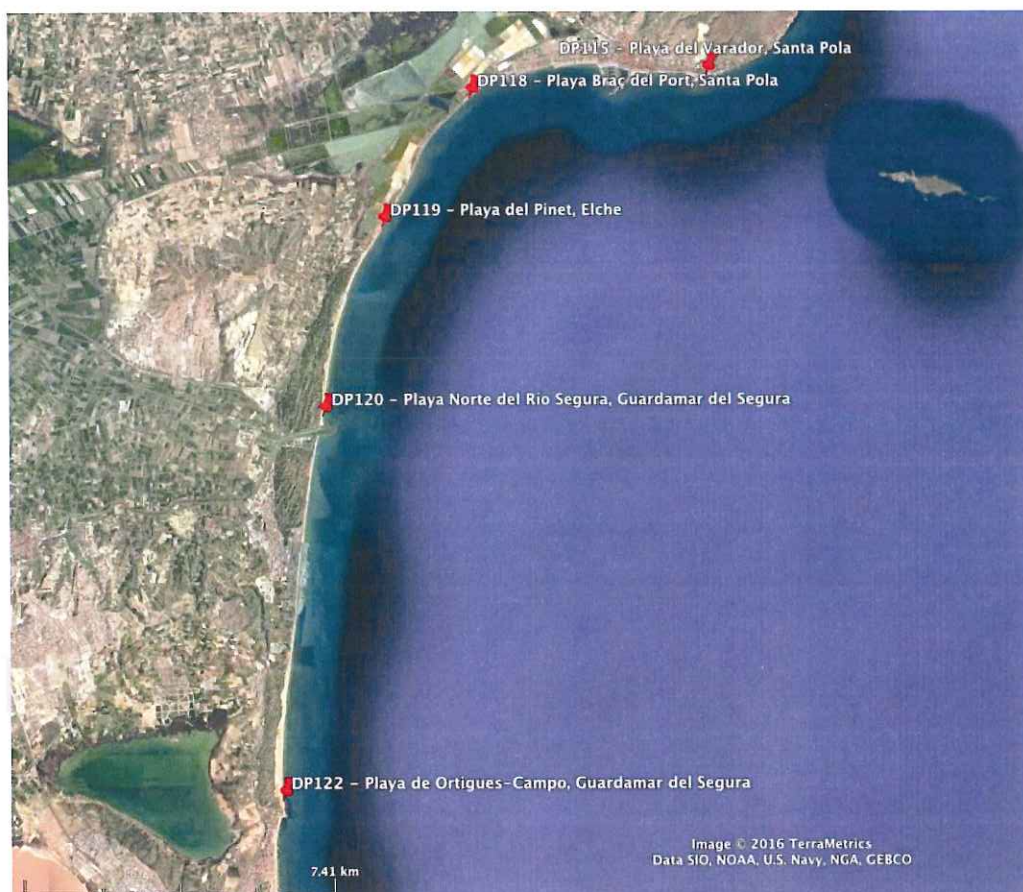


Figura 1: Imagen aérea donde se indican las localizaciones de los puntos de muestreo (imagen tomada con Google Earth).

Se ha realizado el muestreo en 5 puntos costeros, previamente utilizados para llevar a cabo otros estudios (caso de la DMA en la Comunidad Valenciana). En la figura 1 se indican los puntos de muestreo sobre una fotografía aérea de la

costa; y en la tabla 1 se presentan las denominaciones, las localizaciones (coordenadas) y el nombre de los puntos de muestreo. En las figuras 2-6 se observan las localidades de muestreo

Tabla 1. Localización de los puntos de muestreo

Id. muestra	ETRS89_X_H30	ETRS89_Y_H30	Nombre
DP 115	716011,1	4229973,4	Playa del Varadero, Santa Pola
DP 118	710117,22	4229153,47	Playa Braç del Port, Santa Pola
DP 119	708054,36	4225751,14	Playa del Pinet, Elche
DP 120	706777	4221197	Playa Norte del río Segura
DP 122	706159	4211836	Playa de Ortigues-Campo, Guardamar



Figura 2: DP 115 – Playa del Varadero, Sta. Pola



Figura 3: DP 118 – Playa Braç del Port, Sta. Pola



Figura 4: DP 119 – Playa del Pinet, Elche

Figura 5: DP 120 – Playa Norte del río Segura, Guardamar



Figura 6: DP 122 - Playa de Ortigues Campo, Guardamar

La recogida de muestra se ha realizado en superficie, alejados en torno a 20 m de la línea de batiente, con una profundidad de 50 cm aprox. Se recogen 10 L de agua de mar para la observación del fitoplancton y la medida de clorofilas; y mediante el uso de una sonda multiparamétrica (figura 7), se toman medidas *in situ* de los parámetros de: temperatura,

salinidad, pH, oxígeno disuelto (%) y por último se toma nota de la transparencia del agua (observación visual del técnico en base a una profundidad de 50 cm aproximadamente).

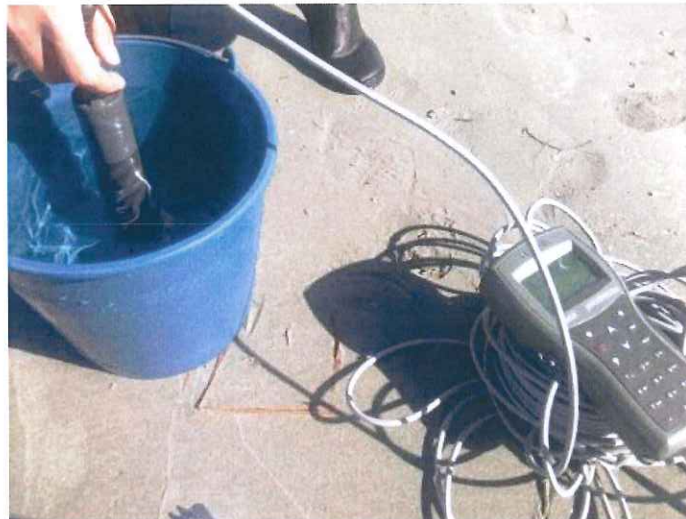


Figura 7: medición de parámetros in situ con sonda multiparamétrica.

De estos 10 litros de agua de mar iniciales se recogen 5 L de agua para la cuantificación de clorofilas, y 200 ml para el estudio de la comunidad fitoplanctónica. Estas últimas muestras son fijadas con una solución de lugol (fijador biológico), al 5% aprox. de concentración final. Todas las muestras son guardadas en oscuridad para su posterior análisis en el laboratorio.

2.2 ESTUDIO DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

El análisis microscópico de la comunidad fitoplanctónica, se ha llevado a cabo mediante la aplicación de la Norma UNE-EN 15204:2007: "Calidad del agua. Guía para el recuento de fitoplancton por microscopía invertida", basada en el método de Utermöhl, donde la determinación e identificación de los organismos planctónicos se realiza mediante un microscopio óptico invertido, en nuestro caso un modelo CKX-41 de la marca Olympus, con contraste de fases y equipo fotográfico digital integrado (figura 8).



Figura 8: Microscopio invertido Olympus CK-X41

En este tipo de análisis se considera '*individuo*' a cada célula. En los géneros típicamente coloniales como *Leptocylindrus* sp., *Skeletonema* sp., *Pseudo-nitzschia* sp., o *Chaetoceros* sp., por ejemplo, se contabilizan **todos los individuos** existentes en la colonia. En el caso de encontrar especies del grupo de las cianofíceas se sigue el mismo principio, contabilizando cada individuo existente en la colonia, o si son especies filamentosas, el número de filamentos.

La nomenclatura de los taxones observados en los análisis ha sido corroborada usando el Registro Mundial de Especies Marinas (<http://www.marinespecies.org/>), a fin de proporcionar una nomenclatura actualizada de los taxones.

La determinación de la estructura de la comunidad se ha llevado a cabo mediante el cálculo de diferentes índices biológicos, entre los que se encuentran el **Índice de Diversidad de Shannon** (H'), basado en la "Teoría de la Información", la cual mantiene que tanto la diversidad como la información en un sistema natural puede ser medida de forma similar a la información contenida en un código o mensaje. Este índice asume

que los individuos se muestrean al azar a partir de una población indefinidamente grande y, además, presume que todas las especies están representadas en la muestra. Este índice es uno de los más utilizados en los análisis de carácter fitoplanctológico (UNEP/FAO/IOC), ya que es poco sensible a una identificación imprecisa y al olvido de especies representadas por pocos individuos. Otra característica importante de este índice es que tiene en cuenta tanto la riqueza en especies como la equitatividad de sus componentes. En este trabajo se ha usado este índice con logaritmo en base 2 (valor usado de forma común), pudiéndose utilizar cualquier otra base, aunque los resultados serán difícilmente comparables con otros trabajos. El rango de este índice oscila entre el 0 y 5, siendo 5 el valor máximo de diversidad, y sus unidades son los bits por célula.

El *Índice de Equitatividad* o de Pielou (J') también ha sido utilizado en este trabajo, y expresa la homogeneidad o heterogeneidad en la distribución de las especies en una determinada comunidad. Los valores de este índice oscilan entre 0 y 1, acercándose a la unidad cuanto más homogénea es la distribución de las especies en la biocenosis.

***Observaciones:**

Las afirmaciones referentes a la existencia o la no existencia de un peligro para la flora y fauna marina, así como para la salud del ser humano, en base a la toxicidad de alguna de las especies analizadas morfológicamente, ***nunca podrán basarse únicamente en las altas concentraciones celulares de las especies observadas en los análisis realizados.***

Establecer ***una alerta de peligro por toxicidad microalgal, sólo es posible mediante un análisis específico de toxinas en el medio y en los organismos afectados.***

En base a las características de este Informe Técnico ***únicamente se indicarán las especies que están catalogadas como tóxicas y/o nocivas, los posibles efectos derivados de su presencia y las toxinas que pueden producir cada cuna de dichas especies***

2.3 PIGMENTOS MICROALGALES: CLOROFILAS

La extracción del contenido de clorofilas (Chl *a*, *b*, y total) se ha realizado siguiendo el método de extracción propuesto por Hansmann (1973), donde en primer lugar se filtra el agua de mar con filtros de 1,2 micras de tamaño de poro, y sobre el cual se realiza la extracción de los pigmentos mediante la ayuda de un disolvente, en este caso acetona.

Una vez extraídos se realiza una medición con un espectrofotómetro y se aplican las ecuaciones propuestas por Parsons y Strickland (1965), para realizar la cuantificación. A continuación, se presentan las ecuaciones para cada una de las clorofilas cuantificadas y la ecuación para obtener el total de las mismas, donde:

- **Clorofila tipo a** ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) = $11,6 \cdot \text{DO } 665 \text{ nm} - 1,31 \text{ DO } 645 \text{ nm} - 0,14 \text{ DO } 630 \text{ nm}$
- **Clorofila tipo b** ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) = $20,7 \text{ DO } 645 \text{ nm} - 4,34 \text{ DO } 665 \text{ nm} - 4,42 \text{ DO } 630 \text{ nm}$
- **Clorofila tipo c** ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) = $55,0 \text{ DO } 630 \text{ nm} - 4,64 \text{ DO } 665 \text{ nm} - 16,3 \text{ DO } 645 \text{ nm}$
- * **Clorofila TOTAL** = **Cl a + Cl b + Cl c**

2.4 ESTADO ECOLÓGICO

Para el cálculo de los valores de referencia (Máximo Potencial Ecológico) la DMA aconseja utilizar condiciones físicas de referencia, análisis retrospectivo, modelos de predicción y/o juicio de expertos.

Según bibliografía consultada, ***las condiciones de las campañas invernales son las condiciones del máximo potencial ecológico y que los indicadores de composición fitoplanctónica adecuados para la evaluación son % de diatomeas, % de criptofíceas y % de prasinofíceas, todas ellas relacionadas positivamente con un buen potencial ecológico.***

Siguiendo el enfoque aplicado en la Comunidad Valenciana para la implementación de la DMA en aguas costeras, utilizando el fitoplancton como indicador de calidad biológica, se utilizará el percentil 50 (P50) como métrico para definir los valores de referencia.

También se hace referencia a que los límites entre clases aún no han sido establecidos mediante trabajos de intercalibración entre laboratorios de los Estados Miembros, por lo que se ha propuesto una delimitación equidistante de las clases de potencial ecológico: bueno, aceptable, deficiente y malo. El método de evaluación tendría los siguientes apartados:

1. Cálculo de los percentiles 50 de las variables: % de diatomeas, % de criptofíceas y % de prasinofíceas para cada una de las *muestras de invierno*. Estos valores serán considerados como *valores de referencia*.
2. Comparación de los valores de las tres variables en el resto de muestras con los valores de referencia, en función del métrico P50 de las muestras de invierno.
3. Establecimiento de un sistema de puntuación, según el cual:
 - a. Se evaluarán las tres variables seleccionadas por separado.
 - b. En el caso de que el valor de una de ellas esté por encima de su valor de referencia, se anotará un 1 en los resultados, y si el valor está por debajo, se anotará un 0.
 - c. Para cada muestra se realizará el sumatorio de los resultados de las tres variables seleccionadas.
4. Transformación de los resultados para el establecimiento de las clases ecológicas.

Una vez obtenidos los sumatorios de los tres indicadores para cada muestra, se establece una correspondencia entre los valores finales del sistema de puntuación (resultado) y la ratio 0-1 exigida por la DMA (Tabla 2), siendo 0 el valor correspondiente a la clasificación de **Malo** y 1 a **Bueno**.

Tabla 2: Clases de Potencial Ecológico y su baremación.

RESULTADO	RATIO (0 - 1)	CLASIFICACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO
3	1	Bueno (Máximo Potencial)
2	0,66	Aceptable
1	0,33	Deficiente
0	0	Malo

Nota importante: Cabe destacar que el muestreo realizado para este trabajo deberá ser considerado como un **muestreo otoñal** debido a que, en el mes de noviembre, en la zona de Levante, las temperaturas obtenidos en las medidas in situ están todas ellas por encima de los 17°C, y por tanto no puede considerarse como valores propios de la época invernal. Para tener resultados que nos permitan obtener los valores de referencia, con los cuales calcular el potencial ecológico de cada una de las muestras analizadas, deberíamos de realizar un muestreo en los meses de febrero-marzo, donde la temperatura esté por debajo de los 15 grados durante un largo periodo de tiempo, obteniendo una visión real de una comunidad fitoplanctónica típica del invierno.

3. RESULTADOS

3.1 PARÁMETROS FÍSICOS

A continuación, se presentan los valores de los principales parámetros físicos medidos in situ, una vez recogida la muestra (tabla 3).

Tabla 3: Parámetros físico de las masas de agua.

Id. muestra	Temp. (°C)	pH	OD %	Turbidez
DP 115	18,8	8,72	-	fondo
DP 118	17,7	8,84	-	fondo
DP 119	18,7	8,83	-	fondo
DP 120	17,9	8,80	-	fondo
DP122	17,3	8,51	-	fondo

En el apartado de oxígeno disuelto no aparece ningún valor debido a la existencia de un fallo en la membrana, detectado al llegar al laboratorio. En el apartado de turbidez, en todos los puntos de muestreo, el técnico que recogía la muestra podía observar el fondo marino sin ningún problema.

Los valores de temperatura son los esperados para la época del año en la que se ha muestreado (noviembre), no superando en ningún caso los 20°C.

3.2 FITOPLANCTON: INDICADOR BIOLÓGICO

3.2.1 LISTADO FLORÍSTICO

El listado completo de taxones y las concentraciones obtenidas en cada estación de muestreo se presentan en el **Anexo I**. Se han determinado un total de 75 taxones, destacando las diatomeas con 50, seguido por la dinoflageladas con 21. Las Cianobacterias (2 taxones), Cryptophyta (1) y Haptophyta (1) han estado poco representadas.

En todos los análisis realizados destacan dos géneros: *Leptocylindrus* con 2 especies: *L. minimus* (Fig. 9a) y *L. danicus*, y el género *Bacteriastrum* con representación de una única especie *B. delicatulum* (Fig 9b).

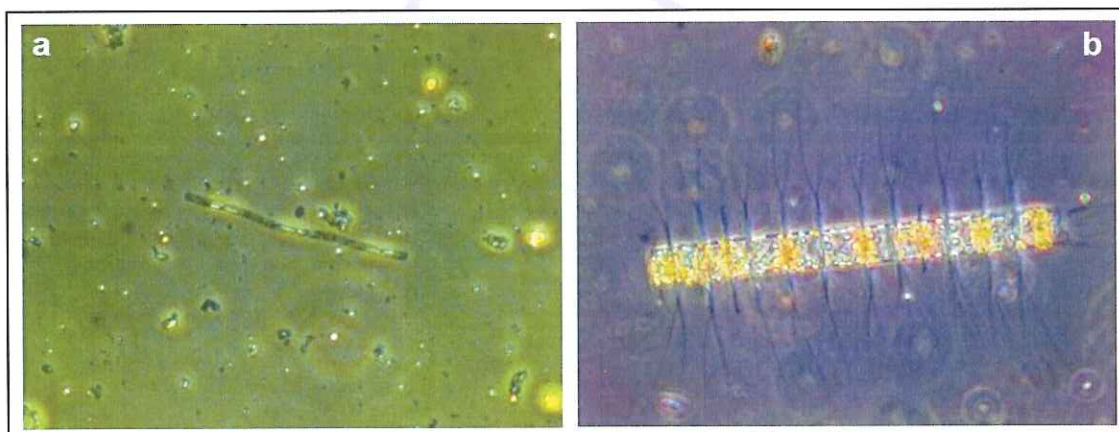


Figura 9: Bacillariophyceae abundantes: a) *Leptocylindrus minimus*; b) *Bacteriastrum delicatulum*.

Ambos son géneros pertenecen al grupo de las diatomeas (Clase Bacillariophyceae), con la característica de que son géneros coloniales, llegando a formar colonias de más de 15 individuos.

L. minimus es la especie destacada de este muestreo, presente en todas las muestras, con unos porcentajes de representación que oscilan entre el 16% de la muestra DP-118 (con 245.142 células·L⁻¹) y el 52,81% en DP-120 (213.332 células·L⁻¹).

B. delicatulum, por su parte, tiene su máxima representación (en %) en DP-115, con un 29,7% (12.371 células·L⁻¹), no superando en el resto de muestras el 10%. Si hablamos de abundancias, esta especie presenta abundancias superiores en el resto de muestras (excepto en DP-118), donde los valores de células·L⁻¹ oscilan entre 78.759 y 20.629. Estos valores son altos respecto al resto de especies presentes en estas muestras, pero no pueden competir con los valores superiores a las 90.000 células·L⁻¹ en DP-119, DP-120 y DP-122 obtenidos por *Leptocylindrus minimus*.

La presencia de una especie del grupo de las Cianobacteria en la muestra DP-118, con una representación del 55%. puede considerarse puntual, debido a que no aparece en ningún otro punto de muestreo, y su elevada representación viene asociada a que es una especie colonial, con un tamaño celular mínimo y un número muy elevado de células en cada colonia.

3.2.2 PARÁMETROS ESTRUCTURALES DE LA COMUNIDAD

A continuación, en la tabla 4 y Fig. 10, se presentan los valores de los diferentes parámetros estructurales que caracterizan a las comunidades fitoplanctónicas observadas en los análisis realizados.

Los valores obtenidos para las abundancias celulares (células por litro) oscilan entre las 40.000 células. L-1 de la muestra DP 115 (Playa del Varadero, Santa Pola) a las 694.743 células. L-1 de la muestra DP 119 (Playa del Pinet, Elche). Todas las muestras, excepto la denominada DP 115 presentan concentraciones celulares "teóricamente" elevadas para la época del año y las zonas de muestreo. Al no disponer de valores de abundancias celulares anteriores, no podemos determinar si los valores obtenidos en este trabajo están dentro del rango esperado, o no, para la época de muestreo y, por tanto, no podemos afirmar la existencia de un algún tipo de evento de **Floración Algal Nociva (FAN)**.

Tabla 4: Parámetros estructurales de la comunidad fitoplanctónica observada en cada uno de los puntos de muestreo.

Id. muestra	Células/L	Diversidad (H')	Equidad (J')	Nº taxones (S')
DP 115	41.647	3,15	0,62	34
DP 118	183.202	3,33	0,60	48
DP 119	694.743	3,68	0,72	35
DP 120	403.929	3,66	0,70	38
DP122	255.767	3,30	0,62	40

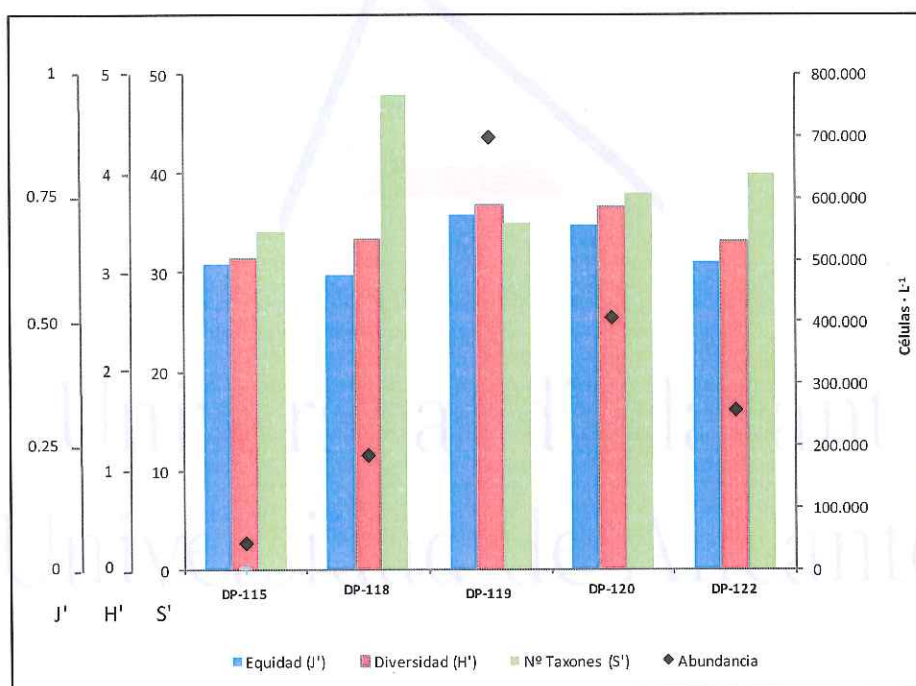


Figura 10: Parámetros estructurales de la comunidad fitoplanctónica. Abundancia (células · L⁻¹); Diversidad (bits · célula⁻¹)

En ningún caso, los valores obtenidos están cercanos, o sobrepasan, el 1 millón de células por litro, valor establecido como valor de referencia para que se produzca una coloración en

la masa de agua y, por tanto, sí que podemos afirmar, que en el momento del muestreo no existe fenómeno alguno de marea roja.

El índice de Diversidad (H') muestra valores, todos ellos, dentro de la horquilla entre los 3,15 y los 3,68 bits por célula; valores muy similares en todas las muestras y son considerados valores intermedios dentro de la escala de este índice (0-5).

El índice de Equidad (J') también posee valores que superan ligeramente el valor central del índice, estando entre 0,6 y 0,72; este rango de valores nos indica que existe una representación importante de un reducido número de taxones frente al resto de taxones observados en cada una de las muestras. El número total de taxones observados (S') oscila entre los 34 y los 48 para las muestras analizadas. En la figura 9 se pueden ver y comparar los valores de estos parámetros para cada uno de los puntos de muestreo analizados

En base a los valores obtenidos en los parámetros estructurales, y prestando especial atención a las abundancias celulares obtenidas en las muestras analizadas, podemos indicar que en las muestras DP 119 y DP 120 parece que se está produciendo, o se han producido ya, algunos episodios de Floraciones Algales Nocivas (FANs).

Es muy importante resaltar que los análisis realizados en este trabajo son puntuales para el momento del muestreo y la zona muestreada y que, para poder realizar una afirmación en firme sobre la existencia, o no, de un fenómeno/episodio FAN, es necesario tener resultados previos de las zonas de muestreo afectadas, y en las mismas épocas del año, para poder determinar si las concentraciones observadas en estos análisis son habituales, o por el contrario son episodios puntuales.

3.2.3 COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

En la figura 11 se puede la composición de la comunidad fitoplacntónica en función de la representación de los grandes grupos taxonómicos (*Phyla*).

Como se puede ver, todas las muestras presentan la misma configuración, con una dominancia absoluta de las diatomeas (Phylum Ochrophytas – Clase Bacillariophyceae); la excepción es la muestra DP-118, Playa Braç del Port, en la cual son las Cyanobacterias las que presentan una dominancia casi compartida al 50% con las diatomeas. En todas las muestras el phylum Myzozoa (Cl. Dinophyceae) posee una representación más o menos similar, siendo en las muestras DP-120 y DP-122 donde los porcentajes de representación oscilan entre el 4 y el 5%.

La dominancia de unas “pocas” especies dentro de la comunidad es una característica típica de eventos de Floración Algal Nociva (FAN), lo que corroboraría la presencia de un episodio de este tipo. No obstante, la presencia de especies consideradas como nocivas y/o tóxicas dentro de la comunidad fitoplanctónica es normal y habitual, y su sola presencia no debe hacer pensar en eventos tóxicos o perjudiciales para el sistema.

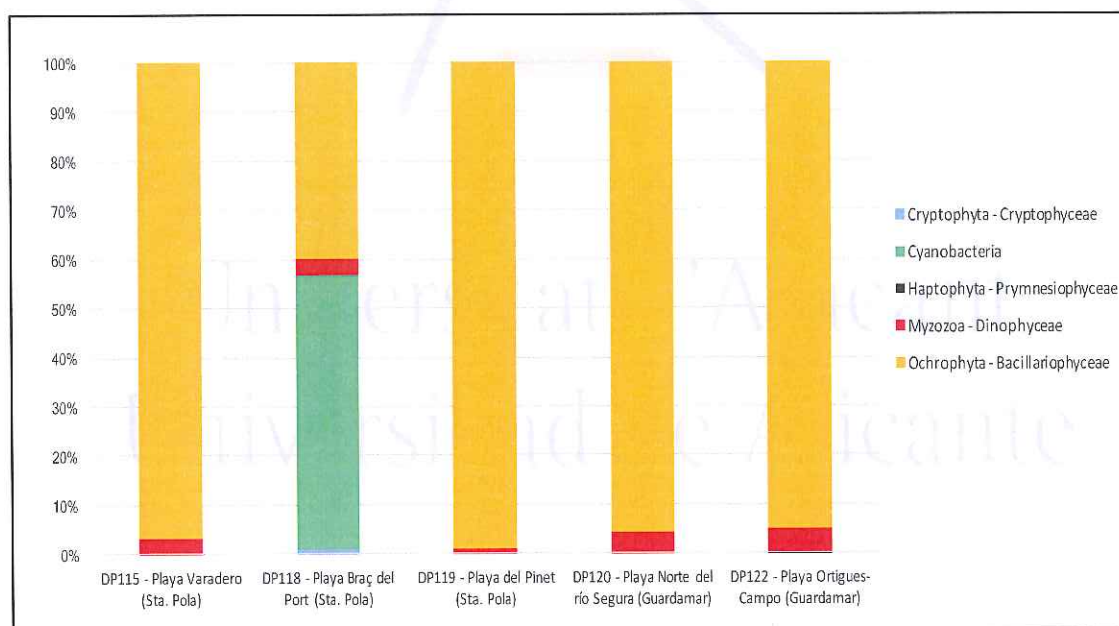


Figura 11. Representación de los *Phyla* encontrados en los diferentes análisis y que conforman las comunidades fitoplanctónicas observadas.

La IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro-Algae (HABs), nos permite saber si los taxones observados están dentro del grupo de control de este tipo de

organismos. Los síndromes, toxinas y efectos que pueden llegar a producir también se indican en la tabla 5.

Destacar que la presencia de estos taxones en la lista de la IOC-UNESCO no implica que los organismos observados en las muestras analizadas estén produciendo toxinas en el momento del muestreo.

Para determinar la toxicidad de una cepa es necesario realizar diferentes análisis, siendo necesario aislarlas del medio natural y cultivarlas en laboratorio, para obtener unas concentraciones celulares *in vivo* adecuadas y permitir realizar los análisis oportunos de toxicidad.

Para evaluar el riesgo de toxicidad de los organismos marinos que pueden ser destinados a alimentación humana, es necesario el análisis de toxinas en estos organismos. La mayoría de ellos son filtradores, y la acumulación de las toxinas en sus cuerpos es lo que puede dar lugar a realizar una alerta sanitaria con posible afección para el ser humano.

En nuestro caso, sólo se han indicado aquellas especies que están presentes y, que por bibliografía, se ha visto que poseen cepas productoras de toxinas. Como se puede apreciar en la tabla XX, son los dinoflagelados (Cl. Dinophyceae) los que poseen un mayor número de taxones considerados nocivos/tóxicos, seguidos de las diatomeas (Cl. Bacillariophyceae) y las cianofíceas (Cyanobacteria).

Tabla 5: Taxones considerados como nocivos (*), tóxicos (**) y en la 'black list' (***). (**AD**) Ácido Domoico; (**AZP**) Azaspirácidos; (**ITP**) Ictiotoxicidad; (**Km TXs**) Karlotoxinas; (**ASP**) Amnesic Shellfish Poisoning Síndrome; (**PSP**) Parallitic Shellfish Poisoning; (**STXs**) Saxitoxinas;).

TAXONES	SÍNDROME, POSIBLES AFECCIONES Y TOXINAS.
Cyanobacteria	
Cianoficea cocal sp#1 **	Cianotoxinas
Cianoficea filamentosa **	Cianotoxinas
Myzozoa	
Dinophyceae	
<i>Alexandrium</i> sp#1 **	PSP - STxs
<i>Alexandrium</i> sp#2 **	PSP - STxs
<i>Amphidinium</i> cf <i>carterae</i> **	Hemolisinas/ITP
<i>Amphidinium</i> sp#1 **	Hemolisinas/ITP
<i>Heterocapsa</i> sp#1 **	ITP
<i>Karlodinium</i> sp#1 **	Km Txs - Hemolisinas/ITP
<i>Ostreopsis</i> sp#1 *	Irritación vías respiratorias
<i>Prorocentrum micans</i> ***	Black list
<i>Protoperdinium</i> cf <i>conicum</i> **	Vector de AZP
<i>Protoperdinium</i> sp#1 **	Vector de AZP
Ochrophyta	
Bacillariophyceae	
<i>Cerataulina pelagica</i> *	Discoloración
<i>Ceratoneis closterium</i> *	Espumas / Mucílagos
<i>Chaetoceros</i> cf <i>danicus</i> *	ITP
<i>Leptocylindrus danicus</i> *	Discoloración
<i>Leptocylindrus minimus</i> *	Discoloración
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> complex **	ASP - AD
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> complex **	ASP - AD

3.2.4 PIGMENTOS MICROALGALES: CLOROFILA A

En la tabla 6 se presentan los valores obtenidos en la cuantificación de clorofila *a* realizada en cada uno de los puntos de muestreo. Los valores de clorofila *a* (μg por litro) obtenidos en las diferentes muestras, son valores que están muy relacionados con las abundancias celulares obtenidas en cada una de las muestras.

	Clorofila <i>a</i>
DP115	124,08
DP118	115,45
DP119	235,59
DP120	263,54
DP122	156,37

Tabla 6: Valores de clorofila *a* (μg Chl *a*. L^{-1}).

4. CONCLUSIONES

- 1) Las muestras DP-119, DP-120 y DP-122 poseen elevadas abundancias celulares superiores a las 200.000 células por litro, siendo el máximo valor obtenido de 694.743 para la muestra DP-119 (Playa del Pinet), y el mínimo con 41.647 células por litro para la muestra DP-115 (Playa del Varadero).
- 2) Los valores obtenidos para el resto de parámetros estructurales de la comunidad fitoplanctónica (riqueza específica, diversidad, equidad) nos muestran una comunidad en buen estado; estos datos son ratificados con la composición de taxones obtenida en cada una de las muestras analizadas.
- 3) Queremos destacar la muestra DP-118 (Playa del Bras del Port), en la cual aparece una elevada concentración de cianobacterias, lo que hace variar la composición de la comunidad con respecto al resto de muestras analizadas, y pensar en una variación en el estado de la comunidad reinante.
- 4) Los valores de clorofila a (μg por litro) obtenidos en las diferentes muestras, son valores que están muy relacionados con las abundancias celulares obtenidas en cada una de las muestras. Esta relación no es directa en algunos de los casos estudiados, debido en gran parte a la composición taxonómica presente en cada muestra, que hace variar la composición pigmentaria. La cantidad de pigmento varía en función del grupo taxonómico dominante en la comunidad.
- 5) La especie *Leptocylindrus minimus* (diatomea) posee una mayor abundancia y una mayor representación en las muestras analizadas. Es considerada una especie fitoplanctónica nociva por la producción de episodios de discoloración del agua cuando está presente en elevadas concentraciones, siendo el valor de 1 millón de células por litro, concentración necesaria para que suceda este tipo de afecciones. En este trabajo, los valores para *L. minimus* no han superado en ningún caso las 250.000 células por litro, no existiendo, por tanto, esta afección.

6) Aunque aparecen especies potencialmente tóxicas, al no poseer datos previos en los que poder basarnos, no podemos afirmar la existencia de algún evento o episodio de Floración Nociva Algas (FAN). Para determinar y establecer una alerta sanitaria por toxinas es necesario realizar análisis de los organismos que pueden llegar a ser consumidos por el ser humano y determinar la existencia de toxinas en ellos. De la misma forma, es necesaria la realización de análisis del medio acuático con el mismo objetivo. La sola presencia de especies consideradas nocivas y/o tóxicas, no es requisito único para establecer alertas por toxicidad microalgal.

7) En el caso del **potencial ecológico** de las muestras analizadas, como se ha explicado en el apartado metodológico, es necesario tener valores de referencia. Estos valores, según bibliografía consultada, se han marcado como aquellos obtenidos en los muestreos de invernales. Nosotros, al no poseer estos valores, no hemos podido realizar el cálculo de este parámetro. Aunque los resultados obtenidos en los presentes muestreos en la comunidad fitoplanctónica (diversidad, equidad, escasez de Cianobacterias), pueden indicar una comunidad en buen estado.

Por ello, se hace necesario un muestreo en la época invernal para poder obtener los valores de referencia, para cualquiera de los apartados que se quieran calcular y controlar, y en especial para el indicador biológico del fitoplancton.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alcoverro, T., Conte, E., Mazzella, L. 2000. Production of mucilage by the Adriatic epipelagic diatom *Cylindrotheca closterium* (Bacillariophyceae) under nutrient limitation. *J. Phycol.* 36, 1087-1095.
- Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* 1, 310 p.
- Bérard-Therriault, L., Poulin, M. et Bosseé, L., 1999: Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires. *publ. spéc. can. sci. halieut. aquat.* 128. 387 pp.
- Chrétiennot-Dinet, M.-J., 1990: Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglenophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnesiophycées, Rhodophycées et Tribophycées. *Atlas du phytoplancton marin.* Vol III, 261 pp. Paris. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique.
- De Brouwer, J. F.C., Stal, L.J. 2002. Daily fluctuations of exopolymers in cultures of the benthic diatoms *Cylindrotheca closterium* and *Nitzschia* sp. (Bacillariophyceae). *J. Phycol.* 38, 464-472.
- Delgado, M., Fortuño, J.M., 1991: Atlas de fitoplancton del Mar Mediterráneo. *Sci. Mar.* 55 (Supl.1): 1-133.
- Intergovernmental Oceanographic Commission of ©UNESCO. 2010. Karlson, B., Cusack, C. and Bresnan, E. (editors). *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis.* Paris, UNESCO. (IOC Manuals and Guides, no. 55.) (IOC/2010/MG/55), 110 pages. (English only) <http://ioc-unesco.org/hab>.
- Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella, A.D. (eds) 2004. *Manual on harmful marine microalgae, - Monographs on oceanographic methodology 11,* UNESCO, Paris.
- Harmful Plankton Project, 2006. *Guide to Harmful Phytoplankton: Gymnodinium aureolum* (Hulbert 1957) G. Hansen, comb. Nov. DJS Montagnes, University of Liverpool.
- Horner, R.A., 2002: *A Taxonomic Guide to Some Common Marine Phytoplankton.* Biopress Limited. pp 195.

- Massuti, M., Margalef, R., 1950: Introducción al estudio del plancton marino. (C.S.I.C).
Sec. Biología Marina.
- Reguera, B., Alonso, R., Moreira, A., Méndez, S. 2011. Guía para el diseño y puesta en
marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. COI de
UNESCO y OIEA, Paris y Viena 2011. Manuales y Guías de la COI, 59.
- Ricard, M., 1987: Diatomophycées. Atlas du phytoplancton marin. Vol II, 297 pp. Paris.
Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique.
- Sournia, A., 1986: Cyanophycées, dityochophycées, dinophycées et raphidophycées.
Atlas du phytoplancton marin. Vol I, 219 pp. Paris. Éditions du Centre National de la
Recherche Scientifique.
- Tomas, C.R., 1997: Identifying marine phytoplankton. Academic Press, St. Diego.
- Van Egmond HP, Van Apeldoorn ME & Speijers GJA., 2005. Biotoxinas Marinas:
Estudio FAO: alimentación y nutrición. FAO.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

6. ANEXO I – Listado Florístico

En las tablas 7 se presentan los listados florísticos obtenidos junto a los valores de abundancias celulares (células por litro) propios de cada taxon observado en cada punto de muestreo.

Tabla 7: Listado de taxones observadas con los valores de abundancias celulares (células por litro) obtenidas para cada punto de muestreo.

- DP115 - Playa Varadero (Sta. Pola)
- DP118 - Playa Braç del Port (Sta. Pola)
- DP119 - Playa del Pinet (Sta. Pola)
- DP120 - Playa Norte del río Segura (Guardamar)
- DP122 - Playa Ortigues-Campo (Guardamar)

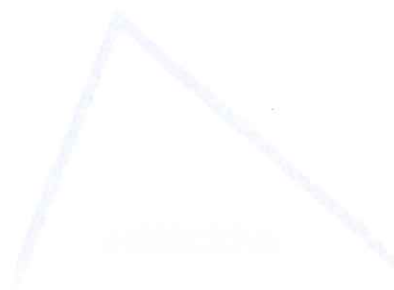
Phylum	PUNTOS DE MUESTREO					
	Clase	DP 115	DP 118	DP 119	DP 120	DP 122
<i>Taxon</i>						
Cryptophyta						
Cryptophyceae						
<i>Rhodomonas sp#1</i>		1.958				
Cyanobacteria						
Cianobacteria cocal sp#1		100.856				
Cianobacteria filamentosa		979				
Haptophyta						
Prymnesiophyceae						
<i>Rhabdolithes claviger</i>						930
Myzozoa						
Dinophyceae						
<i>Alexandrium sp#1 **</i>		782				

Phylum	PUNTOS DE MUESTREO				
Clase	DP 115	DP 118	DP 119	DP 120	DP 122
Taxon					
<i>Alexandrium</i> sp#2 **		130	2.918	264	
<i>Amphidinium</i> cf <i>carterae</i> **		130			
<i>Amphidinium</i> sp#1 **				2.481	
<i>Ceratium</i> <i>fuscus</i>				264	
<i>Ceratium</i> <i>pentagonum</i>				264	
<i>Gymnodinium</i> sp#1 **			640	2.481	2.791
<i>Gymnodinium</i> sp#2 **		130			
<i>Gymnodinium</i> sp#3 **				2.481	
<i>Gyrodinium</i> cf <i>fusiforme</i>				264	930
<i>Gyrodinium</i> <i>fusiforme</i>	263				
<i>Gyrodinium</i> sp#2				264	
<i>Heterocapsa</i> sp#1 **			640	4.961	
<i>Karlodinium</i> sp#1	886	2.938		264	6.512
<i>Ostreopsis</i> sp#1 *		979			702
<i>Oxytoxum</i> <i>gracile</i>		979			930
<i>Podolampas</i> sp#1				264	
<i>Prorocentrum</i> <i>micans</i> *	88				
<i>Protoperidinium</i> cf <i>conicum</i> **	88				
<i>Protoperidinium</i> sp#1 **				264	
<i>Scrippsiella</i> <i>trochoidea</i>			2.918	2.481	
Ochrophyta					
Bacillariophyceae					
<i>Amphiprora</i> sp#1					930
<i>Amphora</i> cf <i>costata</i>	88				
<i>Amphora</i> sp#1					1.860
<i>Amphora</i> sp#2	88				
<i>Amphora</i> sp#3		130			
<i>Bacteriastrium</i> <i>delicatum</i>	12.371	9.125	78.759	20.629	24.215
<i>Cerataulina</i> <i>pelagica</i> *	88	130	3.842		351
<i>Ceratoneis</i> <i>closterium</i> *	351	521	5.123	2.481	1.404
<i>Chaetoceros</i> <i>affinis</i>				2.909	
<i>Chaetoceros</i> <i>anostomosans</i>	1.228				

Phylum	PUNTOS DE MUESTREO				
Clase	DP 115	DP 118	DP 119	DP 120	DP 122
Taxon					
<i>Chaetoceros cf affinis</i>		1.564			
<i>Chaetoceros cf compressus</i>				5.554	
<i>Chaetoceros cf curvisetus</i>			16.648		
<i>Chaetoceros cf danicus</i> *				2.481	
<i>Chaetoceros cf decipiens</i>					4.562
<i>Chaetoceros cf laciniosus</i>	1.316	1.304			
<i>Chaetoceros cf lorenzianus</i>					3.509
<i>Chaetoceros cf mitra</i>	4.036		28.814		14.389
<i>Chaetoceros cf socialis</i>		1.564			
<i>Chaetoceros curvisetus</i>				12.403	
<i>Chaetoceros debilis</i>			49.945		
<i>Chaetoceros decipiens</i>	1.053	1.825	24.972	11.108	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>			47.383		
<i>Chaetoceros mitra</i>		3.650			
<i>Chaetoceros peruvianus</i>		261	2.561	529	702
<i>Chaetoceros sp#1</i>					3.158
<i>Chaetoceros sp#2</i>					930
<i>Chaetoceros sp#3</i>		2.607			
<i>Cocconeis placentula</i>	974	979	5.837		1.860
<i>Cocconeis scutellum</i>		979			5.581
<i>Cocconeis sp#1</i>			2.918		
<i>Cymbella sp#1</i>	88			2.481	351
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	1.667	1.955	21.771	5.819	8.072
<i>Dactyliosolen sp#1</i>	88	130	14.592	9.922	1.860
<i>Diploneis bombus</i>		130			
<i>Diploneis cf bombus</i>			2.918		
<i>Entomoneis sp#1</i>	886	130			
<i>Fallacia pygmaea</i>		130			
<i>Grammatophora oceanica</i>		1.958			
<i>Guinardia flaccida</i>	175	130			
<i>Guinardia striata</i>	439	1.173	5.123	2.645	2.808
<i>Hemiaulus hauckii</i>			1.281		1.404

Phylum	PUNTOS DE MUESTREO				
Clase	DP 115	DP 118	DP 119	DP 120	DP 122
Taxon					
<i>Leptocylindrus danicus</i> *	3.158	2.868	35.858	18.778	
<i>Leptocylindrus minimus</i> *	7.545	30.763	245.142	213.332	90.543
<i>Licmophora</i> sp#1		261			
<i>Licmophora</i> sp#2		130			
<i>Lioloma pacificum</i>			1.281		
<i>Lyrella lyra</i>			640	264	
<i>Mastogloia</i> sp#1					1.860
<i>Navicula cf cryptocephala</i>					1.860
<i>Navicula cryptocephala</i>		2.938			
<i>Navicula directa</i>			640		930
<i>Navicula</i> sp#1	886		2.918		
<i>Navicula transitrans</i> var <i>derasa</i>					11.163
<i>Navicula transitrans</i> var. <i>derasa</i>				4.961	
<i>Nitzschia cf closterium</i>					26.046
<i>Nitzschia incerta</i>		979			
<i>Nitzschia longissima</i>				9.922	
<i>Nitzschia</i> sp#1					930
<i>Nitzschia</i> sp#2	88				
<i>Nitzschia</i> sp#3		130			
<i>Nitzschia spathulata</i>	1.772	979	640		930
<i>Odontella</i> sp#1			640	793	
<i>Pinnularia</i> sp#1	88		640		
<i>Plagiotropis lepidoptera</i>		130		2.481	351
<i>Pleurosigma</i> sp#1	88	130		2.481	351
<i>Pleurosigma</i> sp#2		130			
<i>Proboscia alata</i>	88	261	640	2.116	351
<i>Psammodictyon panduriforme</i>	88		640		702
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> complex **			20.429	24.806	12.634
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> complex **	351	912	60.830	21.687	12.634
<i>Rhizosolenia cf setigera</i>			1.281		
<i>Rhizosolenia setigera</i>				264	
<i>Rhizosolenia styliformis</i>				264	

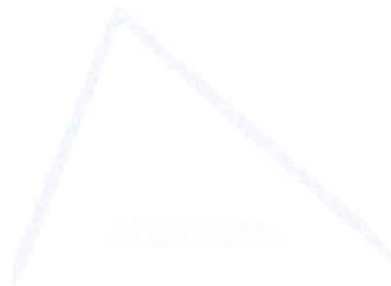
Phylum	PUNTOS DE MUESTREO				
Clase					
Taxon	DP 115	DP 118	DP 119	DP 120	DP 122
<i>Rhoicosphenia</i> sp#1			2.918		
<i>Sigma</i> sp#1	175				
<i>Striatella unipunctata</i>	175	1.958			930
<i>Synedra</i> sp#1	886	130			
<i>Synedra</i> sp#2		130			
<i>Tabellaria</i> sp#1		130		6.083	2.808
Total general	41.647	183.202	694.743	403.929	255.767



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

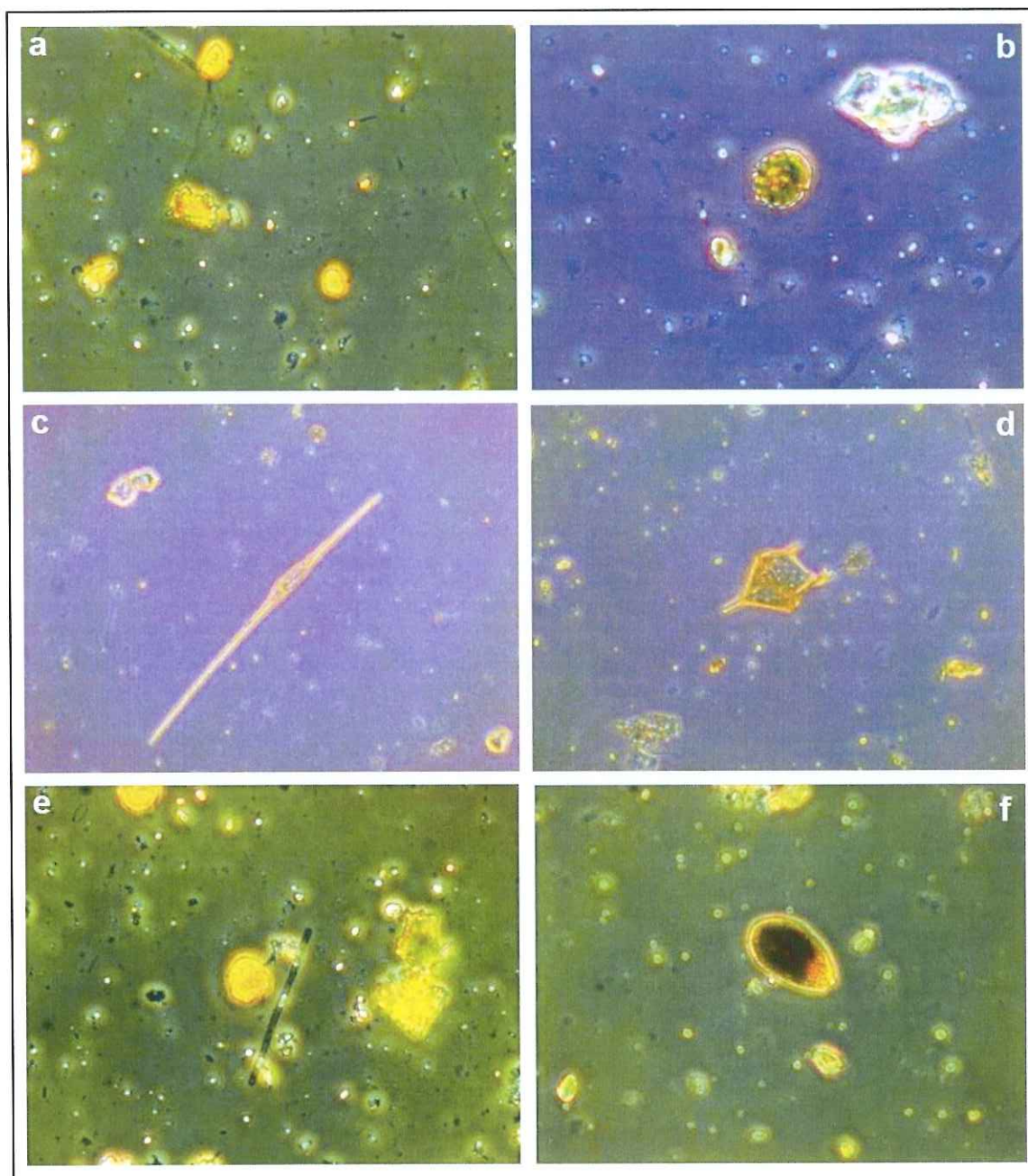
7. ANEXO II – Láminas de especies

- Lamina I. Dinophyceae
- Lámina II. Bacillariophyceae I
- Lámina III. Bacillariophyceae II. Cyanobacteria



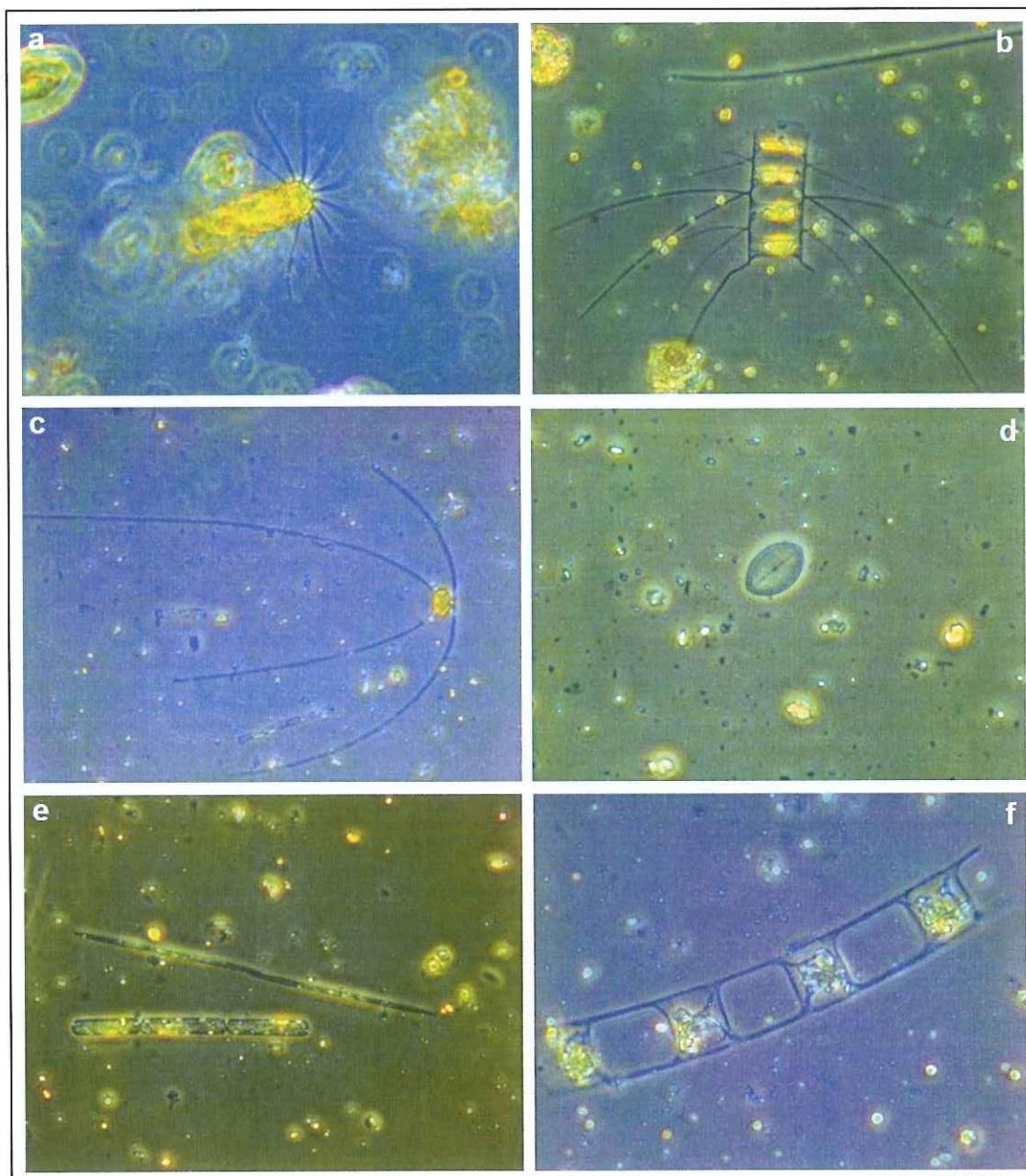
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

LAMINA I: Dinophyceae



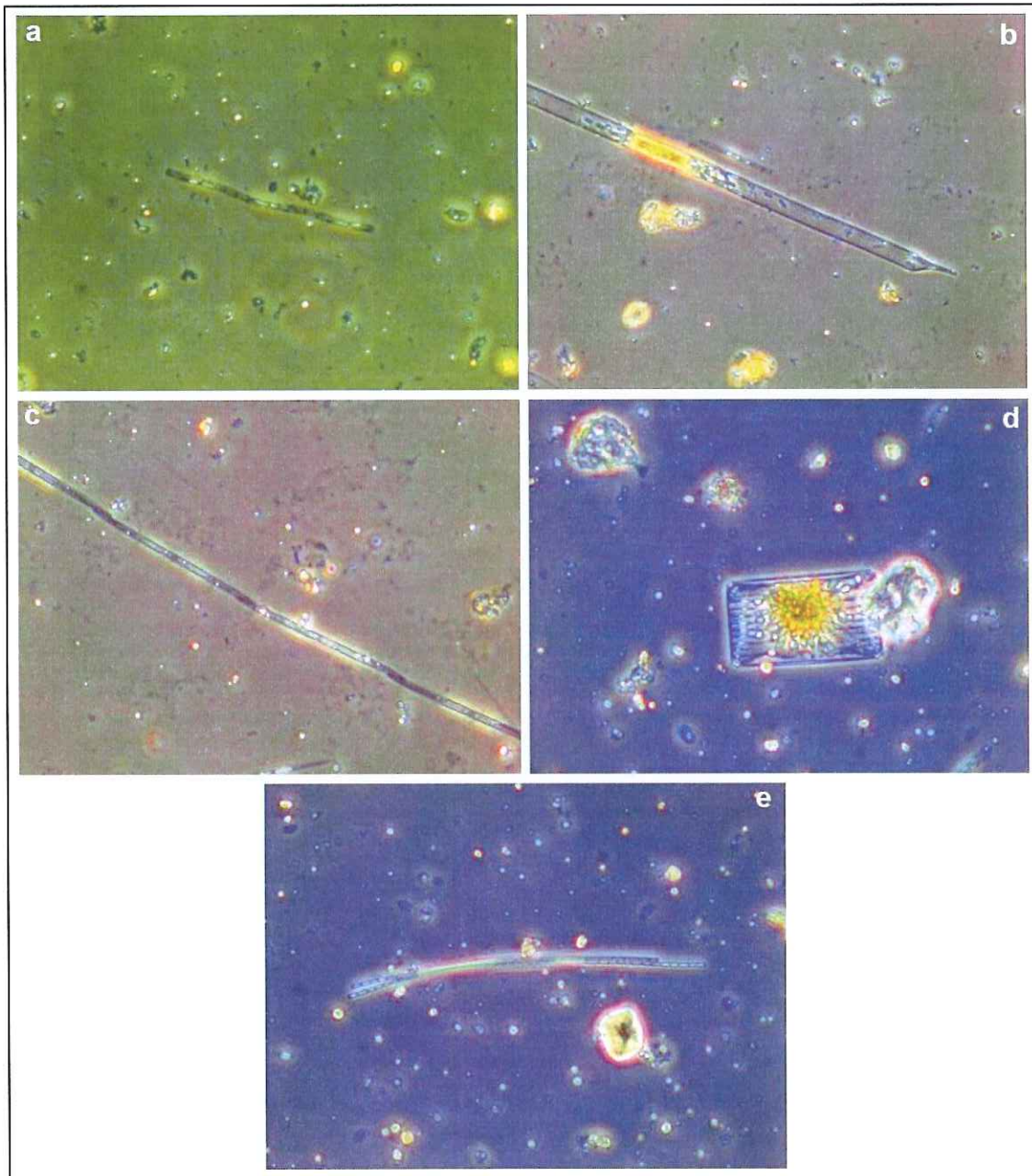
a) *Karlodinium* sp.#1; b) *Alexandrium* sp#1; c) *Ceratium fusus*; d) *Ceratium pentagonum*; e) *Gymnodinium* sp#2; f) *Ostreopsis* sp#1.

LAMINA II: Bacillariophyceae I



a) *Bacteriastrum delicatulum*; b) *Chaetoceros decipiens*; c) *Chaetoceros peruvianus*; d) *Cocconeis scutellum*; e) *Dactyliosolen fragilissimus*; f) *Hemiaulus hauckeri*.

LAMINA III. Bacillariophyceae II. Cyanobacteria



a) *Leptocylindrus minimus*; b) *Proboscia alata*; c) *Pseudonitzschia seriata* complex; d) *Striatella unipuncta*; e) *Cyanobacteria* sp.