



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y
MEDIO AMBIENTE

Influencia de las obras de defensa de costas en los contenidos de clorofila *a* y nutrientes.

Tesina de Máster Oficial en
Ingeniería hidráulica y medio ambiente
JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ PARRES

DIRECTOR
DR. JULIO GONZÁLEZ DEL RÍO RAMS

CODIRECTOR
DR. JOSÉ FERRER POLO

VALENCIA, SEPTIEMBRE 2010

Resumen.

En la Comunidad Valenciana se han ido desarrollando una serie de actuaciones y alteraciones humanas de diversa naturaleza. En las últimas décadas en el litoral, se han ido construyendo infraestructuras marítimas de defensa transversales a la línea de costas y otras más numerosas de menor tamaño, como los espigones utilizados para la restauración de playas.

Todas estas nuevas condiciones creadas por el hombre en el litoral, están produciendo cambios en la calidad ambiental del agua, en la dinámica de sedimentos, en las corrientes, en la composición de la comunidad fitoplanctónica, en la concentración de clorofila a, en los nutrientes y en la salinidad.

En función de los objetivos propuestos por la Directiva Marco del Agua de la UE, en cuanto a condiciones de calidad de agua, resulta interesante y necesario el seguimiento del estado de los distintos ecosistemas que se van sucediendo en la línea de costa, atendiendo al carácter confinado o abierto. Así, para obtener una completa valoración, debemos interesarnos por todos aquellos indicadores de la calidad ambiental, incluyendo clorofila a, comunidad fitoplanctónica y nutrientes.

La zona de estudio está íntegramente en la masa de agua llamada Masa 007. Costa Norte de Valencia, perteneciente a la tipología Tipo II-A, descrita por la Comisión (2008/915/CE). La toma de muestras se ha limitado a las áreas que presentan zonas de confinamiento y de playas abiertas, desde el sur de Poble de Farnals hasta Meliana (municipios pertenecientes a la provincia de Valencia). Las muestras tomadas presentan distintos valores de salinidad y de nutrientes, así como diferencias cualitativas y cuantitativas de la composición fitoplanctónica. Estos en función de una mayor o menor influencia continental y de sus respectivos niveles de confinamiento.

Esto se ha llevado a cabo con métodos analíticos de las diferentes variables y mediante el análisis estadístico de las correlaciones entre los distintos parámetros relacionados con la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica (principales grupos fitoplanctónicos y las variables relacionadas con éstos) y las

variaciones en el contenido de clorofila a y fósforo total (indicadores de presión) de las diferentes zonas estudiadas.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, el principal objetivo de este trabajo es conocer, estudiar y analizar las diferencias existentes en los resultados de los distintos indicadores de calidad ambiental del agua en la zona de estudio.

Abstract.

In the Comunidad Valenciana have been developed a series of performances and alterations human of diverse nature. In recent decades on the coast have been built maritime transversal infrastructure defenses on the line of coasts and in other more numerous and smaller in size, as the jetties used for the restoration of beaches.

All of these new conditions created by the man on the coast, are causing changes in the environmental quality of water, in the dynamics of sediment, in the currents, in the composition of the phytoplankton community, in the concentration of chlorophyll a, in the nutrients and in the salinity.

On the basis of the targets proposed by the Water Framework Directive, in terms of quality of water, it is interesting and necessary to follow the state of the different ecosystems that are happening in the coastline, according to the character confined or open. Thus, to obtain a complete assessment, we must be interesting in all those indicators of environmental quality, including chlorophyll a, phytoplankton community and nutrients.

The study area is fully in the mass of water called Mass 007. North Coast of Valencia, belonging to the typology Type II-A, as described by the Commission (2008/915/EC). The samples has been limited to closed areas and open beaches, from the south of Pobla de Farnals until Meliana (municipalities belonging to the province of Valencia). The samples taken presented different values of salinity and nutrients, as well as differences qualitative and quantitative phytoplankton composition. These in terms of greater or lesser continental influence and their respective levels of confinement.

This has been carried out with analytical methods of the different variables and through the statistical analysis of the correlations between the different parameters related to the composition and abundance of the phytoplankton community (major groups phytoplankton and variables associated with them) and changes in the content of chlorophyll a and total phosphorus (pressure indicators) of different areas studied.

Taking into account the above, the main objective of this work is known, study and analyze the differences in the results of the various indicators of environmental quality of water in the area of study.

Resum.

En la Comunitat Valenciana s'han anat desenvolupant una sèrie d'actuacions i alteracions humanes de diversa naturalesa. En les últimes dècades en el litoral, s'han anat construint infraestructures marítimes de defensa transversals a la línia de costa i d'altres més nombroses de mida més petites, com els espigons utilitzats per a la restauració de platges.

Totes estes noves condicions creades per l'home en el litoral, estan produint canvis en la qualitat ambiental de l'aigua, en la dinàmica de sediments, en els corrents, en la composició de la comunitat fitoplanctònica, en la concentració de clorofil·la a, en els nutrients i en la salinitat.

En funció dels objectius proposats per la Directiva Marco del Agua de la UE, en quant a condicions de qualitat d'aigua, resulta interessant i necessari el seguiment de l'estat dels distints ecosistemes que es van succeint en la línia de costa, atenent al caràcter confinat o obert. Així, per obtindre una completa valoració, hem d'interessar-nos per tots aquells indicadors de la qualitat ambiental, incloent clorofil·la a, comunitat fitoplanctònica i nutrients.

La zona d'estudi està íntegrament a la massa d'aigua anomenada Massa 007. Costa Nord de València, pertanyent a la tipologia Tipus II-A, descrita per la Comissió (2008/915/CE). La presa de mostres s'ha limitat a les àrees que presenten zones de confinament i de platges obertes, començant al sud de Pobla de Farnals fins a Meliana (municipis pertanyents a la província de València). Les mostres preses, presenten distints valors de salinitat i de nutrients, així com diferències qualitatives i quantitatives de la composició fitoplanctònica. Estos en funció d'una major o menor influència continental i dels seus respectius nivells de confinament.

Açò s'ha dut a terme amb mètodes analítics de les diferents variables i per mitjà de l'anàlisi estadística de les correlacions entre els distints paràmetres relacionats amb la composició i abundància de la comunitat fitoplanctònica (principals grups fitoplanctònics i les variables relacionades amb aquests) i les

variacions en el contingut de clorofil·la a i fòsfor total (indicadors de pressió) de les diferents zones estudiades.

Tenint en compte el que se exposa anteriorment, el principal objectiu d'aquest treball és conèixer, estudiar i analitzar les diferències existents en els resultats dels diferents indicadors de la qualitat ambiental de l'aigua a la zona d'estudi.

Índice.

1.- INTRODUCCIÓN	1	3.5.4.- Recuentos fitoplanctónicos.	35
1.1.- Los ecosistemas acuáticos.	1	3.6.- Tratamiento de datos.	36
1.2.- Litoral: transformación y problemática en la línea de costa.....	2	4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	39
1.3.- El litoral mediterráneo y su situación actual.	5	4.1.- Composición fitoplanctónica: variación cuantitativa y cualitativa de la comunidad fitoplanctónica.....	41
1.4.- Obras de defensa; sus principios y utilización en el litoral de la C.V.	6	4.1.1.- Diatomeas. División chromophyta.	44
1.5.- Los ecosistemas litorales.	9	4.1.2.- Criptofíceas. División chromophyta.	44
1.6.- Directiva marco del agua (DMA).	11	4.1.3.- Clorofíceas. División Chlorophyta.	45
1.7.- Indicadores.	15	4.1.4.- Prasinofíceas. División Chlorophyta.	46
1.8.- Objetivos.	20	4.1.5.- Primnesiales. División chlorophyta.	47
2. ÁMBITO DE ESTUDIO	21	4.2.- Relaciones del fitoplancton con Cl a, salinidad y fosforo.....	48
2.1.- Situación geográfica	21	4.2.1.- Variables fitoplanctónicas.	59
2.2.- Masa de agua estudiada.	22	4.2.1.- Salinidad.....	53
3. MATERIAL Y MÉTODOS.	25	4.2.2.- Clorofila <i>a</i>	54
3.1.- Campañas de muestreos	25	4.2.3.- Fósforo total.	56
3.1.1.- Muestreos de playas abiertas, zonas confinadas y final de espigones.	25	4.2.4.- Relación NID/PSR.	57
3.2.- Toma de muestras para calidad del agua.....	31	4.2.6.- Coeficiente de correlación lineal de Pearson - Coeficiente de determinación.....	60
3.3.- Parámetros físico-químicos.....	32	5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	68
3.4.- Cadena de custodia.	32	5.1.- CONCLUSIONES.....	68
3.5.- Métodos analíticos	33	5.2.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	72
3.5.1.- Medida de pH, salinidad/conductividad y turbidez.....	33	6.- BIBLIOGRAFÍA.	73
3.5.2.- Análisis de nutrientes.....	34		
3.5.3.- Análisis de Cl <i>a</i>	35		

1.- INTRODUCCIÓN.

1.1.- Los ecosistemas acuáticos.

Los ecosistemas acuáticos son aquellos cuyo entorno está asociado a un medio de agua, dividiéndose éstos en dos grandes grupos:

- Ecosistemas marinos.
- Ecosistemas de agua dulce.

Los ecosistemas marinos están constituidos por los mares, las marismas, los océanos, etc., ocupando el 71% de la superficie del planeta y conteniendo el 97% del agua libre de la tierra.

En el medio marino se distinguen tres grandes tipos de sistemas ecológicos: el plancton, el bentos y el necton. Los seres y organismos que viven en el volumen de agua, como el plancton y el necton se les denominan organismos pelágicos; y, si se encuentran ligados al fondo marino, se le denominan organismos bentónicos.

- Plancton. Lo forman seres tanto macro como microscópicos, que flotan libremente a merced de las corrientes. Se divide en: fitoplancton (autótrofos, formado por protistas como diatomeas, silicoflagelados o peridineas), y zooplancton (heterótrofos, que a su vez pueden ser permanentes o eventuales pasando a formar parte de otro sistema una vez adultos).

- Bentos. Estos organismos pueden ser de dos tipos:

- Sésiles, fijados al fondo marino, entre los que se incluyen las algas, esponjas celentéreos procordados y fanerógamas marinas cercanas a la línea de costa.
- Móviles, distinguiéndose entre excavadores, reptadores y nadadores.

- Necton. Formado por seres macroscópicos que se desplazan en el agua muy activamente. En su mayoría está integrado por peces y también se encuentran cefalópodos, crustáceos y mamíferos marinos.

En los ecosistemas marinos, son los factores físicos los que determinan la vida, siendo los principales las corrientes, las olas, la salinidad, los nutrientes, la temperatura, la intensidad de iluminación, la presión y las mareas.

Entre los ecosistemas de agua dulce encontramos los ríos y torrentes, las lagunas y los lagos y las zonas húmedas. De igual manera que los anteriores están formados por componentes abióticos (factores físicos y químicos del ecosistema), y bióticos. Cuentan con las mismas categorías de sistemas ecológicos, aunque, en comparación con el marino resultan más pobres en especies.

En gran parte de las costas del mundo las aguas marinas se encuentran con las dulces, bien por la desembocadura de éstos en los océanos o por las filtraciones de aguas dulces subterráneas. En estas zonas de características un tanto especiales, la salinidad aumenta gradualmente con la distancia a la costa hasta alcanzar los valores de las aguas marinas. La zona de influencia de las aguas continentales dependerá de factores como el caudal de los aportes continentales, la morfología de la costa y las condiciones hidrodinámicas.

Se constituye así un sistema que abarca desde las zonas confinadas con influencia fluvial y bajas concentraciones de sales hasta aquellas en que los aportes continentales son prácticamente nulos.

1.2.- Litoral: transformación y problemática en la línea de costa.

El litoral es la zona de interacción y tránsito entre ambientes acuáticos y terrestres, donde se pueden distinguir tres zonas:

- Zona terrestre de transición: es la franja de tierra permanentemente emergida, próxima al dominio acuático, pero que no está expuesta a la acción del mar. Los ambientes de esta zona tienen una clara influencia marina, que disminuye a medida que avanzamos hacia el interior alejándonos de la costa.
- Zona acuática de transición: que comprende el caso contrario a la anterior, ya que se trata de la franja de agua marina que no interfiere de manera directa con el medio terrestre.
- Zona mixta, denominada también costa o ribera. Ésta es entendida como la franja en la que confluyen las dos anteriores.

La línea de costa es la zona de contacto entre el mar y la tierra, un elemento geomorfológico resultante del equilibrio entre factores muy diferentes: continentales,

marinos e incluso atmosféricos. La principal característica de este equilibrio es su marcado dinamismo, de forma que si se altera alguno de ellos el resto se ve obligado a reacomodarse hasta alcanzar una nueva posición de equilibrio (Romero, I. 2004).

La energía suministrada por el mar es la principal causante del cambio en la línea de costas. La ocupación del litoral por parte del hombre ha alterado en ocasiones el equilibrio costero al modificar, a veces profundamente, algunos de los factores que lo determinan.

El perfil litoral está determinado por la acción de los procesos de sedimentación y erosión así como por las características geomorfológicas del terreno. El aporte sedimentario de los ríos constituye el principal suministro de materiales de origen terrestre al medio marino (Romero, I. 2006). El otro aporte de materiales proviene de la destrucción de acantilados por las fuerzas erosivas del mar.

El transporte de materiales sedimentarios en el litoral (arenas, limos y cantos) se debe fundamentalmente a la acción de las olas y a las corrientes longitudinales originadas por éstas (Rodríguez, J. 1982). Su cúmulo en la línea de costa es continuo y su volumen es mayor que el que se pierde por acción de la resaca. Sin embargo, este intercambio es diferente según la naturaleza de los fondos y zonas emergidas. En un fondo de sustratos blandos (arenas), la tasa de intercambio sedimentario es mucho más elevada que en sustratos duros o rocosos.

La transformación de la línea de costa puede ser producida por dos factores:

- Transformación natural. La costa está sometida a un cambio constante en su planta, perfil y balance total de sedimentos , producido por los siguientes agentes:

- Aporte de sedimentos de los ríos
- Variaciones relativas en el nivel del mar (mareas, cambio climático).
- Intercambio de sedimentos.
- La playa con la planta más interna de la plataforma, debido a los temporales y corrientes (llamados mar de fondo).

- La playa emergida recibe aportes del viento.

- Transformación antrópica. La acción del ser humano en el medio natural ha sido y es uno de los agentes modificadores más importantes de los litorales según se ha ido avanzando en la historia. La acción antrópica ha desencadenado mecanismos de ajuste a las nuevas condiciones, que se han traducido generalmente en importantes cambios en la línea de costas. En este contexto es evidente que, “el dominio litoral es el laboratorio geomorfológico más atractivo del momento presente porque allí entran en contacto el hombre y el mar, dos agentes geomorfológicos que se caracterizan respectivamente por sus rápidas acciones de estímulo-respuesta” (Romero, I. 2004).

Los principales factores que favorecen esta transformación son:

- Disminución de los sedimentos por la construcción de presas que actúan como verdaderas trampas de retención de sedimentos alterando las costas y los deltas. Del mismo modo, crean la laminación de las avenidas fluviales, que es un fenómeno muy importante para el transporte de sedimentos en la cuenca mediterránea.
- Explotación de las canteras. Los volúmenes de material extraídos en la pasada década han supuesto un gran déficit en la aportación de sedimentos en las costas.
- Impermeabilización del territorio como consecuencia directa de la ocupación humana que ha sufrido el litoral en los últimos años. Esto supone, entre otros factores, el incremento de la escorrentía superficial, la producción de avenidas sorpresa en medios torrenciales y la disminución de la alimentación de los acuíferos.
- Obras marítimas como: puertos y espigones. Dichas construcciones alteran la dinámica del litoral produciendo como efectos más aparentes el incremento de los procesos erosivos, la sedimentación localizada que provoca avances de la costa de gran magnitud, sobretodo, la substracción, interrupción, desvío o modificación de la deriva litoral.

1.3.- El litoral mediterráneo y su situación actual.

La franja costera, con una totalidad de 36.000 Km², ocupa el 7% del territorio español. En ella viven 13,5 millones de habitantes, es decir, el 35% de la población española.

En España, el 82% del turismo es costero. De la totalidad de los terrenos existentes en la costa, el 25,5 % están destinados a uso turístico (aumentando el porcentaje en Cataluña, Valencia y Andalucía llegando a destinar el 40%). Comentar que el 65% del potencial industrial se localiza en la franja costera.

En los últimos 25 años se ha perdido cerca de 25% de la superficie total de las playas. En el mismo periodo, el crecimiento relativo experimentado por la población de los municipios costeros ha sido el doble del registrado en el conjunto español (WWF/ADENA, 2002).

A la vista de estos porcentajes, queda de manifiesto la enorme importancia turística y económica del área costera del país.

La franja costera del Levante peninsular, tiene un clima mediterráneo típico. Se trata de un clima templado, de temperaturas medias anuales que oscilan entre los 14 y los 18 °C. Los inviernos son suaves, con medias entre 10 y 12 °C y los veranos cálidos, entre 22 y 26 °C. Las precipitaciones son muy escasas e irregulares, concentrándose en los meses de otoño y primavera.

En la franja litoral mediterránea, nos encontramos con ciertos ecosistemas que albergan una gran cantidad de endemismos, tanto de flora como de fauna, y que son extraordinariamente frágiles a cualquier tipo de agresión o modificación de sus hábitats.

Muchas características intrínsecas del litoral han sido aprovechadas por el hombre para su beneficio. Así, la pesca, la agricultura y el turismo son tres sectores que se han desarrollado enormemente en esta franja, aprovechando sus recursos.

Nos hallamos en un medio en el que cualquier alteración en una de sus partes, termina irremediablemente por afectar a la totalidad, por lo que, en la actualidad, el litoral mediterráneo español está mostrando síntomas alarmantes de degradación ambiental y de saturación de su espacio físico, sobrepasando la

capacidad de acogida del territorio, considerada ésta tanto en número de personas como de infraestructuras (Rodríguez, J. 1982).

Algunos de estos síntomas son: la degradación y desaparición de gran parte de los humedales costeros, la pérdida de la mayoría de los sistemas dunares y la erosión (regresión) de las playas, la regresión de las praderas de Posidonia y su influencia en el sector pesquero y turístico, el deterioro del paisaje y artificialización de gran parte de él, la alteración de los cauces y ramblas y el fuerte deterioro y salinización de los acuíferos costeros, y el déficit crónico de los recursos hídricos.

Entre las causas que han producido y están produciendo dicha degradación, podríamos destacar:

- El excesivo consumo de agua para la agricultura y el turismo.
- La contaminación, tanto marina como terrestre.
- La presión urbanística y turística, insostenible en muchas zonas.
- El reiterado incumplimiento de muchas leyes, en especial de la Ley de Costas.

1.4.- Obras de defensa; sus principios y utilización en el litoral de la C.V.

Los primeros trabajos importantes de protección de costas pueden situarse en Holanda en el S.XI. Un país que, situado a caballo entre el mar y la tierra, se ha caracterizado siempre por su continua lucha contra la invasión de las aguas. Los holandeses construyeron terraplenes protegiéndose con diques para evitar inundaciones y ganar terreno al mar.

Daneses, ingleses y otros pueblos emplearon soluciones del tipo espigón transversal ya desde antiguo: el problema reside y deriva de las erosiones que produce en un lado y su debilidad frente a fuertes temporales.

En todo caso, en la ingeniería de costas cabe siempre distinguir las actuaciones encaminadas a defender un tramo de costas y aquellas otras a la regeneración de una playa o aéreas costeras.

En actuaciones de defensa y protección costera se trata de amparar un tramo de costa, una playa, etc. del oleaje, acción general del mar, etc.

En cambio, las obras de regeneración de playas o de áreas costeras tienen como objetivo la restitución de una situación pasada. Es decir, volver a disponer de las condiciones existentes que por una razones u otras -por causas de erosión generalmente- se había perdido. En este caso hay lógicamente un contenido restaurador, de restablecimiento o mejora, mientras en primero, en la defensa, o protección, el objetivo es puramente defensivo o de amparo.

Generalmente se distinguen los siguientes tipos de obras o actuaciones para la defensa y regeneración costera:

Obras rígidas, consistentes en la ejecución de estructuras (defensa de ribera, espigones transversales y diques).

Obras blandas, caracterizadas por su reversibilidad (alimentaciones artificiales).

Soluciones mixtas, o adaptación de obras rígidas con el fin de apoyar y/o sustentar actuaciones de tipo blando.

Entre las medidas particulares que pueden tomarse para defender, proteger o regenerar una formación costera, pueden definirse las siguientes actuaciones constructivas:

- Espigones y diques.
- Defensas longitudinales.
- Defensas exentas.
- Alimentación artificial.

Dado que el objetivo de este trabajo es estudiar cómo afectan las obras de defensa transversales a la línea de costa, procedemos a explicar ligeramente los espigones y los diques, por considerarse éstas como las obras más significativas en nuestra zona de estudio.

Ésta, a pesar de ser la técnica más extendida, es la que, en muchas de las ocasiones, ha producido peores resultados. Son estructuras perpendiculares, o casi

perpendiculares a la línea de costas, que tienen por misión frenar (o cortar) el transporte sólido litoral, a fin de producir pequeñas playas apoyadas sobre la obra.

Su objetivo general funcional es reducir o frenar la capacidad de transporte en un punto, generando, por tanto, sedimentaciones. Tiene como principal inconveniente la transmisión de problemas a otros lugares, es decir, la creación de erosión “aguas abajo” del transporte retenido. Por esta causa, su utilización ha producido multitud de problemas locales.

Este tipo de obras puede clasificarse de forma muy distinta. En función de su permeabilidad al paso de sedimentos, por su poder reflejante (verticales, en talud, etc.), por las cotas de coronación que fijen (ajustables, no ajustables, etc.), por los materiales de construcción que se emplee (madera, hormigón, escollera, arena estancada, etc.), por la forma que tengas, etc.

En el litoral valenciano se podría destacar dos acciones, causantes de la modificación en las playas por la construcción de obras de defensa. Por un lado las obras de regeneración de las mismas y por otro la creación de infraestructuras artificiales de protección frente a fenómenos climáticos extremos.

En cuanto a la regeneración de las playas, el problema del retroceso de la costa ha alcanzado en algunos puntos tales magnitudes que se ha intentado frenar la regresión y recuperar tierra al mar mediante la realización de obras de defensa, especialmente espigones y escolleras.

Con respecto a las construcciones artificiales de protección, es necesario utilizarlas debido a la carencia de abrigos naturales que posee el litoral valenciano para albergar puertos. Así, se hace necesaria la realización de infraestructuras mar adentro (en nuestro caso puerto de Sagunto y Poble de Farnals). Estas obras interrumpen el transporte litoral, y como consecuencia, la zona situada a barlovento respecto a la deriva se convierte en un área progresiva al actuar como barrera para los sedimentos, mientras que a sotavento del puerto la reconstrucción de la carga sólida de la deriva se obtiene mediante el desencadenamiento de activos procesos erosivos.

1.5.- Los ecosistemas litorales.

Los ambientes litorales constituyen áreas de transición entre los sistemas terrestres y los marinos. Conceptualmente son ecotonos, fronteras ecológicas que se caracterizan por intensos procesos de intercambio de materia y energía. Son ecosistemas muy dinámicos, en constante evolución y cambio

De las razones que inciden en el considerable dinamismo del litoral destacan los procesos geomorfológicos dominantes, que diferencian dos tipos de costa, de erosión (acantilados) y de sedimentación (playas, arenales y humedales costeros). Los elevados aportes de sedimentos, materia orgánica e inorgánica procedente de las cuencas hidrográficas, producen un efecto fertilizador del litoral que determina altas tasas de productividad y que contribuye al mantenimiento de las redes tróficas.

La variedad y singularidad de los ecosistemas que constituyen el litoral hacen de éste un espacio de alto valor ecológico, con una considerable diversidad biológica. Además, en la caracterización del litoral es necesario destacar los siguientes valores:

- Valor estético, variedad y originalidad de sus paisajes
- Valor económico, potencialidad y diversidad de recursos naturales
- Valor educativo y recreativo

Los ecosistemas litorales, como hemos señalado anteriormente, son tremendamente sensibles a sus alteraciones. Para comprender lo que sucede cuando se produce una alteración de sus condiciones ambientales, debemos tener presente, aunque sea de manera simplificada el tipo de cadena trófica existente.

En los ecosistemas acuáticos se pueden distinguir 4 compartimentos fundamentales: productores primarios, productores secundarios, mineralizadores / detritus, y nutrientes (Vollenweider, R.A. et al. 1996).

- Los productores primarios, que constituyen el punto de partida de la circulación de energía y nutrientes en la cadena trófica. Entre ellos se encuentran

todas las especies autótrofas que consiguen su biomasa a partir de los nutrientes inorgánicos y utilizan la energía del sol o la que proviene de reacciones químicas inorgánicas para la síntesis de la materia orgánica.

Pueden producir sustancias orgánicas a partir exclusivamente de productos inorgánicos, tales como CO_2 , H_2O , NH_3 , SO_4^{2-} , y PO_4^{3-} (Ochiai, E. 1985). Los organismos autótrofos son fundamentalmente las plantas y el fitoplancton. En ellos, la clorofila, que se encuentra en todas las plantas foto-autótrofas, es el pigmento que capta la energía lumínica que sirve para la síntesis de la materia orgánica. Otros organismos pueden utilizar la energía proveniente de reacciones químicas para la síntesis de la materia orgánica. Las algas (tanto micro como macroalgas) son los productores primarios fototróficos más importantes de los sistemas acuáticos marinos, aunque no hay que olvidar la importancia de las praderas de fanerógamas en algunos ecosistemas litorales.

- Los productores secundarios incluyen las especies heterótrofas que obtienen su energía y materiales a partir de la materia orgánica de otros organismos. Dependen de los organismos autótrofos, ya sea directa o indirectamente (Ochiai, E. 1985). Entre ellos hay, tanto organismos planctónicos, como bentónicos o demersales.

- Los mineralizadores incluyen las bacterias, pero también hongos y protozoos que ingieren y metabolizan detritus orgánico.

- Los nutrientes disponibles no sólo son los compuestos inorgánicos y orgánicos disueltos en las aguas, sino también los almacenados en el sedimento, que bajo condiciones apropiadas pueden mobilizarse.

Los posibles cambios en la calidad del agua costera, son debidos a las variaciones que pueden producirse en las concentraciones de nutrientes (N, P y Si). Existe numerosa bibliografía que verifica que las áreas receptoras de descargas fluviales presentan concentraciones mucho más elevadas de nutrientes y fitoplancton que sus zonas adyacentes de mar abierto (Cruzado y Velásquez, 1990; Romero, I. 2004).

Los nutrientes son elementos biolimitantes que juegan un papel central en el control de la productividad primaria y en la productividad biológica global de las zonas costeras (Libes, S.M. 1992). Una gran reducción de la descarga de agua dulce en estas áreas puede causar una disminución en las concentraciones de nutrientes (Wetseyn, L.P.M.J. y Kromkamp, J.C. 1994). En aguas costeras influenciadas directamente por estuarios, el silicio es uno de los nutrientes que podría mostrar un cambio marcado en su concentración debido a la reducción del flujo de agua dulce. Los ríos transportan hacia las zonas costeras concentraciones de sílice uno o dos órdenes de magnitud mayores a las comunes en el agua de mar (Bien, G.S. et al., 1958; Banoub, M.W. y Burton, J.D. 1968; Liss, P.S y Spencer, P.C. 1970; Liss, P.S. y Pointon, M.J. 1973).

En el caso de los vertidos al mar de aguas residuales, el principal problema lo generan las concentraciones elevadas de Nitrógeno y Fósforo ya que éstas suelen ser deficitarias en Silicio.

- Limitación de los nutrientes en la producción primaria

Los criterios para la limitación estequiométrica de nutrientes en la producción de fitoplancton se basan normalmente en la relación atómica Si:N:P del fitoplancton, que es aproximadamente 16:16:1 cuando los niveles de nutrientes son suficientes, y que normalmente es conocida como relación de Redfield. Las desviaciones de esta relación indican limitación de N, P ó Si para el crecimiento del fitoplancton. Cuando las aguas receptoras tienen limitación de P la biomasa fitoplanctónica tiene una relación N/P bastante superior a la relación de Redfield (15-16). Cuando el N es el limitante, la relación de Redfield es más baja (Correll, D.L. 1998). Existirá limitación de fósforo cuando $Si:P > 22$ y $NID:P > 22$, existirá limitación de N cuando $NID:P < 10$ y $Si:NID > 1$, y existirá limitación de Si cuando $Si:P < 10$ y $Si:NID < 1$ (Justic, D. et al. 1995).

1.6.- Directiva marco del agua (DMA).

La DMA de la Unión Europea (Directiva 2000/60/CE) organiza la gestión de las aguas superficiales, continentales, de transición, aguas costeras y subterráneas,

con el fin de prevenir y reducir su contaminación, fomentar su uso sostenible, proteger el medio acuático, mejorar la situación de los ecosistemas acuáticos y paliar los efectos de las inundaciones y las sequías. Prevé sobre todo la definición de las aguas europeas y de sus características, por cuencas y demarcaciones hidrográficas, así como la adopción de planes de gestión y programas de medidas apropiados para cada masa de agua.

Se trata en definitiva de conformar una propuesta para una nueva Cultura del Agua, pudiendo resumirse en los siguientes puntos:

1.-Recuperar el buen estado ecológico de los ríos, lagos, aguas de transición, aguas costeras y protección de los humedales, así como el buen estado cuantitativo y cualitativo de los acuíferos, redefiniendo el concepto de cuenca, que ahora incluye deltas, estuarios y ecosistemas marinos.

2.-Introducir nuevos criterios de racionalidad económica en la gestión del agua basados en el principio de recuperación de costes, incluyendo los costes medioambientales y el valor de la escasez.

3.-Fomentar una participación ciudadana activa en materia de gestión de aguas.

4.-Promover la gestión sostenible y equitativa de las cuencas hidrográficas transfronterizas.

Como vemos se constituye así una visión holística en la gestión del agua, con cambios en las tradicionales estrategias de la oferta y la demanda, y donde adquiere prioridad el ahorro, la mejora de la eficacia, la introducción de nuevas tecnologías y la conservación de las aguas subterráneas desde un enfoque integrador y sostenible. Es necesario adoptar una nueva visión ética basada en el reconocimiento de las diferentes funciones y valores del agua:

- Agua para la vida, entendida aquí como un derecho humano universal.
- Agua para actividades de interés general, situándose en un segundo nivel de prioridad, bajo una gestión responsable y cohesionada con los derechos sociales,

- Agua para el crecimiento económico, en funciones económicas legítimas.

De igual manera, la Unión Europea debe asumir y aceptar su responsabilidad mediante una contribución significativa en el desarrollo de los principios de sostenibilidad y de gobernabilidad participativa y democrática del agua a nivel mundial. Por ello deben tomarse medidas para la protección de las aguas tanto en cantidad como en calidad y garantizar que todas ellas alcancen el “estado ecológico” de Good en el año 2015 (Heiskanen, A-S. 2004). Numerosos trabajos ya han comenzado con la identificación y caracterización de los cuerpos de agua y la intercalibración entre los estados miembros.

Dentro de la DMA el área de trabajo de “estado ecológico” es el encargado de realizar una clasificación ecológica de los cuerpos de agua.

Además establece unos parámetros indicadores en base a su relación con los elementos de calidad biológica/química de las aguas (Nixon, S.C. 1996). Estos son utilizados para la clasificación de las áreas a estudiar y para la toma de decisiones políticas. El parámetro indicador propuesto por este área de trabajo es la clorofila a, que se utiliza como indicador de la biomasa fitoplanctónica.

Sin embargo, el problema real para caracterizar ecológicamente las zonas costeras con y sin influencia continental mediante el análisis de los valores de la clorofila, es saber si el sistema es capaz de asumir las descargas continentales sin que se genere un proceso de eutrofia.

En los ecosistemas oceánicos la llegada de nutrientes depende básicamente de la circulación vertical de las aguas, pero en los ecosistemas litorales son los aportes de origen continental los que en muchos casos determinan el estado trófico del sistema, especialmente en las zonas marinas más oligotróficas como el mar Mediterráneo (Moutin, T. et al. 1998).

Como cada ecosistema es único, se necesita un buen conocimiento de cada área para poder aplicar herramientas efectivas de mejora del estado ecológico. De hecho, para mejorar el estado trófico de un ecosistema litoral, necesitamos determinar cuáles son los factores que dan lugar a los procesos de eutrofia (Glibert, P.M. et al. 2006). Sin embargo, también es interesante y necesario investigar la

posible existencia de procesos de eutrofia naturales, ya que entonces, para mejorar el estado trófico, serían necesarias más herramientas de gestión y no sólo una disminución de los vertidos de nutrientes.

El fitoplancton constituye la base de las cadenas tróficas pelágicas, y por lo tanto cualquier cambio cuantitativo o cualitativo puede afectar la dinámica de los niveles tróficos superiores (por ejemplo zooplancton) debido a la variabilidad en su biomasa y producción (Shiah, F.K. et al., 1996).

La luz, la temperatura, la disponibilidad de nutrientes y el consumo herbívoro son los cuatro factores más importantes que regulan la producción y la biomasa del fitoplancton. De estos cuatro factores, el elemento que normalmente condiciona la producción primaria del fitoplancton es la disponibilidad de las “sales nutritivas” (compuestos de nitrógeno, fósforo, silicio). Sin embargo, el factor que limita el crecimiento del fitoplancton varía dependiendo de la zona de estudio e incluso en la misma zona en función de las condiciones ambientales que en ella se den (Davies, P. 2004). De hecho, la determinación de cuáles son los nutrientes que causan el problema es crítica. En algunos casos esto puede conocerse con una garantía suficiente, pero en otros es necesario realizar un estudio detallado.

Es importante entender la relación entre las cargas de nutrientes y las respuestas ecológicas. Sin embargo, como se apunta en EPA (2001), muchas veces es difícil distinguir entre la variabilidad natural de un ecosistema respecto a la productividad primaria y la inducida por factores antropogénicos, especialmente el enriquecimiento de nutrientes, que a menudo es una consecuencia de la variabilidad en los procesos físicos. Ésta no es una tarea sencilla, y algunos modelos (Cloern, J.E. 2001) sugieren que el sistema modula los estresores de manera que un único estresor no produce necesariamente una única respuesta. Los modelos conceptuales pueden ayudarnos a determinar las relaciones causa-efecto, y como tales son una valiosa herramienta para la gestión de la calidad del agua.

Por todo lo comentado anteriormente, y teniendo en cuenta las condiciones de calidad del agua que debe alcanzarse con la puesta en marcha de la DMA, es interesante y necesario estudiar el estado del ecosistema en estas zonas litorales y su variación según sean zonas confinadas o abiertas. Pero para poder obtener una

valoración más exhaustivo y global de su estado de calidad en un ambiente concreto -como el de nuestro estudio-, debemos atenernos también a otros indicadores que complementarán el parámetro clorofila a. Estos serán tomados en consideración más adelante, centrándonos principalmente en la valoración de los parámetros de la “comunidad fitoplanctónica”. Con ello pretendemos mejorar sus mediciones más allá de los modos establecidos para hacerlo por la DMA.

1.7.- Indicadores.

La DMA, establece, en el artículo 8, que los Estados Miembro de la Unión Europea deben diseñar programas de seguimiento y control que proporcionen información suficiente para evaluar el estado de las masas de agua. Según la DMA podemos clasificar la calidad del agua en cinco categorías (alta, buena, moderada, baja y mala) de acuerdo al Ecological Quality Ratio (EQR), definido como la relación entre los valores de referencia y los valores observados de los elementos biológicos de calidad- indicadores. Estos programas deben incluir, para las aguas superficiales, la medida del volumen, el nivel, el caudal, el estado ecológico y el estado químico.

Los elementos indicadores de calidad ecológica pueden ser físico-químicos, hidromórficos o biológicos. Los elementos biológicos, proporcionan una visión integrada y extendida en el tiempo sobre la calidad del agua, es decir, refleja las condiciones existentes tiempo atrás del muestreo.

Por ello, lo más conveniente es combinar los análisis fisicoquímicos con la utilización de índices bióticos. De hecho, la DMA propone, como medida de la calidad de los ecosistemas acuáticos, establecer el estado ecológico del sistema estudiado mediante el empleo de indicadores biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos.

Dentro de los elementos de calidad biológica cuyo estudio es requerido por la Directiva Marco se encuentra: la ictiofauna, el fitoplancton, la fauna bentónica de invertebrados, el fitobentos y los macrófitos. Sin embargo, como ya anunciábamos, nuestra prioridad es la valoración de fitoplancton. Si bien la DMA utiliza la clorofila a como indicador biomasa fitoplanctónica, nosotros introduciremos también para una

mejor valoración, las densidades celulares y las representaciones de las especies existentes en la comunidad fitoplanctónica¹.

Peces

Los peces tienen características que les diferencian de otros elementos biológicos y les hacen complementarios ineludibles. Su mayor longevidad (hasta 20 y 30 años), permite a los peces ser testigos e indicadores de impactos históricos a las masas de agua. Además, su mayor tamaño y movilidad les permiten jugar un papel muy importante en los ecosistemas, al influir en el flujo de energía y en el transporte de sustancias y elementos. Por todo ello, son indicadores de cambio a largo plazo.

La ictiofauna también es sensible a las presiones fisicoquímicas que produzcan:

- Contaminación del agua.
- Eutrofia y aparición de toxicidad por algas.
- Desoxigenación del agua.

En España las experiencias con indicadores basados en peces son escasas y existen pocos casos en los que éstos se hayan incluido en redes de control de calidad.

Macrófitos

Los macrófitos engloban distintos grupos de comunidades vegetales. El término macrófito se refiere a las plantas acuáticas visibles a simple vista, entre las que se encuentran principalmente plantas vasculares acuáticas, aunque se incluyen también briofitos (musgos acuáticos, hepáticas), microalgas y cianobacterias.

Generalmente se reconocen tres formas de macrófitos: flotantes, sumergidos y emergidos.

¹ En el apartado de resultados y discusiones se exponen las especies con mayor relevancia.

El término hidrófito describe a las plantas acuáticas en sentido estricto, es decir, aquellas que completan su ciclo biológico cuando todas sus partes se encuentran sumergidas o flotando en la superficie.

Por el contrario los helófitos son plantas anfibias con la parte inferior sumergida en el agua.

Los macrófitos se consideran útiles para la detección y el seguimiento de las presiones fisicoquímicas que produzcan:

- Reducción de la transparencia del agua.
- Variación de la mineralización (conductividad y salinidad).
- Eutrofia.

Son indicadores de cambios a medio y largo plazo

Invertebrados bentónicos

El término de macroinvertebrado no corresponde a ningún concepto taxonómico, si no que se trata de una delimitación artificial de parte de grupos animales de invertebrados. En los cursos de agua se consideran como macroinvertebrados a aquellos organismos animales que, por su tamaño relativamente grande son retenidos por redes de luz de malla de entre 250-300 μm , y son visibles al ojo humano, no muy inferiores de 0.5 mm pero habitualmente mayores de 3 mm.

La gran mayoría de los mismos (alrededor del 80%) corresponden a grupos de artrópodos, y dentro de estos los insectos (en especial sus formas larvianas); también se encuentran oligoquetos, hirudíneas y moluscos y con menor frecuencia celéntereos, briozos o platelmintos. Los macroinvertebrados son el grupo dominante en los ríos y también se encuentran en el litoral y fondos de lagos y humedales.

Comprende generalmente aquellos organismos que en sus últimos estadios larvarios alcanzan un tamaño igual o superior a 3 mm y que viven habitualmente en la superficie adheridos a los distintos sustratos o en los primeros cm del sedimento.

Los macroinvertebrados bentónicos se consideran útiles para la detección y seguimiento de las presiones fisicoquímicas relacionadas con la contaminación térmica, la contaminación orgánica, la eutrofización, la contaminación por metales y otros contaminantes.

Indican alteraciones a medio y largo plazo, ya que sus especies poseen ciclos de vida entre menos de un mes hasta más de un año. Su valor indicador abarca un ámbito temporal intermedio que complementa el de otros elementos biológicos con tiempos de respuesta más cortos (como el fitobentos) o más largos, como los peces.

Fitoplancton

Se define como fitoplancton la comunidad de microorganismos, en su mayoría fotosintéticos (microalgas, cianobacterias, flagelados y otros grupos) que vive suspendida en la masa de agua. Abarca organismos de diferente tamaño y en función de este se clasifica en: microplancton 20-200 μm , nanoplancton 10-20 micras, ultraplancton 2-10 micras y picoplancton menos de 2 micras.

El fitoplancton presenta una gran diversidad de especies en función de las condiciones del hábitat, la salinidad, la temperatura, la intensidad lumínica, el nivel de nutrientes, los episodios de eutrofización, etc.

En el marco de la aplicación de la DMA, el fitoplancton es adecuado para la determinación y seguimiento de las presiones fisicoquímicas relacionadas con:

- Contaminación térmica.
- Contaminación orgánica (soluble y particulada)
- Cambios en la mineralización del agua.
- Eutrofización.

El fitoplancton es un indicador de cambios a corto plazo, debido a que sus ciclos vitales son cortos y responden rápidamente a los cambios ambientales. Por ello es de importante relevancia el conocimiento de la dinámica de poblaciones de

los organismos fitoplanctónicos puesto que también generan efectos negativos (un crecimiento excesivo crea “blooms” que generan problemas en las masas de agua, puesto que algunos pueden liberar toxinas que pasan a la cadena trófica) (O’Kelly, C.J. 2003).

Diatomeas bentónicas

Las diatomeas bentónicas son aquellas que viven sobre un sustrato natural o artificial, en vez de suspendidas en la columna de agua.

Las diatomeas son el grupo más diverso de las microalgas bentónicas, suelen constituir entre el 80 y el 90% de la comunidad de perifiton (comunidad microbiótica que vive sobre sustratos sumergidos de diferente naturaleza e incluye microalgas, bacterias, hongos y protozoos). Son cosmopolitas y sus requerimientos ecológicos son conocidos para muchas de sus especies, y son los mismos en diferentes regiones geográficas.

Tienen como ventaja adicional la buena manipulación y conservación de las muestras, lo que se debe en parte al esqueleto de sílice (la frústula), de elevada resistencia y cuyas características morfológicas son la base de la identificación de las especies.

También presentan una respuesta rápida a los cambios que se producen en su entorno, por su elevada tasa de reproducción.

El uso de microalgas bentónicas para evaluar la calidad del agua es una práctica habitual en muchos países europeos y existe una abundante bibliografía sobre su capacidad bioindicadora, aunque la inmensa mayoría de los estudios realizados se refieren a las diatomeas.

Se consideran útiles para la detección y seguimiento de las presiones fisicoquímicas debidas a:

- Eutrofización. Cuando una masa se eutrofiza, los sustratos aparecen cubiertos de pátinas verdes o pardas de algas.
- Incrementos de materia orgánica.

- Salinidad.
- Acidificación, ésta no es un problema en la mayor parte de las cuencas ibéricas, cuyas aguas están tamponadas.

1.8.- Objetivos.

En el tramo estudiado (especialmente en los últimos 50 años) se han ido desarrollando una serie de actuaciones y alteraciones humanas de diversa naturaleza en el litoral, sobre todo, la creación de múltiples infraestructuras marítimas de defensa transversales a la línea de costas. La creación del puerto deportivo de Pobra de Farnals es un ejemplo, pero también hay que tener en cuenta las numerosas construcciones de menor tamaño como los espigones utilizados para la restauración de playas, ocupando grandes extensiones del litoral.

Todas estas nuevas condiciones creadas por el hombre en el medio litoral están produciendo, entre otras cosas, cambios en la dinámica de sedimentos, en las corrientes, en la dinámica y composición de las comunidades fitoplanctónicas, en la concentración de clorofila a, nutrientes y salinidad. Todo ello está creando un cambio en la calidad ambiental del agua según la DMA.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, el principal objetivo de este trabajo es conocer, estudiar y analizar las diferencias existentes entre las zonas afectadas por las infraestructuras marítimas y las zonas de playas no confinadas. Los objetivos concretos son los siguientes:

- Determinar, estudiar y analizar la concentración de clorofila a, nutrientes y salinidad, en muestras de playas abiertas y zonas confinadas.
- Conocer, estudiar y analizar las diferencias en la composición de la comunidad fitoplanctónica presentes en las muestras de agua.
- Analizar la eficiencia de la red de muestreo.

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1.- Situación geográfica

La Comunidad Valenciana (Figura 1) es una comunidad autónoma de España situada en el este de la Península Ibérica, formada por las provincias de Alicante, Castellón, y Valencia. Limita al norte con Cataluña y Aragón, al oeste con Castilla-La Mancha y Aragón, al sur con la Región de Murcia y al este la baña el mar Mediterráneo con unos 476 Km de costa.



Figura 1: Localización de la C.V. y masas de agua 007.

Tiene un clima predominante mediterráneo típico, caracterizado por inviernos no muy fríos (debido a la capacidad suavizadora de temperaturas del mar), y veranos largos, bastante secos y calurosos, con máximas en torno a los 30°C. Presenta unas precipitaciones anuales en torno a los 300 y 500 mm, con valores más bajos en el extremo sur de la comunidad, con un clima ligeramente más árido. Éstas, están caracterizadas por su irregularidad y por los contrastes regionales

existentes. En general, las mayores precipitaciones se concentran durante el otoño, y, en menor medida, en primavera. Este carácter irregular deriva en una concentración de las lluvias en unos pocos días del año, provocando a menudo gotas frías e inundaciones.

En cuanto a la orografía, en la C.V. nos encontramos con dos grandes sistemas montañosos, al norte el sistema ibérico y al sur el sistema subbético. También es importante resaltar las grandes llanuras sitas en la franja litoral; al norte la Plana de Castellón, en el centro la Huerta de Valencia y en el extremo sur del territorio la Vega Baja de la Segura.

2.2.- Masa de agua estudiada.

Para llevar a cabo la red de monitoreo en la Comunidad Valenciana, se dividieron los 476 km de costa en 24 masas de agua en función de zonas ecológicas e hitos geográficos que abarcan desde la desembocadura del río Cenia hasta la playa del puerto Torre de la Horadada. De las 24 masas de agua, 18 corresponden a masas costeras y 6 corresponden a masas portuarias.

Para el estudio de las aguas costeras de la C.V., la DMA tiene cuanta dos tipologías de masas de agua establecidas en el proceso de intercalibración del MED-GIG. Estas son sus características:

- Tipo II-A, es decir, son aguas costeras moderadamente afectadas por descargas de agua dulce (salinidad media anual entre 34,5 y 37,5 g/kg), con cierta influencia continental. Esta masa de agua limita desde la frontera con Cataluña (sur del río Siena) con el Cabo de San Antonio en Cullera (valencia).
- Tipo III, tipo que incluye las aguas costeras no afectadas por descargas de agua dulce (salinidad media anual >37,5 g/kg), la cual limita con la Región de Murcia (Pilar de la Horadada) con el Cabo de San Antonio.

Este estudio se ha realizado íntegramente en la masa de agua llamada; Masa 007. Costa Norte de Valencia, perteneciente a la tipología Tipo II-A descrita por la

Comisión (2008/915/CE). En esta masa, que comprende los municipios de El Puig, Poble de Farnals, Massamagrell, Massalfassar, Albuixech, Albalat dels Sorells, Foyos, Meliana, parte del de Alboraya y parte del de Valencia, vierten los cauces siguientes: acequia de las Eras, gola de la Torre, acequia del Esquerro, Braç del Mig, acequia de la Fila, acequia del Roll, acequia Mitjera, acequia Sangonera, acequia Nova, acequia de Sant Vicent, acequia de la Marquesa, barranco del Carraixet y acequia del Mar. Además contamos con la existencia del puerto deportivo de Poble de Farnals y la dársena de Port Saplaya.

Esta zona litoral ha sufrido una gran transformación, sobre todo, destaca la gran cantidad de construcciones transversales a la línea de costa, creando nuevas zonas confinadas y reduciendo las zonas de playas abiertas.

Para la realización de este trabajo no se han utilizado todas las estaciones muestreadas en la Masa 007, se ha limitado el área de estudio tomando las muestras al sur Poble de Farnals y continuando (dirección sur) por los municipios de Massamagrell, Massalfassar, Albuixech, Albalat dels Sorells, Foyos y Meliana (municipios pertenecientes a la provincia de Valencia), como se observa en la Figura 2 expuesta a continuación.

MASA DE AGUA 007

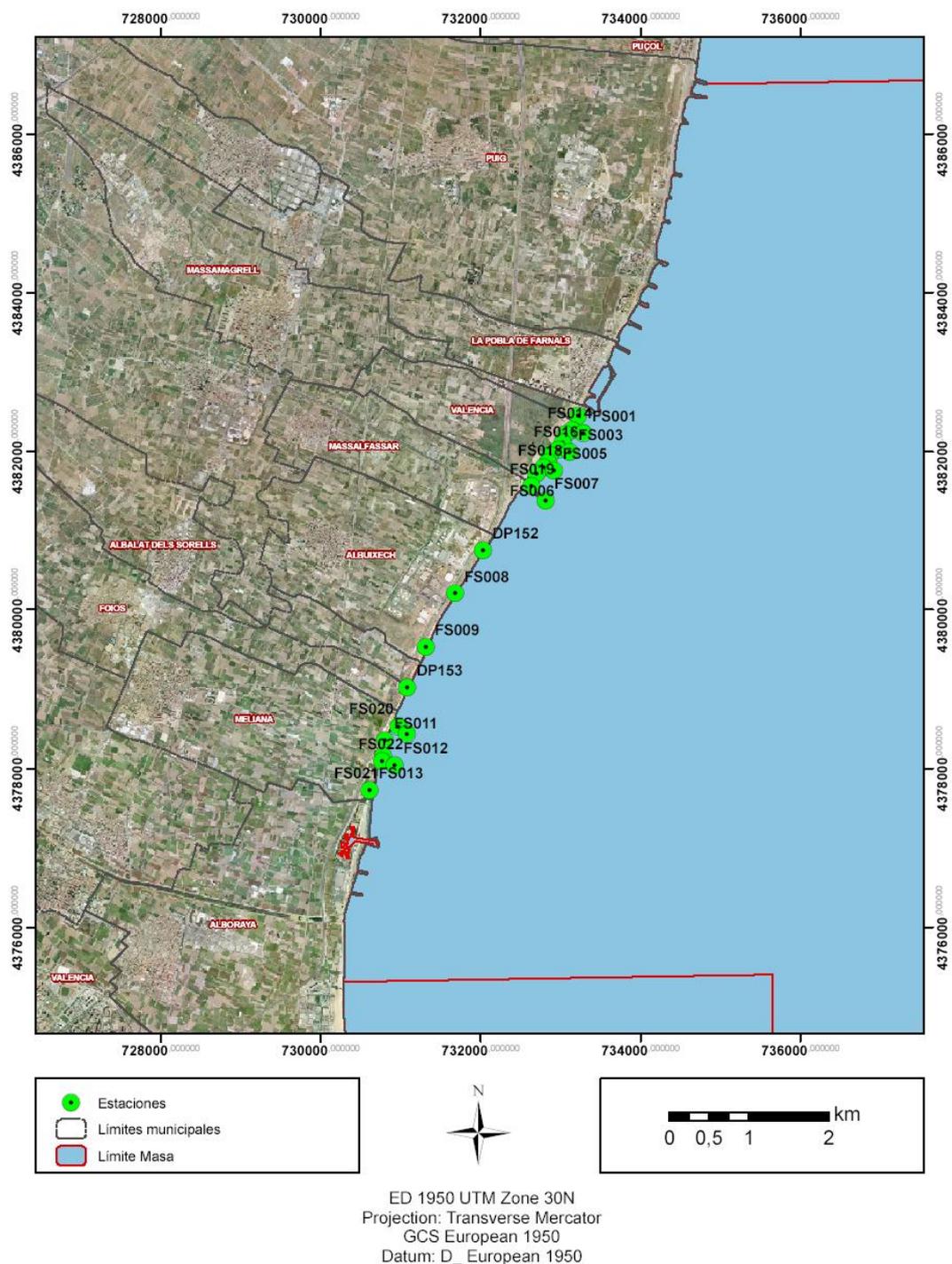


Figura 2: Localización general de las estaciones de muestreo en la masa de agua 007.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1.- Campañas de muestreos

Se ha realizado una campaña de muestreo cada mes durante un año, tomando muestras en puntos de playas abiertas, playas entre espigones, zona base de espigones (donde incide con la playa) y zona final de espigones (punto del espigón más alejado de la playa). La DMA, en el Anexo V. 1.3.4., establece que la periodicidad temporal de estos controles de vigilancia sea como mínimo una vez cada seis meses para los parámetros biológicos (fitoplancton). Pero, tras la reunión del MED-GIG, celebrada en Mallorca en septiembre de 2005, se estableció que el control de vigilancia fuera mensual para el fitoplancton.

En Abril de 2007 se efectuó el primer muestreo, que fue en cierta manera orientativa, el cual sirvió para tomar la decisión de ampliar el número de estaciones en la red de muestreos al mes siguiente y así finalizar en Abril de 2008 (de la FS14 hasta la FS22 se empezaron a coger en la campaña de 05/2007 hasta 05/2008).

3.1.1.- Muestreos de playas abiertas, zonas confinadas y final de espigones.

Los puntos de playas y espigones muestreados mensualmente aparecen en la Tabla 1 presentada a continuación. Todas las estaciones pertenecen a la masa de agua 007 que pertenece a la tipología Tipo II-A (aguas al norte del cabo la nao), con influencia moderada del aporte de agua dulce descrita por la Comisión (2008/915/CE).

Tabla 1: Estaciones muestreadas mensualmente y sus coordenadas UTM en huso 30N.

ESTACIÓN	NOMBRE	XUTM	YUTM
DP046	PLAYA DE LA POBLA DE FARNALS	733.219	4.382.450
DP152	PLAYA DE ALBUIXECH	732.031	4.380.758
DP153	PLAYA DE FOIOS	731.082	4.379.016
FS001	FINAL DEL ESPIGÓN 1	733.285	4.382.233
FS002	PLAYA ENTRE ESPIGÓN 1 Y 2	733.063	4.382.213
FS003	FINAL DEL ESPIGÓN 2	733.112	4.381.988
FS004	PLAYA ENTRE ESPIGÓN 2 Y 3	732.863	4.381.959
FS005	FINAL DEL ESPIGÓN 3	732.914	4.381.756
FS006	PLAYA ENTRE ESPIGÓN 3 Y 4	732.698	4.381.718
FS007	FINAL DEL ESPIGÓN 4	732.812	4.381.379
FS008	PLAYA DE ALBUIXECH	731.685	4.380.210
FS009	PLAYA DE ALBUIXECH	731.313	4.379.523
FS010	FINAL DEL ESPIGÓN 5, PLAYA DE MELIANA	731.075	4.378.438
FS011	PLAYA ENTRE ESPIGÓN 5 Y 6, PLAYA DE MELIANA	730.803	4.378.350
FS012	FINAL DEL ESPIGÓN 6, PLAYA DE MELIANA	730.921	4.378.035
FS013	PLAYA DE MELIANA	730.613	4.377.721
FS014	INICIO ESPIGÓN 1, SUR	733.147	4.382.271
FS015	INICIO ESPIGÓN 2, NORTE	733.023	4.382.114
FS016	INICIO ESPIGÓN 2, SUR	732.971	4.382.028
FS017	INICIO ESPIGÓN 3, NORTE	732.848	4.381.866
FS018	INICIO ESPIGÓN 3, SUR	732.788	4.381.799
FS019	INICIO ESPIGÓN 4, NORTE	732.634	4.381.562
FS020	INICIO ESPIGÓN 5, SUR	730.969	4.378.528
FS021	INICIO ESPIGÓN 6, NORTE	730.779	4.378.156
FS022	INICIO ESPIGÓN 6, SUR	730.765	4.378.085

Las estaciones anteriormente citadas han sido clasificadas en 4 grupos (Tabla 2) según la posición ocupada en la zona de estudio; zona confinada norte, zona confinada sur, final de espigones (estaciones que están geográficamente incluidas dentro de alguna de las dos zonas confinadas) playas abiertas. En la siguiente tabla se puede ver las estaciones que pertenecen a cada uno de los grupos indicados y en qué zonas confinadas podemos encontrar las estaciones de finales de espigones.

Tabla 2: Clasificación de las estaciones en sus respectivos grupos.

	Zona confinada norte	Zona confinada sur	Playas abiertas.
	DP46	FS20	DP152
	FS14	FS11	FS08
	FS02	FS21	FS09
	FS15	FS22	DP153
	FS16	FS13	
	FS04		
	FS17		
	FS18		
	FS06		
	FS19		
Final de espigones	SF01	FS10	
	FS03	FS12	
	FS05		
	FS07		

Las siguientes imágenes (Figuras 3, 4 y 5) muestran todas las estaciones muestreadas y las salidas de agua continental (en cada una de las imágenes se especifica nombre y tipo de salida), ordenadas de norte a sur de nuestra zona de estudio. Para la diferenciación de las estaciones según la zona que ocupan, se ha empleado la siguiente leyenda:

- Zona confinada norte y Zona confinada sur.
- Playas abiertas.
- Final de espigones.
- Salidas de agua continental.

Confinada Norte

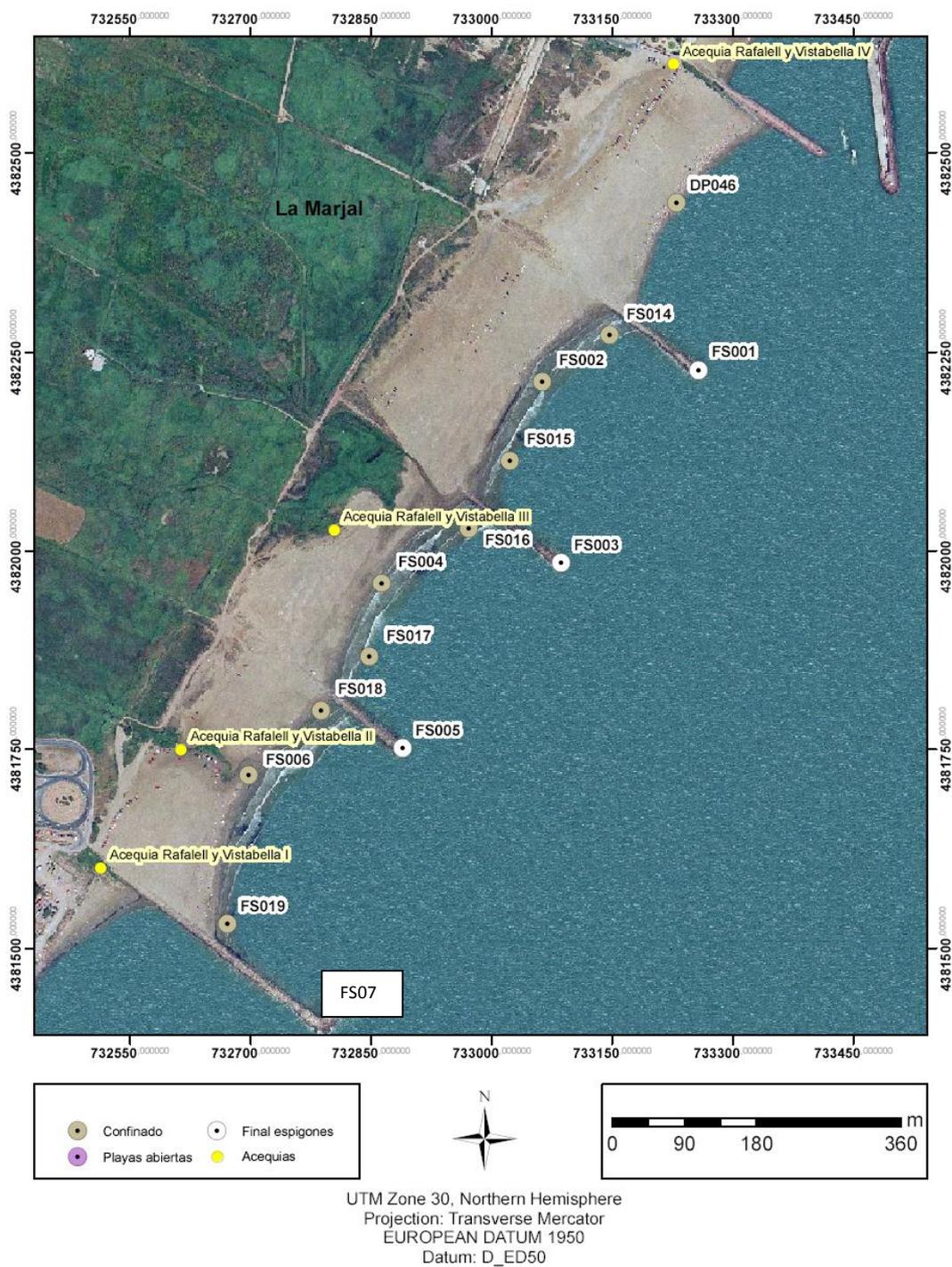


Figura 3: Representación de las estaciones de muestros en la zona confinada norte con sus 4 salidas de aguas continentales (de norte a sur): Acequia Rafaell y Vistabella IV, III,II y I.

Playas Abiertas

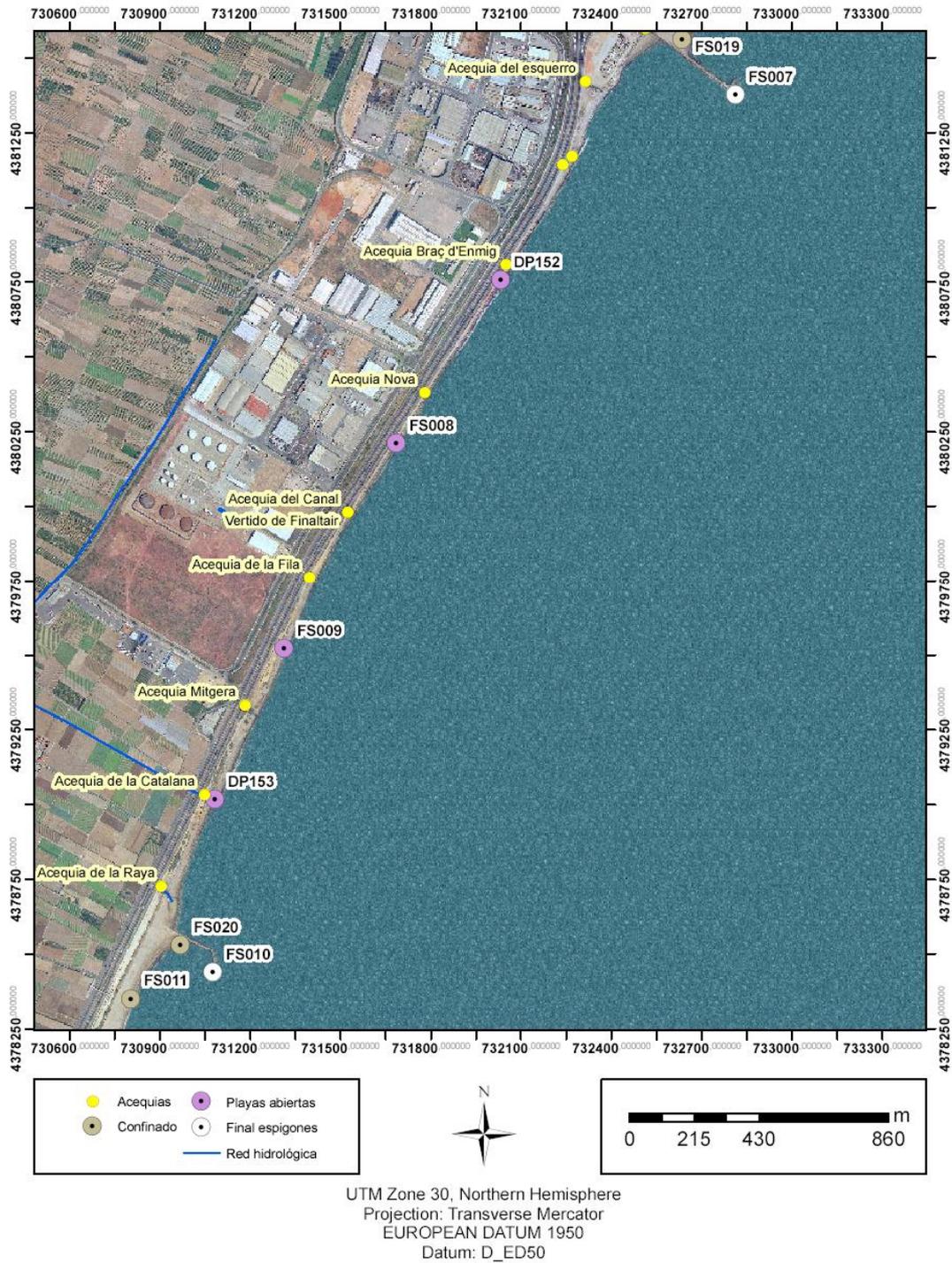


Figura 4: Representación de las estaciones de muestreo en la zona de playas abiertas y sus salidas de aguas continentales (de norte a sur): Acequia del Esquerro, Acequia Braç d'Enmig, Acequia Nova, Acequia del Canal (vertido de Finaltair), Acequia de la Fila, Acequia Mitgera, Acequia de la Catalana y Acequia de la Ratya.

Confinada Sur

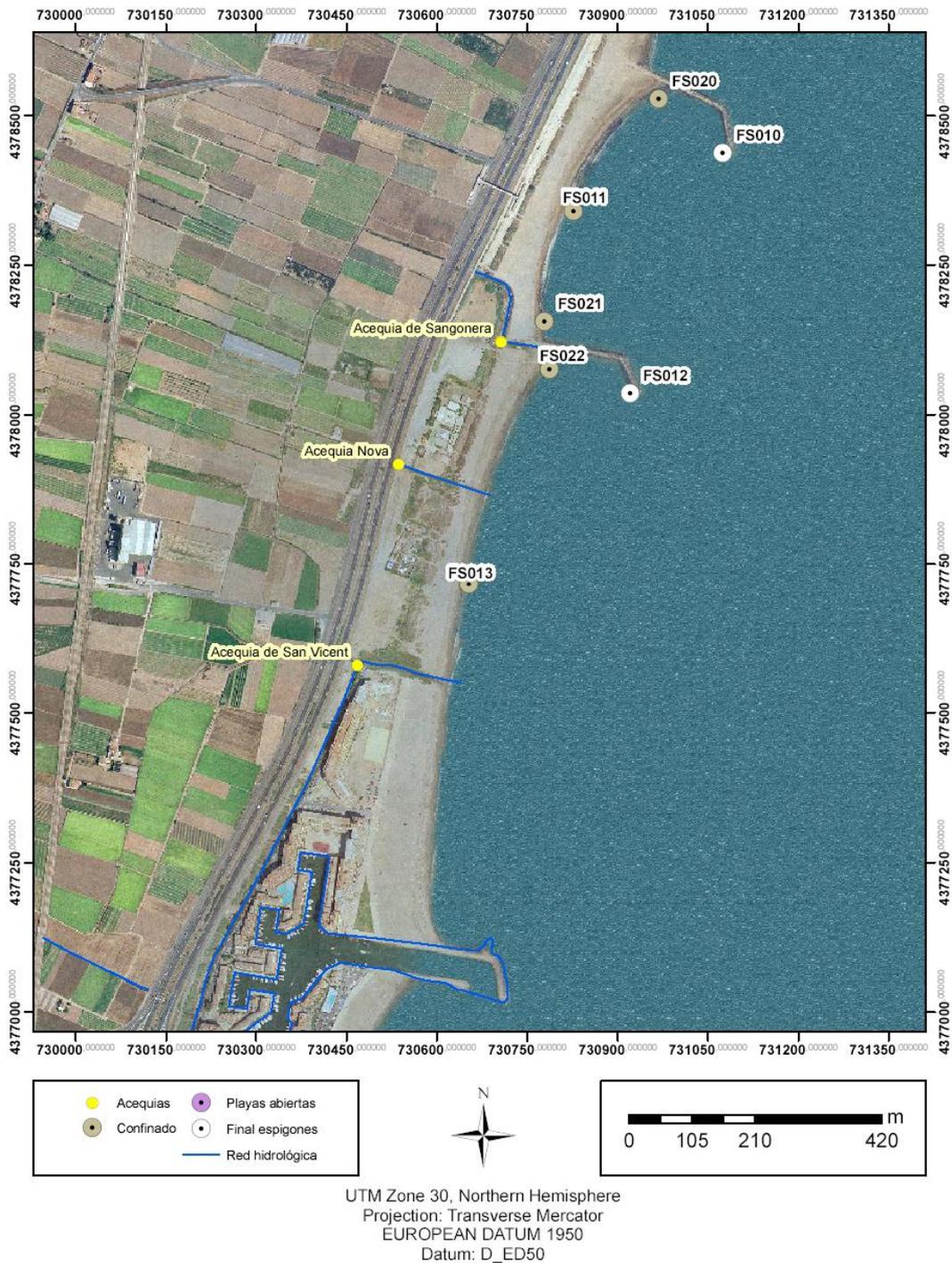


Figura 5: Representación de las estaciones de muestreo en la zona confinada sur y sus salidas de aguas continentales (de norte a sur): Acequia de Sangonera, Acequia Nova, Acequia de San Vicent.

3.2.- Toma de muestras para calidad del agua.

En cada estación anteriormente descrita se toman muestras de agua subsuperficiales (10 cm de profundidad), tras la línea de rompientes de las olas. De esta forma, se evita extraer la muestra en zonas donde la resuspensión del sedimento, por efecto del oleaje, pueda afectar a la calidad bioquímica del agua.

En campañas con una baja agitación por efecto del oleaje, en las cuales no se distingue la línea de rompientes, se toma la muestra cuando la playa alcanza una profundidad de 1 m aproximadamente.

En primer lugar, y para cada uno de los puntos de muestreo indicados, se procede a la medida in situ de las siguientes características:

- Temperatura del mar
- Altura de las olas y dirección de las mismas.
- Intensidad y dirección del viento.

Las muestras de agua han sido tomadas en 2 tipos diferentes de recipientes en función de los análisis a realizar, habiendo sido utilizados los siguientes:

- Bote de 2 L de capacidad para el análisis de nutrientes, clorofila a, conductividad y salinidad, y pH.
- Bote de 125 mL ó 250 mL de vidrio para el recuento de comunidades fitoplanctónicas.

Una vez recogidas las muestras en función de las indicaciones anteriormente expuestas, éstas son trasladadas al laboratorio para su posterior análisis. Se utiliza un sistema de refrigeración para el transporte, respetando siempre que no transcurran más de 12 horas desde el momento de la recogida hasta la llegada al laboratorio.

3.3.- Parámetros físico-químicos.

Para cada una de las muestras de agua recogidas, se analizan en laboratorio una serie de parámetros físico-químicos que son los siguientes: pH, temperatura, conductividad, salinidad, amonio, nitrito, nitrato, fosforo soluble reactivo, fosforo total (PT), acido ortosilícico y clorofila a (Cl a, se utilizaran estas siglas a partir de ahora).

La única medida in situ que se realiza es la de la temperatura, siendo el resto analizadas en el laboratorio.

3.4.- Cadena de custodia.

Tras la llegada de las muestras al laboratorio, se procede a la subdivisión de éstas en distintas alícuotas para la determinación de los parámetros. Esto es debido a la diferente manera de conservación de cada una de ellas (APHA, 1998).

Para el análisis del fósforo total se trasvasan 100-150 mL de muestra a botes de plástico y se conservan en nevera.

Se filtran 800 mL de muestra a través de filtros de acetato de celulosa de 0,45 µm (Millipore HAWP de 47 mm de diámetro). De este filtrado se toman distintas alícuotas que se utilizan para:

- Nitritos, amonio y fósforo soluble reactivo que se determinan inmediatamente.
- Ácido ortosilícico. 100-150 mL del filtrado se guardaron a -20°C hasta su análisis posterior.
- Nitratos. Se trasvasa 100-150 mL del filtrado a botellas de plástico y se conservan en congelador a -20°C hasta su posterior determinación.
- Los filtros de acetato de celulosa utilizados para filtrar la muestra se almacenan a -20°C y posteriormente se utilizan para la determinación de clorofilas.
- La salinidad se determina a partir del filtrado obtenido.

En la Figura 6 se muestra un esquema de la cadena de custodia y la conservación de las distintas alícuotas.

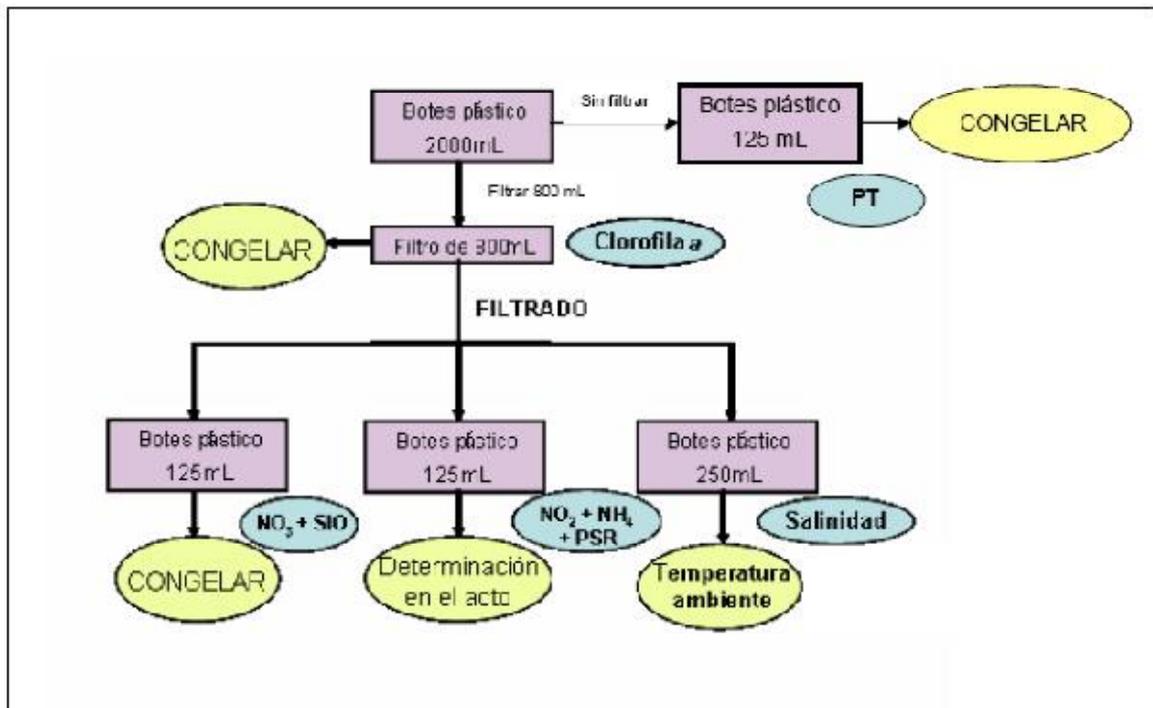


Figura 6: Cadena de custodia y conservación de las distintas alícuotas.

3.5.- Métodos analíticos.

3.5.1.- Medida de pH, salinidad/conductividad y turbidez.

a) pH:

Se ha utilizado el pHmetro de la marca WTW modelo 196 para la medida directa del pH. Éste, funciona midiendo la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente plata/cloruro de plata), y un electrodo de vidrio sensible al ión hidrógeno.

b) Salinidad/Conductividad:

Como señala Aminot, A. (1983) la salinidad puede definirse como el peso en gramos de materia inorgánica disuelta en 1 kg de agua de mar, después de que todo el bromuro y yoduro ha sido reemplazado por la cantidad equivalente de cloruro, todo el carbonato convertido a óxido y toda la materia orgánica oxidada.

Para la medida de la salinidad, se ha utilizado un salinómetro de la marca Portasal modelo 8410A, previamente calibrado con estándares de agua de mar y KCl con una precisión de $\pm 0,01$ unidades de salinidad (APHA, 1998).

Por otra parte, la conductividad es una medida de la capacidad que tiene una solución acuosa para conducir la corriente eléctrica. Dicha capacidad depende de la presencia de iones (concentración, movilidad y valencia) y de la temperatura. Las soluciones que contienen más compuestos inorgánicos son relativamente buenas conductoras en contraposición de las que contienen moléculas de compuestos orgánicos los cuales no se disocian en las soluciones acuosas.

En este caso la conductividad ha sido medida de forma directa mediante un conductímetro de la marca WFW modelo LF 196 previamente calibrado con KCl y corregida la temperatura a 25 °C (APHA, 1998).

c) Turbidez.

La turbidez es una medida de la propiedad óptica que causa dispersión y absorción de la luz con disminución de la transmisión en línea recta. Se mide en unidades de turbidez nefelométrica (NTU).

La turbidez se ha medido con un turbidímetro de sobremesa (HACH, modelo 2100N), calibrado con los patrones adecuados (<0.1 , 20, 200, 1000 y 4000 NTU).

Este método está basado en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones.

3.5.2.- Análisis de nutrientes.

Los análisis de nutrientes fueron realizados con un autoanalizador de flujo continuo segmentado por aire, Alliance Instruments Integral Futura. Los métodos usados son los descritos por Treguer, P. y Le Corre, P. (1975), teniendo en cuenta las consideraciones hechas por Kirkwood, D. et al. (1991) y Parsons, T.R. et al (1984). La optimización del equipo se llevó a cabo siguiendo las teorías de Coakley, W.A. (1981).

Para todos los métodos se utilizaron reactivos de alta pureza Merck para análisis. Del mismo modo se utiliza agua milli-Q obtenida con un equipo de purificación de agua milli-Q 185 Plus, para obtención de agua ultrapura, equipado con cámara de fotooxidación ultravioleta (UV) de Millipore.

3.5.3.- Análisis de Cl a.

Para la determinación de este parámetro, se ha utilizado el método tricromático basado en espectroscopía visible para determinar la concentración de Cl a (APHA, 1998). Para ello, las membranas de acetato de celulosa empleadas para filtrar las muestras se congelan con la finalidad de romper las células. Posteriormente los filtros se introducen en 6 mL de acetona al 90% en agua con el 1% en carbonato cálcico. Se determinó la densidad óptica del extracto a distintas longitudes de onda; 630, 647 y 664 μm , para determinar el contenido pigmentario, y a 750 μm para corregir la turbidez. Para los cálculos de la concentración se utilizaron las ecuaciones de Jeffrey, S.W. y Humphrey, G.F. (1975).

3.5.4.- Recuentos fitoplanctónicos.

Como se ha mencionado anteriormente el análisis de las comunidades fitoplanctónicas se ha realizado por el método de recuentos microscópicos por epifluorescencia. En el mismo momento de la recogida de muestra ésta es fijada con glutaraldehído. El objetivo de la fijación es paralizar el proceso de autólisis celular que se producen de forma espontánea en la muerte celular. El volumen de glutaraldéhído que se adiciona a la muestra es el necesario para alcanzar una concentración final del 2% (Sournia, A. 1978).

El análisis se realiza filtrando un volumen de muestra determinado con membranas de policarbonato de tamaño de poro 0,2 μm (Millipore GTTP de \varnothing 25mm). Para seleccionar el volumen de muestra que debe ser filtrado se tiene en cuenta el valor de la Cl a que se ha determinado previamente. La sal que queda retenida en la membrana filtrante se elimina añadiendo 5 ml de agua destilada. El

filtro se deshidrata con lavados sucesivos de etanol al 50%, 80%, 90% y 99%. El filtro se deja en un desecador antes de montar la preparación con aceite de inmersión. Con la muestra preparada se procede a hacer los recuentos con un microscopio de epifluorescencia, Nikon Ophthiphot utilizando el objetivo de 100x oil. Se debe contar un mínimo de 300 células y al menos 100 células de la especie o género más abundante para tener un error menor al 20% (Lund, J.W.G. et al. 1958).

3.6.- Tratamiento de datos.

Por su carácter significativo, conviene explicar algunos de los métodos analíticos² utilizados para el tratamiento de los datos obtenidos en las estaciones muestreadas.

Media aritmética.

La media aritmética (también llamada promedio o simplemente media) de un conjunto finito de números, es igual a la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos. Expresada de forma más intuitiva, podemos decir que la media (aritmética) es la cantidad total de la variable distribuida a partes iguales entre cada observación.

Una de las limitaciones de la media es que se ve afectada por valores extremos; valores muy altos tienden a aumentarla mientras que valores muy bajos tienden a reducirla, lo que implica que puede dejar de ser representativa de la población.

² Los principios estadísticos utilizados para el análisis, quedan justificados a través de la siguiente bibliografía:

- Kendall, M.G. y Buckland, W.R. 1980. Diccionario de Estadística. Pirámide, Madrid.
- López Cachero, M. 1988. Fundamentos y Métodos de Estadística. Pirámide, Madrid.

Percentiles.

Los Percentiles son medidas de posición no central que permiten conocer otros puntos característicos de la distribución que no son los valores centrales. La definición de Percentil, es cada uno de los 99 segmentos que tomamos al dividir una muestra o un conjunto de elementos ordenados por cien partes de igual frecuencia, representados con la letra P. Es el percentil i-ésimo, donde la i toma valores del 1 al 99. El i % de la muestra son valores menores que él y el 100-i % restante son mayores. Es decir, al referirnos a un percentil en concreto, es el valor de la variable a observar que está por debajo del porcentaje dado. Análogamente podemos decir:

- P_{25} es equivalente al Q_1 .
- P_{50} es equivalente al Q_2 o mediana.
- P_{75} es equivalente al Q_3 .

Coeficiente de correlación lineal de Pearson.

El coeficiente de correlación de Pearson es un índice que mide la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas (estadística que permite indicar el grado de concordancia entre dos conjuntos de variables) y puede calcularse dividiendo la covarianza de ambas, entre el producto de las desviaciones típicas de las dos variables. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables. El objetivo es indagar si los valores de una variable tienden a aumentar (o disminuir) a medida que aumentan (o disminuyen) los de la otra, o si por el contrario no tienen nada que ver entre sí. Su fórmula es la siguiente:

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

Para un conjunto de datos el valor del índice de correlación varía en el intervalo [-1, +1]:

- Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.
- Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.
- Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

Hay que tener en cuenta que el coeficiente de correlación no proporciona necesariamente una medida de la causalidad entre ambas variables sino tan sólo el grado de relación entre las mismas.

Coeficiente de determinación.

El coeficiente de determinación que es igual al cuadrado del coeficiente de correlación (R^2) es una importante medida estadística que refleja el porcentaje de varianza (%) de la variable dependiente (Y) que se puede explicar por la variable independiente (X), y se le suele llamar calidad del ajuste

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Con el objeto de ver los efectos que las construcciones de defensa ejercen sobre la población fitoplanctónica, Cl a, salinidad y nutrientes, se ha creado los dos apartados siguientes:

- Composición fitoplanctónica: variación cuantitativa y cualitativa de la comunidad fitoplanctónica. En este primer estudio se ha tenido en cuenta los porcentajes medios de abundancia de los grupos fitoplanctónicos que más información aportan sobre el estado de las masas de agua: diatomeas, criptofíceas, clorofíceas, prasinofíceas y primnesiales (representan el 96,87% de la comunidad fitoplanctónica), excluyendo los grupos fitoplanctónicos minoritarios encontrados, con densidades celulares bajas y siendo su representación media en la comunidad fitoplanctónica menor al 3% (dinoflagelados, euglenas, crisofíceas y rafidofíceas).
- Relaciones del fitoplancton con Cl a, salinidad y nutrientes. Este apartado los parámetros utilizados son la salinidad, PT, Cl a y los valores medios de densidades celulares y de abundancias de las variables fitoplanctónicas más significativas representadas. También se incluyen los valores medios de las relaciones de nutrientes más significativos (NID/PSR, NID/AC.ORTOSILÍCICO, AC. ORTOSILÍCICO/PSR), y además, se incluye un análisis de correlación lineal (coeficiente de determinación).

Los valores utilizados en los dos apartados descritos anteriormente, han sido organizados de manera que se pueda realizar un análisis global de las estaciones y otro según la zona ocupada por estas. A continuación se detalla la metodología seguida:

En un primer análisis se ordenan las estaciones globalmente de norte a sur y abordando la problemática de todas las estaciones en su conjunto. Para la diferenciación de las estaciones según la zona que ocupan, se ha empleado la siguiente leyenda:

- □ Zona confinada norte y Zona confinada sur. Hay que remarcar que dichas zonas están seccionadas en zonas confinadas más pequeñas, es decir, como resultado de la construcción de los espigones en estas zonas litorales, resultan playas de extensión menor y separadas entre sí por estas estructuras (las llamaremos subzonas confinadas). Así en nuestra zona confinada norte tenemos 4 subzonas confinadas y 2 subzonas confinadas en la zona confinada sur (numeradas de de norte a sur).
- □ Playas abiertas. Son estaciones presentes en una zona litoral con cierta continuidad geográfica, donde no existen obstáculos artificiales ni geológicos naturales que se puedan afectar la circulación de las aguas y materiales.
- □ Final de espigones. Las estaciones incluidas en este apartado, están situadas en la parte del espigón más alejada de la costa. Al formar parte de las zonas confinadas se tendrá en cuenta la zona confinada (norte o sur) donde estén situados.

En un segundo análisis se realiza una organización de los valores de las estaciones muestreadas según la zona ocupada; zonas confinadas (norte o sur), playas abiertas y final de espigones (norte o sur). Además se han incluido los valores de las agrupaciones siguientes:

- Finales de espigones agrupados.- Es la suma de las estaciones final de espigones de la zona confinada norte y final de espigones de la zona confinada sur.
- Zonas confinadas agrupadas.- Suma de las estaciones de las zonas confinadas norte y sur.
- Zonas no confinadas agrupadas.- Suma de las estaciones de la zona de playas abiertas y final de espigones (consideradas no confinadas).

4.1.- Composición fitoplanctónica: variación cuantitativa y cualitativa de la comunidad fitoplanctónica.

Seguidamente presentamos para cada estación estudiada ordenadas de norte a sur, la Figura 7 que muestra los valores de los porcentajes medios de abundancia de los diferentes grupos fitoplanctónicos.

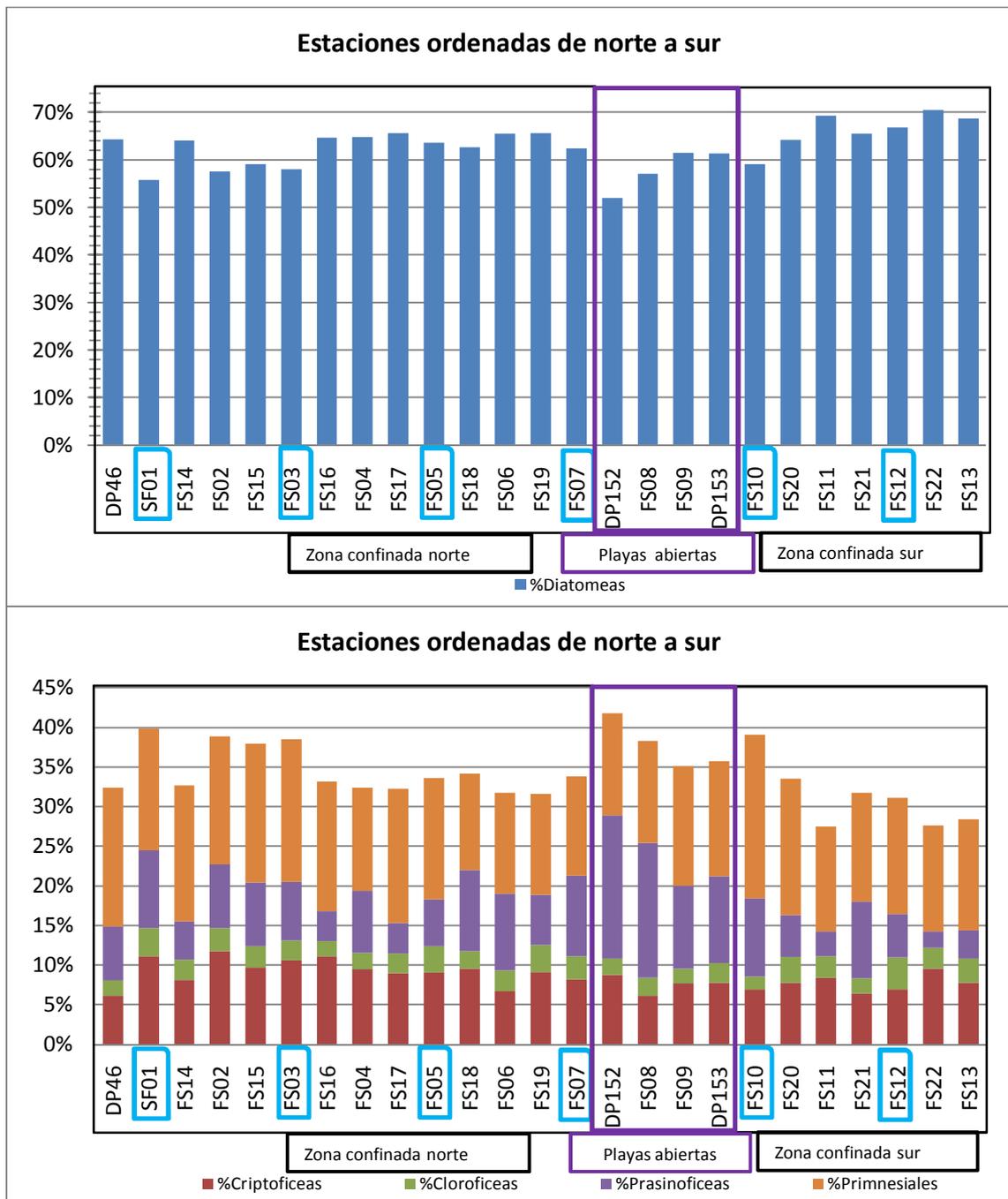


Figura 7: Representación de los resultados medios de los porcentajes de abundancia de los grupos fitoplanctónicos más importantes en la comunidad fitoplanctónica. [] Zona confinada norte y Zona confinada sur. [] Playas abiertas. [] Final de espigones.

A continuación se exponen los valores de las agrupaciones organizadas según la zona ocupada por las estaciones muestreadas. En la Tabla 3 se muestran los valores de la media, P₅₀ y P₉₀ de los porcentajes de abundancia de los grupos fitoplanctónicos. También se adjunta la Figura 8 con los valores medios de porcentajes de abundancia de los distintos grupos fitoplanctónicos.

Tabla 3: Valores de la media, P₅₀ y P₉₀ de los porcentajes de abundancia fitoplanctónica según sean: zonas confinadas norte o sur y la suma de estas, además de playas abiertas o final de espigones y la suma de estas.

		%Diatomeas	%Criptofíceas	%Clorofíceas	%Prasinofíceas	%Primnales
Zona confinada norte	P ₉₀	80,34	17,06	4,53	18,57	29,54
	P ₅₀	64,94	8,22	1,25	3,09	12,50
	media	64,49	9,31	2,50	7,33	16,23
Final espigones (zona confinada norte)	P ₉₀	76,72	18,00	5,88	18,77	30,73
	P ₅₀	58,77	9,07	2,66	3,98	12,59
	media	60,22	9,83	3,09	8,61	15,33
Zona confinada sur	P ₉₀	91,10	14,77	5,41	9,68	28,82
	P ₅₀	63,43	4,54	2,18	2,65	11,38
	media	68,63	7,80	2,70	3,55	13,70
Final espigones (zona confinada sur)	P ₉₀	90,69	13,19	6,16	23,91	35,37
	P ₅₀	63,51	5,82	2,25	4,11	17,85
	media	62,94	6,92	2,86	7,67	17,68
Playas abiertas	P ₉₀	84,98	14,71	4,39	33,50	31,04
	P ₅₀	60,63	5,62	1,77	8,37	8,50
	media	59,19	7,75	2,16	13,97	13,71
Zonas confinadas agrupadas	P ₉₀	82,94	16,41	5,23	11,39	29,06
	P ₅₀	64,12	6,33	1,96	2,94	12,29
	media	64,76	9,01	2,69	6,33	13,98
Zonas no confinadas agrupadas	P ₉₀	81,95	15,45	5,30	21,07	31,01
	P ₅₀	60,99	6,03	1,85	5,07	12,25
	media	60,23	8,00	2,51	10,04	14,88
Final espigones agrupados	P ₉₀	78,33	16,75	5,88	18,77	30,90
	P ₅₀	61,12	7,56	2,66	4,11	14,05
	media	60,74	8,64	3,09	8,61	15,33



Figura 8: Representación de los resultados medios de los porcentajes de abundancia de los grupos fitoplanctónicos más importantes en la comunidad fitoplanctónica.

4.1.1.- Diatomeas. Division chromophyta.

Son organismos fotosintetizadores que viven en agua dulce o marina (sobre todo aguas costeras templadas ricas en nutrientes) constituyendo una parte muy importante del fitoplancton (Pachés, M. et al. 2009). Uno de los rasgos característicos de las células de diatomeas es la presencia de una cubierta de sílice (dióxido de silicio hidratado). Su dominancia en la comunidad fitoplanctónica se deja ver, cuando las concentraciones de nutrientes y sílice son suficientes, con un crecimiento rápido al no haber condiciones limitantes de nutrientes en el medio.(Egge, J.K. 1998; Muylaert, K. et al. 2009; Buchanan, C. et al. 2005).

Las diatomeas presentan un porcentaje de variación comprendido entre 51,9% y 70,4%, con un porcentaje medio de abundancia del 62,8%. Los valores máximos para las diatomeas son detectados por lo general en zonas confinadas: la zona confinada norte tiene un porcentaje medio de 64,5%(el valor máximo en la estación FS19 con 65,6%) y zona confinada sur el porcentaje medio es de 68,6%(el valor máximo en la estación FS22 con un 70,4%). La zona de playas abiertas tiene un porcentaje medio de 59,2%, siendo este el mínimo de las de todas las zonas estudiadas (el valor mínimo se da en la estación DP152 con un 51,9%).

4.1.2.- Criptofíceas. División chromophyta.

Son comunes en aguas marinas, estuarios y en las aguas continentales. Comprende algas con organización dorsi-ventral, pared celular no glucídica y dos flagelos insertos apicalmente, uno de ellos con dos filas de mastigonemas y otro con tan solo una. Presentan un color pardo-rojizo debido a los pigmentos de los plastos) y suelen ser sensibles a la luz. Las Criptofíceas comprenden especies tanto fototróficas como heterotróficas (Jacquet, S. et al. 2002; Vulot, D. et al. 2008). Este grupo de organismos está correlacionado negativamente con la salinidad y positivamente con la concentración de nutrientes. (Reynolds, C. 2006).

El rango de variación para las criptofíceas es del 6,1% (FS08 zona de playas abiertas) al 11,8% (estación FS02 de la zona confinada norte), con un porcentaje medio de abundancia del 8,6%. El valor máximo es detectado en la zona confinada norte con un porcentaje medio de 9,3%, la zona de playas abiertas presenta un porcentaje medio de 7,7%, siendo este valor mínimo encontrado en los valores por zonas. Las zonas confinadas agrupadas muestran un porcentaje medio superior (9%) al de las zonas no confinadas agrupadas (8%).

4.1.3.- Clorofíceas. División Chlorophyta.

La clase Clorofíceas, también llamadas algas verdes es uno de los mayores grupos de algas tanto en forma como en número, con medios de vidas muy diversas, agua dulce, marina, salobre, planctónico, bentónico, simbiosis con líquenes, etc. Dentro de esta clase existe una gran diversidad de organismos, pero aquellos órdenes que forman parte del fitoplancton son; Volvocales (g. Volvox), Tetrasporales, Chlorococcales (g. Scenedesmus, g. Pediastrum) y Desmidiales (g. Cosmarium) (Vaulot, D. et al. 2008).

Las células presentan pared de celulosa, a veces puede haber depósitos de sílice, quitina, esporopolenina y calcio. La dotación flagelar más común es de 2 pudiendo aparecer células con 4 y hasta 8 flagelos. Son uno de los organismos más típicos de agua dulce.

El rango de variación para las Clorofíceas es desde 1,6% hasta 4,1%. Presenta porcentajes medio de abundancia de un 2,6%. En los valores medios por zonas, el valor máximo se da en la zona final de espigones, con un porcentaje medio de 3,1% (valor máximo en la estación final de espigón SF012 con 4,1% dentro de la zona confinada sur) y la zona de playas abiertas presenta un porcentaje medio de 2,2%, siendo este valor medio mínimo encontrado según las diferentes zonas estudiadas (FS019 con 1,9%).

Según los porcentajes medios de las zonas confinadas agrupadas, muestran que su valor es superior (2,7%) al de las zonas no confinadas agrupadas (2,5%). Hay que comentar que el valor mínimo medio de abundancia encontrado en la estación FS010 (1,6%) pertenece a la zona final de espigones, pero hay que

destacar la posición ocupada por dicha estación, esta inmediatamente al sur de la zona de playas abiertas (puede suponer una influencia de los aportes continentales existentes en la zona de playas abiertas respecto a esta estación final de espigón).

4.1.4.- Prasinofíceas. División Chlorophyta.

Es la clase más primitiva y se cree que de ella derivan las demás algas verdes. También conocida como Micromonadofíceas, está compuesta por un reducido grupo de algas unicelulares desnudas o cubiertas por una o varias capas de pequeñas escamas orgánicas romboidales, siendo la mayoría flageladas y están provistas de 1, 2, 4 u 8 flagelos (Melkonian, M. 1990; Pachés, M. 2007). Viven tanto en las aguas marinas como en las dulces. A esta clase pertenece el eucarionte más pequeño conocido, *Ostreococcus tauri* de 0.8 μm de diámetro y que forma parte del picopláncton marino. (Vaulot, D. et al. 2008; Chrétiennot-Dinet, M.J. 1995).

A pesar de que se han encontrado organismos del género *Ostreococcus* en muchos ambientes marinos parecen ser que se encuentran normalmente a bajas densidades, pero esporádicamente pueden alcanzar grandes concentraciones (105 cel/mL) en zonas cercanas a la costa (Countway, P.D. et al. 2006) y en ambientes costeros confinados (O'Kelly, C.J. et al. 2003). Estos organismos también han sido detectados esporádicamente en el mar Mediterráneo (Marie, D. et al. 2006).

Las prasinofíceas presentan rangos de variación entre 2% y 18,1%, con un valor medio del porcentaje de abundancia de un 7,9%. Para los valores medios por zonas, los valores máximos encontrados se han detectados en la zona de playas abiertas, con un valor de un 14% (la estación DP152 ha mostrado un valor de 18,1%, el valor más alto encontrado para las prasinofíceas). Sin embargo la zona confinada sur es la que ha proporcionado el porcentaje de abundancia medio más bajo con un 3,6% (con el valor más bajo encontrado en la estación FS022 de un 2%).

En la Tabla 3 de porcentajes medios, las zonas confinadas agrupadas muestran que su valor es inferior (6,3%) al de las zonas no confinadas agrupadas (10%). En esta clase fitoplanctónica no era lo esperado encontrar en las zonas confinadas mayor abundancia que en zonas de playas abiertas.

4.1.5.- Primmesiales. División chlorophyta.

Se encuentran mayoritariamente en océanos tropicales y subtropicales, con algunas especies abundantes en aguas polares aunque algunas son cosmopolitas. Este grupo domina las comunidades fitoplanctónicas en medios oligotróficos marinos. Son flageladas, con dos flagelos dispuestos apicalmente sin mastigonemas y un tercer flagelo que difiere de los otros dos en su estructura interna y que se denomina haptonema (Winter, A. et al. 1994; Pachés, M. 2007). Con frecuencia pasan de estados flagelados a fases sésiles o ameboides. Contribuyen al nanoplancton puesto que sus células no suelen superar las 30 μm de diámetro, aparecen formas coloniales y filamentosas. Algunos géneros de esta clase pueden producir toxinas que pueden ser perjudiciales para el medio donde se encuentre (Edwardsen, B. y Paasche, E. 1998; Egge, J. y Aksnes, D. 1992).

Las primmesiales presentan rangos de variación entre 12,1% (encontrado en la estación FS018 de la zona confinada norte, inmediatamente al sur de la estación final de espigón FS005) y 20,7% (encontrado en la estación FS010 perteneciente a la zona final de espigones, inmediatamente después de la zona de playas abiertas), con un valor medio del porcentaje de abundancia de 15%.

El comportamiento que sigue esta población dentro de las dos zonas confinadas es el de tener los valores más elevados en las estaciones de final de espigones. Las estaciones inmediatamente situadas al sur (grupo de estaciones más cercanas a la costa confinadas) hasta la siguiente estación punta de espigón, tienen valores medios de abundancia menores a las estaciones comentadas, exceptuando la estación final de espigón FS01 (puede ser debido a la proximidad existente al puerto deportivo de Pobra de Farnals y las prasinofíceas presentan un valor alto para tratarse de una estación final de espigón). En la zona de playas abiertas no se ve un claro aumento respecto de las zonas restantes.

Fijándonos en la Figura 11, por lo general los valores más elevados se han encontrado en las estaciones final de espigones, destacamos los valores medios de abundancia encontrados en la estación final de espigón FS03 dentro de la zona confinada norte con un 18,1% y la estación final de espigón FS10 con 20,7% (sita en

la zona confinada sur). Estas dos estaciones han sido las que han presentado el valor medio máximo de abundancia en sus respectivas zonas.

4.2.- Relaciones del fitoplancton con Cl a, salinidad y nutrientes.

Describiremos brevemente las variables fitoplanctónicas estudiadas, consideradas como las que más información reflejan a la hora de caracterizar el ámbito de estudio (Pachés, M. 2009). Estas son:

- $1/\%primnesiales$ ($1/\%primn$).- Esta relación de abundancia fitoplanctónica nos indicara que su valor tiende a aumentar, conforme aumentan las condiciones eutróficas en el sistema.

- $Primnesiales/(diatomeas+criptofíceas)$ ($primn/(dtm+cript)$).- Esta variable relaciona el grupo de primnesiales típicamente marino (Reynolds, C. et al. 2006), que domina en ambientes oligotróficos con estabilidad hídrica en la columna de agua, con el conjunto de diatomeas y criptofíceas, grupos indicador de eutrofia (Pachés, M. 2007). La relación tiende a aumentar cuando aumentan las condiciones oligotróficas en la masa de agua.

- $Diatomeas+criptofíceas$ ($dtm+cript$).- Esta variable es la suma de dos grupos indicadores de eutrofia expresada en cel/L. Cuando aumentan las condiciones eutróficas en la masa de agua, aumenta el valor de esta variable.

- $Cianobacterias+clorofíceas$ ($cnb+clf$).- Esta variable es la suma de dos grupos indicadores de posibles aportes de aguas continentales al medio estudiado expresada en cel/L. Esta variable muestra su importancia sobre todo al relacionarla con la salinidad.

En la siguiente Figura 9, se exponen los valores medios de las variables fitoplanctónicas descritas anteriormente, ordenadas de norte a sur todas las estaciones muestreadas y diferenciadas según la zona ocupada.

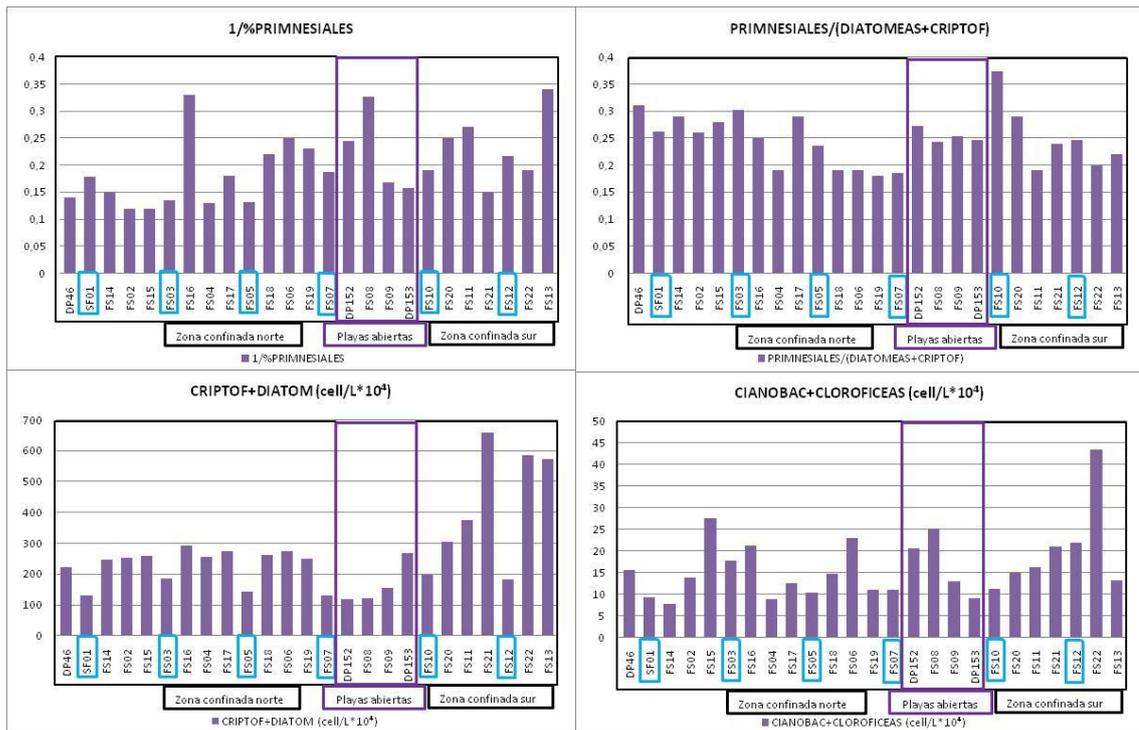


Figura 9: Representación de los valores medios de las variables fitoplanctónicas más significativas.
 [] Zona confinada norte y Zona confinada sur. [] Playas abiertas. [] Final de espigones.

Cabe señalar además de lo expuesto anteriormente, que se presentan para cada estación ordenadas de norte a sur la Figura 10, con los valores medios de la salinidad, PT, Cl a y las relaciones de nutriente más significativas (NID/PSR, NID/AC.ORTOSILÍCICO, AC. ORTOSILÍCICO/PSR).

A la vista de los resultados medios obtenidos de las relaciones de nutrientes, según Justic et al. (1995) existe una clara limitación del crecimiento del fitoplancton por el fósforo, debido a los valores obtenidos en las relaciones Si:P y NID:P que son claramente superiores a 22 (en dos órdenes de magnitud) en todas las estaciones estudiadas.

La limitación de la comunidad fitoplanctónica por el nutriente N es cuando $NID:P < 10$ y la limitación de Si es cuando $Si:P < 10$. Ninguna de estas dos condiciones son cumplidas por nuestras estaciones muestreadas.

En el caso de la relación NID:Si, es importante su estudio para prever la limitación del crecimiento del grupo fitoplanctónico de las diatomeas concretamente. El valor encontrado en todas las estaciones es mayor que 1, por tanto queda claro

que el nitrógeno no será el nutriente limitante para su crecimiento, pudiendo llegar a ser el silicio.

Una vez determinado los nutrientes limitantes de la comunidad fitoplanctónica con estas relaciones ahora sin embargo, serán utilizadas especialmente para detectar condiciones eutróficas y sobre todo para determinar vertidos de aguas continentales en zonas litorales, según sean vertidos de aguas de retornos de riego o aguas residuales.

Para realizar este análisis tendremos que tener en cuenta sobre todo la relación NID/PSR que con un valor 0, la zona de estudio no resultara afectada por ningún vertido continental importante. Cuando el valor sea alto, existirán vertidos con altos contenidos de nitrógeno (normalmente vertidos de aguas de retorno de riego). Observamos que el valor de la relación disminuye, cuando los vertidos son ricos en fosforo (normalmente son vertidos de aguas residuales).

Podremos intuir mejor la naturaleza del vertido si existiese en la zona estudiada, con las con las dos relaciones siguientes:

- NID/AC.ORTOSILÍCICO.- Con esta relación podemos detectar vertidos continentales ricos en nitrógeno cuando sus valores son altos.
- AC. ORTOSILÍCICO/PSR.- De lo contrario, esta relación detecta vertidos continentales ricos en fosforo cuando sus valores son bajos.

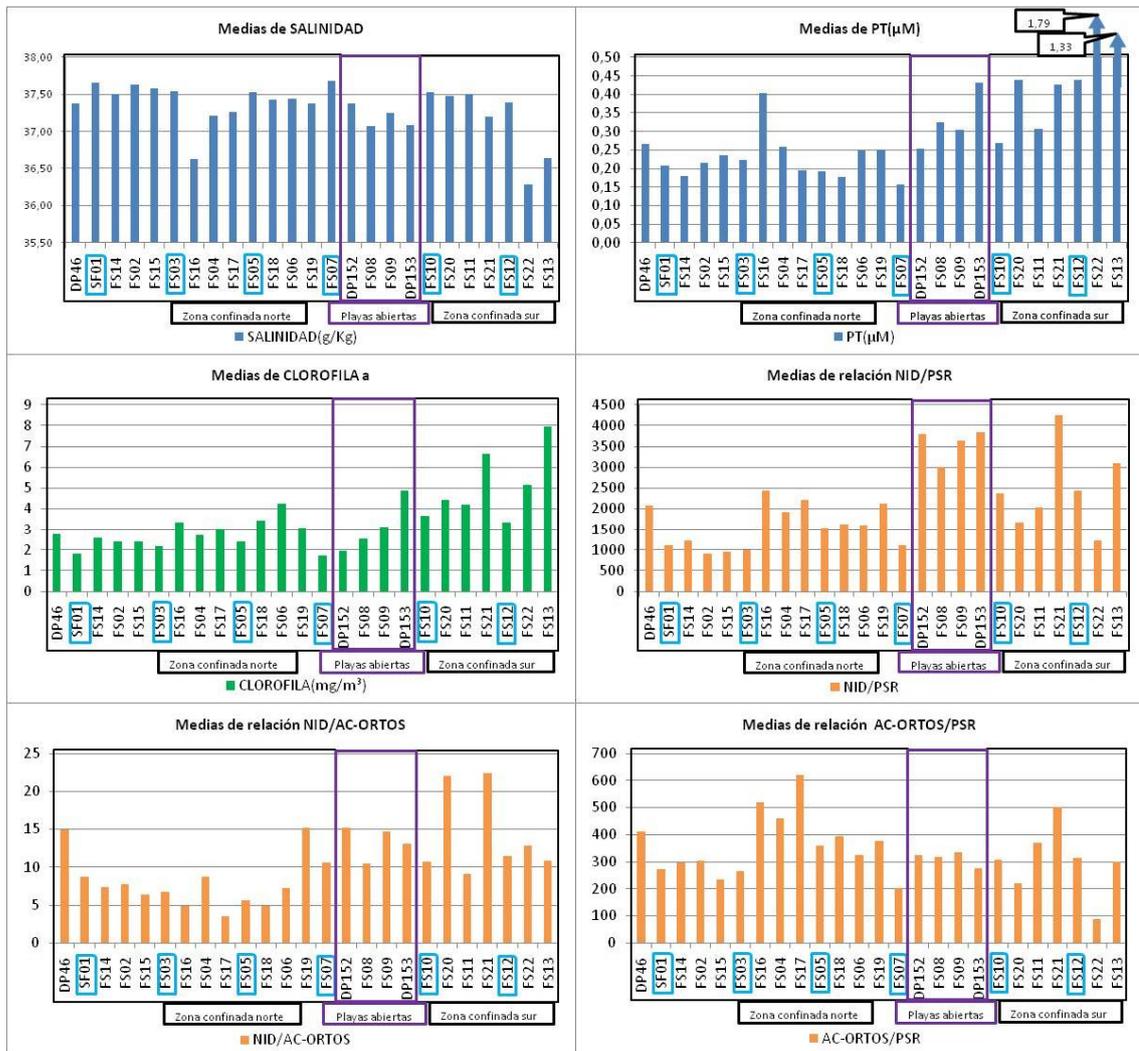


Figura 10: Representación los valores medios de la salinidad, PT, Cl a y las relaciones de nutrientes de todas las estaciones ordenadas de norte a sur. [] Zona confinada norte y Zona confinada sur. [] Playas abiertas. [] Final de espigones.

La Tabla 4 presentada a continuación contiene los valores medios calculados según las diferentes zonas descrita anteriormente. Los parámetros son la salinidad, PT, Cl a y los valores medios de densidades celulares y de abundancias de las variables fitoplanctónicas más significativas representadas. También se representan los valores de la media, P50 y P90 de Cl a en la Figura 11.

Tabla 4: Medias de salinidad, PT, Cl a, relaciones de nutrientes, valores medios de densidades celulares y de abundancias de las variables fitoplanctónicas más significativas representadas.

Medias por zonas	SALINIDAD(G/KG)	PT(μ M)	CL a (MG/M ³)	NID/PSR	NID/AC-ORTOS	AC-ORTOS/PSR	1/%PRIMN	PRIMN/(DTM+CRIT) (CELL/L *10 ⁴)	DTM+CRIT (CELL/L *10 ⁴)	CNB+CLF (CELL/L *10 ⁴)
Zona confinada norte	37,40	0,24	2,9	1776,72	7,27	386,71	0,17	0,26	258,10	14,20
Final espigones (Confinada norte)	37,60	0,20	2,0	1109,61	7,71	268,13	0,16	0,25	137,53	10,66
Zona confinada sur	37,19	0,44	5,2	2034,48	12,84	301,39	0,25	0,22	572,78	16,13
Final espigones (confinada sur)	37,46	0,35	3,5	2403,92	11,11	310,45	0,20	0,31	190,50	16,56
Playas abiertas	37,16	0,31	2,8	3714,93	13,89	320,85	0,21	0,25	137,65	16,71
Zonas confinadas agrupadas	37,38	0,26	3,3	1925,60	8,77	370,00	0,19	0,24	272,96	14,99
Zonas no confinadas agrupadas	37,46	0,26	2,5	2403,92	10,71	310,45	0,18	0,25	149,11	12,05
Todos Finales de espigones	37,54	0,21	2,3	1326,54	9,69	289,26	0,18	0,25	163,48	11,04

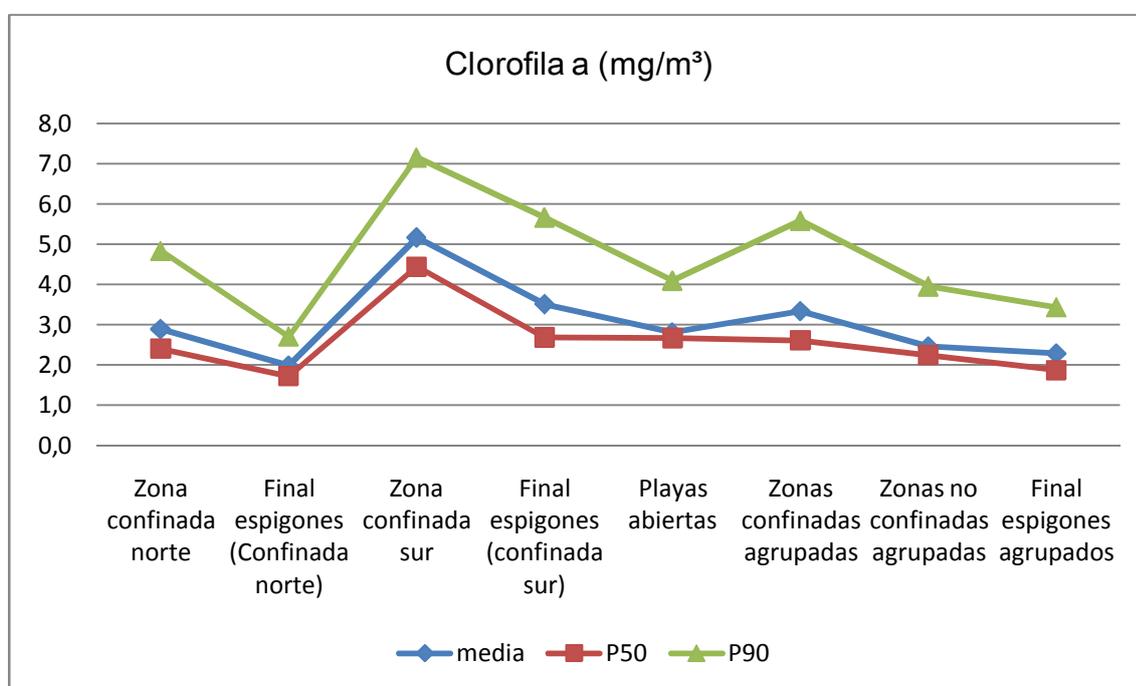


Figura 11: Representación de los resultados de de la media, P50 y P90 de Cl a.

4.2.1.- Salinidad.

En la zona confinada norte, la salinidad media es relativamente similar (entre 37,21-37,63 g/Kg) en todas las estaciones, excepto en la estación FS16, donde el valor (36,63 g/Kg) es el más bajo de la zona confinada norte. Hay que destacar los bajos valores medios en la 3ª subzona confinada (estaciones FS16, FS04, FS17), son inferiores al resto.

La zona confinada sur, la salinidad permanece entre 37,19g/Kg y 37,50g/Kg en la 1ª subzona confinada, destacando los valores de 36,29g/Kg y 36,64g/Kg de las estaciones FS22 y FS13 respectivamente observados en la 2ª subzona confinada.

La salinidad en playas abiertas permanece bastante estable, entre un rango de valores de 37,07g/Kg y 37,37g/Kg. La estación FS08 presenta el valor medio de salinidad más bajo seguido de la DP153. El valor más alto encontrado es el la estación DP152 37,37g/Kg.

En los finales de espigones, la salinidad permanece bastante estable, entre un rango de valores de 37,39g/Kg y 37,69g/Kg, sin embargo los valores de salinidad tienden a disminuir de norte a sur. Aunque con algunas discontinuidades, en general, las salinidades de estas estaciones son más altas que las estudiadas anteriormente más próximas a la costa.

Comparando las diferentes zonas agrupadas, se puede ver que los datos medios de salinidad más altos, se han obtenido en las estaciones de finales de espigones de la zona confinada norte y sur (valores medios de 37,60 g/Kg y 37,46 g/Kg respectivamente). Los valores medios más bajos encontrados han resultado ser en la zona confinada sur (valor medio 37.19g/Kg), concretamente en las estaciones FS22 y FS13 (valores 36.29 y 36.64 respectivamente).

También se observa que en las zonas de playas abiertas (salinidad media de 37,16g/Kg), se esperaba obtener valores medios de salinidad más altos que en las zonas confinadas del norte (37,4g/Kg) y sur (37,19g/Kg). La estación con el valor de la salinidad media más bajo ha sido la FS16 (36,63 g/Kg) de la zona confinada norte. A la vista de estos datos de la zona confinada sur, la estación de FS16 y las zonas

de playas abiertas pueden estar recibiendo más aportes continentales, produciendo entonces el descenso de la concentración media de salinidad.

4.2.2.- Clorofila a.

En la zona confinada norte, los valores de la concentración media de Cl a varían entre 2,4 mg/m³ y 4,2 mg/m³. Destacar las concentraciones encontradas en las estaciones FS16 (3^a zona confinada) y FS06 (4^a zona confinada) con un valor de 3,3 mg/m³ y 4,2 mg/m³ respectivamente; estas dos estaciones presentan los valores de Cl a más altos dentro de sus respectivas zonas.

El valor de Cl a de la estación FS16 (3,3mg/m³), coincide con el bajo valor de salinidad encontrado en la misma estación comentado anteriormente; esta tiene un valor inferior al rango del resto de estaciones (prácticamente constante en torno a 37,21 g/Kg y 37,63 g/Kg). Se puede observar en la Figura 10 que aunque así como había salinidades más bajas entre FS04 y SF19, entre DP46 y FS15 la Cl a es en general más baja en estas que en las anteriores.

La zona confinada sur presenta valores de la Cl a en general bastante elevados (rango entre 4,2 mg/m³ y 7,9 mg/m³), destacando la concentración encontrada en la estación FS13 con un valor de 7,9 mg/m³ (Este valor de Cl a se corresponde con el descenso de salinidad descrito anteriormente para la misma estación). También destacar que el dato de Cl a de la estación FS21 (6,6 mg/m³) se corresponde con el valor más pequeño de la salinidad media en esta 1^a zona confinada. El valor de Cl a en la estación FS11 con 4,2 mg/m³ es el más bajo encontrado, se corresponde con el valor más alto de salinidad en esta misma estación (37,50 g/Kg).

Para las zonas de playas abiertas, los valores de la Cl a siguen una tendencia ascendente en la concentración de norte a sur (rango 2,0 mg/m³ y 4,9 mg/m³), destaca la concentración encontrada en la estación DP153 con un valor de 4,9 mg/m³. Se esperaba encontrar el mismo comportamiento en la salinidad media, pero el valor observado en la FS08 rompe lo esperado.

Sin embargo en las estaciones final de espigones los valores de la Cl a no siguen una tendencia clara, pero importante destaca la concentración encontrada en las estaciones de la zona confinada sur; FS10 y SF12 con concentraciones medias de 3,7 mg/m³ y 3,3 mg/m³, siendo estas las más altas encontradas. La tendencia de la Cl a no se corresponde con un descenso muy significativo en la salinidad.

En general, los valores de Cl a varían entre 1,7 mg/m³ (perteneciente a la estación final de espigón FS007, dentro de la zona confinada norte) y 7,9 mg/m³ (estación FS013 de la zona confinada sur), con una media de 3,4 mg/m³. La Tabla 4 muestra como la zona confinada sur ha sido donde se ha obtenido el valor medio más alto con 5,2 mg/m³, por el contrario, la zona final de espigones de la zona confinada norte ha resultado ser el valor medio mínimo con 2 mg/m³.

Como cabía esperar, los valores de la media, P₅₀ y P₉₀ de Cl a (representados en la Figura 11) obtenidos en las zonas confinadas agrupadas (media 3,3 mg/m³, P₅₀ 2,6 mg/m³ y P₉₀ 5,6 mg/m³), muestran que sus valores son mayores que los valores de las zonas no confinadas agrupadas (media 2,5 mg/m³, P₅₀ 2,2 mg/m³ y P₉₀ 4 mg/m³). A la vista de estos datos se produce una disminución de la clorofila, tanto en lo que respecta a la media como al P₅₀ o P₉₀ al ir disminuyendo el confinamiento de las playas y cuando la influencia continental disminuye al alejarnos de la zona costera, como ocurre con las estaciones de zona de final de espigones.

Los datos de Cl a muestra una tendencia similar al conjunto de diatomeas y criptofíceas de la Figura 8, coincidiendo algunos máximos valores de abundancia de este conjunto fitoplanctónico con picos en Cl a, sobre todo en casi todas las estaciones de las zonas confinadas. En cuanto a los valores mínimos de Cl a son detectado por lo general en las estaciones de final de espigones dentro de cada zona confinada.

4.2.3.- Fósforo total.

En la zona confinada norte el PT tiene un rango entre 0,18 μM y 0,40 μM , presentando un valor en la estación FS16 de 0,40 μM , que se corresponde con los valores elevados de Cl a y de baja salinidad comentados anteriormente.

El rango del PT en la zona confinada sur es de 0,31 μM y 1,79 μM , presentando valores en las estaciones de la 2ª zona confinada FS22 y FS13 de 1,79 μM y 1,33 μM , que se corresponde con los valores elevados de Cl a (sobre todo FS13) y de baja salinidad comentados anteriormente.

Para la zona de playas abiertas el PT presenta un rango de valores entre 0,25-0,43 μM , con una tendencia parecida a la descrita anteriormente en la Cl a (ascendente de norte a sur), pero el valor FS08 rompe un poco esta tendencia.

Las estaciones de finales de espigones presenta valores de PT bajos en las estaciones estudiadas, pero destacar que las concentraciones más altas de este nutriente se encuentran en las estaciones FS10 y SF12 que se corresponde con los valores elevados de Cl a y valores de salinidad más bajas.

Así como en las otras variables existen pautas claras, con el PT no se puede decir lo mismo. El valor medio del PT en la zona de playas abiertas (con un 0,31 μM) es mayor que en la zona confinada norte (0,24 μM). La estación FS16 (0,40 μM) es el valor más alto obtenido en la zona confinada norte, coincidiendo con el valor mínimo de salinidad media. Este hecho, puede ser debido a los posibles aportes continentales que pueden estar recibiendo FS16 y la zona de playas abiertas (con la salinidad ocurría un suceso parecido).

Existen excepciones en las concentraciones de PT, dónde en finales de espigones, la concentración es más alta que en zonas confinadas como por ejemplo:

- Final de espigón FS001 respecto a FS014 situada hacia el sur. Al norte de la estación FS1, tenemos la estación DP046 con un aporte mayor de PT (0,27 μM), por el contrario, al sur de la estación FS001 encontramos tres estaciones (subzona confinada entre la estación FS001 y FS003) antes de llegar a la siguiente estación final de espigón FS003, observando lo siguiente: La estación FS0014

(estación más próxima al final del espigón norte de la subzona confinada), tiene un valor medio de PT más bajo que FS001 (0,18 μM y 0,21 μM respectivamente). Sin embargo, en las dos situadas inmediatamente al sur (FS002 con 0,21 μM y FS015 con 0,24 μM) cercanas al final del espigón FS003, las concentraciones de este nutriente no son inferiores como en lo anteriormente descrito; y a su vez la estación final de espigón FS003 (PT 0,23 μM) tiene un valor menor que la estación FS0015 (0,24 μM), situada inmediatamente al norte. El mismo suceso pasa con FS005 respecto a FS18.

Este ejemplo puede explicar como un sistema donde sus condiciones hidrodinámicas se han visto modificadas por el confinamiento, al recibir aportes de aguas continentales, los niveles de nutrientes y los diferentes grupos de la comunidad fitoplanctónicas permanecerán más tiempo en zonas donde las corrientes sean predominantes. También se puede producir la remineralización de la zona bentónica a la pelágica, al captar estas zonas muchos sedimentos, ya que se puede realizar la mineralización.

La excepción de lo anteriormente citado está marcado por la estación final de espigón FS012 (con valor de PT 0,44 μM) de la zona confinada sur, con un valor en PT respecto a FS021 (con 0,43 μM) inferior, estando situada inmediatamente al norte de final de espigón. Sin embargo las dos estaciones situadas al sur (FS0022 y FS0013) tienen unos valores medios muy elevados (1,79 μM y 1,33 μM respectivamente, los valores más altos registrados), posiblemente por aportes existentes en la zona ricos en PT.

4.2.4.- Relación NID/PSR.

En todas las estaciones de la zona de playas abiertas se encontraron los valores medios más elevados, exceptuando algunas estaciones en la zona confinada sur; la estación FS21 ha resultado ser el valor medio máximo (siendo de 4251) de todas las estaciones muestreadas y FS13 (con 3102) ha mostrado un valor superior a la estación FS08 (con 3008) de la zona de playas abiertas. En la Tabla 4 de medias por zona el valor más elevado ha sido el de la zona de playas abiertas con 3715. Es importante destacar las estaciones FS16, FS04 y FS17 (estaciones de

la 3ª subzona confinada de la zona confinada norte, que han mostrado los valores más elevados que el resto de confinamientos), siendo esta primera el valor más elevado de la relación de la zona confinada norte con un valor de 2431.

Por el contrario el valor medio mínimos por zonas ha resultado ser la zona de finales de espigones de la zona confinada norte con 1101. La estación FS22 ha mostrado el mínimo valor de su zona con 1224, coincidiendo con un alto valor en el PT.

Con la Tabla 4 podemos observar que los valores medios por zonas de la relación NID/AC.ORTOSILÍCICO más altos son en la zona de playas abiertas (con 13,89) y el mínimo en la zona confinada norte (con 7,27). Mientras en la zona confinada sur se registraron estaciones (FS20 y FS21, pertenecientes a la primera subzona confinada sur y con valores entre 22) con los valores medios más altos de todas las muestreadas. Por el contrario el valor medio mínimo encontrado es en la estación FS17 con un valor de 3,5, estación de la 3ª subzona confinada de la zona confinada norte.

A la vista de los valores de la relación AC. ORTOSILÍCICO/PSR, el valor más altos de las medias por zonas ha resultado ser en la zona confinada norte con 387 y el mínimo en la final de espigones de la zona confinada norte con 268. Destacar las estaciones FS16, FS04 y FS17 (estaciones de la 3ª subzona confinada de la zona confinada norte) que son las que han mostrado los valores más elevados en la zona confinada norte. El valor mínimo de todas las estaciones se da en FS22 (con un 89) de la zona confinada sur, estación que coincide con un PT elevado y un valor bajo en la relación NID/PSR (se intuye un vertido con alto contenido en fosforo).

4.2.5.- Variables fitoplanctónicas.

Los valores obtenidos con las variables 1/%primn y dtm+cript, tiende a aumentar conforme aumentan las condiciones eutróficas.

En la relación 1/%primn, se pueden observar estaciones con valores medios altos, que coinciden con zonas de salinidades bajas y contenidos de Pt altos, como por ejemplo las estaciones FS16, FS08 y FS13. En la Tabla 4 de medias por zonas

el valor más alto se ha obtenido en la zona confinada sur y el mínimo en la zona de final de espigones de zona confinada norte, siendo los valores de 0,25 y 0,17 respectivamente.

Cuando observamos la variable $dtm+cript$ en la Figura 9, observamos que las estaciones final de espigones siempre tienen valores medios menores que las subzonas confinadas adyacentes. El valor medio por zona más alto encontrado ha sido en la zona confinada sur de 573. El valor mínimo lo encontramos en dos zonas con un valor rondando los 137, estas son la zona de playas abiertas y final de espigones de la zona confinada norte.

La siguiente relación $primn/(dtm+crit)$ tiende a aumentar cuando aumentan las condiciones oligotróficas. El valor medio más alto por zona, se han encontrado en la zona de final de espigones de la zona confinada sur y los valores mínimos en la zona confinada sur (siendo los valores 0,31 y 0,22 respectivamente).

Se ha estudiado también la variable $cnb+clf$, que ha mostrado un valor máximo medio de 16,71 en las zonas de playas abiertas y el mínimo de 10,66 en la zona final de espigones de la zona confinada norte. También hay que destacar el valor observado en la Figura 9 de la estación FS22 de la zona confinada sur, siendo este el máximo de todas las estaciones de 43,48, coincidiendo con valores de salinidad bajos y altos contenidos en PT. El mínimo valor es en la estación FS14 de la zona confinada norte con 7,77.

4.2.6.- Coeficiente de correlación lineal de Pearson - Coeficiente de determinación.

Para la interpretación de los valores de R^2 se presenta la siguiente escala guía en la Tabla 5, sin antes recordar que es el sentido común y la lógica, lo que en muchos casos puede guiar en determinar la importancia de una relación observada.

Se han diferenciado los intervalos existentes del coeficiente de correlación con subrayados diferentes. Este método nos servirá para marcar en la Tabla 6 los valores de R^2 que correspondan a los intervalos citados, con el fin de interpretar

fácilmente el nivel de relación entre las variables estudiadas. El criterio seguido para el marcaje correspondiente de los valores obtenidos de R^2 , es el siguiente:

- Los valores se marcarán con el subrayado perteneciente a su intervalo.
- Los valores superiores a 0,35 serán los que destacaremos, ya que de 0,35 a 0,39 son valores muy próximos a 0,40 (cerca de una interpretación de mediana relación).
- Tendrán una marcación nula los valores inferiores al valor de 0,35 (valores descartados por su baja correlación).

Tabla 5. Escala guía para la interpretación de los resultados de R^2 (Llopis Marín, J.M. 2009).

Peso* ³	Coefficiente de correlación (R^2)	Interpretación
4	0.80 a 1.00	Una alta relación de dependencia
3	0.60 a 0.79	Una relación entre moderada a acentuada
2	0.40 a 0.59	Una mediana relación
1	0.20 a 0.39	Una ligera relación
0	0.00 a 0.19	Una relación fortuita o insignificante

En la siguiente Tabla 6, se exponen los valores de R^2 obtenidos para cada una de las métricas utilizadas (P50, P90 y media), en las relaciones de las distintas variables estudiadas (salinidad, PT, Cl a, relaciones de nutrientes y fitoplanctónicas) y según las diferentes zonas estudiadas (confinadas, playas abiertas, final de espigones y sus respectivas agrupaciones).

³ Este dato será usado para facilitar la interpretación de los datos obtenidos en R^2 .

Tabla 6: Coeficientes R² entre los valores de Cl a, fosforo y salinidad. También entre estas variables y las variables que relacionan los grupos fitoplanctónicos.

				PT(μM)	Cl a (mg/m ³)	1/%primn	primn/(dtm+cript) (cell/L*10 ⁴)	(dtm+cript) (cell/L*10 ⁴)	(cnb+cif) (cell/L*10 ⁴)
Playas abiertas	SALINIDAD(g/Kg)	P90	R ²	0,93	0,36	0,00	0,00	0,21	0,07
		P50	R ²	0,26	0,16	0,63	0,99	0,36	0,93
		media	R ²	0,60	0,38	0,00	0,99	0,23	0,04
	PT(μM)	P90	R ²		0,38	0,00	0,00	0,23	0,08
		P50	R ²		0,99	0,01	0,35	0,99	0,52
		media	R ²		0,95	0,37	0,52	0,86	0,60
	Cl a (mg/m ³)	P90	R ²			0,64	0,59	0,97	0,87
		P50	R ²			0,06	0,24	0,95	0,40
		media	R ²			0,59	0,31	0,97	0,80
Zona confinada norte	SALINIDAD(g/Kg)	P90	R ²	0,35	0,00	0,47	0,01	0,00	0,49
		P50	R ²	0,69	0,04	0,11	0,03	0,05	0,19
		media	R ²	0,68	0,09	0,53	0,01	0,35	0,01
	PT(μM)	P90	R ²		0,03	0,41	0,01	0,01	0,51
		P50	R ²		0,00	0,06	0,02	0,00	0,05
		media	R ²		0,04	0,38	0,00	0,17	0,16
	Cl a (mg/m ³)	P90	R ²			0,26	0,03	0,67	0,06
		P50	R ²			0,30	0,43	0,00	0,00
		media	R ²			0,59	0,32	0,25	0,08
Zona confinada sur	SALINIDAD(g/Kg)	P90	R ²	0,96	0,14	0,22	0,26	0,29	0,61
		P50	R ²	0,98	0,91	0,53	0,58	0,01	0,51
		media	R ²	0,96	0,22	0,00	0,24	0,43	0,48
	PT(μM)	P90	R ²		0,17	0,08	0,28	0,15	0,52
		P50	R ²		0,92	0,43	0,45	0,00	0,44
		media	R ²		0,13	0,01	0,21	0,24	0,46
	Cl a (mg/m ³)	P90	R ²			0,00	0,16	0,01	0,08
		P50	R ²			0,57	0,40	0,00	0,55
		media	R ²			0,05	0,00	0,53	0,03

Tabla 6 (continuación): Coeficientes R² entre los valores de Cl a, fosforo y salinidad. También entre estas variables y las variables que relacionan los grupos fitoplanctónicos.

				PT(μM)	Cl a (mg/m ³)	1/%primn	primn/(dtm+cript) (cell/L * 10 ⁴)	(dtm+cript) (cell/L * 10 ⁴)	(cnb+clf) (cell/L * 10 ⁴)	
Final espigones	SALINIDAD(g/Kg)	P90	R ²	0,33	0,11	0,00	0,03	0,59	0,34	
		P50	R ²	0,61	0,78	0,54	0,36	0,49	0,66	
		media	R ²	0,76	0,59	0,04	0,08	0,51	0,62	
	PT(μM)	P90	R ²		0,42	0,18	0,00	0,58	0,01	
		P50	R ²		0,92	0,29	0,10	0,05	0,66	
		media	R ²		0,53	0,37	0,04	0,39	0,64	
	Cl a (mg/m ³)	P90	R ²			0,67	0,14	0,68	0,07	
		P50	R ²			0,51	0,30	0,17	0,74	
		media	R ²			0,18	0,41	0,67	0,16	
	Zonas confinadas agrupadas	SALINIDAD(g/Kg)	P90	R ²	0,81	0,21	0,03	0,03	0,33	0,58
			P50	R ²	0,70	0,42	0,09	0,14	0,17	0,07
			media	R ²	0,71	0,30	0,19	0,07	0,39	0,28
PT(μM)		P90	R ²		0,36	0,04	0,05	0,44	0,41	
		P50	R ²		0,72	0,02	0,09	0,29	0,32	
		media	R ²		0,44	0,09	0,07	0,55	0,39	
Cl a (mg/m ³)		P90	R ²			0,15	0,05	0,36	0,00	
		P50	R ²			0,00	0,07	0,68	0,56	
		media	R ²			0,25	0,08	0,79	0,06	
Zonas no confinadas agrupadas		SALINIDAD(g/Kg)	P90	R ²	0,14	0,22	0,00	0,00	0,27	0,27
			P50	R ²	0,41	0,51	0,12	0,07	0,17	0,02
			media	R ²	0,56	0,36	0,21	0,01	0,10	0,16
	PT(μM)	P90	R ²		0,18	0,12	0,00	0,31	0,00	
		P50	R ²		0,92	0,06	0,06	0,44	0,01	
		media	R ²		0,63	0,07	0,00	0,37	0,11	
	Cl a (mg/m ³)	P90	R ²			0,05	0,00	0,84	0,10	
		P50	R ²			0,05	0,06	0,42	0,00	

Después de realizar este análisis se procede a identificar, que relaciones de las estudiadas entre las distintas variables han representado mayores correlaciones según las diferentes zonas de estudio. Este tratamiento de datos se realiza para facilitar la descripción de los resultados obtenidos.

Siguiendo la interpretación de la Tabla 5 (escala guía), se ha dotado con un valor entre 0 y 4 a los diferentes rangos, estos nuevos valores se han llamado peso (Tabla 5). Una vez determinados los pesos, se ha realizado una conversión de los valores de R² para todas las métricas utilizadas (P₅₀, P₉₀ y media) representados en la Tabla 6; transformándolos en los nuevos valores llamados pesos. Realizada esta transformación de valores, se procede a obtener la Tabla 7, que contiene la suma de los pesos de las tres métricas utilizadas para cada una de las relaciones estudiadas entre las variables, con el fin de simplificar y obtener un nuevo rango de valores entre 0 y 12. Los valores de los pesos subrayados son los mayores o iguales a 7 hasta el máximo 12. También se han generado las Figuras 12, 13 con estos datos.

Tabla 7: Valores de la suma de los pesos correspondientes a las tres métricas utilizadas (P50, P90 y media) para cada una de las relaciones entre las distintas variables y según las zonas.

		PT(μM)	Cl a (mg/m ³)	1/%primn	primn/(dtm+cript) (cell/L * 10 ⁴)	(dtm+cript) (cell/L * 10 ⁴)	(cnb+clf) (cell/L * 10 ⁴)
Playas abiertas	SALINIDAD(g/Kg)	<u>7</u>	2	3	<u>8</u>	1	4
	PT(μM)		<u>9</u>	1	3	<u>8</u>	5
	Cl a (mg/m ³)			5	2	<u>12</u>	<u>10</u>
Zona confinada norte	SALINIDAD(g/Kg)	<u>7</u>	0	4	0	1	2
	PT(μM)		0	3	0	0	2
	Cl a (mg/m ³)			2	2	3	0
Zona confinada sur	SALINIDAD(g/Kg)	<u>12</u>	4	2	2	2	<u>7</u>
	PT(μM)		4	2	2	0	6
	Cl a (mg/m ³)			2	2	2	2
Todos finales de espigones	SALINIDAD(g/Kg)	6	5	2	1	<u>7</u>	<u>7</u>
	PT(μM)		<u>8</u>	1	0	3	6
	Cl a (mg/m ³)			5	2	6	3
Zonas confinadas agrupadas	SALINIDAD(g/Kg)	<u>10</u>	2	0	0	2	2
	PT(μM)		6	0	0	4	4
	Cl a (mg/m ³)			0	0	<u>8</u>	2
Zonas no confinadas agrupadas	SALINIDAD(g/Kg)	4	3	0	0	0	0
	PT(μM)		<u>7</u>	0	0	3	0
	Cl a (mg/m ³)			0	0	<u>9</u>	0

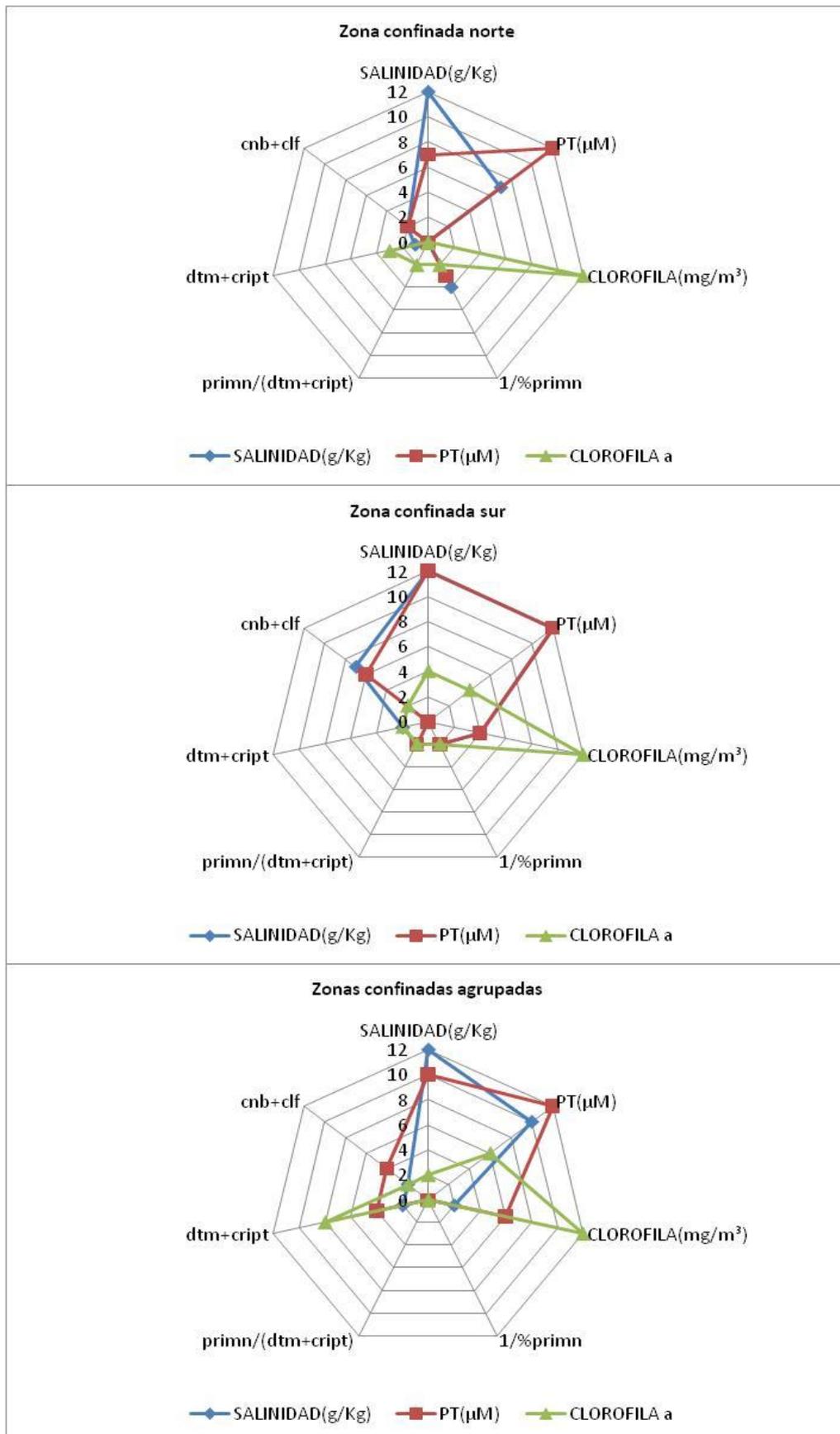


Figura 12: Representación de los valores de la suma de los pesos (de las tres métricas P50, P90 y media), para cada una de las relaciones entre las distintas variables en zonas confinadas.

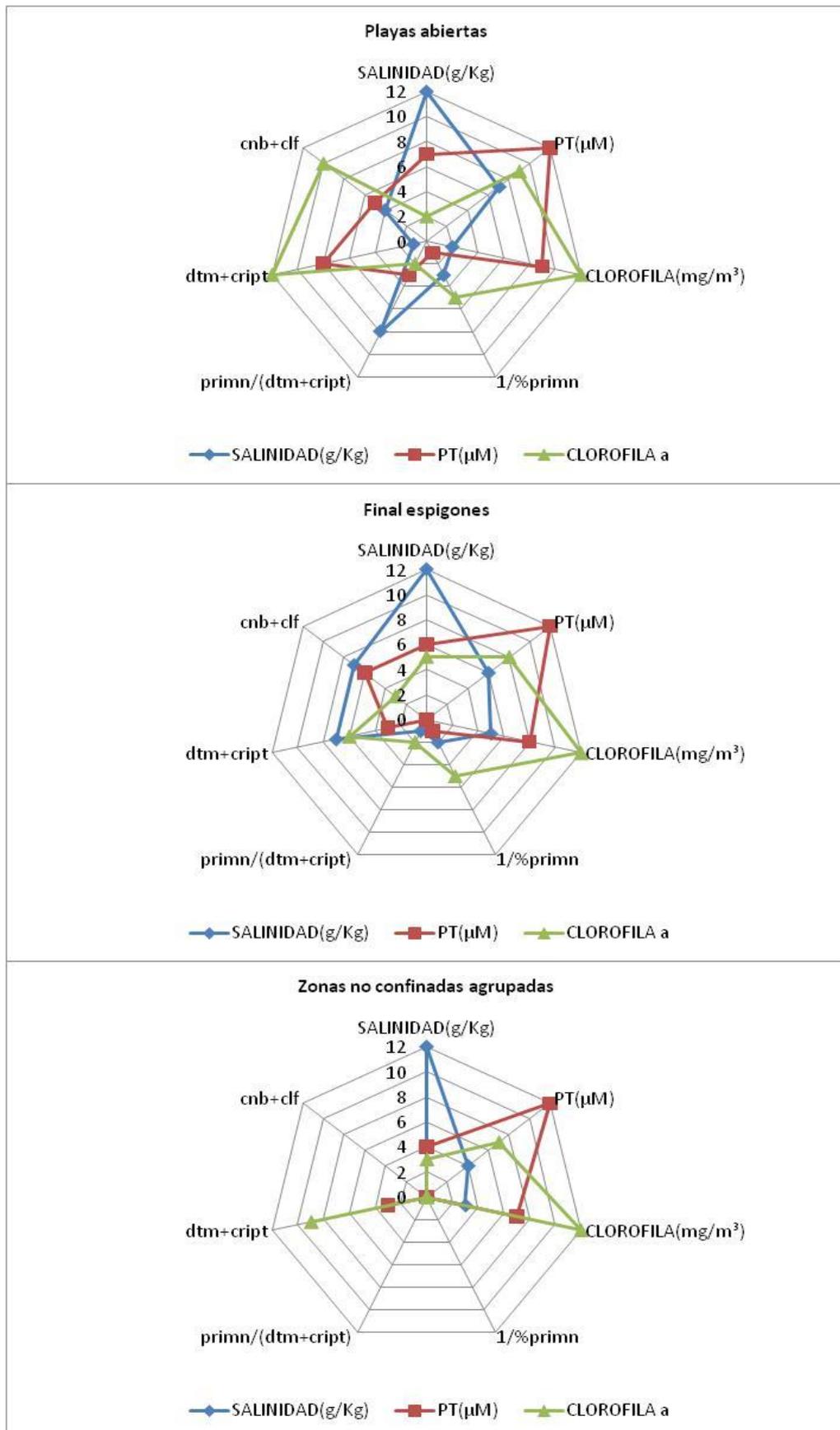


Figura 13: Representación de los valores de la suma de los pesos (de las tres métricas P50, P90 y media), para cada una de las relaciones entre las distintas variables en zonas no confinadas.

La interpretación de estos gráficos radiales, está sujeta a la lectura de la distancia de cada una de las variables con respecto al punto central correspondiente al valor 0 (nula relación entre las variables y series) y valor radial exterior 12 (máxima relación entre las variables y series). Las series de estos gráficos corresponden a la salinidad, el PT y la CI a, que son las líneas indicadoras del grado de relación entre las otras variables. A continuación se procede a comentar los resultados obtenidos.

En la zona confinada norte las únicas variables que tienen una relación de 7 es la salinidad con el PT. Las demás relaciones tienen valores inferiores a 5, como son:

- El PT con la cnb+clf (valor 2) y $1/\%primn$ (valor 3).
- La salinidad con cnb+clf (valor 2), dtm+cript (valor 1) y $1/\%primn$ (valor 4).
- La CI a con dtm+cript (valor 3), $primn/(dtm+cript)$ (valor 2) y $1/\%primn$ (valor 2).

En la zona confinada sur las relación entre las variables PT y salinidad, mostraron el máximo valor (12). La cnb+clf con la salinidad mostro un valor de 7 y con el PT un valor de 6. Todas las demás relaciones entre las diversas variables son iguales o inferiores a un valor de 4, que son:

- El PT con $primn/(dtm+cript)$ y $1/\%primn$ mostraron un valor 2.
- La salinidad con dtm+cript, $primn/(dtm+cript)$ y $1/\%primn$, todas con un valor 2.
- La CI a con PT y la salinidad el valor ha sido de 4. Con las 4 variables fitoplanctónicas obtuvo una relación con un valor de 2.

Las zonas confinadas agrupadas han mostrado un valor de 10 entre las variables de PT y salinidad. La CI a con dtm+cript ha tenido un valor de 8 y con el PT de 6. Las demás relaciones han tenido valores iguales o inferiores a 4, han sido las siguientes:

- El PT con dtm+cript y $primn/(dtm+cript)$ mostraron un valor 4.
- La salinidad con cnb+clf y dtm+cript con un valor 2.

- La CI a con la salinidad el valor fue de 2. Con la variable fitoplanctónicas $cnb+clf$ obtuvo un valor de 2.

En la zona de playas abiertas la CI a relacionado con la variable $dtm+cript$ ha presentado el valor máximo 12, con $cnb+clf$ de 10 y con el PT de 9. El PT con la variable $dtm+cript$ 8, con la salinidad 7 y por último la salinidad con $primn/(dtm+cript)$ ha resultado un valor de 8. Los valores menores inferiores o iguales a 5, son los siguientes:

- El PT con la $cnb+clf$ (valor 5) y $primn/(dtm+cript)$ (valor 3).
- La salinidad con $cnb+clf$ (valor 4), $dtm+cript$ (valor 1) y $1/\%primn$ (valor 3).
- La CI a con la salinidad (2), $primn/(dtm+cript)$ (valor 2) y $1/\%primn$ (valor 5).

En la zona de final de espigones la CI a con el PT tiene un valor de 8. La salinidad presenta con las variables $cnb+clf$ y $dtm+cript$ un valor de 7. Los valores entre las demás relaciones es igual o inferior a 6:

- El PT con la salinidad y $cnb+clf$ (valor 6), con $dtm+cript$ (valor 3) y $1/\%primn$ (valor 1).
- La salinidad con $primn/(dtm+cript)$ (valor 1) y $1/\%primn$ (valor 2).
- La CI a con la salinidad (valor 5), $cnb+clf$ (valor 3), $dtm+cript$ (valor 6) $primn/(dtm+cript)$ (valor 2) y $1/\%primn$ (valor 5).

Las zonas no confinadas agrupadas han presentado un valor de 9 en las relaciones entre las variables de CI a y $dtm+cript$. La relación entre las variables PT y salinidad tienen un valor de 7. Por lo general, han presentado todas las relaciones unos valores iguales o inferiores a 4 y muchas de ellas relaciones nulas, estas son:

- El PT con la salinidad 4 y $dtm+cript$ (valor 3).
- La CI a con la salinidad (valor 3).

5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

5.1- CONCLUSIONES.

Respecto a la variación cuantitativa y cualitativa de la comunidad fitoplanctónica.

- Los grupos más abundantes en las comunidades fitoplanctónicas para nuestro tramo litoral de estudio son, por orden de abundancia, diatomeas, primnesiales, criptofíceas, prasinofíceas y clorofíceas. Dinoflagelados, euglenas, crisofíceas y rafidofíceas tienen una menor representación en la composición de la comunidad.
- Los datos de los recuentos fitoplanctónicos para todos los grandes grupos (tanto eucariotas como procariotas) pone de manifiesto que las densidades celulares medias y los percentiles 50 y 90 difieren según sean zonas confinadas o no confinadas como:
 - o Al analizar los grupos fitoplanctónicos indicadores de eutrofia, diatomeas y criptofíceas: las zonas confinadas han mostrado los valores más altos que los obtenidos en las zonas no confinadas. Las condiciones hidrodinámicas estables y la gran capacidad de retención de sedimentos que ofrece el confinamiento (considerando que las diatomeas son silicodependientes), estas zonas son captadoras de nutriente de origen continental.
 - El grupo de las prasinofíceas no han mostrado el mismo comportamiento, con valores más altos en zonas de playas abiertas que en zonas confinadas (es posible que al estar las estaciones estén expuestas a la influencia continental por su cercanía a la costa).
 - o Como era de esperar el grupo fitoplanctónico que muestra condiciones oligotróficas (primnesiales), han mostrado los valores más altos en las zonas de final de espigones que en las zonas confinadas. La zona de playas abiertas se esperaba un claro aumento en este grupo fitoplanctónico pero no ha sido así.

- Las clorofíceas muestran que sus valores son más altos en zonas confinadas agrupadas y el valor mínimo encontrado en la zona de playas abiertas

Respecto a la composición fitoplanctónica y sus relaciones con la Cl a, salinidad y nutrientes en las zonas de playas abiertas y zonas confinadas por espigones:

- Las salinidades en la zona de final de espigones aunque con algunas discontinuidades, en general, las salinidades de estas estaciones son más altas que las más próximas a la costa.
- Con la Cl a muestra una tendencia similar al conjunto de diatomeas y criptofíceas, coincidiendo algunos máximos valores de abundancia de este conjunto fitoplanctónico con picos en Cl a, sobre todo en casi todas las estaciones de las zonas confinadas. En cuanto a los valores mínimos de Cl a son detectado por lo general en las estaciones de final de espigones dentro de cada zona confinada.
- Así como en las otras variables existen pautas claras, con el PT no se puede decir lo mismo; aunque se observan valores muy elevados en estaciones puntuales de las zonas confinadas.
- Con la Relación NID/PSR parece que la 3^a subzona confinada de la zona confinada norte está afectada por un vertido rico en fosforo al igual 2^a subzona confinada de la confinada sur. Por el contrario en la 1^a subzona confinada sur los aportes son ricos en nitrógeno al igual que la en zona de playas abiertas.
- Variables fitoplanctónicas.
 - Las relaciones que tiende a aumentar conforme aumentan las condiciones eutróficas:

- 1/%primn; se pueden observar estaciones con valores medios altos, que coinciden con zonas de salinidades bajas y contenidos de PT altos,
 - dtm+cript; las estaciones final de espigones siempre tienen valores medios menores que en las subzonas confinadas adyacentes.
- La relación **primn/(dtm+crit)** tiende a aumentar cuando aumentan las condiciones oligotróficas; por lo general los valores medio más altos, se han encontrado en la zona de final de espigones (el más alto en la estación final espigón de la zona confinada sur) y los valores más bajos en zonas confinadas (el mínimo en la zona confinada sur).
 - La variable cnb+clf, ha mostrado los valores medios máximos en la zonas de playas abiertas y los mínimos en la zona confinada.

Respecto al análisis de correlación lineal (coeficiente de determinación).

Tabla 8: Representación de las correlaciones entre las variables que han mostrado valores entre 6 (una media relación) y 12 (muy alta relación de dependencia), distinguiendo las diferentes zonas estudiadas. Los rangos intermedios son 8 a 9 (media-alta relación) y 10 a 11 (alta relación).

	Rango de valores			
	12	De 10 a 11	De 8 a 9	De 6 a 7
Zona confinada norte				PT/Salinidad
Zona confinada sur	PT/Salinidad.			Salinidad/cnb+clf PT/cnb+clf
Zonas confinadas agrupadas.		PT/Salinidad.	Cl a/dtm+cript.	Cl a/PT.
Zona de final de espigones.			Cl a/PT.	Salinidad/cnb+clf Salinidad/dtm+cript
Zona de playas abiertas.	Cl a/dtm+cript.	Cl a/cnb+clf.	Cl a/PT. PT/dtm+cript. Salinidad/[primn/(dtm+cript)]	PT/Salinidad.
Zonas no confinadas agrupadas			Cl a/dtm+cript	PT/Salinidad.

- Zonas confinadas.- La correlación entre PT/Salinidad se ha encontrado, independientemente del valor del rango, en todas las zonas que suponen confinamiento.
 - En las zonas confinadas agrupadas encontramos además las relaciones Cl a/dtm+cript con relación media-alta de dependencia, Cl a/PT (relación media) y PT/Salinidad (relación media-alta).
 - En la zona confinada sur, encontramos con una relación media de dependencia las relaciones Salinidad/cnb+clf y PT/cnb+clf. La relación PT/Salinidad ha mostrado una muy alta relación de dependencia.
 - La zona confinada norte, la relación PT/Salinidad ha sido la única que ha mostrado una relación media de dependencia.

- Zonas no confinadas.- Las variable que ha tenido correlación en todas las zonas, independientemente del su rango, ha sido la Cl a, PT, salinidad y dtm+cript.
 - En las zonas no confinadas agrupadas, la relación Cl a/dtm+cript muestra un nivel medio-alto y la relación PT/Salinidad nivel medio de dependencia.
 - La zona de final de espigones, la relación Cl a/PT presenta una relación de dependencia media-alta y con un nivel medio, Las relaciones Salinidad/cnb+clf y Salinidad/dtm+cript.
 - La zona de playas abiertas, la relación Cl a/dtm+cript muestra un nivel de muy alta relación de dependencia. Con un nivel de alta relación de dependencia, esta la relación Cl a/cnb+clf. La relación Media-alta de dependencia se presenta en las siguientes relaciones; Cl a/PT, PT/dtm+cript y Salinidad/[primn/(dtm+cript)]. La relación PT/Salinidad presenta una media relación de dependencia.

5.2.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

- Planteamiento de nuevas áreas de estudio en donde la influencia continental sea menor. Existe una zona al norte de la ciudad de Alicante y otra entre Castellón y Benicasim, que podrían servir para comparar valores
- Controlar, vigilar e informarnos de los posibles vertidos continentales de las zonas estudiadas y si fuera posible seguimiento de los mismos.
- Aumentar la serie de datos para realizar una correcta representación de correlaciones entre variables.

Respecto a la red de muestreo.

- En las zonas de playas abiertas y playas confinadas entre espigones, plantear muestreos de transectos con longitud acorde con los espigones para no limitarnos a muestrear solo el borde de la costa en estas zonas (más o menos hasta la altura de donde está el final de espigones) y así ver el gradiente que podrían llegar a tener las variables estudiadas.
- En las diferentes subzonas confinadas, sería interesante muestrear en el centro de esta a la misma altura de mar a dentro de las puntas de espigones que nos confiere el confinamiento.

6.- BIBLIOGRAFÍA.

- Aminot, A. 1983. Mesure de la salinité. En: Aminot, A. y M. Chaussepied (Eds.), Manuel des analyses chimiques en milieu marin. M. Centre National pour l'Exploitation des Océans, Brest: 45-62.
- APHA, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington.
- Banoub, M.W. y Burton, J.D. 1968. The winter distribution of silicate in Southampton water. *J. Cons. Permanent Explor. Mer*, 32 (2): 201-208.
- Bien, G.S., Contois, D.E. y Thomas, W.H. 1958. The removal of soluble silica from freshwater entering the sea. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 14: 35-54.
- Buchanan, C., Lacouture, R.V., Marshall, H.G., Olson, M. y Johnson, J.M. 2005. Phytoplankton Reference Communities for Chesapeake Bay and its Tidal Tributaries. *Estuaries*, 28:138-159.
- Chrétiennot-Dine, M.J., Courties, C., Vaquer, A., Neveux, J., Claustre, H. y Lautier, J. 1995. A new marine picoeukaryote: *Ostreococcus tauri* gen. et sp. nov. (Chlorophyta, Prasinophyceae). *Phycologia*, 4:285-292.
- Cloern, J.E. 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar Ecol Prog Ser* 210:223-253.
- Coakley, W.A. 1981. Handbook of automated analysis. Continuous flow analysis. Marcel Dekker, New York.
- Correll, D.L. 1998. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. *Journal of Environmental Quality*, 27(2): 261-266.
- Countway, P.D. y Caron, DA. 2006. Abundance and distribution of *Ostreococcus* sp. In the San Pedro Channel, California, as revealed by quantitative PCR. *Appl Environmental Microbiology*, 72:2496-2506.

- Cruzado, A., y Velásquez, Z.R. 1990. Nutrients and Phytoplankton in the Gulf of Lions, northwestern Mediterranean. *Continental Shelf Research*, 10 (9-11): 931-942.
- Davies, P. 2004. Nutrient processes and chlorophyll in the estuaries and plume of the Gulf of Papua. *Continental Shelf Research*, 24, 2317-2341.
- Decisión de la Comisión de 30 de octubre de 2008 (2008/915/CE) por la que se fijan, de conformidad con la Directiva 2000/60/DE del Parlamento Europeo y del Consejo, los valores de las clasificaciones de los sistemas de seguimiento de los Estados Miembros a raíz del ejercicio de intercalibración [notificada con el número C(2008) 6016].
- Edwardsen, B. y Paasche, E. 1998. Bloom dynamics and physiology of *Primnesium* and *Chrysochromulina*. En: Anderson D.M., A.D. Cembella, and G.M. Hallegraeff (Eds), *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*, G 41. SpringerVerlag, Berlin Heidelberg, 193-208.
- Egge, J.K. 1998. Are diatoms poor competitors at low phosphate concentrations? *Journal of Marine Systems*, 16:191-198.
- EPA-Environmental Protection Agency, 2001. *Nutrient Criteria. Technical Guidance Manual Estuarine and Coastal Marine Waters*. United States.
- Glibert, P.M., Heil, C.A., O'Neil, J.M., Dennison, W.C. y O'Donohue, M.J.H. 2006. *Estuaries and Coast*, vol 29, no 2, 209-221.
- Heiskanen, A-S. 2004. Ecological quality assessment in the EU Water Framework Directive - a new approach for protection of aquatic ecosystem. En: Wassmann, P., Olli, K. (eds.). *Drainage basin nutrient inputs and eutrophication: an integrated approach*. University of Tromsø, Norway. ISBN 82-91086-36-2. Available at: www.ut.ee/~olli/eutr/, 211-223.
- Jacquet, S., Prieur, L., Avois-Jacquet, C., Lennon, JF. y Vaultot, D. 2002. Shorttimescale variability of picophytoplankton abundance and cellular parameters in surface waters of the Alboran Sea (western Mediterranean). *Journal of Plankton Research*, 24:35-651.

- Jeffrey, S.W. y Humphrey, G.F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, and c in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 167:191-194.
- Justic, D., Rabalais, N.N., Turner, R.E. y Dortch, Q. 1995. Changes in nutrient structure of river-dominated coastal waters: Stoichiometric nutrient balance and its consequences. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 40(4):339-356.
- Kendall, M.G. y Buckland, W.R. 1980. *Diccionario de Estadística*. Pirámide, Madrid.
- Kirkwood, D., Aminot, A. y Pertillä, M. 1991. Report on the results of the fourth intercomparison exercise for nutrients in sea water. ICES Cooperative Research Report nº 174.
- Libes, S.M. 1992. *An introduction to marine biogeochemistry*. John Wiley & Sons, New York.
- Liss, P.S. y Pointon, M.J., 1973. Removal of dissolved boron and silicon during estuarine mixing of sea and river waters. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37: 1493-1498.
- Liss, P.S. y Spencer, C.P., 1970. A biological processes in the removal of silicate from sea water. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 34: 1073-1088.
- Llopis Marín, J.M. 2009. *Curso de SPSS*. <http://www.ual.es/personal/jmllopis>.
- López Cachero, M. 1988. *Fundamentos y Métodos de Estadística*. Pirámide, Madrid.
- Lund, J.W.G., Kipling, C. y Le Cren, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11 (2): 143-170.
- Marie, D., Zhu, F., Balagué, V., Ras, J. y Vaultot, D. 2006. Eukaryotic picoplankton communities of the Mediterranean Sea in summer assessed by molecular approaches (DGGE, TTGE, QPCR). *FEMS Microbiology Ecology*, 55:403-415.
- Martínez-Guijarro, R. 2009. Determinación de comunidades fitoplanctónicas mediante espectroscopía visible y su relación con los recuentos por

microscopía de epifluorescencia. PhD Tesis, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Melkonian, M. 1990. Phylum Chlorophyta: Class Prasinophyceae. Margulis, L., Corliss, J Melkonian, J.O. et al., (eds) Handbook of Protoctista. Jones and Bartlett, Boston, 600-607.

Moutin, T., Raimbault, P., Golterman, H.L. y Coste, B. 1998. The input of nutrients by the Rhone river into the Mediterranean Sea: Recent observations and comparison with earlier data. *Hydrobiologia*, 373-374: 237-246.

Muylaert, K., Sabbe, K. y Vyverman, W. 2009. Changes in phytoplankton diversity and community composition along the salinity gradient of the Schelde estuary (Belgium/The Netherlands). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 82:335-340.

Nixon, S.C., Mainstone, C.P., Milne, I., Moth Iversen, T., Kristensen, P., Jeppesen, E., Friberg, N., Papathaanassiou, E., Jensen, A. y Pedersen, F. 1996. The harmonized monitoring and classification of ecological quality of surface waters in the European Union, Draft Final Report No. CO4096, Water Research Centre, Marlow, UK.

O'Kelly, C.J., Sieracki, ME., Thier, E.C. y Hobson, IC. 2003. A transient bloom of *Ostreococcus* (Chlorophyta, Prasinophyceae) in West Neck bay, Long Island, New York. *Journal of Phycology*, 39:850-854.

O'Kelly, C.J., Sieracki, ME., Thier, E.C. y Hobson, IC. 2003. A transient bloom of *Ostreococcus* (Chlorophyta, Prasinophyceae) in West Neck bay, Long Island, New York. *Journal of Phycology*, 39:850-854.

Ochiai, E. 1985. Química bioinorgánica. Una introducción. Editorial Reverté,S.A., Barcelona.

Pachés, M. 2007. Efecto en el campo cercano de las jaulas de peces sobre el fitoplancton litoral. Dissertation, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

- Pachés, M., González del Río, J., Martínez-Guijarro, R. y Romero, I. 2009. Temporal variations of *Ostreococcus* blooms in the surf zone of Valencian Coast (Mediterranean). Proceedings of the Joint Annual Meeting of the American Society of Plant Biologists and Phycological Society of America. Honolulu, Julio 2009.
- Parsons, T.R., Maita, Y. y Lalli, C.M. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, London.
- Reynolds, C. 2006. Ecology of phytoplankton. Ecology, biodiversity and conservation. Cambridge University Press. ISBN 13-978-0-521-84413-0.
- Rodríguez, J. 1982. Oceanografía del Mar Mediterráneo. Ediciones Pirámide.
- Romero, I., 2004. Comportamiento de nutrientes en la pluma del río Ebro. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, Ph D. Tesis.
- Romero, I., Falco, S., Rodilla, M., Sierra, J.P., Del Río, J.G. y Mosso, C. 2006. Salinity, nutrient and chlorophyll a vertical variations in the Ebro River Plume. Journal of Coastal Research, SI39: 1828-1832.
- Shiah, F.K., Kao, S.J., Gong, G.C. y Liu, K.K. 1996. Spatial variability of phytoplankton production and the implications of its controlling mechanisms in the coastal zone near the river mouth of the Lanyang Hsi. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 37: 9-15.
- Sournia, A. 1978. Phytoplankton Manual. Monographs on oceanographic methodology, UNESCO, Paris.
- Treguer, P. y Le Corre, P. 1975. Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Université de Bretagne Occidentale, Brest.
- Vaulot, D., Eikrem, W., Viprey, M., y Moreau, H., 2008. The diversity of small eukaryotic phytoplankton ($\leq 3 \mu\text{m}$) in marine ecosystems. FEMS Microbiology Rev, 1-26.
- Vaulot, D., Lebot, N., Marie, D. y Fukai, E. 1996. Effect of phosphorus on the *Synechococcus* cell cycle in surface Mediterranean waters during summer. Applied and Environmental Microbiology, 62(7):2527-2533.

- Vollenweider, R.A., Rinaldi, A., Viviani, R., y Todini, E. 1996. Assessment of the state of eutrophication in the Mediterranean sea. MAP Technical Reports Series no. 106. UNEP., Athens.
- Wetseyn, L.P.M.J. y Kromkamp, J.C. 1994. Turbidity, nutrients and phytoplankton primary production in the Oosterschelde (the Netherlands) before, during and after a large-scale coastal engineering Project (1980-1990). The Oosterschelde Estuary, the Netherlands: A case study of a changing ecosystem. Vol. 282-283: 61-78.
- Winter, A., et al. 1994. Biogeography of living coccolithophores in ocean waters. En : coccolithophores (ed. Winter, A. y Siesser, W.G.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- WWF/ADENA, 2002. El litoral mediterráneo: importancia, diagnóstico y conservación.