

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO  
AMBIENTE



*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de  
Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

**Isabel Gadea Pérez**

Diciembre de 2009

Dpto. de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente  
Universidad Politécnica de Valencia

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de  
Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

**Trabajo fin de máster**  
**Programa de Doctorado en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente**

*Isabel Gadea Pérez*

El director

El codirector:

*Fdo: Miguel Rodilla Alamá*

*Fdo: Eduardo Fabián  
Cassiraga*

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pag.</b>
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ENTRADAS Y FUENTES DE NUTRIENTES	1
1.2 LOS NUTRIENTES COMO FACTORES QUE LIMITAN LA PRODUCCIÓN PRIMARIA	2
1.3 OBJETIVOS	8
2. DISEÑO DE MUESTREO Y MÉTODOS	10
2.1 ÁREA DE ESTUDIO	10
2.2 DISEÑO DE MUESTREOS	15
2.3. VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS	19
2.4. MEDICION DE NUTRIENTES	20
2.5. MEDICION DE CLOROFILA-A	22
2.6. MUESTRAS DE FITOPLANCTON	23
2.6.1 RECUENTO DE FITOPLANCTON POR MICROSCOPIA INVERTIDA (TÉCNICA DE UTHERMÖHL)	23
2.6.2 RECUENTO DE PICOFITOPLANCTON	26
2.7 TRATAMIENTO DE LOS DATOS	26
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1 AREA DE ESTUDIO 1: PUERTO DE GANDIA	27
3.2 AREA DE ESTUDIO 2: PLAYA L'AHUIR	53
3.3 AREA DE ESTUDIO 3: AREA DE INFLUENCIA DE LA DESEMBOCADURA DEL RIO SERPIS	78
3.4 AREA DE ESTUDIO 4: EMISARIO SUBMARINO EDAR DE GANDIA	101
4. CONCLUSIONES	122
5. BIBLIOGRAFÍA	124
ANEXO 1. TABLAS DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN	

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1 Relación entre clorofila a y NT (Smith, 2006)

Figura 1.2 Transformaciones biológicas que sufre el nitrógeno.

Figura 1.3 Relación entre Cla y PT (Smith, 2006)

Figura 1.4 Ciclo del fósforo (Benitez-Nelson, 2000)

Figura 2.1 Vista general de los muestreos

Figura 2.2 Vista muestreo Puerto de Gandía

Figura 2.3 Flujos subterráneos. IOC Manuals and Guides nº 44

Figura 2.4 Vista muestreo playa L' Ahuir

Figura 2.5 Vista muestreo desembocadura Río Serpis

Figura 2.6 Vista muestreo emisario EDAR de Gandía.

Figura 2.7 Detalle puntos de muestreo playa L' Ahuir

Figura 2.8 Detalle puntos de muestreo emisario

Figura 2.9 Fondeo correntímetro

Figura 3.1.1 Frecuencia de viento

Figura 3.1.2 Frecuencia de corrientes

Figura 3.1.3 Velocidad de corrientes

Figura 3.1.4 Perfiles verticales de salinidad en las estaciones del puerto

Figura 3.1.5 Distribución espacial de la concentración de amonio en el puerto

Figura 3.1.6 Perfiles verticales de amonio en las estaciones del puerto

Figura 3.1.7 Distribución espacial de la concentración de amonio en el puerto

Figura 3.1.8 Perfiles verticales de nitrito en las estaciones del puerto

Figura 3.1.9 Distribución espacial de la concentración de nitritos en el puerto

Figura 3.1.10 Perfiles verticales de nitrato en las estaciones del puerto

Figura 3.1.11 Distribución espacial de la concentración de nitratos en el puerto

Figura 3.1.12 Perfiles verticales de fósforo soluble reactivo en las estaciones del puerto

Figura 3.1.13 Distribución espacial de la concentración de fósforo soluble reactivo en el puerto

Figura 3.1.14 Perfiles verticales de fósforo total en las estaciones del puerto

Figura 3.1.15 Distribución espacial de la concentración de fósforo total en el puerto

Figura 3.1.16 Perfiles verticales de ácido ortosilícico en las estaciones del puerto

Figura 3.1.17 Distribución espacial de la concentración de ácido ortosilícico en el puerto

Figura 3.1.18 Perfiles de NID (nitrógeno inorgánico disuelto) en las estaciones del puerto

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

Figura 3.1.19 Perfiles verticales de la relación N:P en las estaciones del puerto

Figura 3.1.20 Perfiles verticales de la relación Si:N en las estaciones del puerto

Figura 3.1.21 Perfiles verticales de la relación Si:PSR en las estaciones del puerto

Figura 3.1.22 Perfiles verticales de sólidos en suspensión en las estaciones del puerto

Figura 3.1.23 Perfiles verticales de oxígeno disuelto en las estaciones del puerto

Figura 3.1.24 Perfiles verticales de clorofila en las estaciones del puerto

Figura 3.1.25 Distribución espacial de la concentración de clorofila a en el puerto

Figura 3.1.26 Composición fitoplanctónica acequias

Figura 3.1.27 Composición fitoplanctónica PP1

Figura 3.1.28 Composición fitoplanctónica PP2

Figura 3.1.29 Composición fitoplanctónica PP3

Figura 3.1.30 Composición fitoplanctónica PP4

Figura 3.1.31 Composición fitoplanctónica PP5

Figura 3.1.32 Composición fitoplanctónica 0.05 m

Figura 3.1.33 Composición fitoplanctónica 0.10 m

Figura 3.1.34 Composición fitoplanctónica 0.75 m

Figura 3.1.35 Distribución espacial de células totales de fitoplancton en el puerto

Figura 3.1.36 Distribución espacial de diatomeas en el puerto

Figura 3.1.37 Distribución espacial dinoflagelados en el puerto

Figura 3.1.38 Distribución espacial nanoflagelados en el puerto

Figura 3.1.39 Distribución espacial criptofíceas en el puerto

Figura 3.1.40 Distribución espacial rafidofíceas en el puerto

Figura 3.1.42 Distribución espacial de cianobacterias en el puerto

Figura 3.2.1: Frecuencia de vientos

Figura 3.2.2 Frecuencia de corrientes

Figura 3.2.3 Velocidad media de la corriente

Figura 3.2.4 Perfiles verticales de salinidad en las estaciones del puerto

Figura 3.2.5 Distribución espacial de salinidad en la playa L'Ahuir

Figura 3.2.6 Perfiles verticales de amonio en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.7 Distribución espacial de amonio en la playa L'Ahuir

Figura 3.2.8 Perfiles verticales de nitritos en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.9 Distribución espacial de nitritos en la playa L'Ahuir

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

Figura 3.2.10 Perfiles verticales de nitratos en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.11 Distribución espacial de nitratos en la playa L'Ahuir

Figura 3.2.12 Perfiles verticales de fósforo soluble reactivo en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.13 Perfiles verticales de fósforo total en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.14 Distribución espacial de fósforo total en la playa L'Ahuir

Figura 3.2.15 Perfiles verticales de ác. ortosilícico en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.16 Distribución espacial de ác. ortosilícico en la playa L'Ahuir

Figura 3.2.16 Perfiles verticales de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.17 Perfiles verticales de la relación N:P en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.18 Perfiles verticales de la relación Si:N en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.19 Perfiles verticales de la relación Si:PSR en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.20 Perfiles verticales de sólidos en suspensión en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.21 Perfiles verticales de oxígeno disuelto en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.22 Perfiles verticales de clorofila *a* en las estaciones de la playa L'Ahuir

Figura 3.2.23 Distribución espacial de clorofila *a* en la playa L'Ahuir

Figura 3.2.24 Composición fitoplanctónica PA

Figura 3.2.25 Composición fitoplanctónica PA0

Figura 3.2.26 Composición fitoplanctónica PA1

Figura 3.2.27 Composición fitoplanctónica PA2

Figura 3.2.28 Composición fitoplanctónica PA3

Figura 3.2.29 Composición fitoplanctónica PA4

Figura 3.2.30 Composición fitoplanctónica PA5

Figura 3.2.31 Composición fitoplanctónica 0 m

Figura 3.2.32 Composición fitoplanctónica 5 m

Figura 3.2.33 Composición fitoplanctónica 10 m

Figura 3.2.34 Composición fitoplanctónica 15 m

Figura 3.2.35 Composición fitoplanctónica 18 m

Figura 3.2.36 Distribución espacial de células totales de fitoplancton en la playa L'Ahuir

Figura 3.2.37 Distribución espacial de diatomeas en la playa L'Ahuir

Figura 3.2.38 Distribución espacial de dinoflagelados en la playa L'Ahuir

Figura 3.2.39 Distribución espacial de nanoflagelados en la playa L'Ahuir

Figura 3.2.40 Distribución espacial de rafdoficeas en la playa L'Ahuir

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

Figura 3.2.41 Distribución espacial de cianobacterias en la playa L'Ahuir

Figura 3.3.1: Frecuencia de vientos

Figura 3.3.2 Frecuencia de corrientes

Figura 3.3.3 Velocidad de la corriente

Figura 3.3.4 Perfiles verticales de salinidad en las estaciones de la zona de influencia de la desembocadura del río Serpis

Figura 3.3.5 Perfiles verticales de nitritos en las estaciones de las estaciones de la zona de influencia de la desembocadura del Río Serpis

Figura 3.3.6 Perfiles verticales de nitritos en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Figura 3.3.7 Perfiles verticales de fósforo soluble reactivo en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Figura 3.3.8 Perfiles verticales de fósforo total en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Figura 3.3.9 Perfiles verticales de ácido ortosilícico en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Figura 3.3.10 Perfiles verticales de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Figura 3.3.11 Perfiles verticales de la relación NID:PSR en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Figura 3.3.12 Perfiles verticales de la relación SI:NID en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Figura 3.3.13 Perfiles verticales de la relación SI:PSR en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Figura 3.3.14 Perfiles verticales de sólidos en suspensión en la zona de influencia de la desembocadura del río Serpis.

Figura 3.3.15 Perfiles verticales de oxígeno disuelto en la zona de influencia de la desembocadura del río Serpis.

Figura 3.3.16 Perfiles verticales de clorofila en la zona de influencia de la desembocadura del río Serpis.

Figura 3.3.17 Composición fitoplanctónica PR

Figura 3.3.18 Composición fitoplanctónica PV1

Figura 3.3.19 Composición fitoplanctónica PV2

Figura 3.3.20 Composición fitoplanctónica PV3

Figura 3.3.21 Composición fitoplanctónica PV4

Figura 3.3.22 Composición fitoplanctónica PV5

Figura 3.3.23 Composición fitoplanctónica PV6

Figura 3.3.24 Composición fitoplanctónica PV7

Figura 3.3.25 Distribución cianobacterias PV1

Figura 3.3.26 Distribución cianobacterias PV2

Figura 3.3.27 Distribución cianobacterias PV3

Figura 3.3.28 Distribución cianobacterias PV4

Figura 3.3.29 Distribución cianobacterias PV5

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

Figura 3.3.30 Distribución cianobacterias PV6

Figura 3.3.31 Distribución cianobacterias PV7

Figura 3.4.1: Frecuencia de vientos

Figura 3.4.2 Frecuencia de corrientes

Figura 3.4.3 Velocidad media de la corriente

Figura 3.4.4 Perfiles verticales de salinidad en las estaciones del emisario

Figura 3.4.5 Perfiles verticales de nitritos en las estaciones del emisario

Figura 3.4.6 Perfiles verticales de nitratos en las estaciones del emisario.

Figura 3.4.7 Perfiles verticales de fósforo soluble reactivo en las estaciones del emisario

Figura 3.4.8 Perfiles verticales de fósforo total en las estaciones del emisario

Figura 3.4.9 Perfiles verticales de ác. ortosilícico en las estaciones del emisario

Figura 3.4.10 Perfiles verticales de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) en las estaciones del emisario

Figura 3.4.11 Perfiles verticales de la relación N:P en las estaciones del emisario

Figura 3.4.12 Perfiles verticales de la relación Si:N en las estaciones del emisario

Figura 3.4.13 Perfiles verticales de la relación Si:PSR en las estaciones del emisario

Figura 3.4.14 Perfiles verticales de sólidos en suspensión en las estaciones del emisario

Figura 3.4.15 Perfiles verticales de oxígeno disuelto en las estaciones del emisario

Figura 3.4.16 Perfiles verticales de clorofila *a* en las estaciones del emisario

Figura 3.4.17 Composición fitoplanctónica PE1

Figura 3.4.18 Composición fitoplanctónica PE2

Figura 3.4.19 Composición fitoplanctónica PE3

Figura 3.4.20 Composición fitoplanctónica PE4

Figura 3.4.21 Composición fitoplanctónica PE5

Figura 3.4.22 Composición fitoplanctónica PE6

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1 Requisitos vertido emisario submarino EDAR al mar

Tabla 2.2 Resumen puntos muestreo puerto

Tabla 2.3 Resumen puntos muestreo playa L'Ahuir

Tabla 2.4 Resumen puntos muestreo desembocadura del Río Serpis

Tabla 2.5 Resumen puntos muestreo emisario EDAR de Gandía

Tabla 3.1.1 Frecuencia de viento

Tabla 3.1.2 Frecuencia de corrientes

Tabla 3.1.3 Aportes de acequias

Tabla 3.1.4 Tabla resumen concentración de nutrientes y oxígeno disuelto en las estaciones del puerto.

Tabla 3.1.5 Tabla resumen concentración de células fitoplanctónicas

Tabla 3.2.1 Frecuencia de vientos

Tabla 3.2.2: Frecuencia de corrientes

Tabla 3.2.3: Tabla resumen concentración de nutrientes y oxígeno disuelto en las estaciones de la playa L'Ahuir.

Tabla 3.2.4: Tabla resumen concentración de células fitoplanctónicas

Tabla 3.3.1 Frecuencia de vientos

Tabla 3.3.2: Frecuencia de corrientes

Tabla 3.3.3: Aportes río Serpis

Tabla 3.3.4: Tabla resumen concentración de nutrientes y oxígeno disuelto en las estaciones de la zona de influencia del Río Serpis.

Tabla 3.3.5: Tabla resumen concentración de células fitoplanctónicas

Tabla 3.4.1 Frecuencia de vientos

Tabla 3.4.2: Frecuencia de corrientes

Tabla 3.4.3: Vertido emisario

Tabla 3.4.4: Tabla resumen concentración de nutrientes y oxígeno disuelto en las estaciones del emisario.

Tabla 3.4.5: Tabla resumen concentración de células fitoplanctónicas

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ENTRADAS Y FUENTES DE NUTRIENTES**

Las zonas costeras de todo el mundo están sometidas a una cada vez mayor entrada de nutrientes relacionada con las actividades humanas incluyendo vertidos directos y también mediante los ríos, agua subterránea y deposición atmosférica. Estas entradas no sólo proceden del continente, puesto que algunas actividades antrópicas se sitúan directamente en el medio marino, así un aumento en las actividades de acuicultura off-shore puede dar lugar a un aumento en la carga de nutrientes en ciertas áreas. La carga de P en las aguas marinas se ha incrementado multiplicándose por 3 en comparación con los niveles antes de la época industrial y la agricultura intensiva; el flujo de N se ha incrementado aun más (p.e. se ha multiplicado por 4 en el Río Mississippi, y más de 10 veces en los ríos que desembocan en el Mar del Norte) (Nacional Research Council, 2000). En la bahía de Brest (Francia), se ha encontrado que la carga de nitrato se ha doblado respecto a la de los años 70, algo que está relacionado con el incremento de actividades agrícolas (Le Pape *et al.*, 1996). Del mismo modo, Bethoux *et al.* (1992), encontró un incremento de las concentraciones de fosfato y nitrato, hasta  $8-10 \cdot 10^9$  mol/año de fosfato y  $190-220 \cdot 10^9$  mol/año en nitrato, en las aguas profundas de la cuenca oeste del mar Mediterráneo debido a un incremento en la agricultura y en las actividades industriales y urbanas durante los años 60. Existen pues, registros de nutrientes que proporcionan evidencias de un cambio rápido en la fertilidad de los ecosistemas costeros durante la última mitad del siglo XX (Cloern, 2001).

Por otra parte, están bien establecidas relaciones entre cargas de nutrientes en sistemas marinos, y la producción primaria de fitoplancton, y los rendimientos pesqueros (Rabalais y Nixon, 2002). No obstante, la entrada de nutrientes vertidos puede superar la capacidad del sistema para asimilar el aumento de la producción de nutrientes, y es entonces cuando ocurre la degradación de la calidad del agua. Este sobre-enriquecimiento acarrea diversos impactos incluyendo un incremento de la turbidez con la consiguiente pérdida de vegetación acuática sumergida, deficiencia de oxígeno, disrupción del funcionamiento del ecosistema, pérdida de hábitat, pérdida de biodiversidad, cambios en cadenas alimenticias, y pérdidas en las capturas pesqueras y HABs (Harmful Algae Bloom) (Nacional Research Council, 2000; Rabalais y Nixon, 2002).

Los nutrientes alcanzan el área costera a partir de fuentes puntuales y no puntuales. Se considera en un contexto global que las fuentes puntuales, como son las aguas residuales urbanas y los vertidos industriales, son contribuyentes menos importantes que las fuentes no puntuales (Nacional Research Council, 2000). Algunas fuentes difusas como la deposición atmosférica son muy difíciles de evaluar, puesto que una gran variedad de actividades humanas, como el uso de fertilizantes, combustibles fósiles, la ganadería,..., aportan nutrientes a la atmósfera y la entrada está forzada por variables climáticas y físicas que son muy variables en el espacio y en el tiempo (Nacional Research Council, 2000; UNEP/WHO, 1996) y son muy difíciles de medir y controlar. Migon y Sandroni (1999) encontraron que la entrada de fósforo atmosférico, en la zona costera de Liguria (Francia), variaba ampliamente desde 0.3 a  $22.8 \mu\text{mol P/m}^2$  y concluyeron que la arena proveniente del Sahara era una importante fuente de fósforo atmosférico, principalmente insoluble. Algo similar ocurre con el fósforo que proviene de la erosión de las rocas continentales, ya que Froelich (1988), encuentra que sólo entre el 5-10% del fósforo, erosionado y transportado por las escorrentías hasta los océanos, está en forma disuelta.

Por el contrario, los aportes antropogénicos de fósforo son solubles y por tanto biodisponibles. La mayor fuente de polifosfatos en los ecosistemas costeros y estuarinos, son resultado de la utilización de detergentes (Riley y Chester, 1971).

Cabe decir, que 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 movilizarse.

## **1.2 LOS NUTRIENTES COMO FACTORES QUE LIMITAN LA PRODUCCIÓN PRIMARIA**

La producción primaria puede definirse como el proceso por el cual, a partir de sustancias inorgánicas disueltas (nutrientes y  $\text{CO}_2$  disueltos en el agua), los productores primarios (las plantas y algunas bacterias) sintetizan materia orgánica. Este proceso requiere energía que proviene de la radiación solar o de las reacciones químicas inorgánicas (Riley y Chester, 1971). Esta ganancia neta de materia orgánica, que ocurre cuando los organismos autótrofos elaboran más de la que consumen por respiración, está regulada por la disponibilidad energética y también por la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno (NID, nitrógeno inorgánico disuelto), el fósforo ( $\text{PO}_4^{2-}$ ), la sílice ( $\text{SiO}_2$ ) (necesaria para diatomeas y silicoflagelados) y el hierro disuelto.

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 (Shiah *et al.*, 1996). 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 y silicio, y en ocasiones el hierro). Las concentraciones medias de clorofila *a* en estuarios y sistemas marinos costeros está fuertemente correlacionada con las concentraciones de nitrógeno total y fósforo total en la columna de agua (Smith, 2006). Como se detalla en Vollenweider *et al.* (1996), los elementos o compuestos que podrían llegar a limitar el crecimiento del fitoplancton serían, carbono (en forma de dióxido de carbono, bicarbonatos y carbonatos), azufre (en forma de sulfatos), nitrógeno, fósforo, silicio, hasta incluso ciertos elementos como hierro, manganeso, cobalto, molibdeno. Incluso algunas especies de dinoflagelados presentes en las mareas rojas, parecen necesitar selenio y muchas especies de algas requieren vitaminas, simples o en varias combinaciones. Pero tanto en el agua dulce como marina, el C y el S se encuentran normalmente en exceso relativo al N y P. Por lo tanto, en principio tanto el C como el S no serán los nutrientes limitantes.

No siempre es un solo factor el que gobierna la producción primaria. Le Pape *et al.* (1996), encontraron en la bahía de Brest (Francia) que la producción primaria parecía estar controlada por varios factores: los nutrientes (con intercambio entre la limitación de ácido ortosilícico y nitrógeno inorgánico disuelto), el hidrodinamismo en la bahía (por intercambio mareal con el estrecho), y la luz.

En general la concentración de nutrientes es siempre mayor en los niveles subsuperficiales y profundos, donde tiene principalmente lugar la remineralización de la materia orgánica. Así, cualquier mecanismo que lleve a la superficie masas de agua profunda tendrá un efecto fertilizante sobre la capa eufótica.

El nutriente que limita el crecimiento del fitoplancton varía dependiendo de la zona de estudio e incluso de las condiciones ambientales que en ella se den. Tradicionalmente, en aguas dulces, el consenso general es que el P es el que limita el crecimiento del fitoplancton, aunque en lagos tropicales, durante el verano, cuando los nutrientes inorgánicos disueltos son eliminados de la zona fótica, puede tener importancia la limitación de N (Conley, 2000).

Generalmente, es el nitrógeno el nutriente limitante para el crecimiento y la producción de las poblaciones de fitoplancton (bacterias y algas) de los ecosistemas litorales (Zohary y Robarts, 1998). Aunque muchos estudios muestran lugares en los que el fósforo es el nutriente limitante, como parece ocurrir en la bahía de Chesapeake y en el río Hudson en la costa este de Estados Unidos (Myers y Iverson, 1981), en grandes áreas a lo largo de la costa de China (Harrison *et al.*, 1990), en el mar de los Sargazos (Cotner *et al.*, 1997), en la pluma del estuario del Garona en la bahía de Vizcaya (Herbland *et al.*, 1998), y en el mar Mediterráneo. Éste es un caso especial, ya que en este mar confinado, el fósforo es el principal y casi constante factor limitante. Multitud de estudios en esta cuenca así lo demuestran, Vollenweider *et al.* (1996) para las aguas costeras de Emilia-Romaña, Krom *et al.* (1991) para el este del Mediterráneo, Estrada (1996) y Thingstad *et al.* (1998) para el noroeste del Mediterráneo.

Los criterios para la limitación estequiométrica de nutrientes 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. Esta relación es conocida como relación de Redfield. Las desviaciones de esta relación indican limitación de N, P ó Si para el crecimiento del fitoplancton. Cuando biomasa fitoplanctónica tienen limitación de P, las aguas receptoras la tiene una relación N/P bastante superior a la relación de Redfield (15-16) y cuando el N es el limitante, la relación de Redfield es más baja (Correll, 1998). Como se detalla en Justic *et al.* (1995) 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.

Generalmente se supone que las células fitoplanctónicas absorben los nutrientes en proporciones atómicas aproximadamente constantes y similares a las que se encuentran en los organismos vivos (C:N:P:Si = 106:16:1:16). Sin embargo, hay que tener presente que no todas las especies poseen estas proporciones, y que además estas relaciones pueden variar dentro de una misma especie dependiendo del ciclo diario y de las condiciones nutricionales previas.

Existe un interés creciente en los últimos años en la determinación de la influencia de los diferentes factores, principalmente nutrientes, que condicionan la composición y estructura de las comunidades fitoplanctónicas y que pueden ocasionar proliferaciones masivas o la aparición de especies tóxicas que puedan dar lugar a eventos de HABs (Harmful Algae Blooms) con sus consecuentes efectos negativos sobre el ecosistema y las actividades humanas vinculadas al mar.

### **El nitrógeno y el fitoplancton**

Tal y como ocurrió en los análisis de Guildford y Hechy (2000), Smith, 2006 observó una fuerte correlación curvilínea entre la biomasa de fitoplancton y la media de NT (nitrógeno total) en aquellos lugares donde se habían medido esos dos valores y ajustó el siguiente modelo.

$$\log_{10}\text{Chl } a = -3.71 + 4.26 \log_{10}\text{TN} - 0.88(\log_{10}\text{TN})^2$$
$$r^2 = 0.84$$

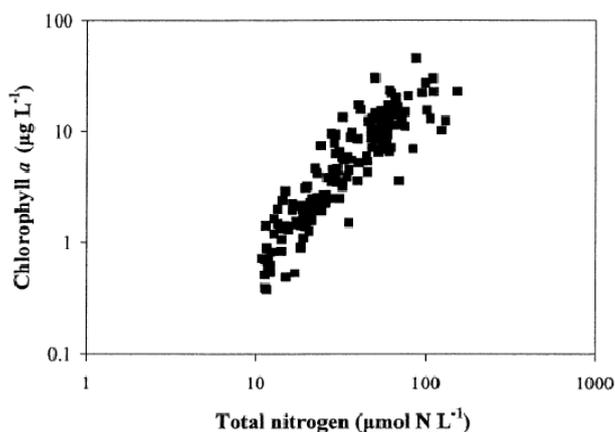
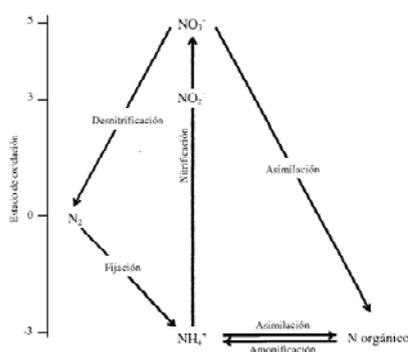


Figura 1.1 Relación entre clorofila a y NT (Smith, 2006)

Esta fuerte relación entre producción algal y disponibilidad de nitrógeno es coherente con la mayoría de los modelos empíricos de biomasa y productividad que aparecen en la literatura de ecosistemas marinos, como los desarrollados por Nielsen, *et al.* (2002).

Como indica Smayda (1983) y Lomas y Glibert, (1999), las formas preferenciales del fitoplancton son, por este orden: amonio, urea, nitrato, nitrito y otros compuestos orgánicos diferentes a la urea. El amonio y la urea son preferenciales porque no necesitan reducirse previamente, mientras que las formas oxidadas (nitrato y nitrito) deben ser reducidas previamente mediante la acción de las enzimas nitrato reductasa (reduce el nitrato a nitrito) y nitrito reductasa (reduce el nitrito a amonio), sin olvidar la posibilidad de que además el amonio puede llegar a absorberse en tromba, pero no el nitrato. Esta preferencia en la asimilación por parte del fitoplancton queda patente en el trabajo de McCarthy *et al.* (1977), donde se determina el porcentaje de utilización de las poblaciones fitoplanctónicas en la bahía de Chesapeake (USA), con relación a la disponibilidad de las diferentes formas de nitrógeno. En este estudio el nitrato representa el 68% del nitrógeno disponible, amonio el 15%, urea el 7% y nitrito el 10%, pero sin embargo, el porcentaje medio de contribución de cada uno de ellos al nitrógeno total utilizado representa el 22%, 51%, 20% y 7% respectivamente.



Incluso, como se describe en Berman *et al.* (1999) una gran variedad de fitoplancton marino y estuarino y bacterias pueden utilizar nitrógeno orgánico disuelto como una fuente de nitrógeno. Ambos estudios muestran que el fitoplancton o las bacterias pueden asimilar aminoácidos libres disueltos y otros compuestos específicos de nitrógeno orgánico como aminas primarias y nucleótidos.

Figura 1.2 Transformaciones biológicas que sufre el nitrógeno.

### Variación estacional de los compuestos de nitrógeno

Como consecuencia de las variaciones estacionales del clima y de la consiguiente repercusión en la circulación de las aguas y la actividad biológica, las concentraciones de los diferentes compuestos de nitrógeno varían estacionalmente en la capa superficial del mar.

Normalmente, en primavera la permanencia de contenidos relativamente elevados de nutrientes en la columna de agua, al estar ésta sin estratificar, y el aumento de la intensidad lumínica tras la limitación invernal, dan lugar a la mayor de las proliferaciones estacionales del plancton. El crecimiento del plancton, y su consiguiente absorción de nutrientes, da lugar a una disminución creciente del nitrógeno inorgánico disuelto (NID) en la capa eufótica, que en los mares con limitación en nitrógeno puede llegar al agotamiento a principios del verano cuando se inicia la estratificación térmica. Durante la mayor parte de la primavera el consumo del fitoplancton por peces y zooplancton permite el retorno del nitrógeno a la columna de agua con sus excreciones, tanto en forma asimilable proveniente del proceso de excreción, como amonio y urea, o en heces fecales que serán descompuestos bacterianamente. Al mismo tiempo la mezcla vertical contribuye a la renovación por conducir agua rica en nitrato desde la parte inferior de la zona eufótica (Riley y Chester, 1971).

Sin embargo, cerca del verano, el calentamiento solar causa el desarrollo de una termoclina que inhibe la mezcla vertical (Riley y Chester, 1971). Como consecuencia, el crecimiento del fitoplancton elimina a gran velocidad el nitrógeno inorgánico disponible por encima de la termoclina ya que no recibe aportes externos como sucede en primavera. En esta época, la forma predominante es normalmente el amonio, que es excretado por el zooplancton después de alimentarse del fitoplancton. Pero este amonio es rápidamente reasimilado. Como indican Riley y Chester (1971), la excreción de N por el zooplancton parece ser máxima cuando el fitoplancton es escaso, y viceversa. Al final del verano suele producirse un bloom algal que suele interrumpir la constante regeneración de nitrato (Riley y Chester, 1971) al romper la estratificación las primeras tormentas, tormentas que también pueden romper la termoclina a lo largo del verano.

Durante el principio de esa regeneración la concentración de nutrientes se incrementa progresivamente a un máximo durante el otoño, cayendo luego a valores más bajos (Riley y Chester, 1971).

La nitrificación normalmente se completa en invierno, cuando la superficie se enfría y las tormentas rompen la termoclina, permitiendo al nitrato volver a distribuirse homogéneamente bajo la columna de agua (Riley y Chester, 1971).

### **El fósforo y el fitoplancton**

Antes de los estudios de Guildford y Hechy (2000) y Hoger et al, (2002) pocos investigadores habían examinado la relación entre la biomasa de fitoplancton y la disponibilidad de fósforo en sistemas marinos (Smith, 2006). En el siguiente gráfico se puede observar la fuerte correlación que existe, según Smith (2006), entre las medias de clorofila a y de fósforo total que ha obtenido en las estaciones que recopila en su estudio. Ajusta estos datos a un modelo de correlación que se muestra adjunto al gráfico.

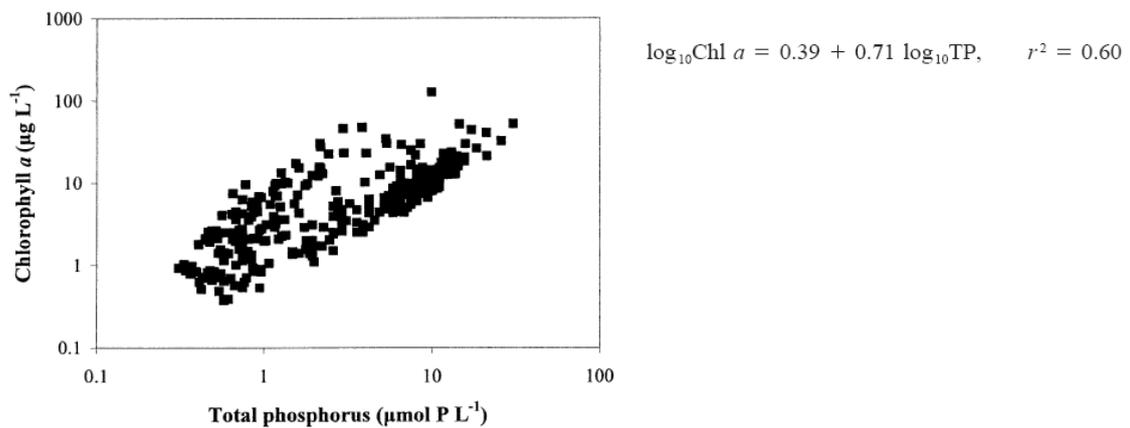


Figura 1.3 Relación entre Cla y PT

Este modelo de regresión confirma el patrón de covarianza positiva entre clorofila a y PT que fue observado por Guildford y Hechy (2000) y Hoyer, *et al.* (2002).

Es importante mencionar que en el mar Mediterráneo, el nutriente limitante es el fósforo, al igual que ocurre en las aguas dulces y en contra de lo que es habitual en la mayoría de mares donde es el nutriente limitante es el nitrógeno (Krom *et al.*, 2004).

La concentración de fósforo disuelto puede ser sustancialmente modificada como resultado de la adsorción/desorción de la superficie de las partículas, asimilación biológica y remineralización y disolución de las partículas de fósforo por medio de reacciones redox (Howarth *et al.*, 1995).

La fuente de P preferida por el fitoplancton parece ser el ortofosfato. Los mecanismos de utilización son:

-*Absorción del fosfato*: El fitoplancton normalmente satisface sus necesidades de fósforo por asimilación directa de ortofosfato. Utiliza un sistema de transporte específico. De la fotosíntesis o de la respiración obtiene la energía necesaria para llevar a cabo la absorción. Por lo tanto está estimulada por la luz. Como apuntan Riley y Chester (1971), a concentraciones de fosfato superiores a 10 µg P/L, la tasa de crecimiento de muchas especies de fitoplancton es independiente de la concentración de fosfato. Sin embargo, si la concentración decrece bajo ese nivel crítico, la división celular se ve cada vez más inhibida, las células serán deficientes en fósforo, y por lo tanto la fotosíntesis cesa. Si esas células reciben un aporte de fosfato, lo asimilarán rápidamente. Una vez en el interior de la célula, el ortofosfato pasa a formar parte, o bien de los acúmulos de reserva intracelulares o de elementos estructurales y funcionales.

- *Utilización de las formas orgánicas (ésteres)*: Muchas especies de fitoplancton, tanto en sus estados normales como deficientes en fósforo, son capaces de usar fosfatos orgánicos disueltos (por ejemplo glicerofosfatos y nucleótidos) (Riley y Chester, 1971).



Nelson *et al.*, (1991) encontraron tasas altas de disolución de silicio en áreas con diatomeas muertas y frústulas vacías (por ejemplo la Gulf Stream), mientras que se dieron tasas bajas de disolución en aguas productivas dominadas por células vivas (por ejemplo las aguas superficiales del sistema de afloramiento del Perú), probablemente debido a que las células vivas están protegidas por una cubierta orgánica.

*- Regeneración*

Cuando las diatomeas mueren, sus esqueletos rápidamente se disuelven (Riley y Chester, 1971). El silicio se disuelve más en agua salina que en agua destilada. Los experimentos de Kamatani y Riley (1979), sobre la influencia de la salinidad en la tasa de disolución de la sílice demostraron que ésta era varios órdenes de magnitud mayor en el agua de mar que en el agua destilada.

La tasa de disolución aumenta con la temperatura y disminuye por la presencia de los cationes  $Fe^{+2}$  y  $Al^{+3}$  que estabilizan la sílice biogénica. En muchos estuarios, el silicio aportado por la regeneración en verano (mayor temperatura) excede el aportado por las aguas continentales. Las diatomeas cuando están sometidas a estrés por limitación con hierro, aumentan de 2 a 3 veces la proporción de la absorción de Si:N (Takeda, 1998) y de  $SiPO_4$ , sugiriendo que esta limitación conduce a una mayor silificación y aumenta por lo tanto la exportación de Si biogénica en relación al N y P de las aguas superficiales a las profundas.

*Variación estacional de los compuestos de sílice*

Como se ha comentado anteriormente, el contenido en sílice disuelta en aguas costeras es generalmente alto, debido a su procedencia (escorrentía continental). Pero aún así existe una variación estacional en su concentración, variación muy similar a la que ya se comentó para el nitrógeno y el fósforo.

El crecimiento del fitoplancton en primavera causa una rápida disminución en la concentración de sílice. La regeneración de la sílice comienza durante el verano, cuando el crecimiento del fitoplancton disminuye, y continúa hasta un valor máximo a principios del invierno. Pero se ha encontrado que durante el otoño, en algunas áreas puede producirse un bloom de fitoplancton que puede causar una ruptura temporal en la regeneración (Riley y Chester, 1971)

### **1.3. OBJETIVOS**

Este trabajo de investigación forma parte de una línea de investigación cuyo objetivo general es definir las características estructurales y funcionales de la comunidad fitoplanctónica en las aguas costeras del sector más meridional del golfo de Valencia. Para conseguir este objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos a conseguir en este estudio:

1. Caracterizar la comunidad fitoplanctónica, estableciendo la composición, abundancia y variabilidad espacial en áreas influidas por el aporte de nutrientes. Para ello se consideran zonas con aportes puntuales y zonas con aportes difusos.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

2. Cuantificar las entradas de nutrientes que se producen en el área de estudio: los sistemas fluviales, la red de acequias que vierten al mar, por aportes de aguas subterráneas en la zona costera y por el vertido de aguas residuales a través de emisario submarino.
3. Establecer la importancia de los diferentes factores ambientales, luz, nutrientes, hidrodinamismo e interacciones con organismos, en la conformación de las comunidades fitoplanctónicas en un lugar y momento determinado.

## **2. DISEÑO DE MUESTREO Y MÉTODOS**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDIO**

El panorama heterogéneo de las aguas costeras del golfo de Valencia afecta la comunidad fitoplanctónica en diferentes escalas espaciales y temporales. Variaciones climáticas estacionales, combinadas con actividades humanas, producen cambios en la cantidad y en la composición del material de descargas fluviales, aportaciones subterráneas procedentes de acuíferos, descargas de aguas residuales así como de la red de acequias que drena zonas agrícolas y desembocan en el mar, instalaciones portuarias, etc.

El área de estudio es la comprendida entre el norte de la playa de Gandía y el término municipal de Guardamar de la Safor. Está zona caracterizada por una densidad de población elevada y variable estacionalmente y por la intensa actividad agrícola. Estas actividades antrópicas intensas ocupan todo el territorio incluyendo los humedales costeros (marjales) que están fuertemente modificados. Esta presión antrópica obliga a mantener casi de manera continua el drenaje del marjal, a través de la red de acequias que desembocan en el Puerto de Gandia, y un emisario submarino que vierte las aguas residuales provenientes de la EDAR de Gandia. Por otro lado, hay dos entradas más o menos naturales que son los aportes subterráneos y los aportes fluviales del río Serpis.

Como hemos ya nombrado anteriormente, existe una infraestructura portuaria, con usos comercial, pesquero y recreativo, que permite nuevas actividades económicas y diferentes vertidos, además de condicionar tiempo de residencia del agua elevado.

Teniendo en cuenta las perturbaciones mencionadas, se han seleccionado cuatro zonas de toma de muestras (figura 2.1), que son:

- las entradas de agua, a través de los drenajes del marjal a la instalación portuaria, y las aguas del puerto,
- el aporte del río Serpis y la zona directa de influencia,
- la salida del emisario y la zona directa de influencia,
- y un transecto perpendicular a la playa de l' Ahuir.

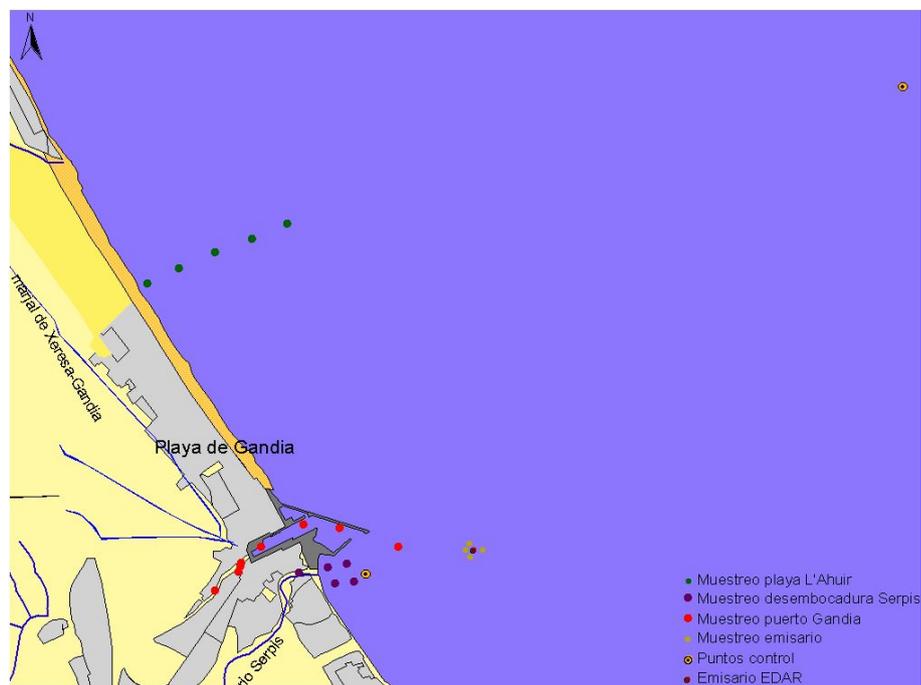


Figura 2.1 Vista general de los muestreos

#### ÁREA DE ESTUDIO 1: PUERTO DE GANDÍA:

El puerto de Gandía es utilizado por empresas y personas relacionadas con la actividad de carga y descarga de mercancías, con la actividad pesquera, con la actividad náutico-recreativa y con las actividades lúdicas de la ciudadanía y turistas. Esta zona es interesante para nuestro estudio porque como en todos los puertos el tiempo de residencia del agua es superior al del mar abierto y la concentración de nutrientes y contaminantes es elevada por los vertidos que se producen como consecuencias de las propias actividades portuarias (reparaciones, descarte de capturas perqueras y trasiegos de combustible y mantenimiento de embarcaciones).

Además en este puerto vierten tres acequias procedentes de la marjal Xeresa-Gandía. La acequia del molí de Santa María, que desemboca en el barranco de San Nicolás, recoge las aguas del Ullal de L'Estany, las otras dos acequias son producto de la confluencia de diversas acequias que drenan la marjal para mantener las posibilidades de cultivo y evitar inundaciones en las urbanizaciones que la ocupan.

Según Vila y Masó (2005) los grandes puertos de mares con pocas mareas deberían ser considerados como áreas con una alta probabilidad de blooms de elevadas biomasas ya que estos son ricos en nutrientes lo que favorece la activación del crecimiento celular y como la dispersión de las células está limitada podrían acumularse en el mismo. Por otro lado, los puertos sujetos a un elevado tráfico de barcos comerciales son conocidos como importantes vectores en la translocación de las quistes latentes de especies de fitoplancton dañinas y actúan como reservorio para los quistes latentes (Garcés *et al.*, 2004).

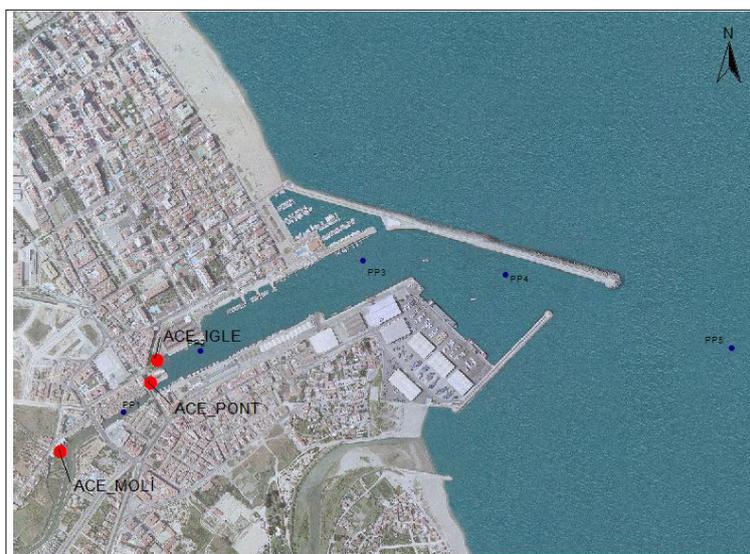


Figura 2.2 Vista muestreo Puerto de Gandía

Las estaciones de muestreo se localizan en las tres entradas puntuales de agua, acequias del drenaje del marjal, cuatro estaciones distribuidas en el eje longitudinal del puerto y una estación fuera del puerto pero en su zona de influencia directa.

## ÁREA DE ESTUDIO 2: PLAYA L'AHUIR

Esta zona se encuentra al final de la playa Norte de Gandía. Tras el cordón dunar encontramos campos de cultivos en primer término y un poco más al interior se el marjal Xeresa-Gandía. Se trata de una de las pocas playas que quedan sin edificar ni urbanizar del litoral levantino, reúne las condiciones idóneas para el estudio de posibles aportaciones de agua dulce subterránea al mar.

El estuario submarino de la zona de swash, en el que se mezclan agua subterránea de origen marino y agua subterránea del continente, origina flujos en las aguas superficiales costeras así como aportes submarinos de aguas subterráneas y constituye una importante fuente de nutrientes, contaminantes y elementos traza en la costa (Burnett *et al.*, 2003)

En la figura 2.3 se esquematizan los flujos de intercambio de agua entre el acuífero y el litoral costero. En el caso de la playa L'Ahuir se confirma la existencia de un acuífero no confinado superficial con flujos de entrada generados por el oleaje (w) o por presión hidráulica (h).

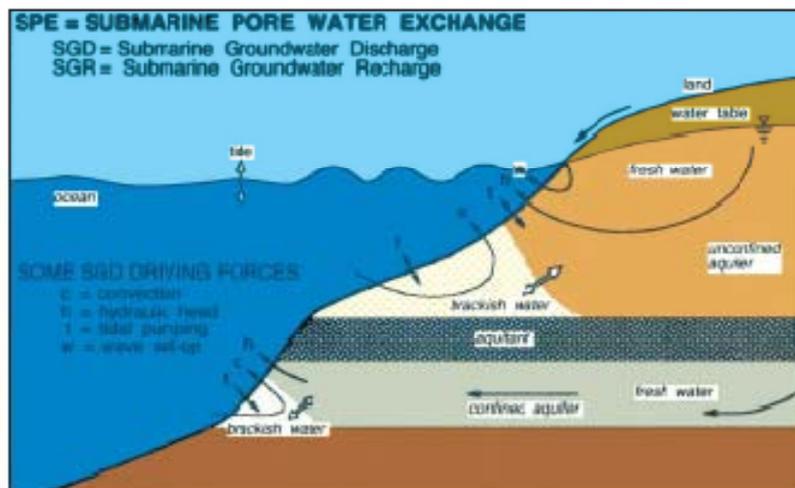


Figura 2.3  
Flujos  
subterráneos.

IOC Manuals and Guides n° 44

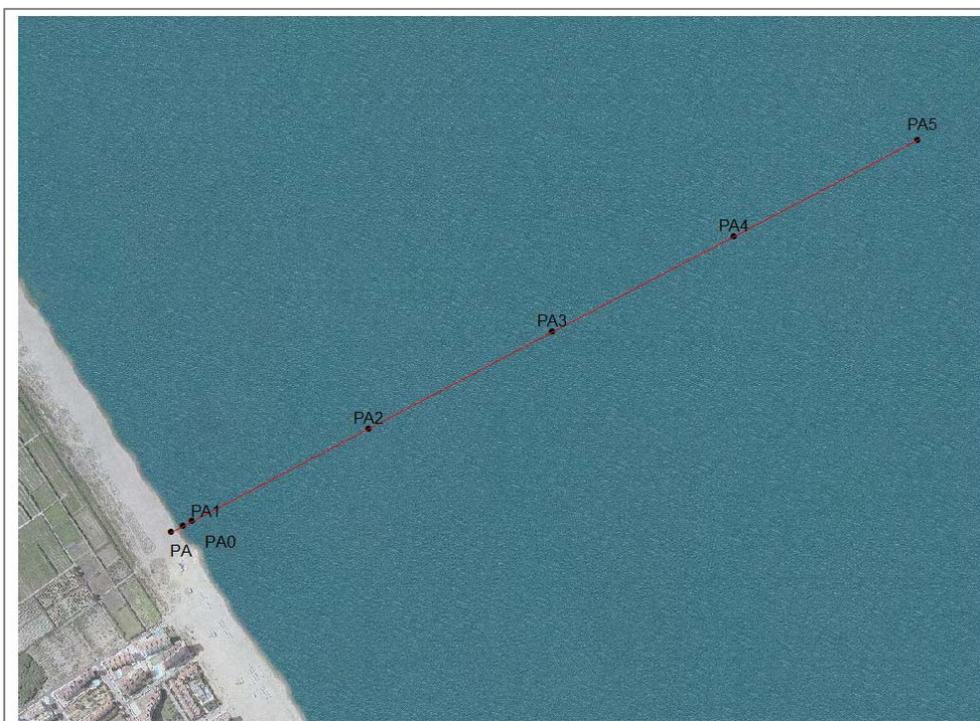


Figura 2.4 Vista muestreo playa L'Ahuir

En la figura 2.4 se muestra la posición de las 7 estaciones de muestreo, que van desde la zona de Swash (PA) y Surf (PA0) hasta PA5 situado en aguas con un calado de 18 metros.

### ÁREA DE ESTUDIO 3: DESEMBOCADURA RIO SERPIS

Esta zona comprende la desembocadura del río Serpis y toda su zona de influencia que alcanza la playa de Venecia y parte de la playa dels Marenys de Rafalcaid. Este río recoge las escorrentías de campos de cítricos y huerta de la Safor y del resto de su cuenca. Además, a este río vierten las estaciones depuradoras de Alcoy, Muro de Alcoy o Cocentaina y la de Gandía cuando el emisario submarino es insuficiente.

La desembocadura está ubicada al sur del puerto de Gandía cuyo espigón frena las corrientes litorales norte-sur provocando que las playas ubicadas al sur del mismo sean consideradas de baja calidad para el baño por la baja renovación de sus aguas.

El fósforo entró en los océanos fundamentalmente a través de los ríos. Las erosiones continentales de materiales de la corteza, los cuales contienen un 0.1% de  $P_2O_4$ , es la mayor fuente de fósforo ribereño. Es difícil determinar el flujo natural ribereño de fósforo debido a la variabilidad temporal de los flujos de agua y los efectos antropogénicos debidos a la deforestación y el uso de fertilizantes (Benitez-Nelson, 2000). La mayor parte de las entradas de P ribereño es de forma particulada y la mayor parte de estas partículas son eliminadas rápidamente via sedimentación. El flujo pre-antropogénico de fósforo total disuelto que entra en los océanos está hipotéticamente en el rango de 3-15 molP/año (Delaney, 1998). De ahí la importancia de intentar estimar las aportaciones del río a la zona costera puesto que es una fuente importante de fósforo en un área donde el nutriente limitante es el mismo.

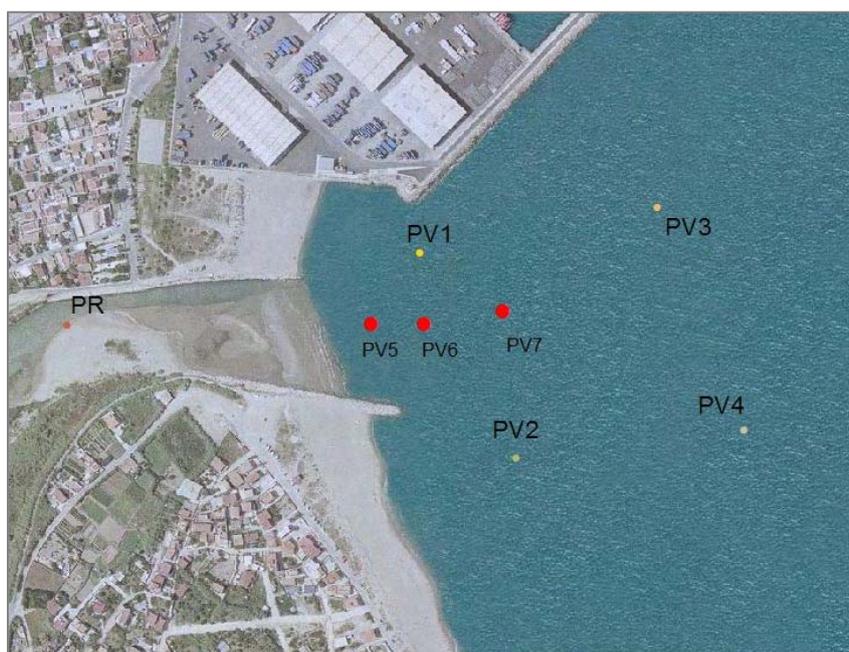


Figura 2.5 Vista muestreo desembocadura Río Serpis

En esta zona se han distribuido 8 estaciones de muestreo, la primera PR situada en el río, 4 (PV1 a PV4) fijas y tres móviles siguiendo la dirección de una boya que se mueve influenciada por el aporte del río y la acción del viento (PV5 a PV7).

#### ÁREA DE ESTUDIO 4: EMISARIO SUBMARINO EDAR DE GANDÍA

El emisario submarino de la EDAR de Gandía vierte las aguas residuales tratadas a una distancia de 1500 m del puerto. Esta depuradora pertenece a la EPSAR y carece de tratamiento terciario. El caudal medio de la depuradora es de 45.000 m<sup>3</sup>/día y la población servida (h-e) 132.602. La zona donde evacua el emisario no está declarada como zona sensible a la eutrofización por lo que los requisitos que debe cumplir según la Ley 2/1992, de 26 de marzo, de Saneamiento de las aguas residuales de la Comunidad Valenciana (DOGV 1761, 4 agosto 1992) son los siguientes:

Sustancia	Límite de emisión (mg/L)	Objetivo de Calidad (mg/L)
Nitrógeno total	10	0.5
Fósforo total	2	0.05
Clorofila A	-	0.005
Parámetro	Concentración	
Sólidos en suspensión	35 mg/l *(más de 10.000 h-e)	

\* Este requisito es optativo

Tabla 2.1 Requisitos vertido emisario submarino EDAR al mar

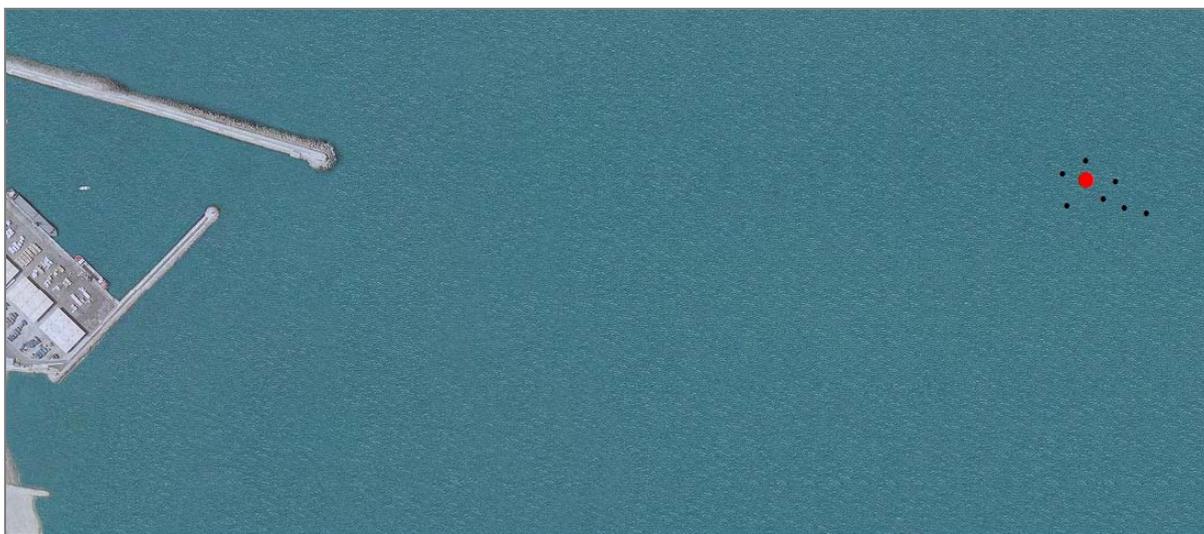


Figura 2.6 Vista muestreo emisario EDAR de Gandía.

En la figura 2.6 se muestra la posición de la salida del emisario. En la zona se distribuyeron 4 estaciones fijas y 3 móviles en función de la trayectoria de una boya que se mueve siguiendo la corriente superficial que seguía la pluma del emisario.

## **2.2 DISEÑO DE MUESTREOS**

Los criterios generales a seguir son los siguientes:

1. Los muestreos correspondientes a una determinada estación deben realizarse de forma consecutiva en el tiempo para disminuir las variaciones temporales y sólo tener en cuenta la variación espacial, el periodo fue el comprendido entre el 14 y el 22 de abril.
2. Determinar la localización exacta de los puntos de muestreo, teniendo en cuenta la distribución general de los vientos dominantes en el área, corrientes litorales y accesibilidad. Para la georeferenciación de los puntos de muestreo se utiliza la herramienta informática Arc-View 3.2 de Esri y por otro lado, el Map-Source para verter los datos a un GPS Garmin.
3. Determinar el número de muestras a tomar combinando la utilización de botellas oceanográficas Niskin y Van Dorn y Swas (Surface Water Autosampler) en función de las características de cada punto de muestreo. Cuando se utilizan las botellas Niskin, que tienen una posición vertical a diferencia de las Van Dorn que son horizontales, la muestra integra los 50 cm de la longitud de la botella. Si se requiere más detalle en la vertical se recurría al uso de botellas Van Dorn o incluso el SWAS que nos permite recoger muestras de forma simultánea a diferentes profundidades de la columna de agua y con una precisión de centímetros (Mösso *et al.*, 2008).
4. Preparación y limpieza previa del material de muestreo.
5. Recopilar los datos medidos, de las variables climáticas, con la estación meteorológica Campbell ubicada en la Universidad Politécnica de Valencia (Campus de Gandía) que proporciona datos de velocidad y dirección del viento, temperaturas máximas, mínimas y medias y pluviometría.
6. Caracterizar la hidrodinámica de la zona durante el periodo de muestreos intensivos mediante un doppler Argonaut-XR 750 kHz, utilizando su sistema multicelda (10 celdas) y una celda principal que se adapta a las variaciones de la lámina superficial.
7. Recopilación de datos de caudales del SAIH de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

### **MUESTREO PUERTO DE GANDÍA**

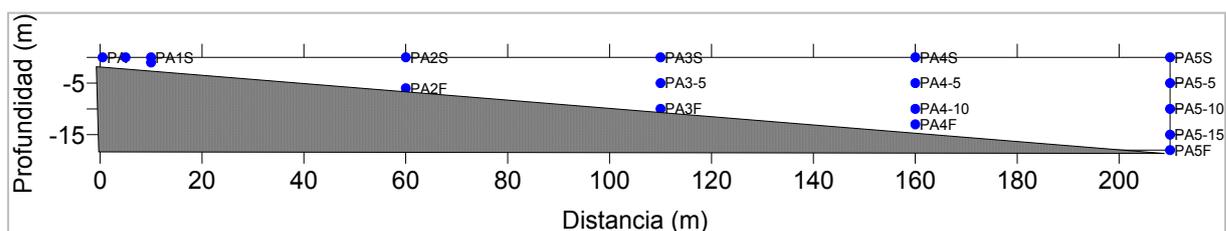
El 15 de abril de 2009 se realizó este muestreo. Se tomaron muestra de las tres acequias que vierten al puerto (Acequia Molí, Acequia Puente y Acequia Iglesia) y se midieron los caudales de las mismas mediante un correntímetro electromagnético. En el puerto se realizó un transecto formado por cinco puntos (PP1, PP2, PP3, PP4, PP5) en los que debido a la gran variación de valores que se han observado en la capa superficial en muestreos previos realizados en la zona se tomaron muestras con Swas en 7 profundidades superficiales (0, 0.05, 0.10, 0.30, 0.50, 0.75, 1m) y también en fondo con botella oceanográfica Niskin. Cabe decir que en PP4 y PP5 se redujo el número de muestras a tomar porque se tomaron más tarde de las 12 del mediodía, hora en la que el viento viró en la dirección S-SE por lo que la bocana del puerto sufrió un aumento importante del oleaje. (véase fig.2.2). En todas las profundidades se tomaron muestras para el análisis de nutrientes, sólidos en suspensión y clorofila *a* pero O.D y fitoplancton sólo se analizó en las profundidades 0.05m, 0.10m y 0.75m.

PUNTO	HORA	PROFUNDIDAD (m)
ACEQUIA IGLESIA	8:30	SUPERFICIAL
ACEQUIA MOLI	9:00	SUPERFICIAL
ACEQUIA PUENTE	9:30	SUPERFICIAL
PP1	9:20	0, 0.05, 0.10, 0.30, 0.50, 0.75, 1 y 3
PP2	10:28	0, 0.05, 0.10, 0.30, 0.50, 0.75, 1 y 5.8
PP3	11:29	0, 0.05, 0.10, 0.30, 0.50, 0.75, 1 y 5.7
PP4	12:55	0.05, 0.10, 0.75 y 6.3
PP5	13:47	0.05, 0.75 y 8.2
<b>MUESTRAS TOTALES</b>		<b>34</b>

Tabla 2.2 Resumen puntos muestreo puerto

### MUESTREO PLAYA L'AHUIR

Este muestreo se realizó el 14 de abril de 2009. Se realizó un transecto perpendicular a la línea de costa con una longitud de 2000 m. Los puntos PA y PA0 se tomaron en la orilla y en la zona de surf respectivamente. PA 1 a una distancia de 50 m de la orilla y el resto hasta PA 5 a una equidistancia de 500 m entre ellos (véase fig. 2.4). En PA y PA0 las muestras se tomaron en superficie de forma manual mientras que en el resto se tomaron con botellas Niskin todas las profundidades a excepción de la muestra de fondo que se tomó con botella Van Dorn. Las muestras se tomaban en la columna de agua con una diferencia de 5 m hasta llegar al fondo. En todas las profundidades se tomaron muestras para el análisis de nutrientes, oxígeno disuelto, sólidos en suspensión, clorofila *a* y fitoplancton.



\*Distancia dividida por 10

Figura 2.7 Detalle puntos de muestreo playa L'Ahuir

PUNTO	HORA	PROFUNDIDAD (m)
PA	8:30	SUPERFICIAL
PA0	8:45	SUPERFICIAL
PA1	9:30	0, 1
PA2	9:56	0, 6
PA3	10:24	0, 5, 10
PA4	10:47	0, 5, 10, 13
PA5	11:11	0, 5, 10, 15, 18
<b>MUESTRAS TOTALES</b>		<b>18</b>

Tabla 2.3 Resumen puntos muestreo playa L'Ahuir

### MUESTREO ZONA DE INFLUENCIA DESEMBOCADURA DEL RÍO SERPIS

Este muestreo se realizó el día 22 de abril de 2009. Se tomó una muestra dentro del propio río en las inmediaciones de la desembocadura y se le asignó el nombre de PR. Se figaron 4 puntos fijos de muestreo que se nombraron PV1, PV2, PV3 y PV4, puntos que forman los vértices de un cuadrado de aproximadamente 225 m de lado. En estos puntos fijos las muestras se tomaron con botellas oceanográficas Niskin y Van Dorn. Por otro lado, se determinó que una vez en el mar mediante la ayuda de una boya y un conductímetro se identificaría la dirección de la pluma del río y allí se tomarán 3 puntos que consideramos como móviles pues en función de la pluma del río estos tendrían una posición u otra y se les asignó la nomenclatura PV5, PV6 y PV7. En los puntos móviles nos interesaba la variabilidad en la capa superficial por lo que se uso Swas para la recogida de muestras (véase fig. 2.5). En todos los puntos se obtuvieron muestras para el análisis de nutrientes, sólidos en suspensión, clorofila *a*, oxígeno disuelto y fitoplancton.

PUNTO	HORA	PROFUNDIDAD (m)
PR	8:30	SUPERFICIAL
PV1	11:01	0, 1.4
PV2	11:26	0, 1.8
PV3	11:44	0, 2.8
PV4	12:03	0, 2.1
PV5	8:46	0.05, 0.10, 0.75
PV6	9:26	0.05, 0.10, 0.75
PV7	10:11	0.05, 0.10, 0.75
<b>MUESTRAS TOTALES</b>		<b>18</b>

Tabla 2.4 Resumen puntos muestreo desembocadura del Río Serpis

### MUESTREO EMISARIO EDAR DE GANDIA

La fecha de muestreo fue el día 17 de abril de 2009. En el diseño del muestreo se fijaron 4 puntos fijos denominados PE1, PE2, PE3 y PE4, en principio se pretende que estos puntos se encuentren en un radio de 100 m desde el punto de evacuación del emisario pero las dificultades de trabajar en el mar hicieron que no se cumplieran exactamente esas distancias pero si la ubicación cn respecto al emisario pues el objetivo era tener cubiertas las diferentes direcciones de la pluma que variaría en función de la dirección del viento. Mediante la utilización de una boya y la observación visual se localizó la pluma y en la misma se tomaron muestra en tres puntos alineados(PE 5, PE6 y PE 7). El emisario se encuentra a una profundidad de 18 m.En los puntos fijos se utilizaron botellas oceanográficas Niskin con las que se tomó muestra en superficie y cada 5 m en la columna de agua. En los puntos móviles interesaba la gradación en las capas superficiales por lo que se tomó muestra con Swas. En todos los puntos se obtuvieron muestras para el análisis de nutrientes, sólidos en suspensión, clorofila *a* y fitoplancton, por otro lado, oxígeno disuelto en los puntos fijos solo se tomó a en superficie y profundidad.

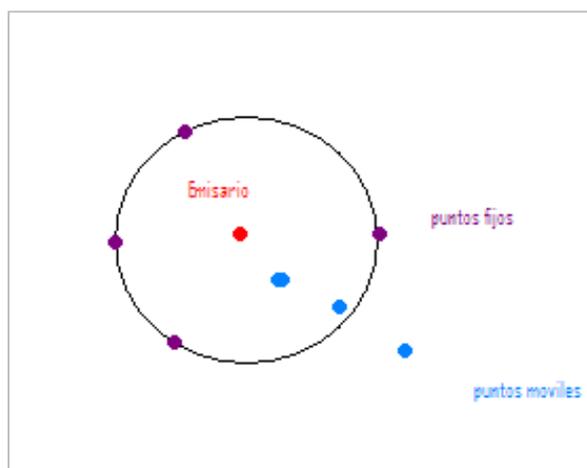


Figura 2.8 Detalle puntos de muestreo emisario

PUNTO	HORA	PROFUNDIDAD (m)
PE1	10:26	0, 5, 10, 15
PE2	10:47	0, 5, 10, 15
PE3	11:00	0, 5, 10, 15
PE4	11:43	0, 5, 10, 15
PE5	12:02	0,05, 0,50
PE6	12:31	0,05, 0,10, 0,75
PE7	12:56	0,05, 0,10, 0,75
<b>MUESTRAS TOTALES</b>		<b>24</b>

Tabla 2.5 Resumen puntos muestreo emisario EDAR de Gandía

## **2.3. VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS**

### **HIDRODINAMISMO**

Durante toda la campaña de muestreo se fondeó un correntímetro ACDP Argonaut-XR 750 KHz sistema multicelda programable de la marca SONTEK, este aparato nos permite saber la dirección y velocidad de las corrientes del agua dividiendo la columna de agua en 10 celdas y con una celda principal que se adapta a las subidas y bajadas del nivel del mar que cubre los 4 metros superficiales.

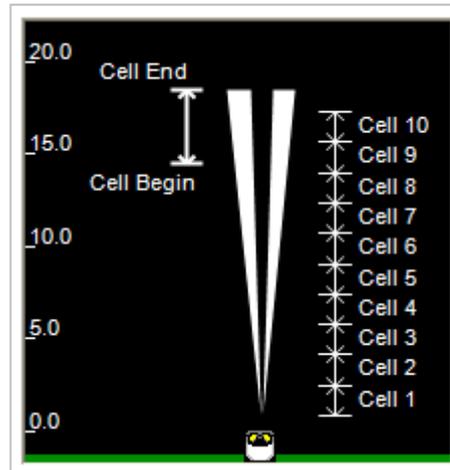


Figura 2.9 Fondeo correntímetro

El correntímetro se fondea en las proximidades del emisario submarino procedente de la EDAR a 18 m de profundidad.

### **CONDUCTIVIDAD, TEMPERATURA, PROFUNDIDAD Y PAR**

En cada punto de muestreo se realizaron perfiles con un CTD marca FSI (Falmouth scientific) que incorpora un sensor de irradiancia satatlantic (PAR). Se obtiene así información de cómo varía la salinidad, la temperatura y la radiación fotosintéticamente activa en función de la profundidad. Una vez analizados los datos en el laboratorio nos dimos cuenta de que el sensor PAR estaba mal calibrado y las medidas registradas no han podido ser utilizadas.

### **CAUDALES**

Los caudales de las acequias se midieron mediante el cálculo de la sección teniendo en cuenta su anchura y profundidad teniendo en cuenta las irregularidades de las mismas y mediante la velocidad del agua estimada por un correntímetro electromagnético.

El caudal del río Serpis se estimó a partir de los datos de caudales proporcionados por el SAIH de la confederación hidrográfica del Júcar en los aforos de Vernissa y la Font d'En Carros.

## **2.4 MEDICION DE NUTRIENTES**

Las muestras se conservaron a 4°C y se procesaron en las siguientes 6 horas después de ser recogidas. Cuando las muestras llegan al laboratorio se mide la conductividad con conductímetro, salinidad será obtenida a partir de esta conductividad por medio de una ecuación. Una vez medida la conductividad se separan 100ml para la posterior determinación de los fósforos totales. Posteriormente se filtran para obtener los sólidos suspendidos y la clorofila a. El filtrado se reparte en recipientes de plástico con tapa de 100ml para el posterior análisis de amonio, fósforo soluble reactivo, nitratos, nitritos más nitratos y silicio. A excepción del amonio, todas las muestras se conservan en congelador

El filtro que se utiliza para analizar la clorofila a se conserva en un tubo de plástico envuelta su vez en papel de aluminio en congelador.

### **Sólidos en suspensión**

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

### **Oxígeno disuelto**

El análisis se basa en el método iodométrico de Winkler titrimetría de oxidación y reducción, por el que el hidróxido de manganeso (+2) es oxidado por el oxígeno disuelto en una cantidad equivalente formándose hidróxido de manganeso (+3) el cual precipita. Posteriormente, con el reactivo 2, el precipitado formado es disuelto y el hidróxido manganeso (+3) es reducido a hidróxido de manganeso (+2) liberándose una cantidad de yodo equivalente a la del oxígeno disuelto inicialmente. Por último, dicho yodo formado es titulado con una solución patrón de tiosulfato de sodio utilizando como indicador el almidón (Baumgarten *et al.* 1996).

### **Amonio**

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

Para la determinación de amonio se debe tener especial precaución ya que este compuesto es muy volátil por lo que su análisis se realiza inmediatamente después de la recepción de las muestras en laboratorio evitando cualquier exposición a humos, productos de limpieza como amoniaco, de cosmética evaporables como colonias... Así también, antes de utilizar el instrumental necesario, este será enjuagado con el agua MilliQ.

## **Nitritos**

La metodología usada para la determinación de nitritos es la descrita por Shinn (1941) y adaptada para agua de mar por Bendschneider y Robinson (1952). Basada en la formación de un complejo rosado por la reacción del ión nitrito con la sulfamida y con la Nnaftiletildiamina. Se mide a 543nm de longitud de onda.

Mediante este método, se pueden determinar concentraciones comprendidas dentro del rango 0.01-20 $\mu$ M.

## **Nitritos más nitratos**

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

## **Nitrógeno Inorgánico Disuelto**

El nitrógeno inorgánico disuelto se obtiene como la suma del amonio, nitritos y nitratos únicamente.

## **Fósforo soluble reactivo**

El fósforo soluble reactivo es llamado a todo el fósforo inorgánico y a una parte del fósforo orgánico que al estar en medio ácido durante el análisis, reacciona con el molibdato de amonio y es detectado en el espectrofotómetro al igual que el fósforo inorgánico. La determinación de los fósforos solubles reactivos se llevó a cabo siguiendo la metodología de Murphy y Riley (1962). Este método utilizado, sobreestima las concentraciones reales de fósforo ya que existen otros compuestos que reaccionan de manera similar en el análisis por lo que a todo el conjunto que reacciona con el método se le asigna el nombre de fósforo soluble reactivo. El principal componente del fósforo soluble reactivo son los ortofosfatos los cuales reaccionan con el molibdato de amonio, tartrato de antimonio y potasio y ácido ascórbico para formar el fosfomolibdato de antimonio reducido de coloración azulada. La solución resultado se mide en espectrofotómetro a 885nm.

## **Fósforo total**

Estas muestras son las únicas, que no son filtradas ya que se está analizando fósforos totales tanto solubles como particulado así como el fijado por los organismos vivos. Para la determinación de los fósforos totales se utiliza unos frascos ámbar de vidrio de 100 ml previamente digeridos tres veces en autoclave durante 45 minutos a 121°C con 4 ml de un reactivo oxidante compuesto por persulfato de potasio, ácidos bóricos y hidróxido sódico. Posterior a las tres digestiones, se le añade a los recipientes 30ml de las muestras a analizar más 4ml del mismo reactivo anterior para proceder a la cuarta digestión (Rodier, 1981). Después de esta digestión se procede igual que para la determinación del fósforo soluble reactivo descrita en el párrafo anterior. Preferiblemente, el material a emplear debe estar limpiado con ácido clorhídrico y enjuagado con agua milliQ ya que los detergentes y jabones contienen fosfatos y pueden producir interferencias en las mediciones.

### **Silicio reactivo disuelto**

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

### **2.5. MEDICION DE CLOROFILA-A**

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

## 2.6. MUESTRAS DE FITOPLANCTON

### 2.6.1 RECUENTO DE FITOPLANCTON POR MICROSCOPIA INVERTIDA (TÉCNICA DE UTERMÖHL)

La técnica utilizada para el recuento de fitoplancton es la descrita en la norma UNE EN 15204:2006, basada en la técnica estándar de sedimentación de Utermöhl, (1958). Esta norma no cubre el análisis de picoplancton, el análisis de las alfombras flotantes de cianobacterias o las técnicas de preparación para diatomeas.

#### Fundamento

Tras la conservación y el almacenamiento, la muestra se homogeneiza y se coloca una submuestra en una cámara de sedimentación. Cuando las algas se han depositado en el fondo de la cámara, se identifican y se procede a su recuento utilizando un microscopio invertido, en nuestro caso un LEICA DM IL.

#### Recipiente de muestreo

Recipientes de vidrio de 25 ml de volumen, transparentes y que se conservan en oscuridad. Presentan un cierre estanco (para facilitar la homogeneización y casi hermético (para minimizar la evaporación) permitiendo así largos periodos de almacenamiento. En campo los recipientes no deben llenarse completamente con la muestra de agua sino a un 80% de su capacidad.

#### Cámara de sedimentación

Se han utilizado cámaras de sedimentación Hydro-bios que consisten en una columna vertical, con una base a través de la cual puede observarse el sedimento en un microscopio invertido. La columna se llena con la muestra y se deja que las partículas de la muestra sedimenten en el fondo de la cámara. El grosor de la placa base no excede de 0,17 mm para que no afecte a la calidad de la imagen.

La cámara debe llenarse directamente con el bote de la muestra. El volumen exacto depende de la densidad de fitoplancton, del volumen de la cámara de recuento y de su relación superficie/volumen. Para aguas oligotróficas son necesarios volúmenes de submuestra más grandes (hasta 100 ml). En el caso de biomasa alta pueden utilizarse diluciones para prevenir la colmatación de las partículas por adhesión y para optimizar el proceso de recuento. En el caso de muestras marinas se utiliza para la dilución agua de mar filtrada.

Las muestras de agua marina conservadas con formaldehído se recomienda un periodo de sedimentación de al menos 16 h por cm, por lo que para las cámaras de sedimentación utilizadas en este estudio los tiempos de sedimentación son:

<b>Periodos de sedimentación para las muestras de agua marina conservadas con formol</b>		
<b>Volumen de la cámara ml</b>	<b>Altura de la cámara cm</b>	<b>Periodo de sedimentación</b>
<b>10</b>	2	30 h
<b>50</b>	9	6 días
<b>100</b>	19	12 días

### Agente de conservación

Como interesa una conservación a largo plazo se ha utilizado formaldehído al 37 % en volumen hasta alcanzar una concentración final del 4%.

### Almacenamiento de las muestras

Se almacenan en oscuridad para evitar la fotooxidación y enfriadas a una temperatura entre 1 y 5 °C salvo que vayan a analizarse en un periodo inferior a 3 semanas, en cuyo caso pueden almacenarse en oscuridad a temperatura ambiente.

### Análisis cualitativo

Para realizar la clasificación de los organismos fitoflagelados se ha utilizado la clasificación de Christensen (1962, 1966) donde se distinguen dos divisiones la Chromophyta y la Chlorophyta, la primera presenta clorofila b pero con clorofila a y pigmentos accesorios y la segunda división presenta clorofila a y b. Dentro de cada una de estas divisiones se han diferenciado las siguientes clases:

División Chromophyta	División Chlorophyta
Clase Cryptophyceae	Clase Euglenophyceae
Dynophyceae	Prasinophyceae
Raphidophyceae	Chlorophyceae
Chrysophyceae	
Dictyophyceae	
Prymnesiophyceae	
Bacillariophyceae	

La clase Dynophyceae se han tratado como grupo diferente dada su importancia en aparición de proliferaciones algales nocivas.

Por otro lado, la clase Bacillariophyceae comúnmente conocidas como diatomeas y que se encuentra dentro de la división Chromophyta también se han considerado grupo independiente para realizar los recuentos para el establecimiento de relaciones con el nutriente sílice.

### Análisis cuantitativo

Se ha realizado un estudio preliminar cualitativo para confeccionar una lista de taxones antes de iniciar los análisis cuantitativos, esto ayuda a determinar la estrategia de recuento y también a la identificación posterior de la muestra conservada.

El criterio de recuento ha sido el de 20 campos al azar siempre y cuando se lleguen a un número mínimo de células de 200. Se ha fijado este número con el fin de garantizar una precisión del 7%.

La forma de establecer la precisión ha sido la siguiente:

$$D = \frac{\text{error estándar}}{\text{media aritmética}} = \frac{1}{x} \sqrt{\frac{s^2}{n}} = \frac{1}{x} \sqrt{\frac{\bar{x}}{n}} = \frac{1}{\sqrt{\sum x}}$$

dónde:

n es el número de campos contados

$\bar{x}$  es el número medio de objetos en un campo y  $\sum x$  es el número total de objetos algales contados.

Por otro lado, el límite de detección es una característica de funcionamiento importante en los estudios de fitoplancton. El límite de detección se ha estimado mediante estadística de Poisson, conforme a:

$$n_{\text{det}} = -\ln(\alpha) \cdot f_{\text{total}} / (V \cdot f_{\text{contados}})$$

donde:

$\alpha$  es el nivel de significación, 0,001

$n_{\text{det}}$  es el límite de detección, en nuestro caso es de 373 cél/l

$f_{\text{total}}$  es el número total de campos microscópicos en la cámara

$f_{\text{contados}}$  es el número de campos contados

V es el volumen de submuestra de la cámara

#### Cálculo de la concentración de fitoplancton

El número de objetos algales obtenido en el recuento se convierte a fin de proporcionar una concentración por unidad de volumen de muestra, mediante la siguiente expresión:

$$N = X \frac{Ad}{av}$$

donde

N es el número por unidad de volumen

X es el número medio por campo

A es el área efectiva total de la cámara

v es el volumen de submuestra de la cámara

a es el área de campo o celda de recuento

d es el factor de dilución, si es aplicable

## **2.6.2 RECUENTO DE PICOFITOPLANCTON**

Para el recuento e identificación de algas con un tamaño comprendido entre 0,2  $\mu\text{m}$  y 2  $\mu\text{m}$  se ha utilizado la técnica de microscopía de epifluorescencia. Una vez en el laboratorio, las muestras para el recuento fitoplanctónico se fijarán con glutaraldehído y se filtran sobre filtros de membrana de policarbonato 0.2  $\mu\text{m}$  de poro (GTTP 25 mm  $\varnothing$ ) tal y como se describe Hallegraeff, et al, 2003. Cada filtro seco se coloca en un porta con unas gotas de aceite de inmersión (Fournier, 1978). El microscopio utilizado ha sido un LEICA DM2500 dotado de una lámpara de epifluorescencia y se han contado campos aleatorios utilizando el objetivo 100x, el cálculo de la concentración de células es exactamente igual que el descrito en el método Uthermöhl, así como el cálculo del límite de detección que con esta técnica se ha estimado en 778 cél/L.

Al utilizar la luz azul la clorofila de las células fitoplanctónicas genera una fluorescencia roja. En picocianobacterias, p.e. *Synechococcus* spp., (especie muy significativa para la producción primaria) la luz azul excitará el pigmento accesorio ficoeritrina emitiendo una fluorescencia amarilla que junto a la fluorescencia roja de la clorofila hará que estas células emitan una fluorescencia naranja, por lo que se puede distinguir *Synechococcus* spp del resto de fitoplancton.

También es importante comentar que este microscopio permite utilizar luz UV para el conteo de bacterias y luz azul para el conteo de picofitoplancton; mediante este método es fácil distinguir entre células heterotróficas y autotróficas, puesto que las primeras presentan fluorescencia azul al ser excitadas con luz UV y las últimas presentan fluorescencia roja al ser excitadas con luz azul (MacIsaac & Stockner 1993).

## **2.7 TRATAMIENTO DE LOS DATOS**

Para la representación de la variación espacial y en profundidad de los nutrientes y comunidad fitoplanctónica en las cuatro zonas de muestreo se ha utilizado la aplicación informática Grapher 4 y Microsoft Excell 2003. En el caso, de las zonas Puerto y playa L'Ahuir por tratarse de transectos en el espacio se ha utilizado también la aplicación informática Surfer 8 para así observar de forma visual la gradación de las diferentes variables y facilitar la discusión de los resultados.

En cuanto al tratamiento estadístico de los datos, se ha utilizado el programa SPSS 15, y se han calculado las correlaciones entre las diferentes variables aplicando el coeficiente de correlación de Spearman también conocido como Rho de Spearman, este coeficiente es de aplicación a distribuciones no normales como es el caso de algunas de las variables analizadas en este estudio. Se distinguen correlaciones positivas y negativas entre variables así como el nivel de significación de las mismas (significativas al nivel 0,01 y significativas al nivel 0,05).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ZONA DE MUESTREO 1: PUERTO DE GANDIA

##### VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS

##### Datos climatológicos

La temperatura media ambiental fue de 15.1 °C, la mínima de 12.7 °C y la máxima de 19.9°C. La humedad media del 62 %. Se dieron precipitaciones que alcanzaron los 5.3 mm.

La dirección del viento dominante fue W-NW hasta las 12:00 h y después viró E-SE alcanzando ráfagas de 27.0 km/h, la velocidad media fue de 3 km/h.

DIRECCION	N	N-NE	NE-E	E-SE	SE-S	S-SW	SW-W	W-NW	NW-N
MINUTOS	0.00	0	5	230	45	0	45	155	0
HORAS	0.00	0.00	0.08	3.83	0.75	0.00	0.75	2.58	0.00
%	0.00	0.00	0.35	15.97	3.13	0.00	3.13	10.76	0.00

Tabla 3.1.1 Frecuencia de viento

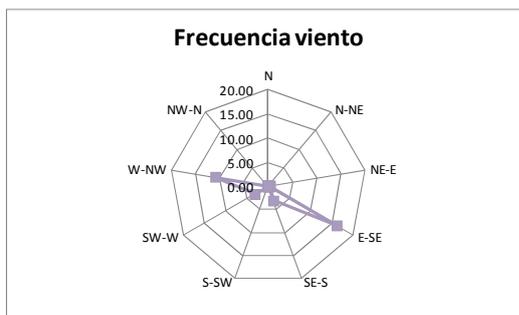


Figura 3.1.1 Frecuencia de viento

##### Hidrodinamismo

El ADP fondeado en el emisario registró el día 15 de abril las siguientes frecuencias de corrientes en los 4 metros superficiales:

DIRECCION	N	N-NE	NE-E	E-SE	SE-S	S-SW	SW-W	W-NW	NW-N
MINUTOS	0,00	290	170	285	230	90	55	100	200
HORAS	0,00	4,83	2,83	4,75	3,83	1,50	0,92	1,67	3,33
%	0,00	20,14	11,81	19,79	15,97	6,25	3,82	6,94	13,89

Tabla 3.1.2 Frecuencia de corrientes

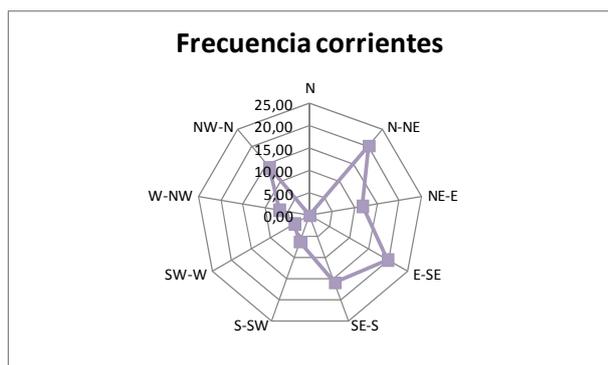


Figura 3.1.2 Frecuencia de corrientes

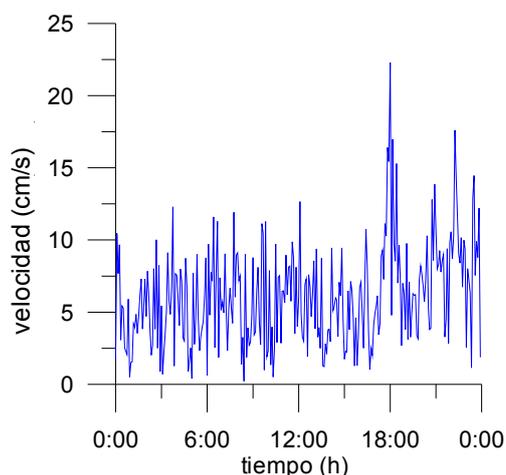


Figura 3.1.3 Velocidad corrientes

La dirección de la corriente varió conforme cambió la dirección del viento de manera que a primera hora de la mañana la dirección dominante era la NW-N y a partir del medio día esta cambió por la llegada del viento Garbí de procedencia E-SE lo que lleva asociada la entrada de agua del mar al puerto por la orientación de la bocana del mismo.

### Descargas de acequias

Las acequias que vierten al puerto han sido denominadas como acequia molí, acequia iglesia y acequia puente. Durante la realización del muestreo los caudales y los aportes de nutrientes se especifican en la tabla 3.1.3.

	Acequia Molí	Acequia Puente	Acequia Iglesia
<b>Caudal (l/s)</b>	223	283	232
<b>N- amoniacal (mg/s)</b>	5.1	2.6	1.9
<b>N- NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/s)</b>	4.2	2.8	2.7
<b>N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/s)</b>	621.0	786.2	619.4
<b>NID(mg/s)</b>	630.3	789.6	624.2
<b>P- PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/s)</b>	0.5	1.5	1.1
<b>PT (mg/s)</b>	1.61	2.0	6.9
<b>SILICATOS(mg/s)</b>	620.7	760.7	679.0

Tabla 3.1.3 Aportes de acequias

Caudal total aportado por las acequias: 0.738 m<sup>3</sup>/s

### Temperatura

La temperatura superficial del agua tuvo una gradación de 16.6 °C en PP1 a 15.8 °C en PP5 en superficie y 15.8 a 14.9 °C en profundidad.

### Salinidad

Los cambios de salinidad se observan de forma longitudinal y también en la columna de agua. En superficie varía de 19.1 a 37.0 g/kg destacando que en PP2 la salinidad disminuye hasta 16.8 g/kg puesto que se encuentra inmediatamente después de la zona de vertido de las acequias al puerto. En profundidad este gradiente es menor aumentando gradualmente de 36.3 a 37.6 g/kg.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

En base a los resultados obtenidos y la aplicación de la herramienta estadística SPSS podemos extraer la conclusión de que la salinidad presenta un gradiente hacia el mar y también en profundidad aumentando con la misma (salvo la excepción de PP2 por la afección de la descarga de las acequias).

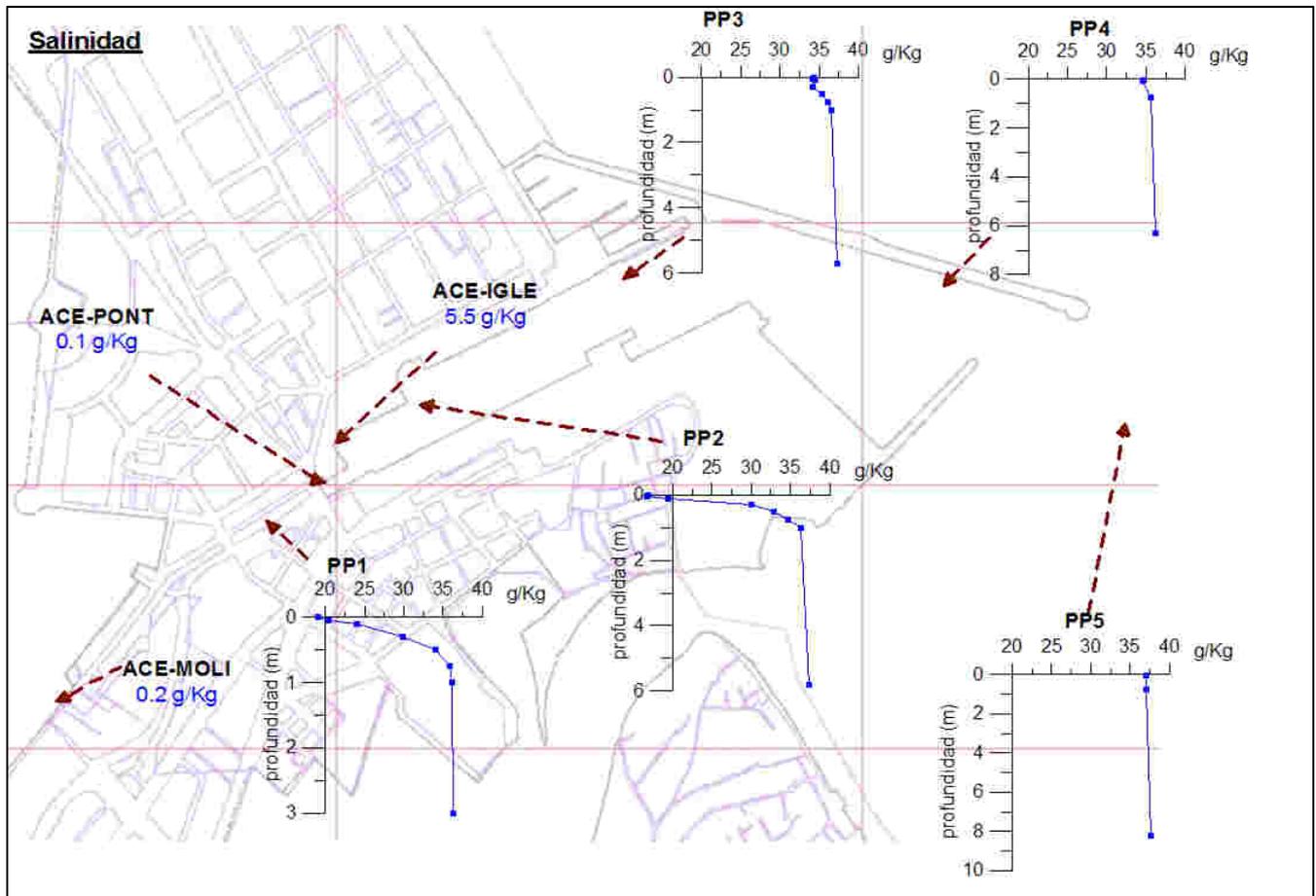


Figura 3.1.4 Perfiles verticales de salinidad en las estaciones del puerto

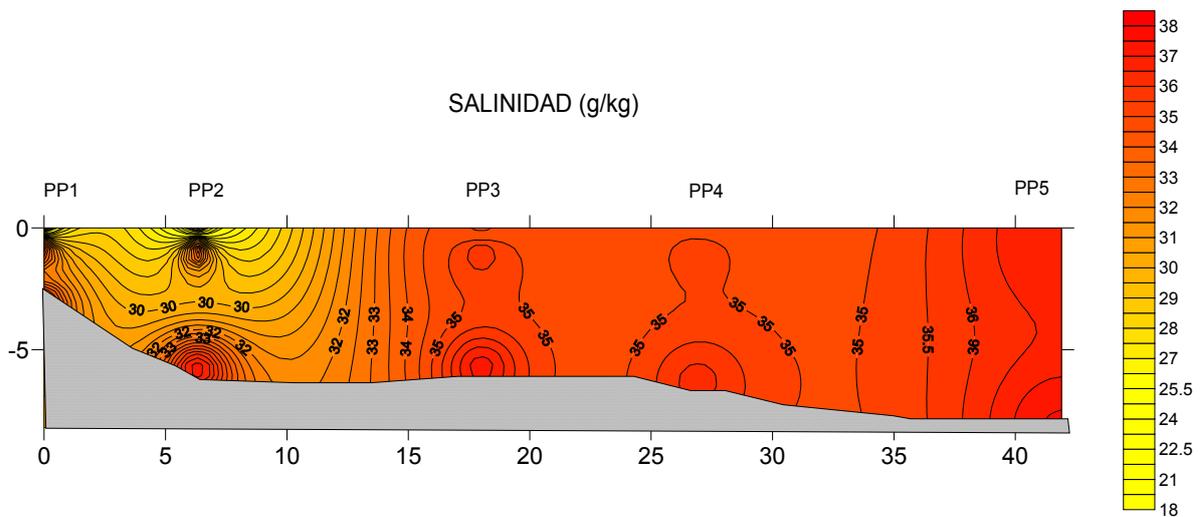


Figura 3.1.5 Distribución espacial de salinidad en el puerto

## Nutrientes

A continuación se presenta la tabla resumen así como unos gráficos que representan los resultados de los análisis de nutrientes realizados.

	Oxígeno disuelto	Amonio	Nitritos	Nitratos	Nitritos+nitratos	PSR	PT	Silicio
	mg/l	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM
ACE-MOLI	6.64	1.65	1.35	198.92	200.26	0.07	0.23	99.41
ACE-PONT	8.96	0.65	0.70	198.43	199.13	0.17	0.23	96.00
ACE-IGLE	6.8	0.58	0.83	190.69	191.52	0.16	0.96	103.30
PP1-0		0.25	0.91	206.68	207.59	0.22	0.52	52.60
PP1-0.05	7.5	0.52	0.90	177.37	178.27	0.24	0.49	80.80
PP1-0.10	7.3	1.67	0.77	162.55	163.32	0.20	0.69	33.10
PP1-0.3		1.24	0.67	112.46	113.13	0.12	0.75	28.40
PP1-0.5		1.28	0.38	52.97	53.35	0.13	0.61	28.30
PP1-0.75	7.4	1.27	0.27	18.35	18.62	0.19	0.35	14.90
PP1-1		0.96	0.27	9.69	9.96	0.25	0.45	10.70
PP1-F		1.52	0.24	9.02	9.26	0.24	0.52	10.10
PP2-0		1.09	1.28	207.15	208.44	0.21	0.45	101.00
PP2-0.05	8.4	1.04	1.27	204.07	205.34	0.23	0.48	106.00
PP2-0.1	8.24	1.01	1.18	175.95	177.14	0.30	0.60	98.20
PP2-0.3		0.65	0.60	86.87	87.47	0.07	0.50	40.10
PP2-0.5		0.62	0.36	52.14	52.50	0.11	0.59	29.40
PP2-0.75	8.4	0.67	0.31	122.41	122.72	0.03	0.59	17.20
PP2-1		0.29	0.27	5.12	5.39	0.02	0.52	22.60
PP2-F		0.79	0.17	14.16	14.33	0.04	0.50	9.10
PP3-0		0.06	0.34	31.87	32.21	0.03	0.26	18.50
PP3-0.05	8.6	1.24	0.30	28.77	29.07	0.03	0.15	18.00
PP3-0.10	8.2	0.06	0.30	13.07	13.37	0.02	0.11	7.30
PP3-0.3		0.06	0.29	6.36	6.65	0.02	0.09	7.30
PP3-0.5		0.47	0.28	10.81	11.10	0.03	0.22	12.90
PP3-0.75	8.6	0.65	0.23	8.35	8.57	0.02	0.21	4.10
PP3-1		0.60	0.23	5.65	5.88	0.06	0.18	2.80
PP3-F		0.87	0.17	1.31	1.47	0.07	0.13	1.50
PP4-0.05	8.7	1.68	0.33	11.58	11.90	0.08	0.15	30.80
PP4-0.10	8.5	0.93	0.35	11.58	11.93	0.12	0.11	32.10
PP4-0.75	8.5	0.83	0.23	11.10	11.33	0.14	0.13	11.60
PP4-F		0.54	0.16	0.55	0.71	0.06	0.02	1.70
PP5-0.05	8.6	0.47		3.23	3.23	0.07	0.07	3.10
PP5-0.75	7.7	0.55	0.05	2.94	2.99	0.07	0.14	3.30
PP5-F		0.60	0.12	0.41	0.53	0.08	0.09	1.70

Tabla 3.1.4 Tabla resumen concentración de nutrientes y oxígeno disuelto en las estaciones del puerto.

Nos encontramos en un sistema costero que recibe una gran cantidad de nutrientes procedente de zonas de cultivo y del humedal Xeresa-Gandía a través de tres acequias. Estos aportes continentales dan lugar a un constante enriquecimiento de la capa fótica. Por otra parte, hay que tener en cuenta que la escasa profundidad permite que los nutrientes acumulados en el fondo accedan con facilidad a la columna de agua por la remoción de los sedimentos, lo que se consigue con una intensidad de agitación relativamente pequeña (Soler, 1996). A esto también contribuye el carácter fangoso de los sedimentos de esta zona así como su alto contenido en nutrientes y materia orgánica. Según Vila (2005) la producción de fitoplancton raramente parece estar limitada por deficiencia de nutrientes en aguas confinadas, en cambio la luz puede limitar o colimitar el crecimiento algal en estuarios y ambientes marinos que presenten altos inputs de

nitrógeno (Fisher et al. 1992). La limitación de luz evitaría la utilización total de los nutrientes por el fitoplancton (Anderson et al.2002).

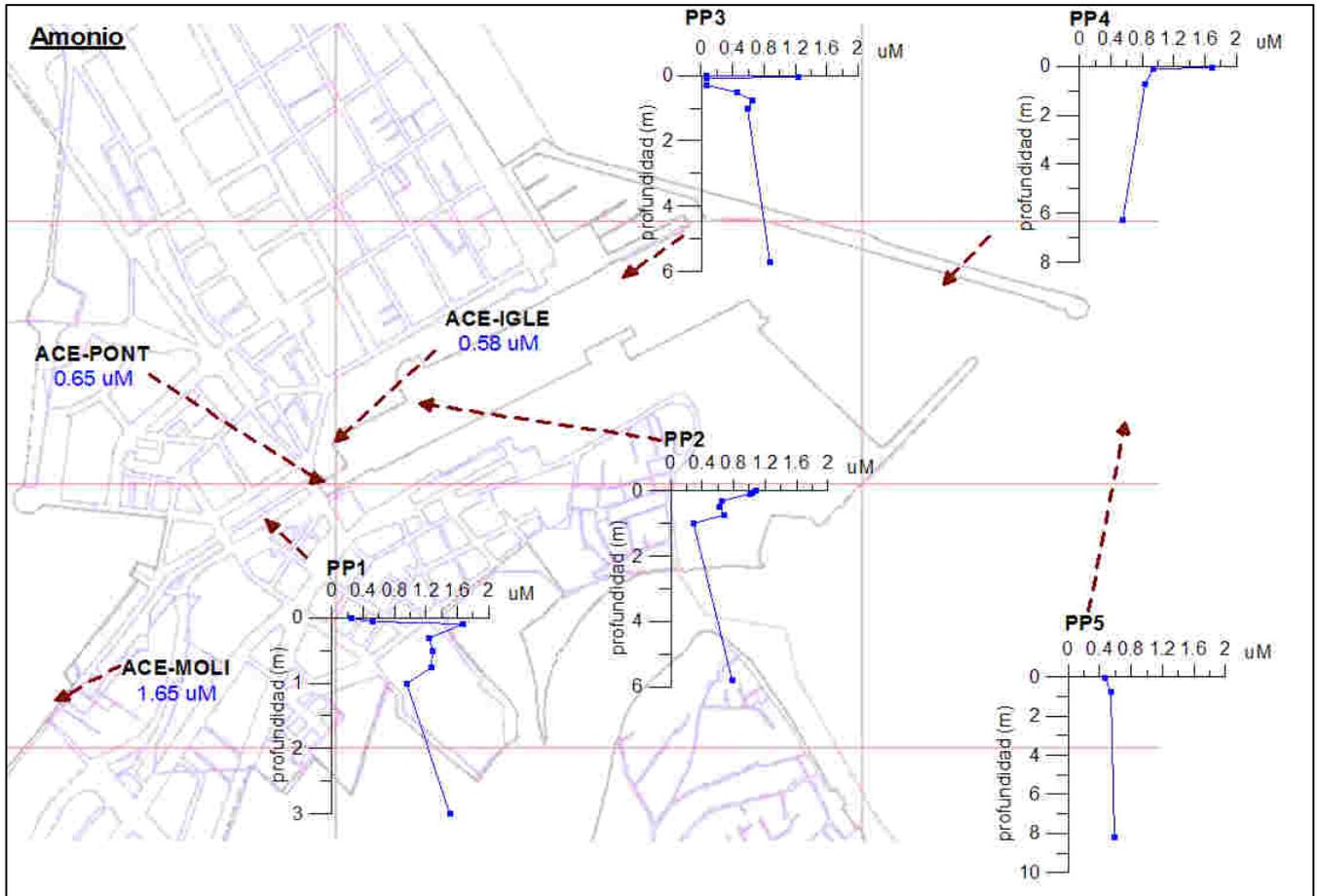


Figura 3.1.6 Perfiles verticales de amonio en las estaciones del puerto

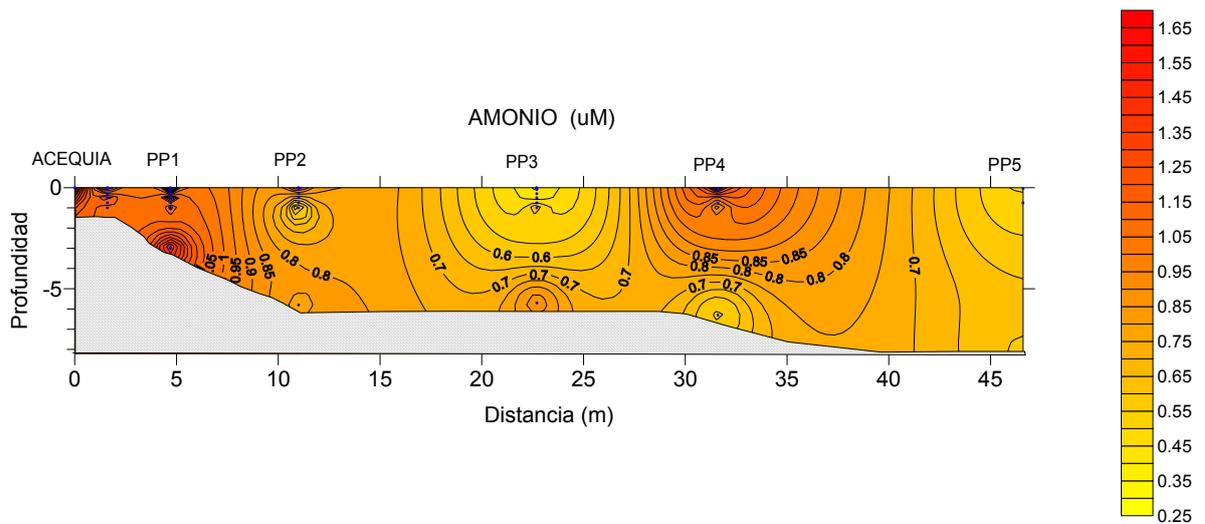
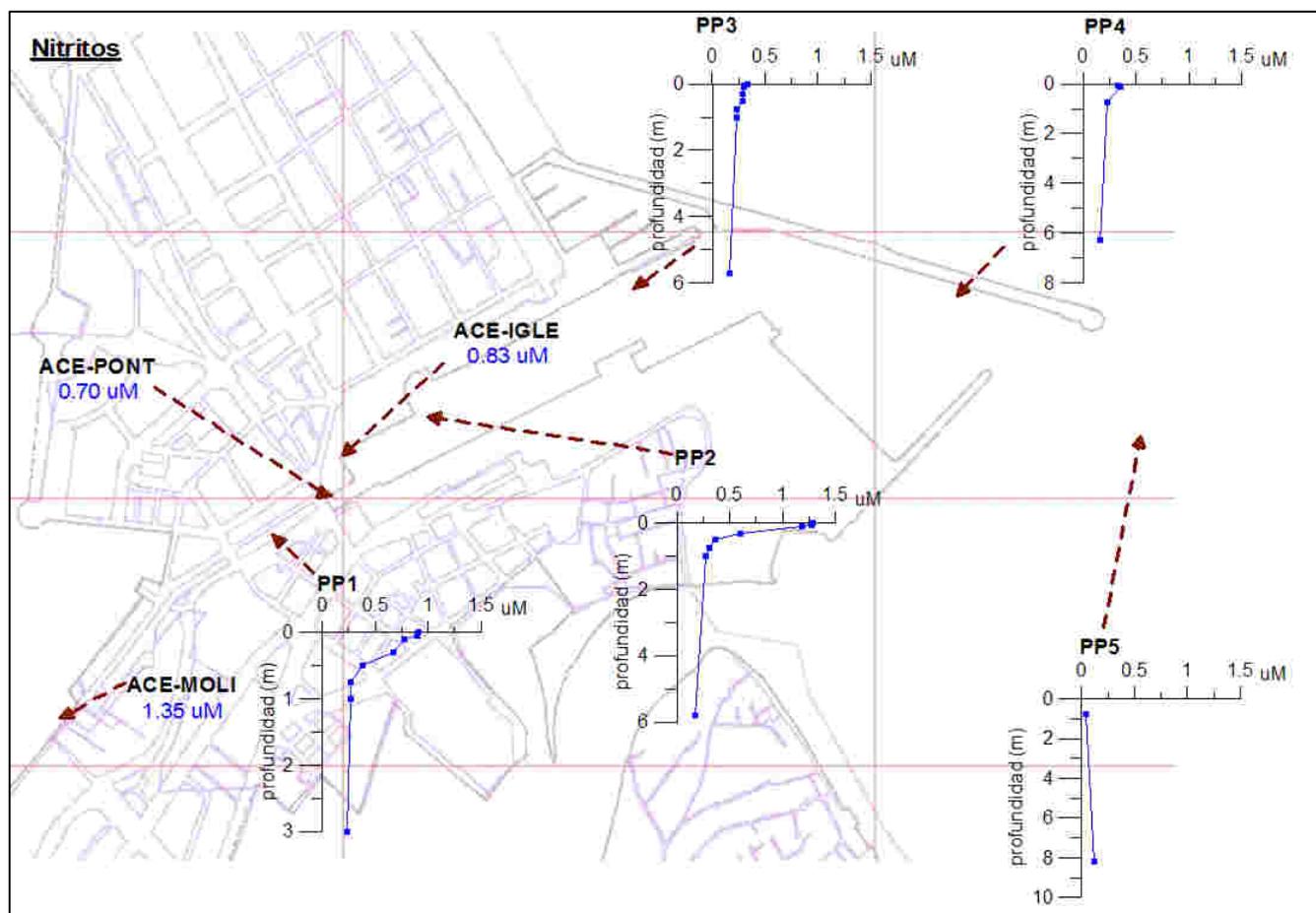


Figura 3.1.7 Distribución espacial de la concentración de amonio en el puerto

La acequia molí es la acequia más cargada en amonio y también la de más caudal por lo que sus aportaciones se observan en PP1 viendo disminuida su concentración a lo largo del transecto

excepto en la superficie de PP4 y alcanzando un nivel de  $0,5 \mu\text{M}$  ya en la bocana del puerto. En PP1 se dan valores altos en la muestra más profunda probablemente porque en el fondo la cantidad de materia orgánica es muy elevada y el amonio es el primer producto de la remineralización de la misma (Rodríguez, 1999).

Es importante comentar que la salinidad presenta una relación significativa negativa con todos los nutrientes, excepto con el amonio, puesto que las mayores concentraciones de nutrientes se dan en las acequias y disminuyen conforme nos aproximamos al mar. Por otro lado, se establece una correlación positiva entre el amonio y el fósforo soluble reactivo, una justificación podría ser que el amonio es la forma de N que más rápidamente es asimilada por el fitoplancton y el fósforo es el nutriente limitante, por lo que ante un aporte de estos nutrientes la respuesta es una rápida asimilación de los mismos, de hecho existe una relación significativa positiva entre el PT y el número de células totales. También si observamos PP2, el PSR y el  $\text{NH}_4$  disminuyen con la profundidad de forma inversa es el comportamiento del fitoplancton principalmente los dinoflagelados.



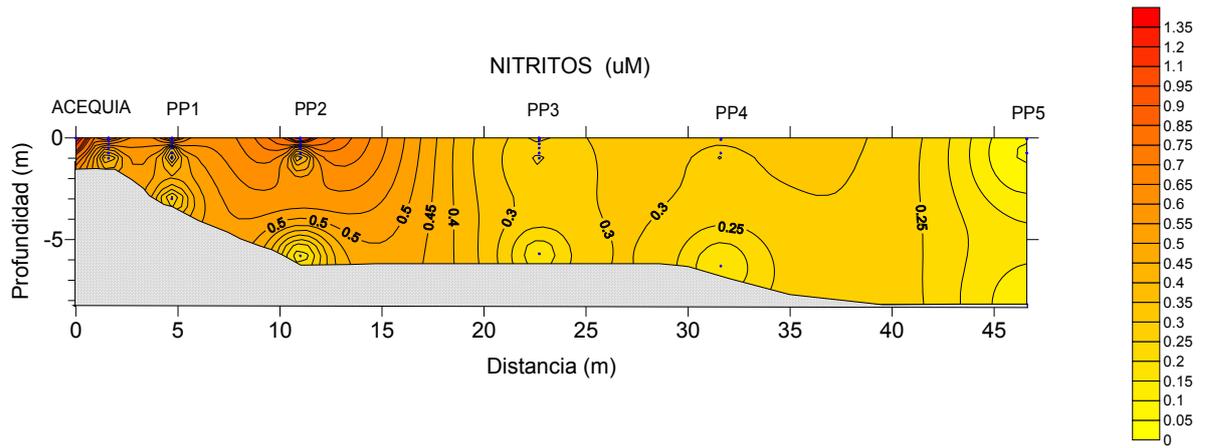


Figura 3.1.9 Distribución espacial de la concentración de nitritos en el puerto

Se está produciendo un aporte importante de nitritos por parte de las acequias algo que se manifiesta claramente en la superficie de los puntos PP1 y PP2. La concentración disminuye en profundidad y a lo largo del transecto.

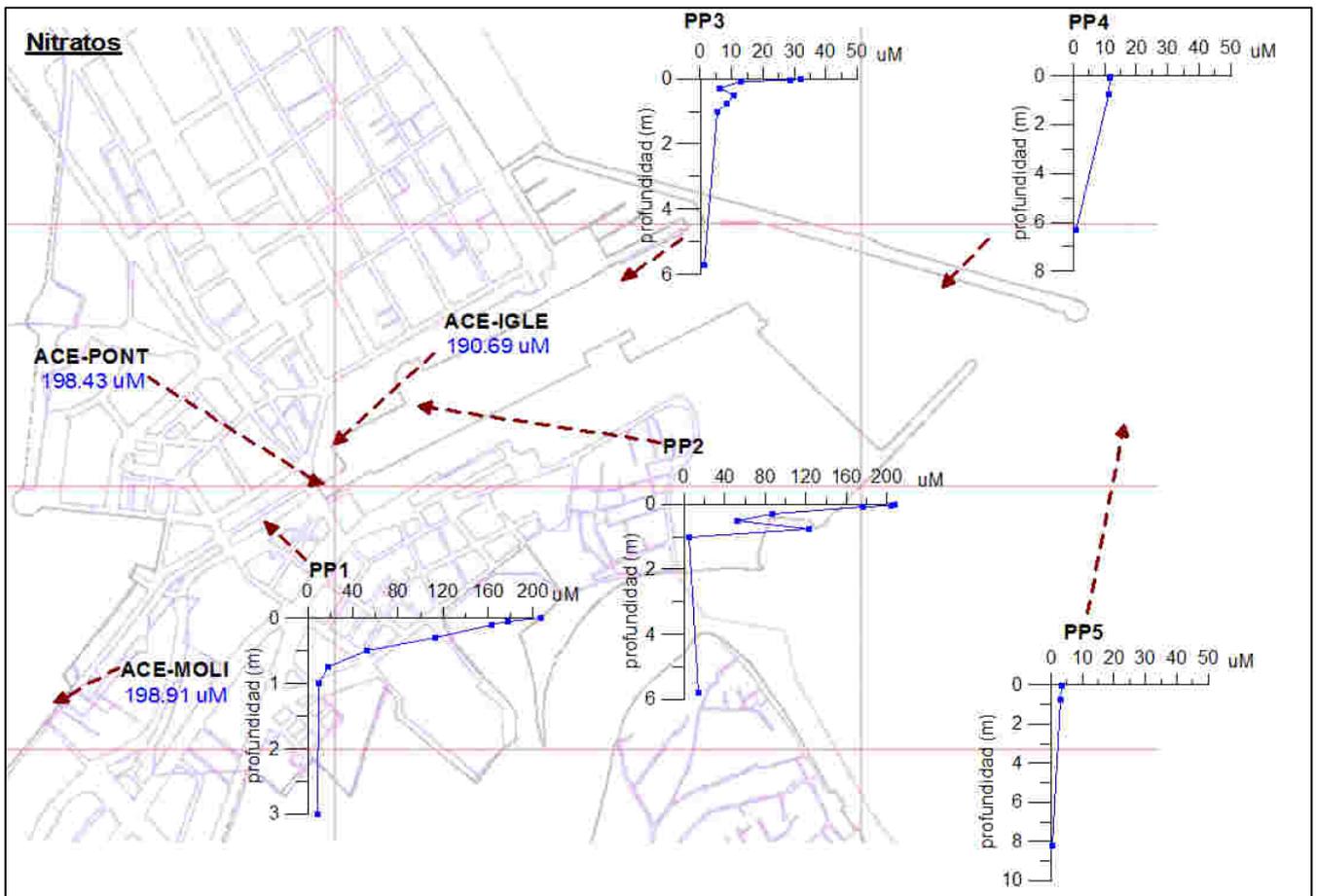


Figura 3.1.10 Perfiles verticales de nitrato en las estaciones del puerto

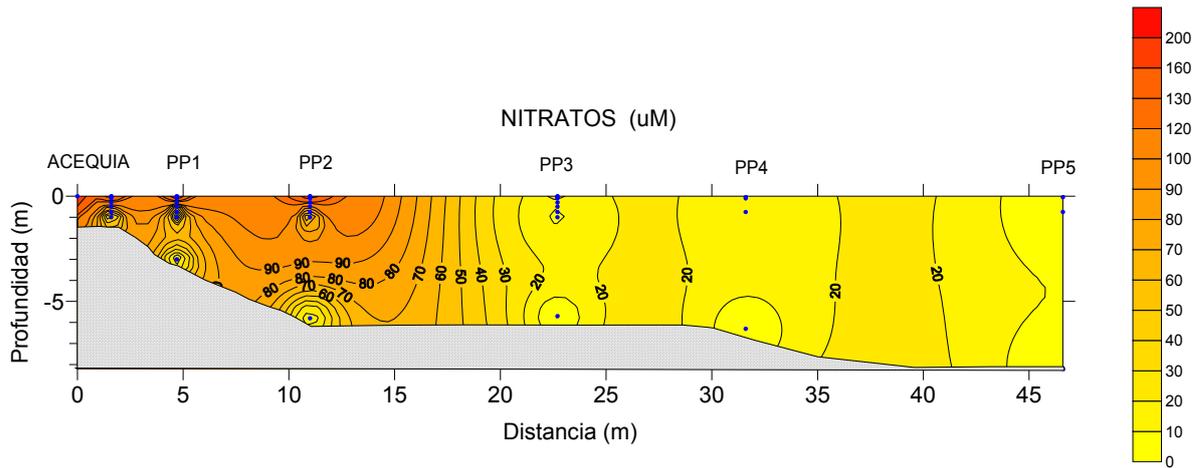


Figura 3.1.11 Distribución espacial de la concentración de nitratos en el puerto

El aporte de nitratos a través de las acequias es muy elevado dando lugar a un gradiente muy importante en la columna de agua, incluso hasta en el PP4, produciéndose la concentración más elevada en la estación PP2.

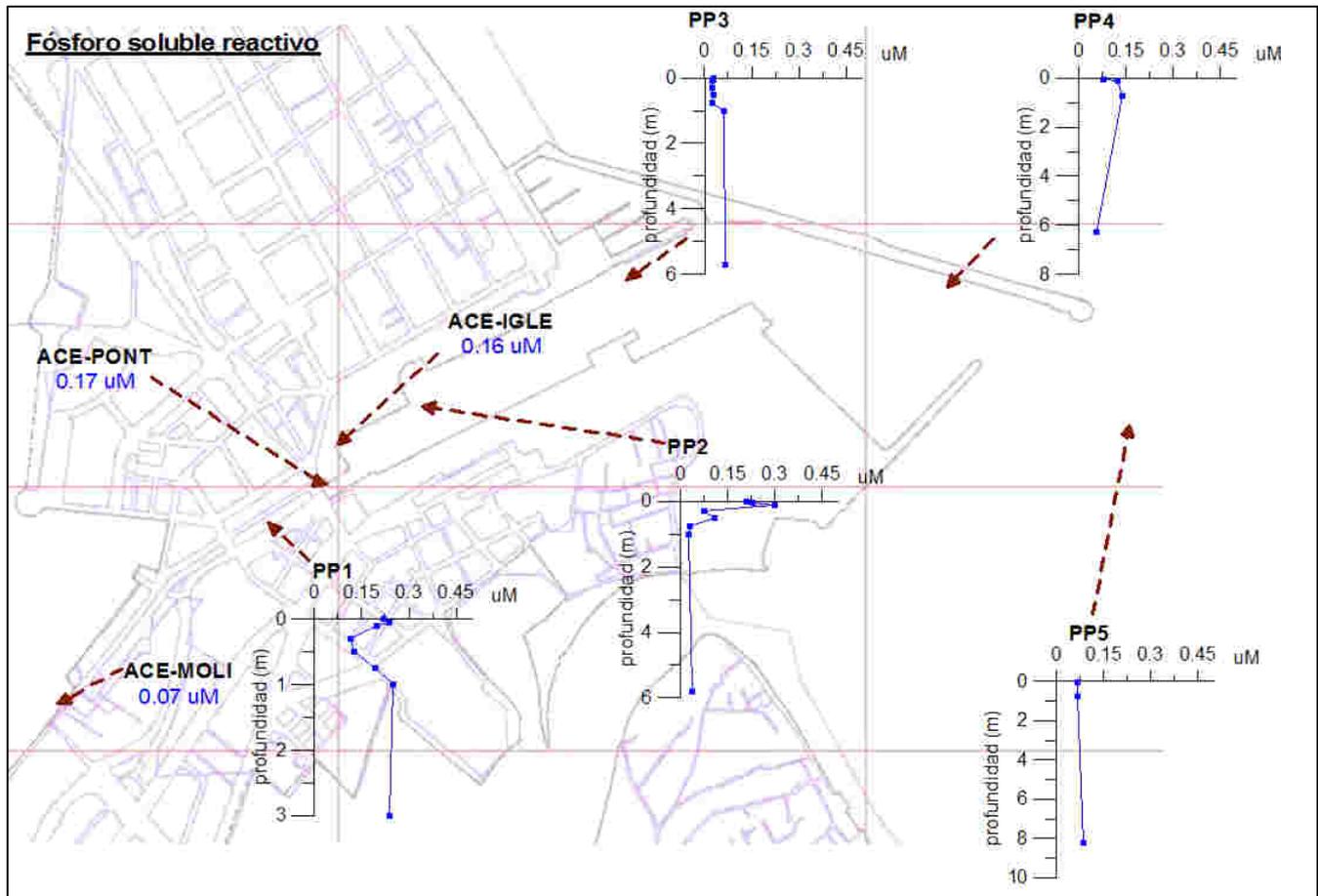


Figura 3.1.12 Perfiles verticales de fósforo soluble reactivo en las estaciones del puerto

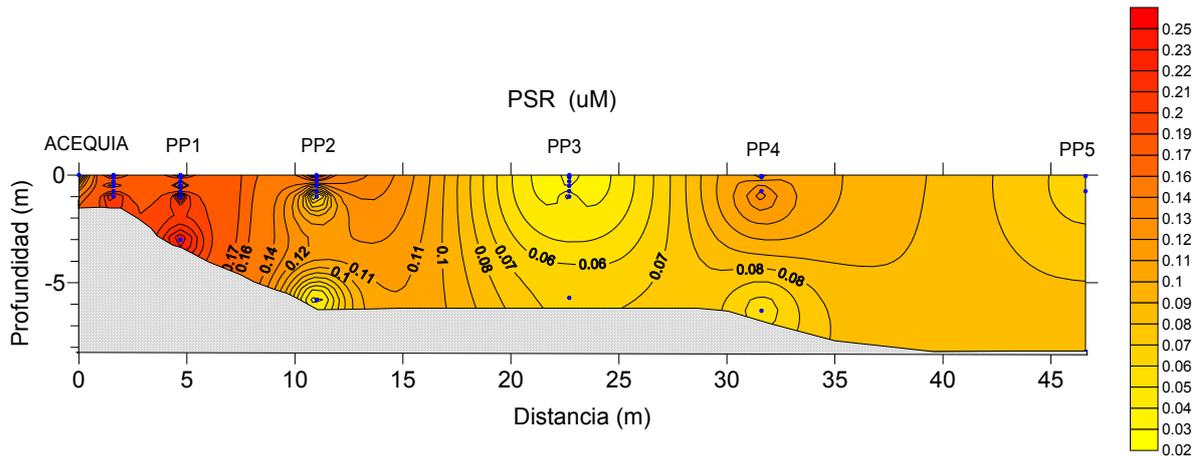


Figura 3.1.13 Distribución espacial de la concentración de fósforo soluble reactivo en el puerto

Los aportes de fósforo son mayores en las acequias iglesia y puente. El fósforo soluble reactivo disminuye longitudinalmente pero presenta un comportamiento diverso en profundidad en función del punto, en PP1 los valores son similares en superficie y profundidad produciéndose una disminución a 30-50 cm. PP2 presenta los valores más elevados en superficie, disminuye drásticamente hasta los 50 cm y mantiene ese valor bajo hasta el fondo. PP3 aumenta ligeramente a partir del primer metro y se mantiene. PP4 aumenta a 1 m de profundidad y disminuye hasta alcanzar en profundidad los niveles de superficie. PP5 aumenta ligeramente en profundidad.

El fósforo medido en superficie tiene su origen en los aportes de agua dulce mientras que el observado en las muestras de fondo se debe probablemente al flujo que se está produciendo desde el sedimento ya que las condiciones son prácticamente anóxicas en profundidad.

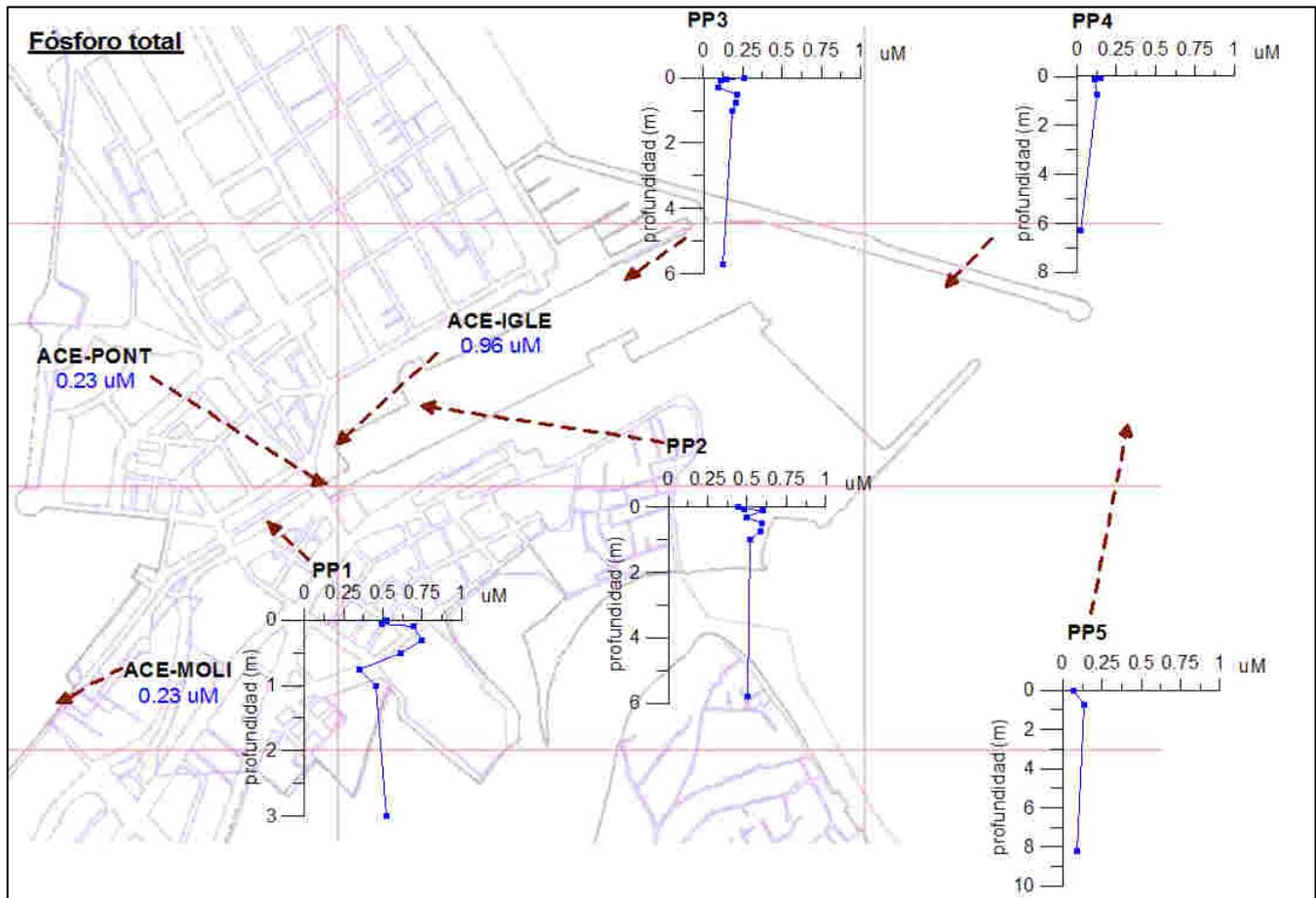


Figura 3.1.14 Perfiles verticales de fósforo total en las estaciones del puerto

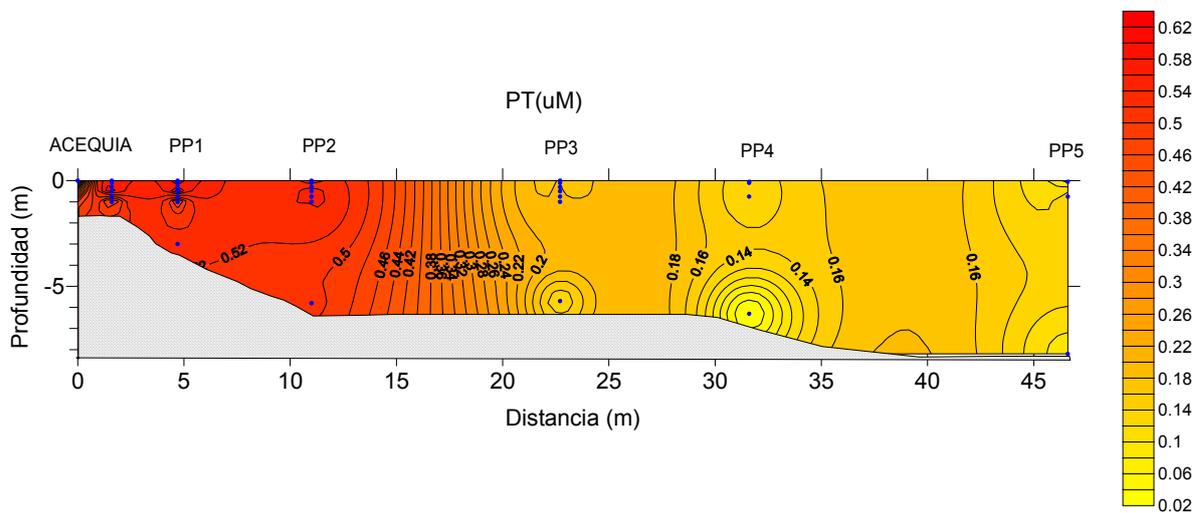


Figura 3.1.15 Distribución espacial de la concentración de fósforo total en el puerto

La acequia iglesia es la más importante en cuanto a aportaciones de fósforo total. El fósforo total aportado por agua dulce es de 5 mg/s El fósforo total engloba el fósforo soluble reactivo y el fósforo de los organismos planctónicos. Si comparamos las gráficas de PP1 y PP2 del fósforo soluble reactivo y fósforo total comprobamos que son inversas, esto puede ser debido al consumo de fósforo soluble por el fitoplancton ya que es el nutriente limitante y un aumento en

su concentración lleva asociada una rápida asimilación por los organismos. La variación entre superficie y fondo en PP1, PP2 y PP3 es muy baja algo que puede ser debido a la resuspensión de sedimentos en el fondo. PP4 y PP5 presentan valores bajos

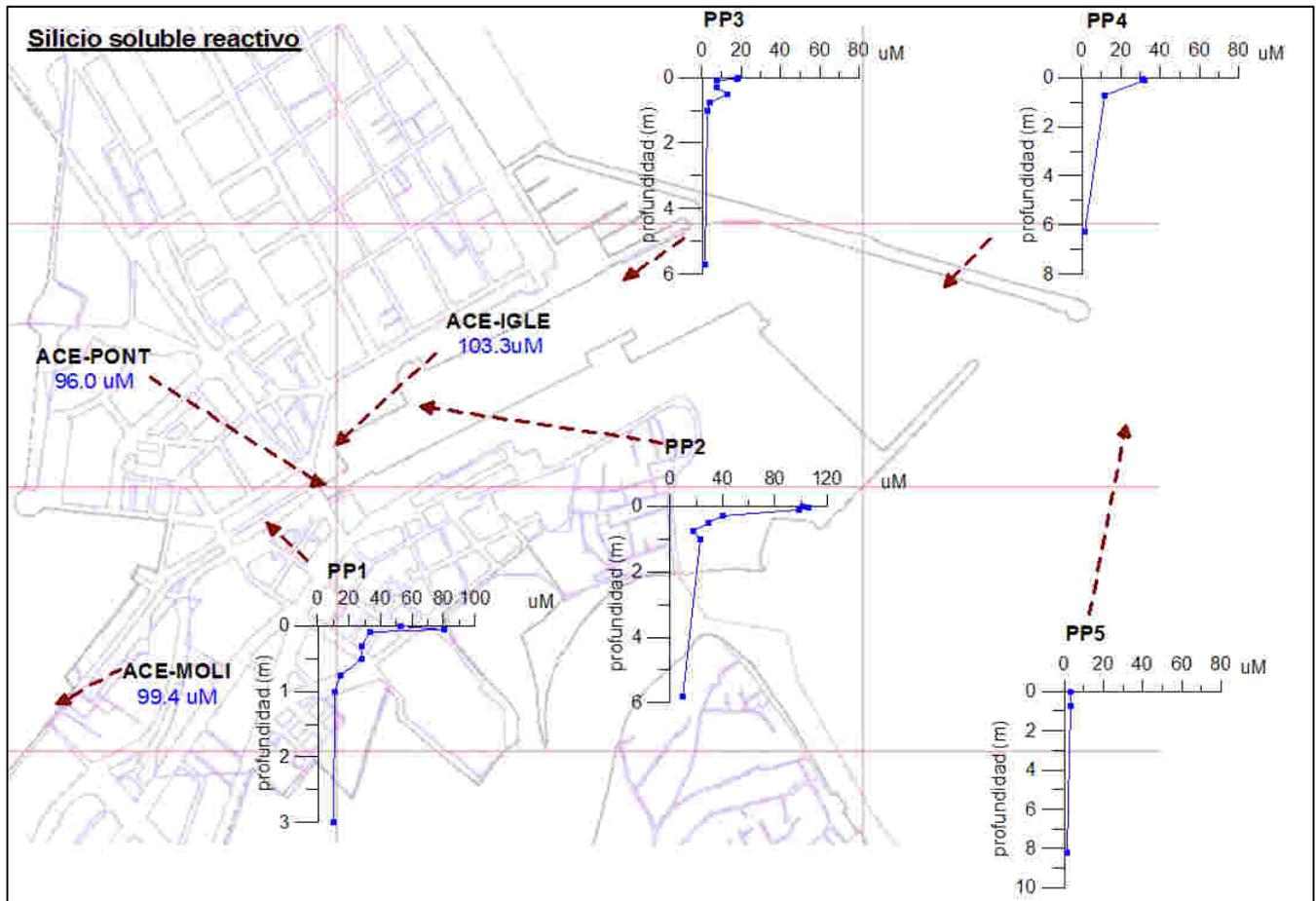


Figura 3.1.16 Perfiles verticales de ácido ortosilícico en las estaciones del puerto

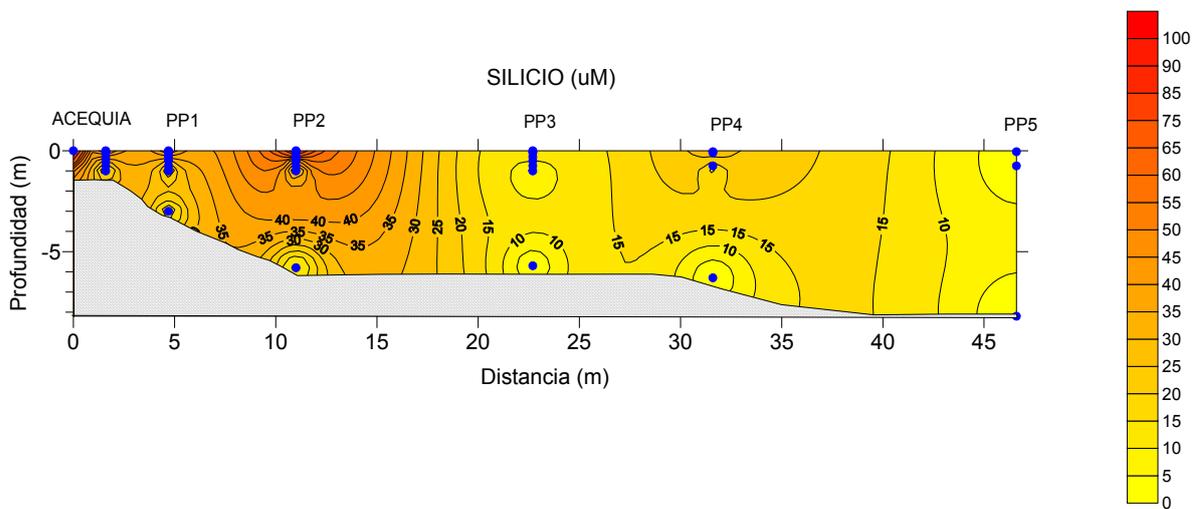


Figura 3.1.17 Distribución espacial de la concentración de ácido ortosilícico en el puerto

La aportación total de sílice realizada por agua dulce es de 2060 mg/s. La carga de las acequias fue en torno a 100  $\mu\text{M}$  (aportación total de 2060 mg/s) valor al que se aproxima PP1 en superficie y que PP2 alcanza, en PP3 se observa una disminución importante y un ligero aumento en PP4, por otro lado, ya en la bocana del puerto los valores son muy inferiores por la entrada de agua de mar abierto, agua cuya concentración de sílice es baja. Se observa claramente la disminución del nutriente en la columna de agua.

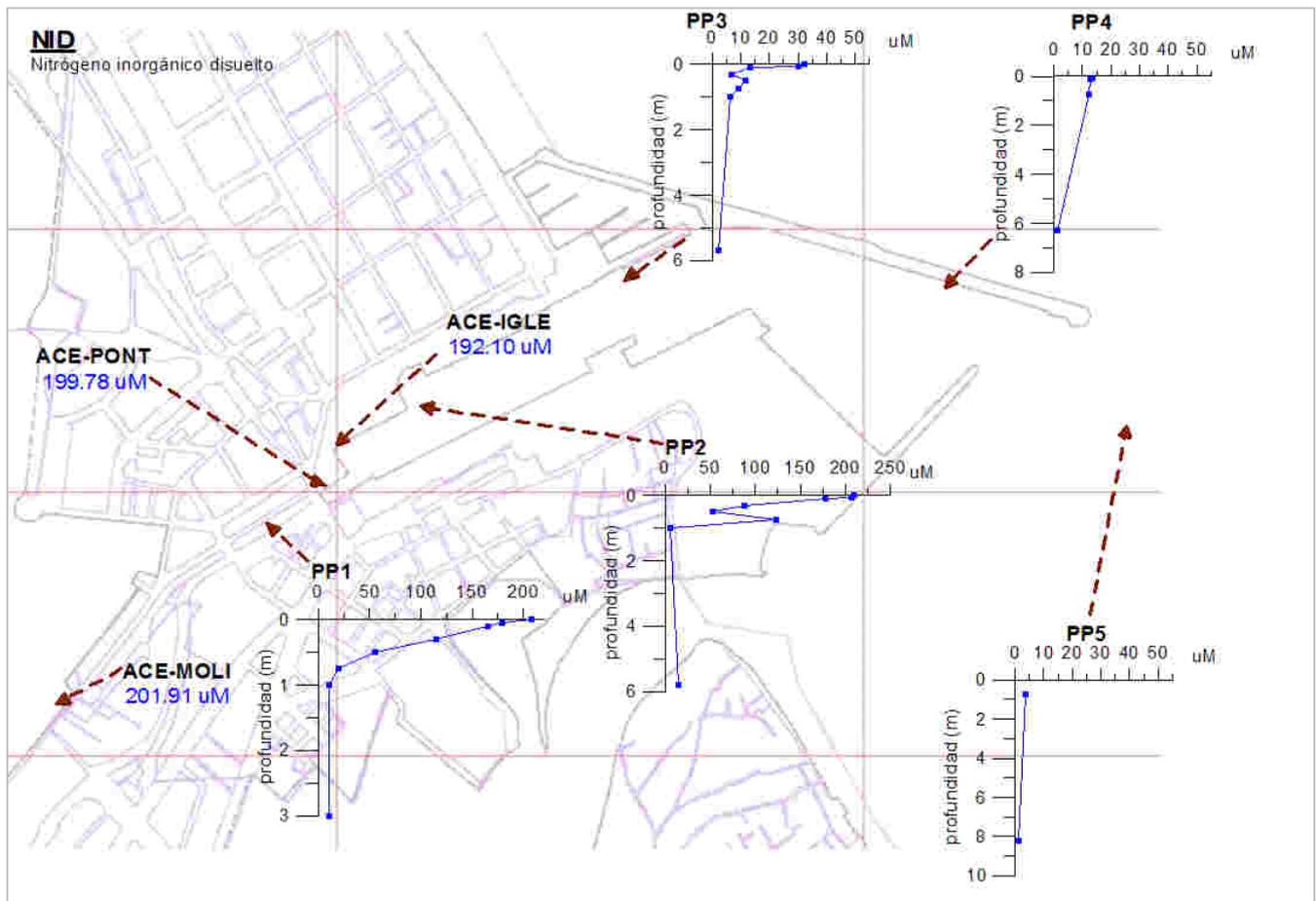


Figura 3.1.18 Perfiles verticales de NID (nitrógeno inorgánico disuelto) en las estaciones del puerto

El Nitrógeno Inorgánico Disuelto son las formas nitrogenadas disueltas en el agua que no están constituyendo compuestos orgánicos y se calcula como la suma de amonio, nitritos y nitratos. En nuestra zona de estudio, el nutriente dominante en esta suma es el nitrato. Las aportaciones totales de nitrógeno llevadas a cabo por las acequias son de 2050 mg/s.

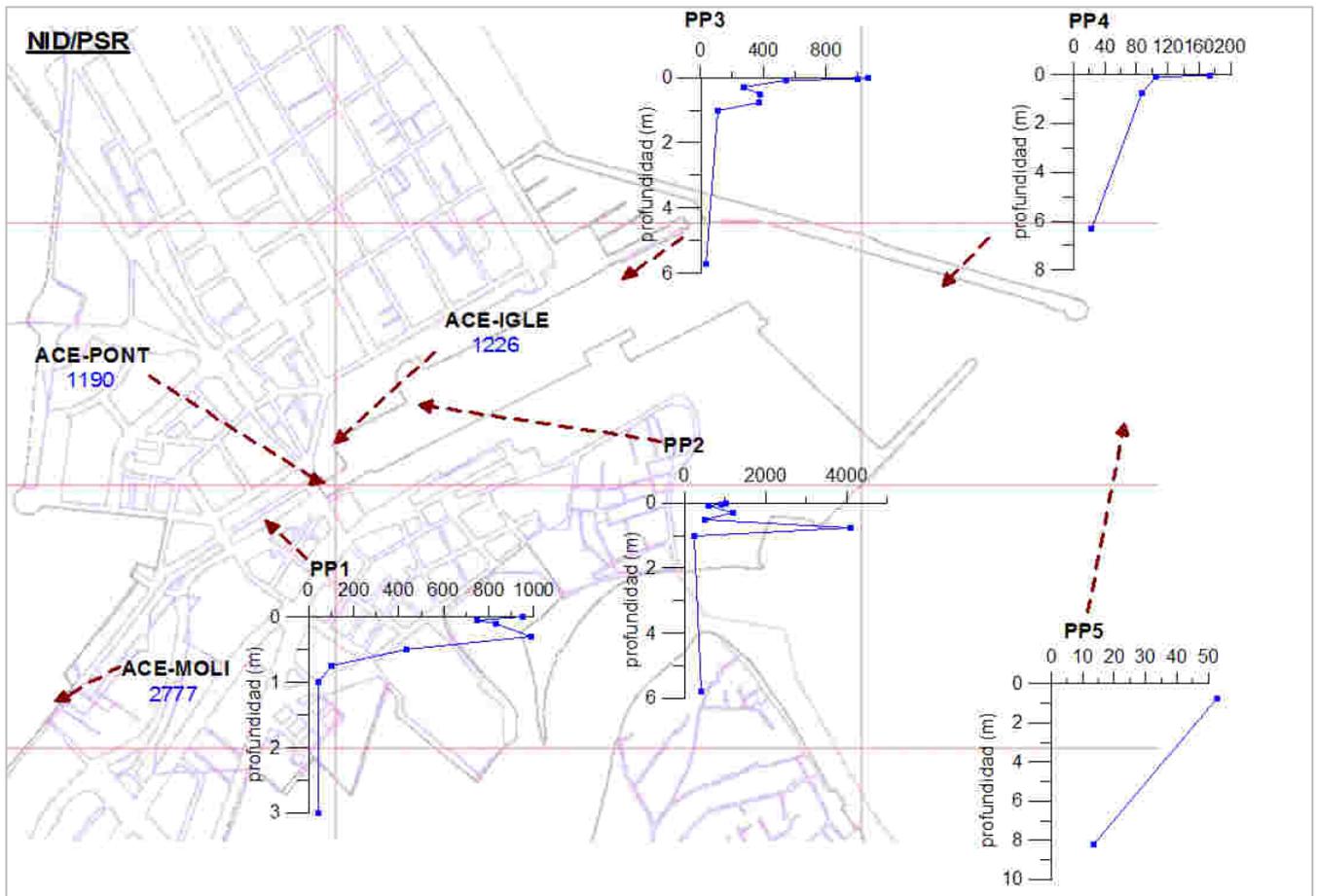


Figura 3.1.19 Perfiles verticales de la relación N:P en las estaciones del puerto

La relación N/P alcanza su máximo en PP1 y PP2 a 0.5 y 1 m respectivamente. Esta relación disminuye en profundidad de forma drástica. La relación de Redfield N:P es 16, relación que se supera claramente en superficie en todo el puerto y a la que nos aproximamos en profundidad ya que se produce una disminución de sales de nitrógeno ( de estas sales se ha producido un aporte muy importante por las acequias) y por otro lado, en el fondo el fósforo total presentaba un valor similar al de superficie por el flujo de nutrientes del sedimento. Aplicando el criterio que el fósforo es limitante cuando la relación N:P >22 Justic et al. (1995), el fósforo es el limitante en toda la instalación portuaria a excepción de la muestra de fondo de PP5.

El grado en que el nitrógeno o el fósforo limitan la biomasa total del sistema es aparentemente función de las pérdidas en el mismo. Cuanto más cerrado sea un sistema, más probable es que sea limitado por el fósforo (Smith, 1984) algo que ocurre en el caso del Puerto que es un ambiente confinado.

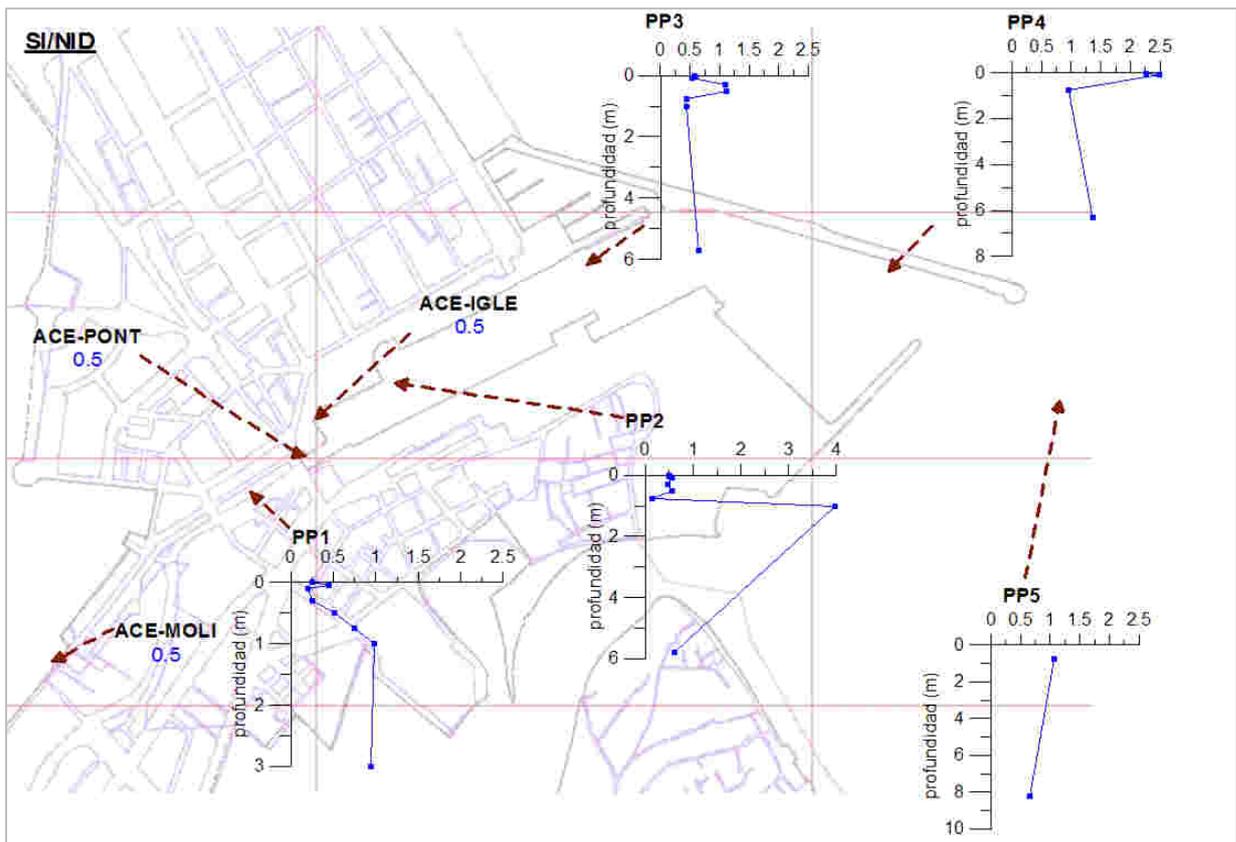


Figura 3.1.20 Perfiles verticales de la relación Si:N en las estaciones del puerto

Los valores más elevados de la relación Si:N se dan en PP2 a 1 m de profundidad. Según Justic et al (1995) cuando la relación Si:N es menor que 1 el limitante es el sílice y cuando es mayor que 1 el limitante es el nitrógeno. La relación cambia mucho en función de la estación en la que nos encontremos. En PP1 la relación siempre es menor que 1 aunque a partir de 1 metro estamos en torno a ese valor. En PP2 hasta 0.3 el limitante es el sílice y a más profundidad el limitante es el nitrógeno aunque en el fondo vuelve a ser el sílice. En PP3 el limitante es el sílice salvo profundidades entre 10 y 30 cm. En PP4 el limitante es el nitrógeno aunque hasta PP1 se da un gradiente negativo de la relación y a partir de 1 la gradación es positiva. En PP5 el limitante es el sílice en toda la columna aunque en superficie la relación se aproxima a 1.

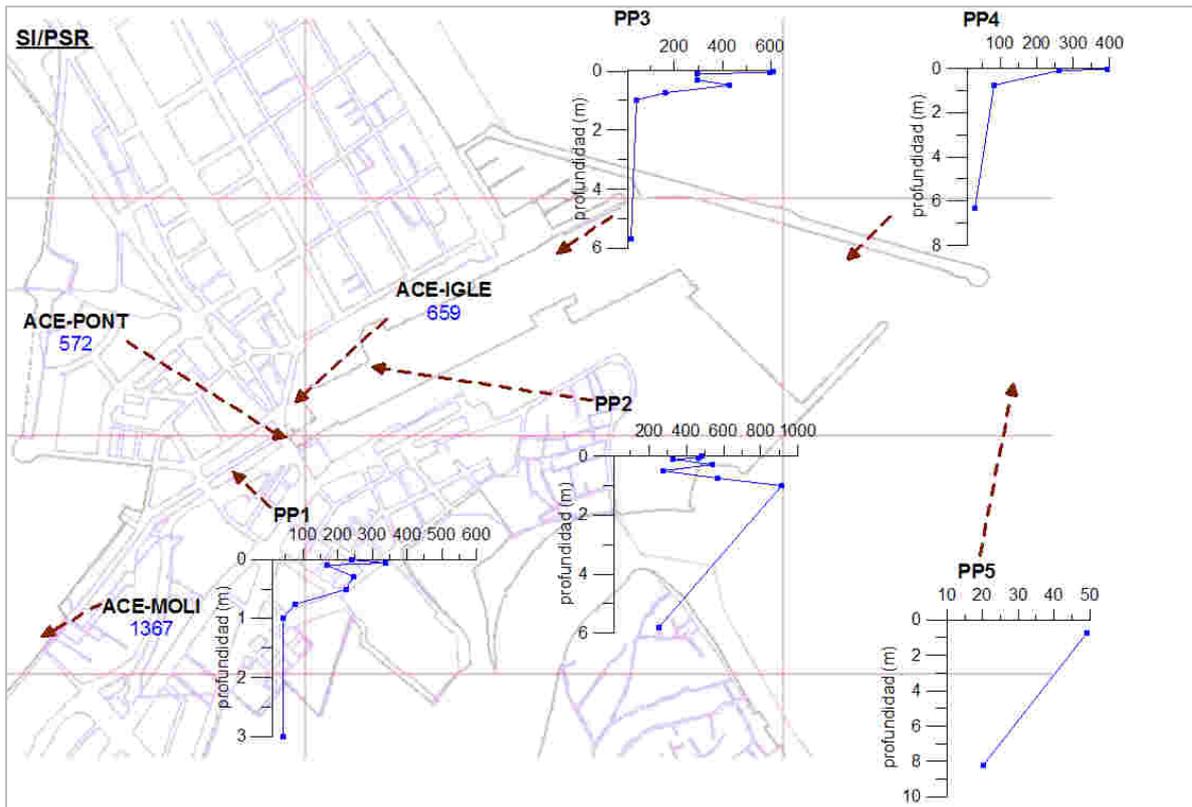


Figura 3.1.21 Perfiles verticales de la relación Si:PSR en las estaciones del puerto

Aplicando el criterio que el fósforo es limitante cuando la relación Si:P >22 Justic et al. (1995), el fósforo es el limitante en toda la instalación portuaria y el único punto donde este no es el limitante es en PP5 fondo. Por otro lado, según Justic et al (1995) el silice es limitante cuando la relación Si:P es menor que 10 algo que no se en ningún punto de muestreo.

### Sólidos en suspensión

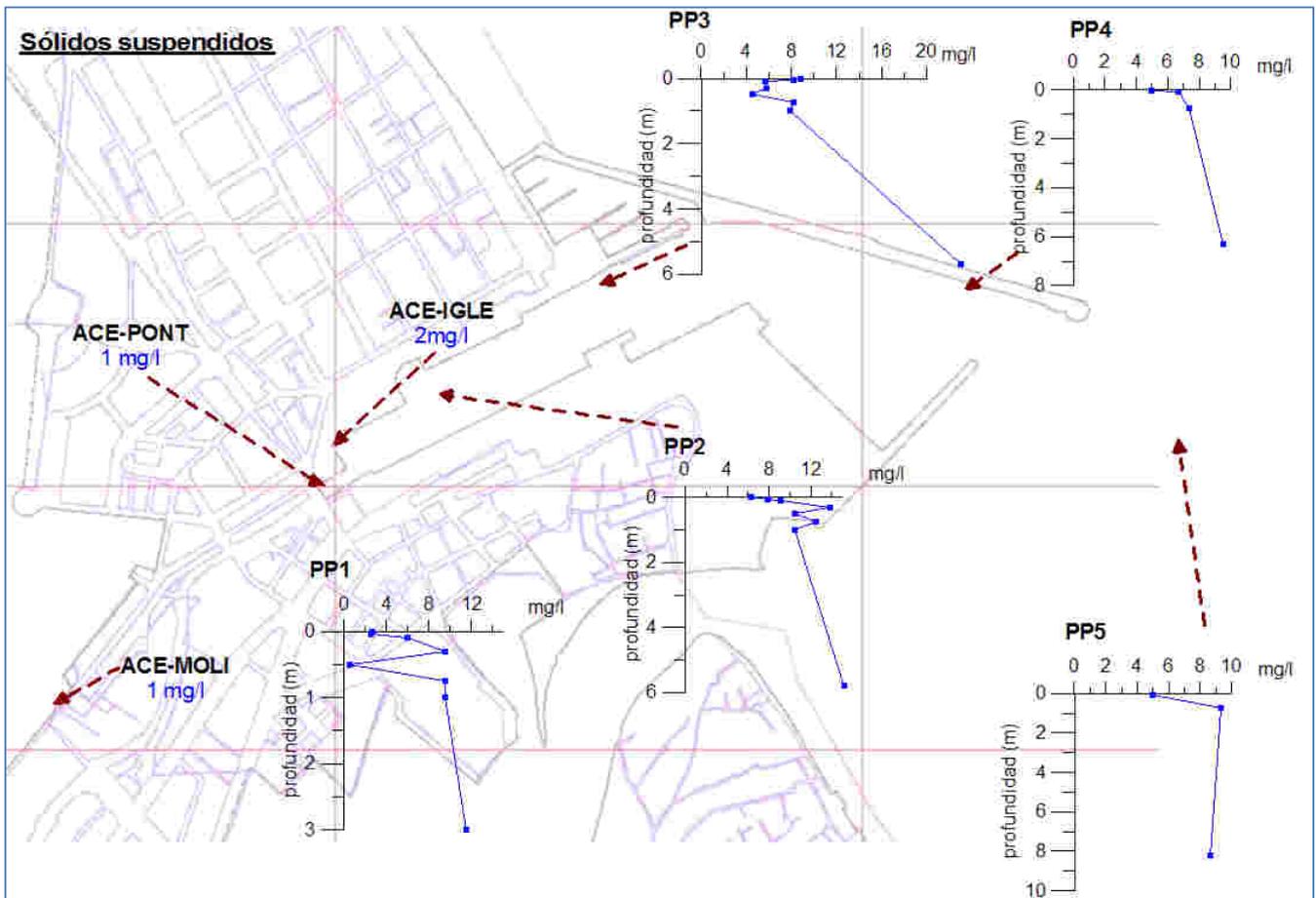


Figura 3.1.22 Perfiles verticales de sólidos en suspensión en las estaciones del puerto

Los sólidos en suspensión presentan un comportamiento común en todos los puntos dentro del recinto portuario que es un aumento en profundidad, justificado por la resuspensión de sedimentos. En las capas superficiales el comportamiento es más variado. En cuanto a PP5 a 1 m de profundidad se alcanza el máximo y después disminuye. El aporte de sólidos en suspensión por parte de las acequias no es importante. El puerto está exportando materia particulada a mar abierto.

### Oxígeno Disuelto

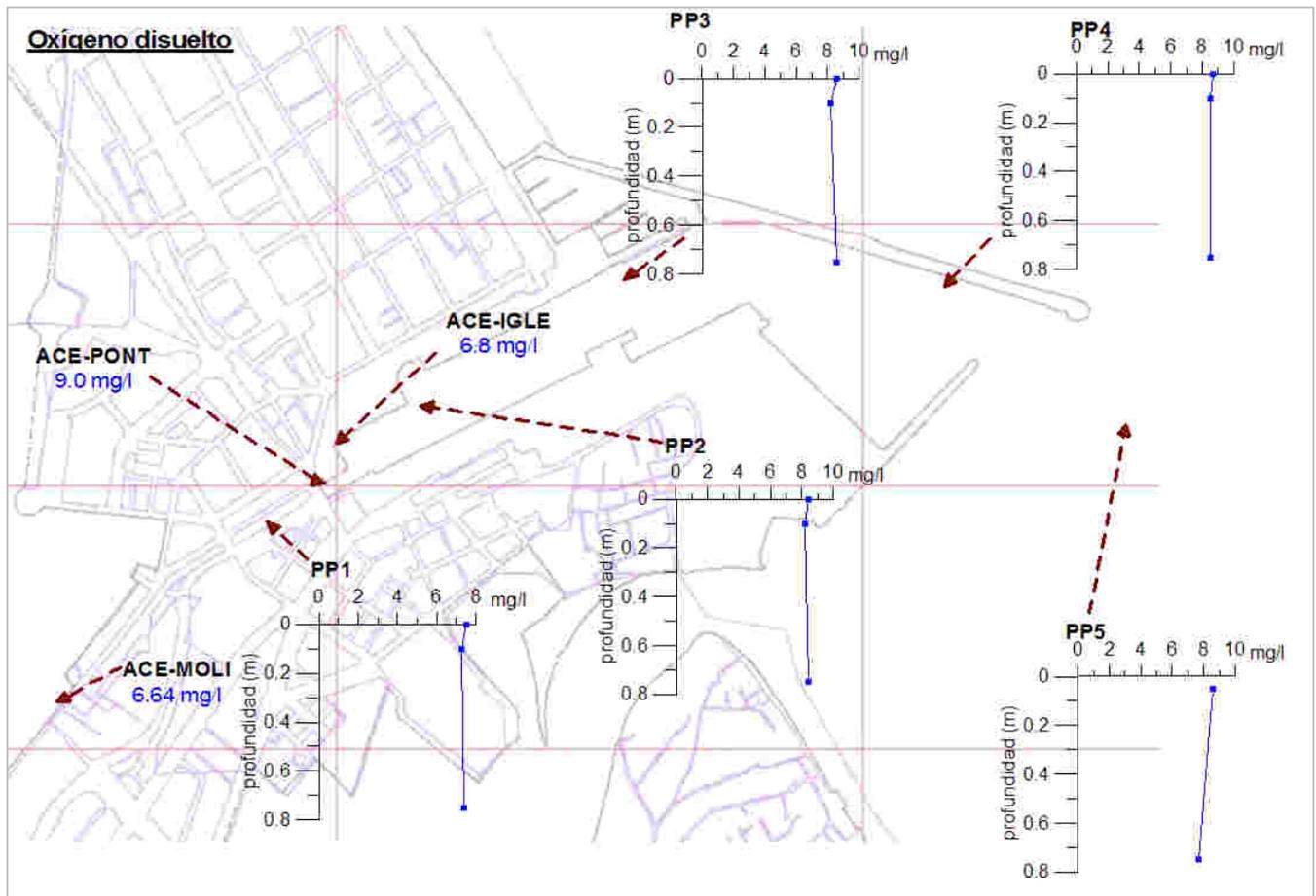


Figura 3.1.23 Perfiles verticales de oxígeno disuelto en las estaciones del puerto

El oxígeno sólo se ha analizado a nivel superficial de ahí que no se observen grandes variaciones, sólo un pequeño descenso con la profundidad. PP1 es el punto con concentración más baja de oxígeno, en el resto de puntos la concentración es similar variando en torno a 8.4 mg/l. La acequia con menor concentración de oxígeno es la acequia molí mientras que la más oxigenada es la acequia del puente.

### Clorofila a

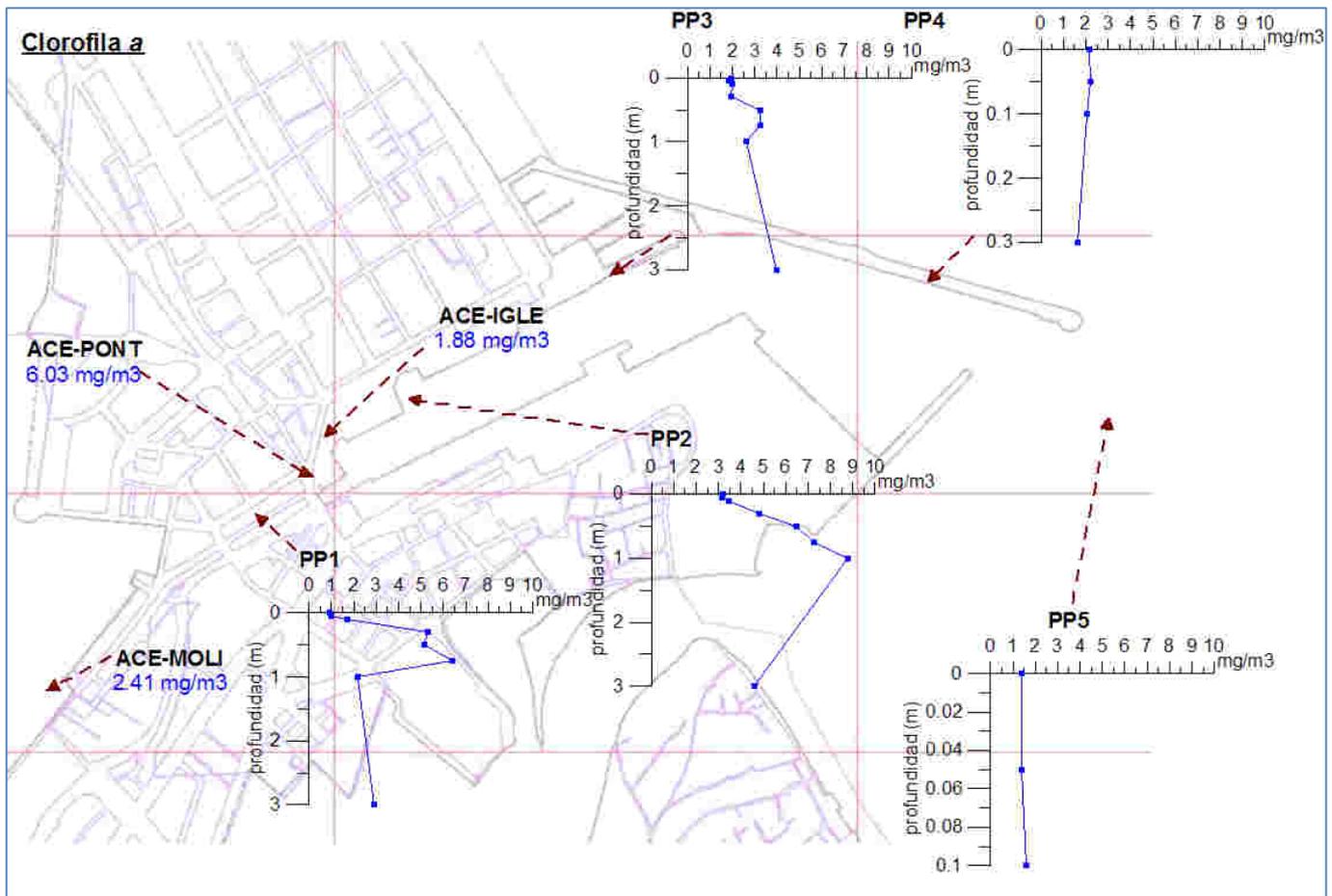


Figura 3.1.24 Perfiles verticales de clorofila en las estaciones del puerto

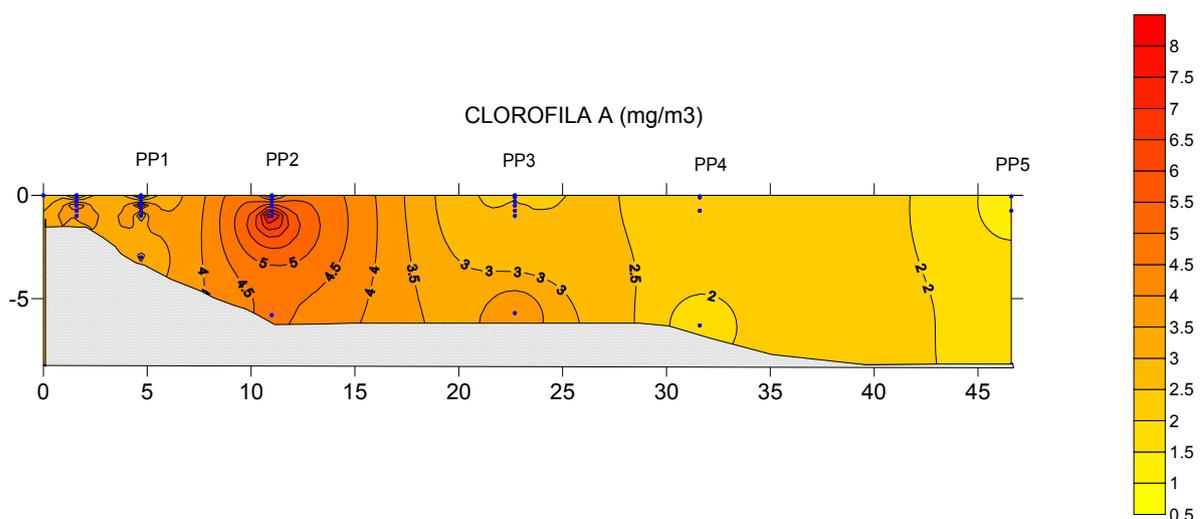


Figura 3.1.25 Distribución espacial de la concentración de clorofila en el puerto

La concentración de clorofila alcanza el valor máximo en PP2 a un 1 m de profundidad ( $7 \text{ mg/m}^3$ ), el siguiente valor más elevado lo obtenemos en PP1 a 75 cm. Los valores disminuyen

conforme nos acercamos al mar y aumenta la salinidad, obteniendo valores elevados en el fondo de la instalación que superan el valor que se da en la muestra de superficie de la estación PP5.

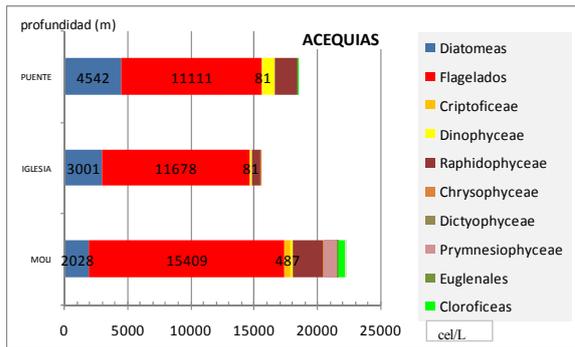
### ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTONICA

	Células totales	Diatomeas	Cocolitoforales	nanoflagelados	cryptophyceae	Dinophyceae	Raphidophyceae
PUNTO	(cel/L)						
ACE-MOLI	17092	3001	187	11678	187	187	730
ACE-PONT	23019	2028	187	15409	487	187	2352
ACE-IGLE	19906	4542	187	11111	187	973	1784
PP1-0.05	23693	1460	187	17599	243	1460	1622
PP1-0.10	79165	4055	187	69827	406	187	3163
PP1-0.75	29881	2839	187	21978	187	1946	1622
PP2-0.05	17042	1541	187	9083	187	2920	1135
PP2-0.1	18933	1784	187	12327	187	2109	1217
PP2-0.75	26905	5353	187	10705	187	9164	187
PP3-0.05	17473	1703	187	9732	187	4298	243
PP3-0.10	26581	8110	187	13300	187	3487	187
PP3-0.75	22607	4055	187	11111	187	5758	187
PP4-0.05	24610	12652	187	7867	187	2109	487
PP4-0.10	12607	406	187	6731	187	3325	649
PP4-0.75	19662	4461	187	9732	187	3568	406
PP5-0.05	12688	568	187	9408	187	730	487
PP5-F	13605	4379	187	6083	187	187	1460

	Chrysophyceae	Dictyophyceae	Prymnesiophyceae	Euglenophyceae	Chlorophyceae	Prasinophyceae	Cianobacterias
PUNTO							
ACE-MOLI	187	187	187	187	187	187	15652
ACE-PONT	187	187	1054	187	568	187	22303
ACE-IGLE	187	187	187	187	187	187	18572
PP1-0.05	187	187	187	187	187	187	22870
PP1-0.10	187	187	187	187	406	187	78343
PP1-0.75	187	187	187	187	187	187	28628
PP2-0.05	187	187	1054	187	187	187	15977
PP2-0.1	187	187	187	187	187	187	17842
PP2-0.75	187	187	187	187	187	187	25384
PP3-0.05	187	187	187	187	187	187	15977
PP3-0.10	187	187	187	187	187	187	25141
PP3-0.75	187	187	187	187	187	187	20924
PP4-0.05	187	187	187	187	187	187	23114
PP4-0.10	187	187	187	187	187	187	11192
PP4-0.75	187	187	187	187	187	187	18410
PP5-0.05	187	187	187	187	187	187	11354
PP5-F	187	187	187	187	187	187	12408

Tabla 3.1.5 Tabla resumen concentración de células fitoplanctónicas

Composición por estaciones de muestreo



En las acequias el grupo más importante fueron los nanoflagelados en éste se han englobado todos aquellos flagelados con tamaño menor de 2 µm y los cuales son difíciles de identificar, la biomasa varió entre 10.000-15.000 cel/L. El segundo grupo más abundante han sido las diatomeas, en torno a las 3000 cel/L. Destacar la aparición de clorofceas en la acequia molí.

Figura 3.1.26 Composición fitoplanctónica acequias

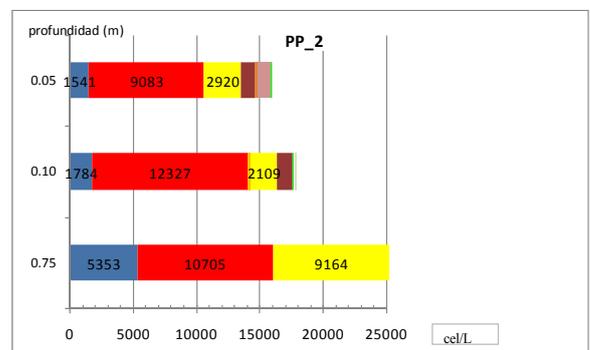
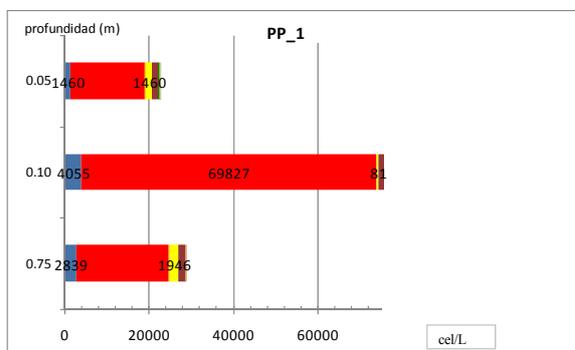


Figura 3.1.27 Composición fitoplanctónica PP1

Figura 3.1.28 Composición fitoplanctónica PP2

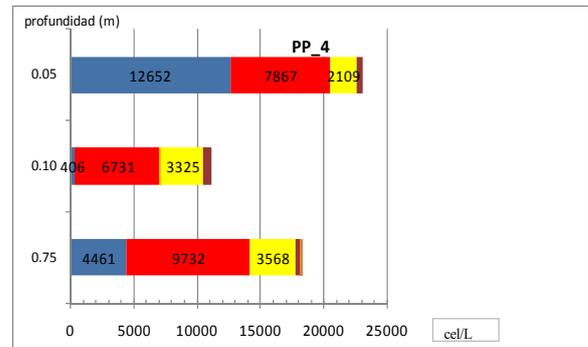
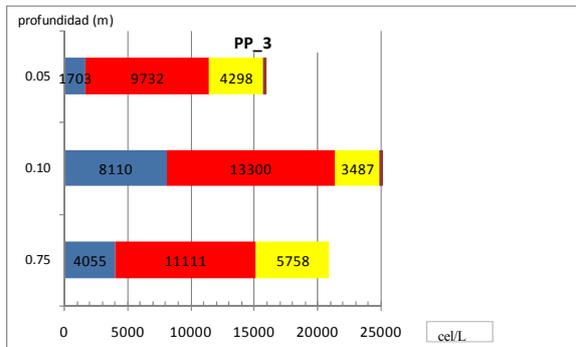


Figura 3.1.29 Composición fitoplanctónica PP3

Figura 3.1.30 Composición fitoplanctónica PP4

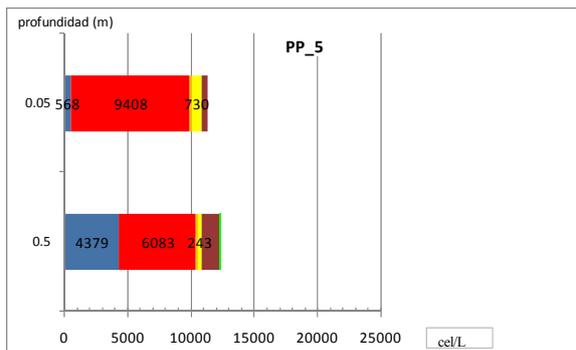


Figura 3.1.31 Composición fitoplanctónica PP5

Los valores máximos de densidad fitoplanctónica se dieron en PP1\_0.10 y fue de 79165 cel/L, por otro lado el valor mínimo se alcanzó en PP5\_0.05 y fue de 12688 cel/L. En PP1 dominan los nanoflagelados suponiendo aproximadamente un 90 % de la biomasa fitoplanctónica. En PP2 siguen dominando los nanoflagelados pero ven disminuida su abundancia relativa a un 65 % y destaca la aparición de dinoflagelados que llegaron a alcanzar las 9000 cel/L a 75 cm de profundidad y supone el valor máximo de todo el puerto. En PP3 aumenta la biomasa de diatomeas y los dinoflagelados aumentan su abundancia relativa (14%). En PP4 los dinoflagelados disminuyen su población mientras que las diatomeas alcanzan su valor máximo, los dinoflagelados aparecen en densidad de 3000 cel/L, la biomasa total se redujo pero esta reducción es más drástica en PP5 donde se dieron 13000 cel/L en este punto los dinoflagelados son escasos y hay una clara dominancia de los nanoflagelados.

Composición por profundidades

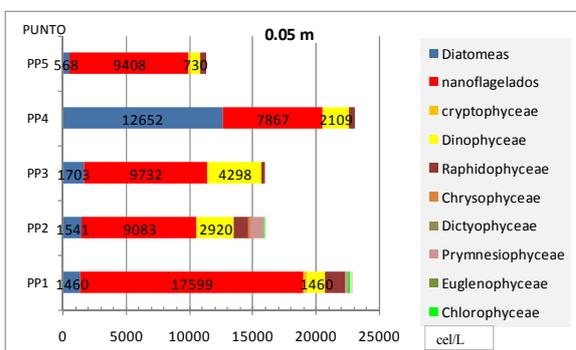


Figura 3.1.32 Composición fitoplanctónica 0.05 m

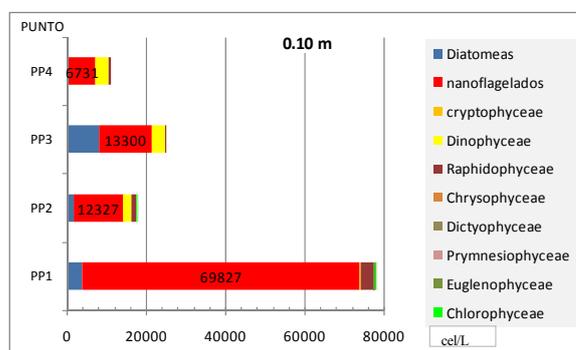


Figura 3.1.33 Composición fitoplanctónica 0.10 m

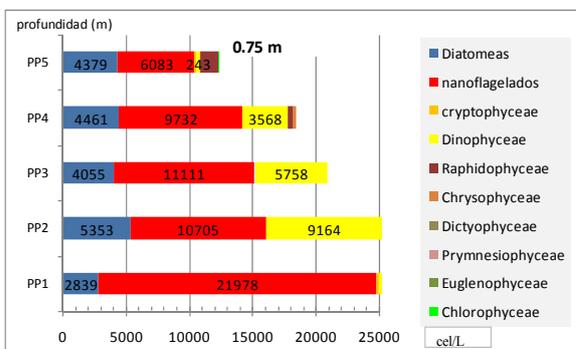


Figura 3.1.34 Composición fitoplanctónica 0.75 m

A 0.75 cm de profundidad se observó una disminución de la biomasa fitoplanctónica conforme avanzamos en el transecto dirección a mar. Del mismo modo que se redujo la biomasa total también se redujo la población de dinoflagelados y la de nanoflagelados, teniendo en cuenta la excepción de PP1 donde son escasos dado el ambiente de agua dulce.

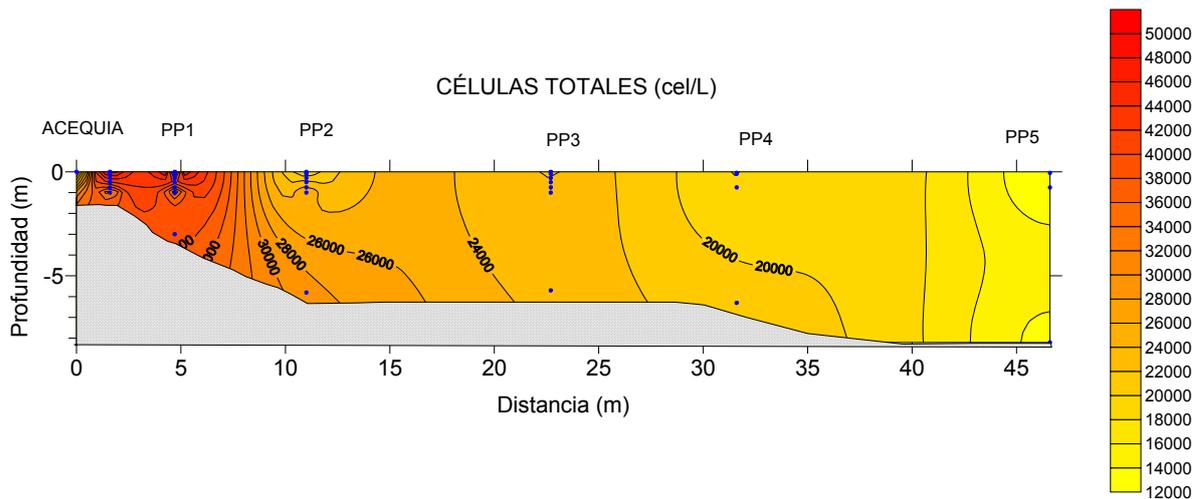


Figura 3.1.35 Distribución espacial de células totales de fitoplancton en el puerto

La biomasa de fitoplancton se redujo longitudinalmente en el transecto de forma inversa al comportamiento de los nutrientes.

El mayor número de células se dio en PP1 algo que se puede justificar por la mayor temperatura del agua y está localizado en un lugar de menos tránsito de embarcaciones. El que la concentración sea mayor a 10 cm de profundidad puede ser debido al efecto nocivo de la radiación UV, algunos trabajos han identificado la radiación ambiental UV como un importante estrés ecológico que limita la producción primaria de fitoplancton y quizás influya en su crecimiento y distribución (Holm-Hansen et al. 1993, Neale 2001).

El número de células totales como era de esperar viene determinado por el fósforo, nutriente limitante, y los dos taxones que dominan son los nanoflagelados y las diatomeas. Por último comentar que en base a la aplicación estadística SPS un aumento en la concentración de células fitoplanctónicas lleva asociado un aumento de la concentración de cianobacterias.

El constante enriquecimiento de la capa fótica que producen los aportes de las acequias así como los flujos sedimento-agua en la zona da lugar a una clara gradación de la biomasa fitoplanctónica a medida que nos desplazamos longitudinalmente a lo largo del transecto.

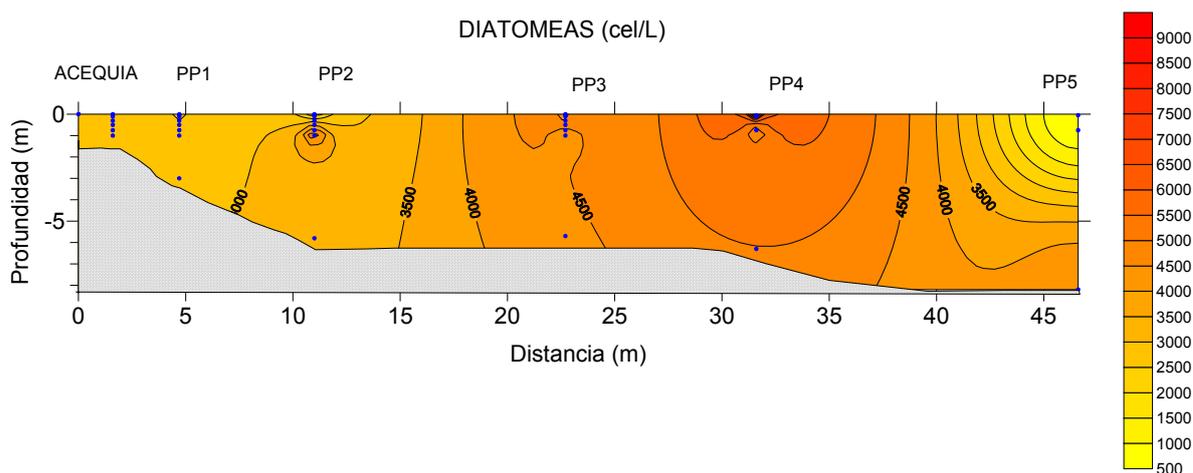


Figura 3.1.36 Distribución espacial de diatomeas en el puerto

Las máximas concentraciones de diatomeas se dan en el tramo comprendido entre PP2 y PP4 y los valores más bajos en la bocana del puerto (PP5). Las diatomeas constituyen junto los nanoflagelados el grupo fitoplanctónico más abundante.

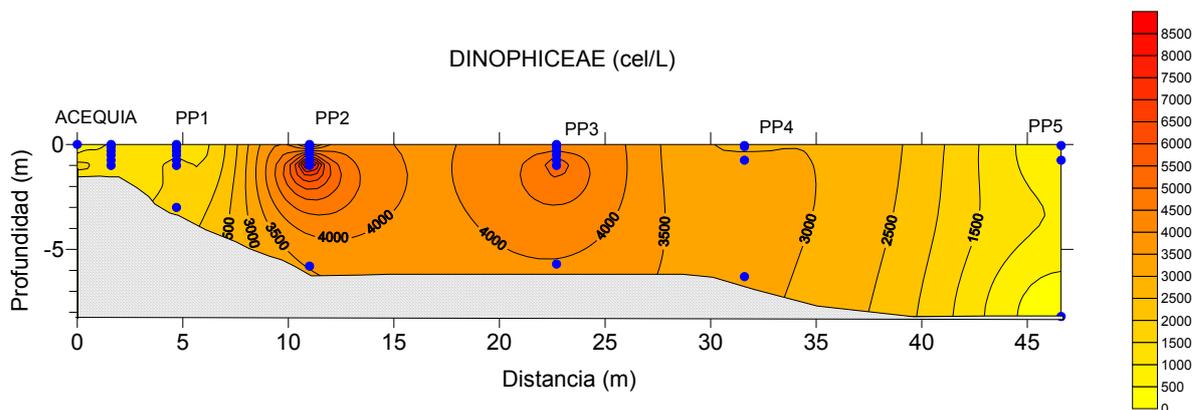


Figura 3.1.37 Distribución espacial dinoflagelados en el puerto

Las dinofíceas tienen una relación significativa positiva con las cianobacterias y su concentración viene determinada principalmente por la salinidad ya que son fundamentalmente marinos, de ahí la correlación negativa con las clorofíceas que son características de agua dulce y también con las rafdofíceas que son características de aguas salobres ricas en materia orgánica (Carmelo, 1999) y que aparecen principalmente en las acequias y también en PP2, punto que presenta menor salinidad en superficie. Las máximas concentraciones se dan en los puntos de mayor concentración de nutrientes y en superficie. Destacar que según López-Flores, et al. (2006) situaciones de confinamiento y altas concentraciones de materia orgánica y amonio parecen estimular la proliferación de dinoflagelados, pero la dominancia de este grupo funcional no siempre coincide con estas condiciones ambientales específicas.

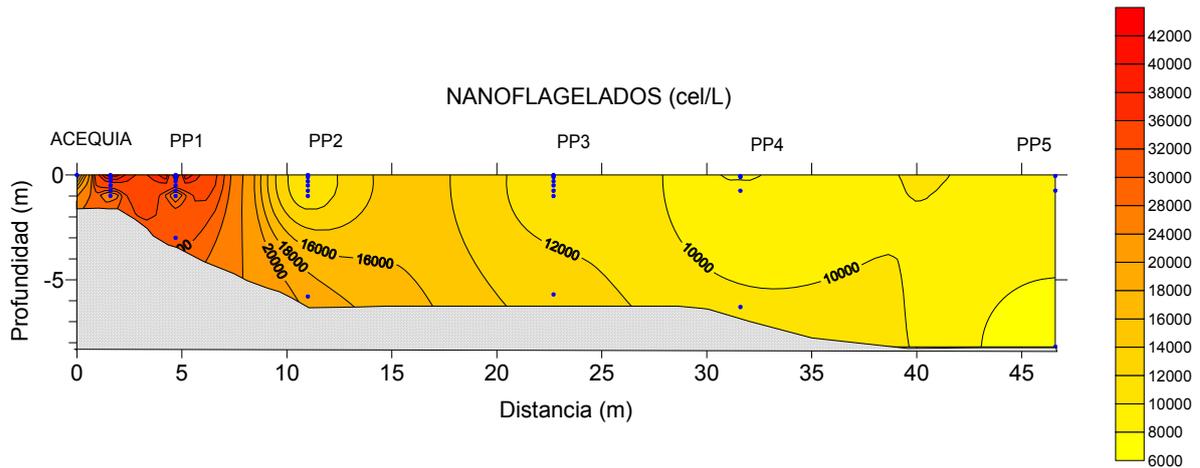


Figura 3.1.38 Distribución espacial nanoflagelados en el puerto

Gradación longitudinal negativa. Se trata de un grupo cuya capacidad de movimiento y fototropismo positivo le permite permanecer por más tiempo en la capa fótica y competir con ventaja en condiciones de calma, como las que se dan en el puerto, reemplazando a las especies inmóviles que sedimenta con mayor facilidad ante estabilidad de la columna (Soler, 1996).

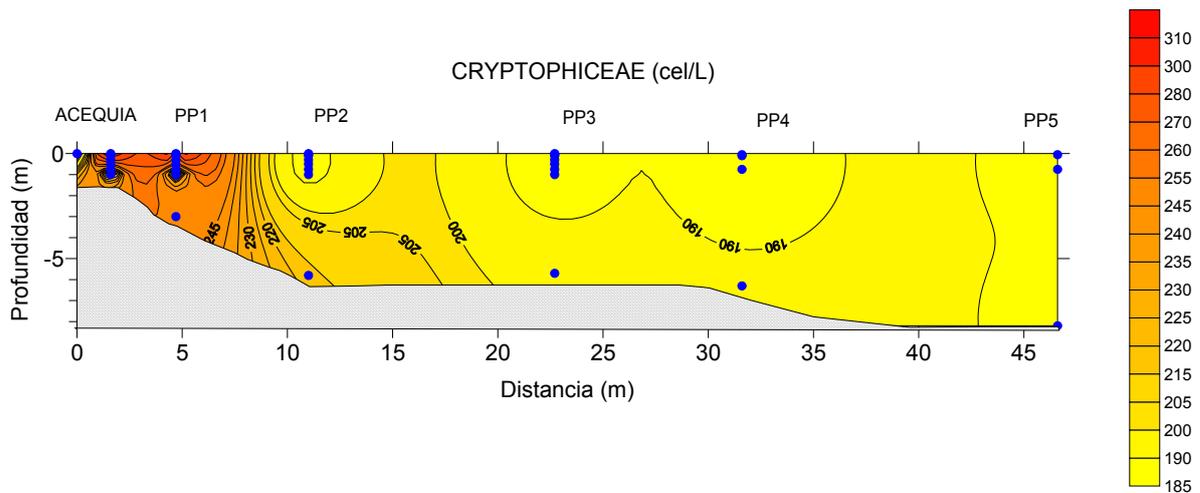


Figura 3.1.39 Distribución espacial criptofíceas en el puerto

Su mayor densidad se da en los puntos de aporte de agua dulce de las acequias.

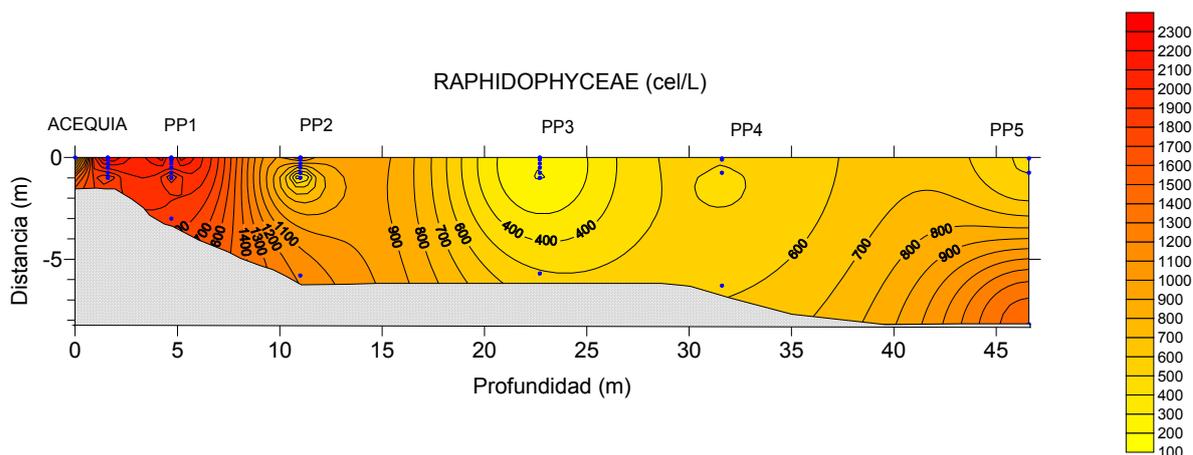


Figura 3.1.40 Distribución espacial rafidofíceas en el puerto

Las rafidofíceas que aparecen en el puerto son características de agua dulce de ahí su distribución en las proximidades de PP1 y PP2.

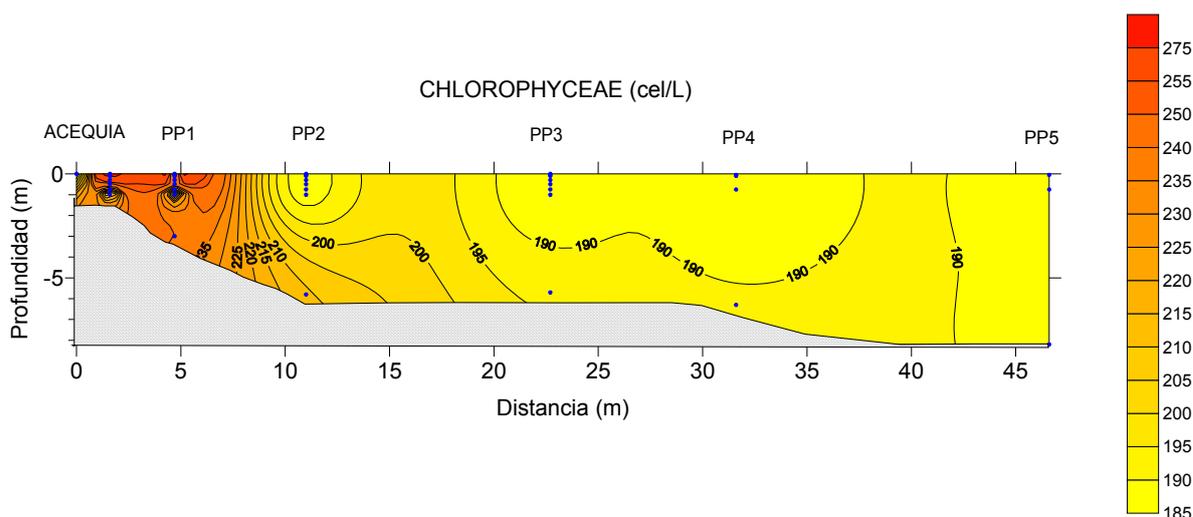


Figura 3.1.41 Distribución espacial de clorofíceas en el puerto

Los aportes continentales procedentes de las acequias también condicionan la composición de la comunidad eucariota observándose claramente el desplazamiento de clorofíceas por flagelados, característicos de agua marina, conforme nos alejamos del punto de vertido de las acequias.

En el transecto predominan claramente los flagelados que demuestran tener una menor dependencia por la disponibilidad de nutrientes que las diatomeas y dinoflagelados. La comunidad fitoplanctónica eucariota está compuesta mayoritariamente por diatomeas y flagelados, siendo más reducida la presencia de dinoflagelados. La abundancia de nanoflagelados por encima de los otros grupos puede justificarse por su enorme heterogeneidad taxonómica de ahí su amplia distribución espacial.

La distribución espacial de las poblaciones de rafidofíceas y clorofíceas aparece asociada a los aportes continentales de la acequia molí, lo que indica su posible origen continental o su afinidad por condiciones de agua salobre.

### Cianobacterias

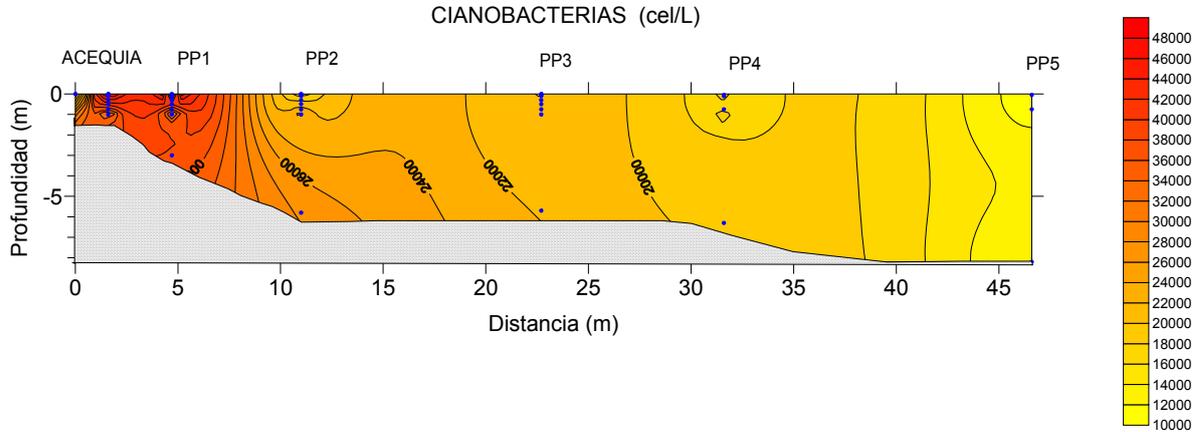


Figura 3.1.42 Distribución espacial de cianobacterias en el puerto

Las cianobacterias presentes en la zona de estudio que han sido contadas no han sido diferenciadas entre agua dulce y agua salada, en el principio del transecto las cianobacterias encontradas son características de agua dulce mientras que conforme nos aproximamos al mar la mayoría pertenecen al género *Synechococcus*, que constituye la fracción más numerosa del conjunto defitoplancton. En este grupo suelen incluirse todas las cianobactrias cocoides marinas con excepción del género *Synechocystis*, de distribución principalmente tropical (Soler, 1996). Como se ha comentado junto a *Synechococcus* también están respresentadas algunos géneros propios de aguas continentales o estuarinas, como *Oscillatoria*, *Merismopedia* y *Microcystis*.

Nota: En las distribuciones espaciales la distancia real es la distancia del eje X multiplicada por 50.

### 3.2 ZONA DE MUESTREO 2: PLAYA L'AHUIR

#### VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS

##### Datos climatológicos

La temperatura media ambiental el día de muestreo fue de 18.9 °C, la mínima de 13.2 °C y la máxima de 25.7°C. La humedad media del 40 %.

La dirección del viento dominante fue E-S, la velocidad media fue de 2.0 km/h y la velocidad máxima del mismo 20 km/h.

DIRECCION	N	N-NE	NE-E	E-SE	SE-S	S-SW	SW-W	W-NW	NW-N
MINUTOS	0.00	0	0	450	25	0	0	0	0
HORAS	0.00	0.00	0.00	7.50	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00
%	0.00	0.00	0.00	31.25	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 3.2.1 Frecuencia de vientos

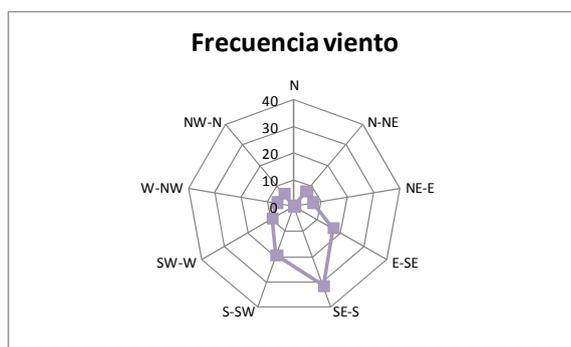


Figura 3.2.1: Frecuencia de vientos

##### Hidrodinamismo

El ADP fondeado en el emisario registró el día 14 de abril las siguientes frecuencias de corrientes como promedio de los 4 metros superficiales:

DIRECCION	N	N-NE	NE-E	E-SE	SE-S	S-SW	SW-W	W-NW	NW-N
MINUTOS	0.00	250	160	365	245	150	70	50	150
HORAS	0.00	4.17	2.67	6.08	4.08	2.50	1.17	0.83	2.50
%	0.00	17.36	11.11	25.35	17.01	10.42	4.86	3.47	10.42

Tabla 3.2.2: Frecuencia de corrientes

Velocidad media corrientes de agua

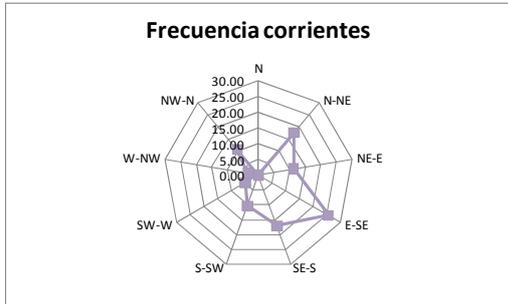


Figura 3.2.2 Frecuencia de corrientes

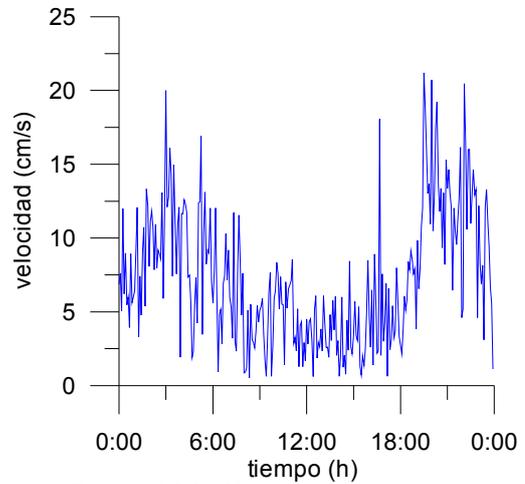


Figura 3.2.3 Velocidad media de la corriente

La dirección de la corriente dominante fue la E-SE aunque sufrió variaciones puntuales en la dirección N-NE.

### Aportaciones de aguas subterráneas

El flujo de agua subterránea que se está produciendo desde la unidad hidrogeológica del Subsistema de la Plana de Gandía-Denia se ha estimado a partir del balance de entradas y nutrientes del mismo realizado por el IGME para el periodo 1948-1983. El caudal de salida al mar promedio obtenido está comprendido entre los valores 3.0-10 m<sup>3</sup>/dia.m de playa.

### Temperatura

La temperatura superficial del agua varió, longitudinalmente desde PA1 a PA5, desde 16.6 °C a 15.7 °C, mientras que el fondo la variación fue de 15.7 °C a 14.7 °C

### Salinidad.

En superficie la salinidad varió de un mínimo de 36.6 g/kg medido en PA hasta 37.0 g/kg que se alcanzaron en PA3. En profundidad la gradación fue de 37.1 en PA 1 a 37.4 en PA 5.

Si realizamos perfiles verticales, el patrón de salinidad mantuvo un comportamiento similar en todos los puntos y se observa un ligero aumento con la profundidad.



## Nutrientes

A continuación se presenta la tabla resumen así como unos gráficos que representan los resultados de los análisis de nutrientes realizados.

	OD	Amonio	Nitritos	Nitratos	Nitratos + Nitritos	PSR	PT	Silicio
	mg/l	µM	µM	µM	µM	µM	µM	µM
PA	10.2	0.43	0.17	6.2	6.4	0.005	0.236823	4.2
PA0	9.4	0.20	0.16	7.6	7.8	0.005	0.172721	4.3
PA1S	10.6	0.15	0.18	7.4	7.6	0.005	0.194088	2.7
PA1F	9.1	0.05	0.2	6.6	6.8	0.005	0.183405	2.1
PA2S	8.0	0.27	0.17	6.8	6.9	0.005	0.236823	2.2
PA2F	7.4	0.21	0.15	4.3	4.4	0.005	0.065883	1.0
PA3S		0.11	0.18	7.2	7.4	0.005	0.172721	1.7
PA3-5	9.0	0.05	0.15	6.4	6.5	0.005	0.151353	1.8
PA3F	8.8	0.05	0.13	6.0	6.1	0.005	0.076567	2.0
PA4S	9.0	0.27	0.22	7.9	8.1	0.005	0.119302	9.3
PA4-5	8.6	0.16	0.16	4.9	5.0	0.005	0.14067	3.5
PA4-10	8.8	0.12	0.13	4.5	4.7	0.005	0.204772	4.0
PA4F	8.0	0.16	0.1	3.8	3.9	0.005	0.332977	3.6
PA5S	8.0	0.14	0.18	7.8	8.0	0.005	0.172721	8.5
PA5-5	6.9	0.05	0.15	4.1	4.2	0.005	0.172721	4.1
PA5-10	7.7	0.05	0.15	3.2	3.4	0.005	0.119302	9.4
PA5-15	8.0	0.05	0.1	3.1	3.2	0.005	0.14067	3.7
PA5F	7.0	0.27	0.11	2.9	3.1	0.005	0.258191	2.4

Tabla 3.2.3: Tabla resumen concentración de nutrientes y oxígeno disuelto en las estaciones de la playa L'Ahuir.

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

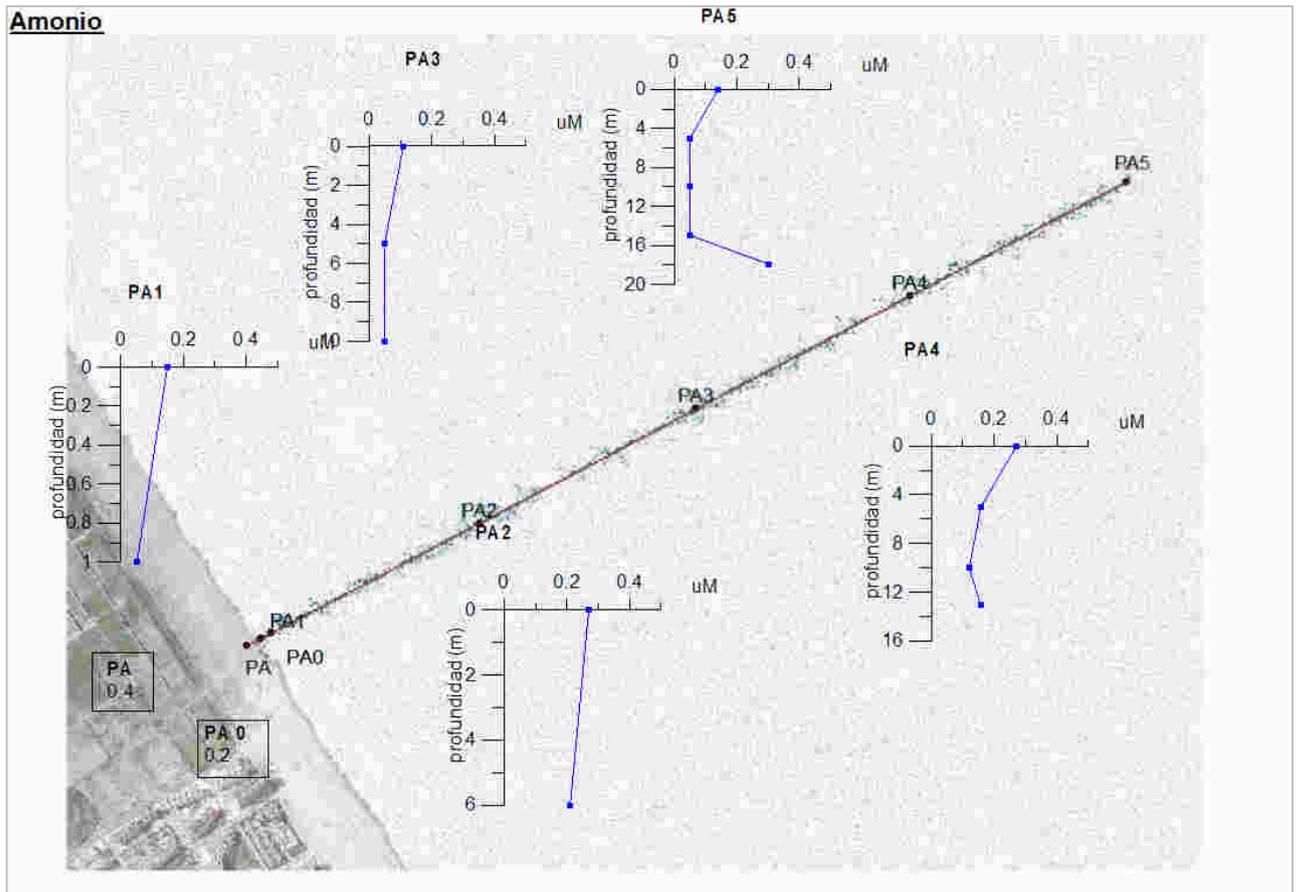


Figura 3.2.6 Perfiles verticales de amonio en las estaciones de la playa L'Ahuir

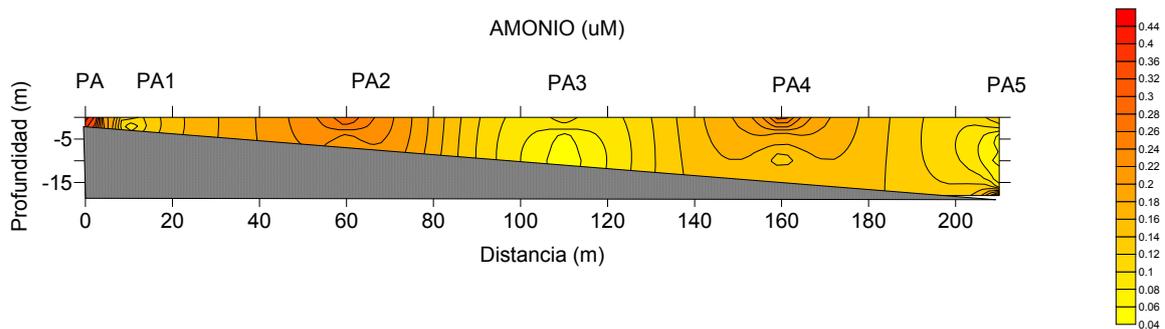


Figura 3.2.7 Distribución espacial de amonio en la playa L'Ahuir

Hasta el punto PA3 la concentración de amonio disminuyó con la profundidad pero en PA4 aumentó a partir de los 10 m y PA5 a partir de los 14. Existen 3 zonas donde la concentración alcanza valores máximos y son las correspondientes con PA, PA2 y PA4

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

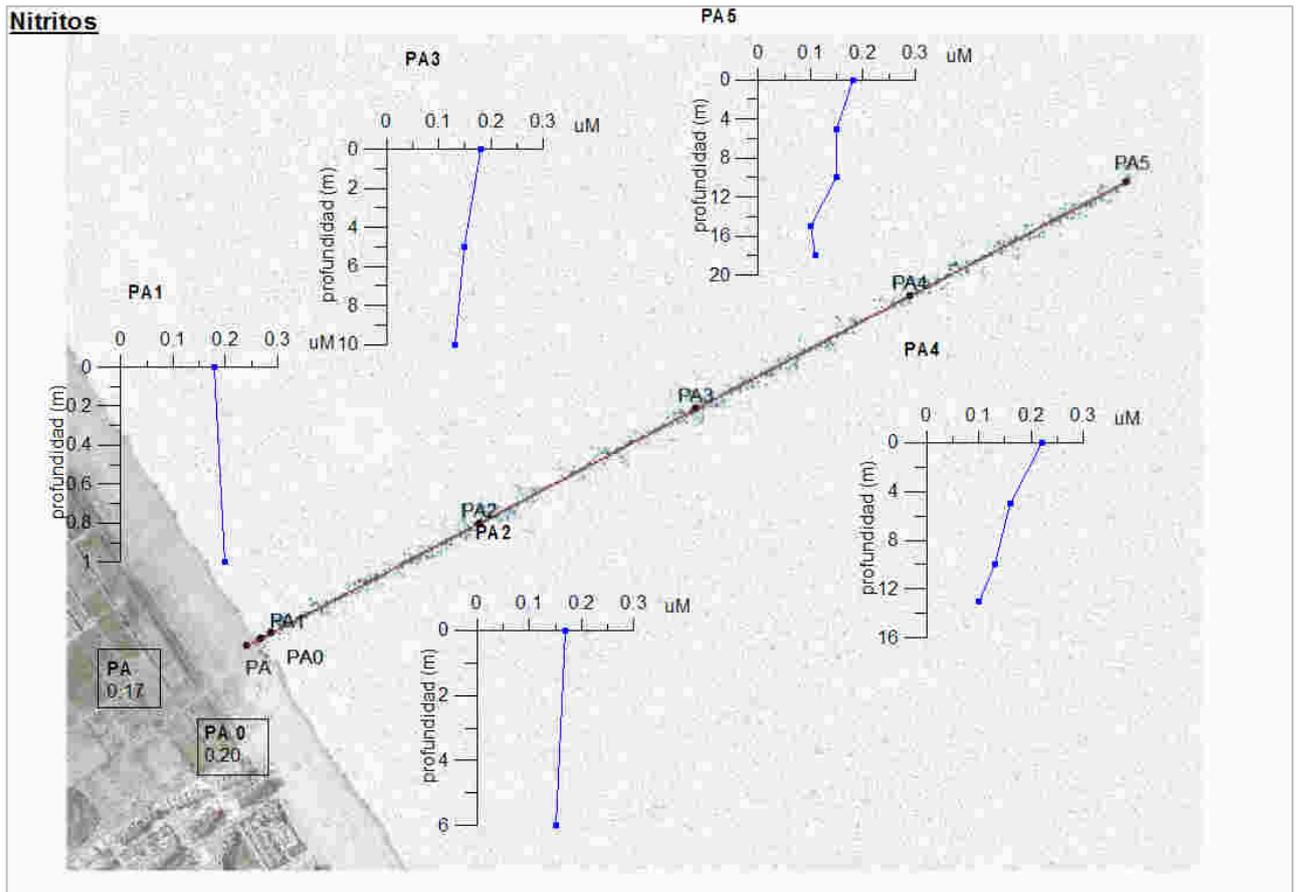


Figura 3.2.8 Perfiles verticales de nitritos en las estaciones de la playa L' Ahuir

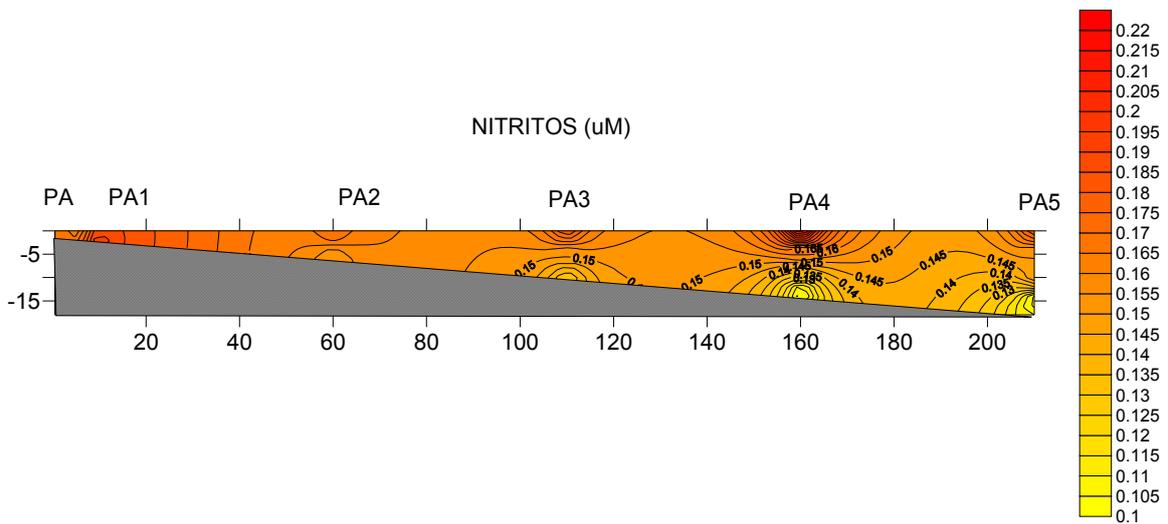


Figura 3.2.9 Distribución espacial de nitritos en la playa L' Ahuir

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

En PA1 la concentración de nitritos aumenta en profundidad pero a partir de este punto el comportamiento es el opuesto. Las máximas concentraciones se dan en la superficie PA4 y PA5.

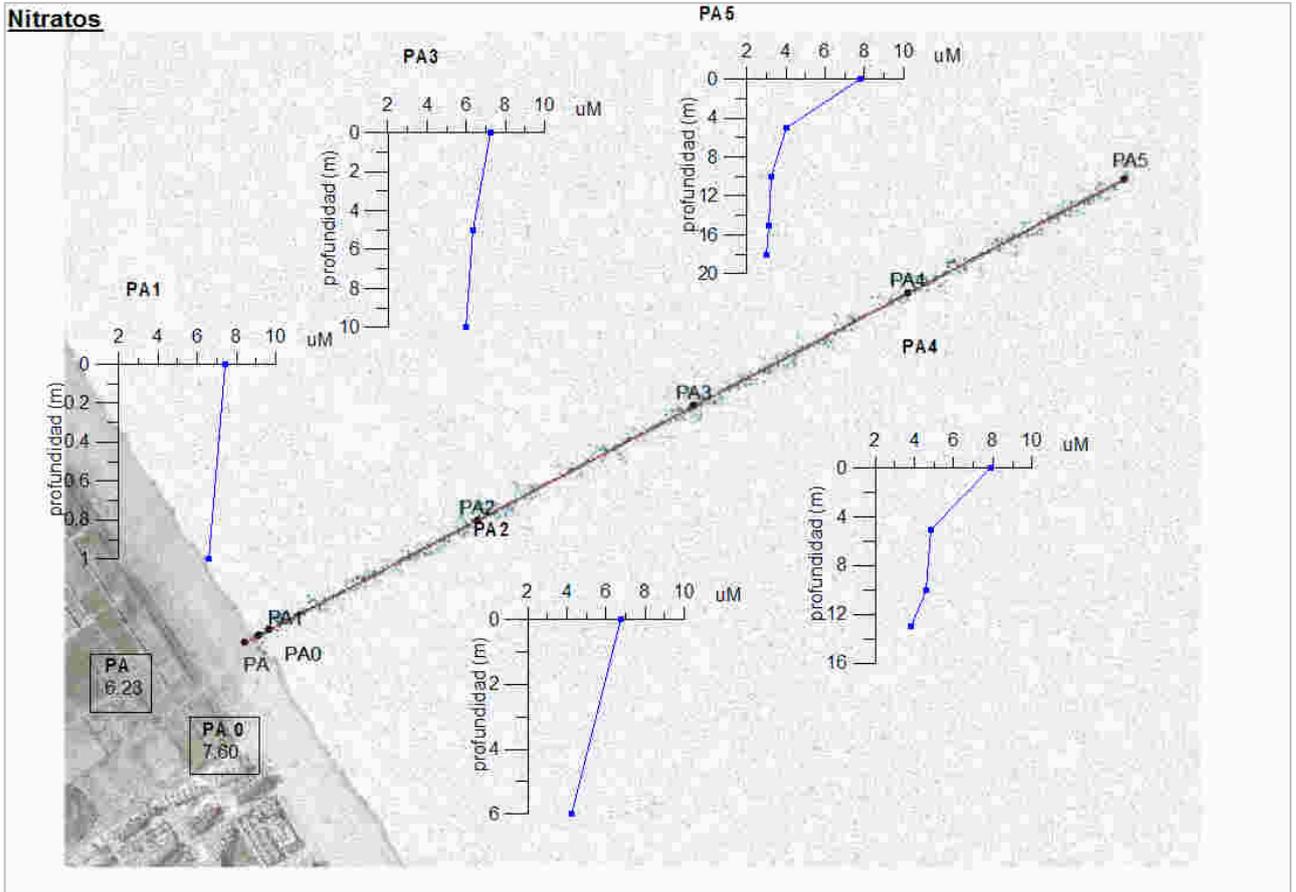


Figura 3.2.10 Perfiles verticales de nitratos en las estaciones de la playa L'Ahuir

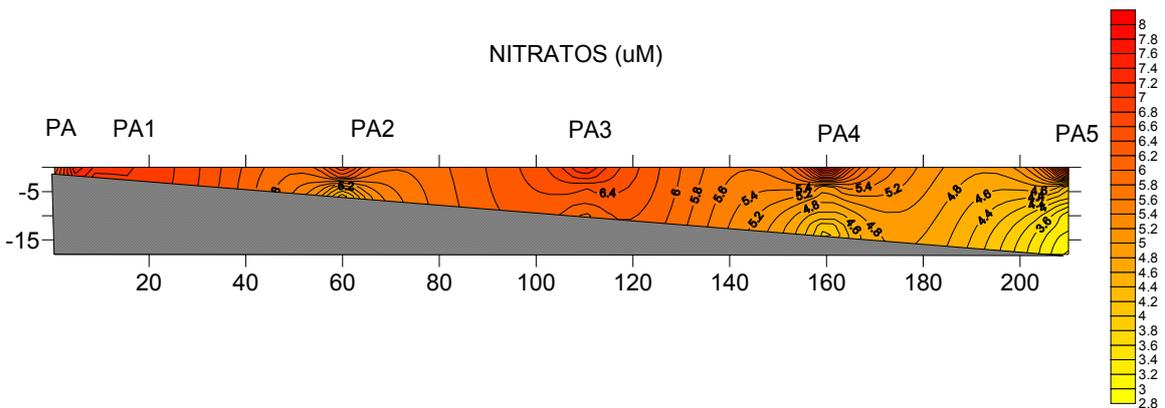


Figura 3.2.11 Distribución espacial de nitratos en la playa L'Ahuir

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

En todos los puntos se observa un patrón común en cuanto a la concentración de nitratos y es la disminución con la profundidad. Los valores máximos se encontraron en PA4 y PA5 en superficie.

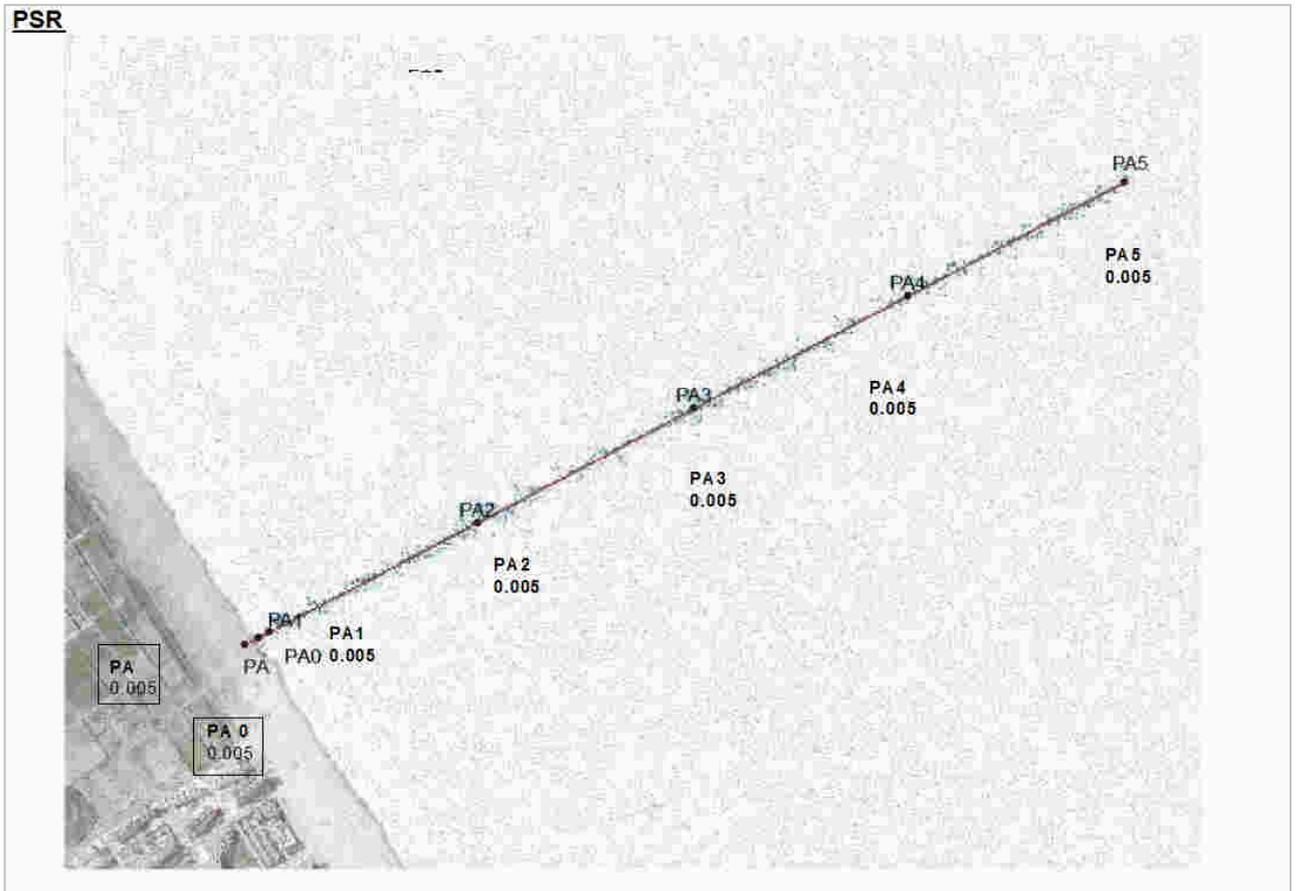


Figura 3.2.12 Perfiles verticales de fósforo soluble reactivo en las estaciones de la playa L'Ahuir

La concentración de fósforo soluble reactivo en este punto de la costa es muy baja, de hecho en todas las estaciones la concentración se encuentra por debajo del límite de detección.

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

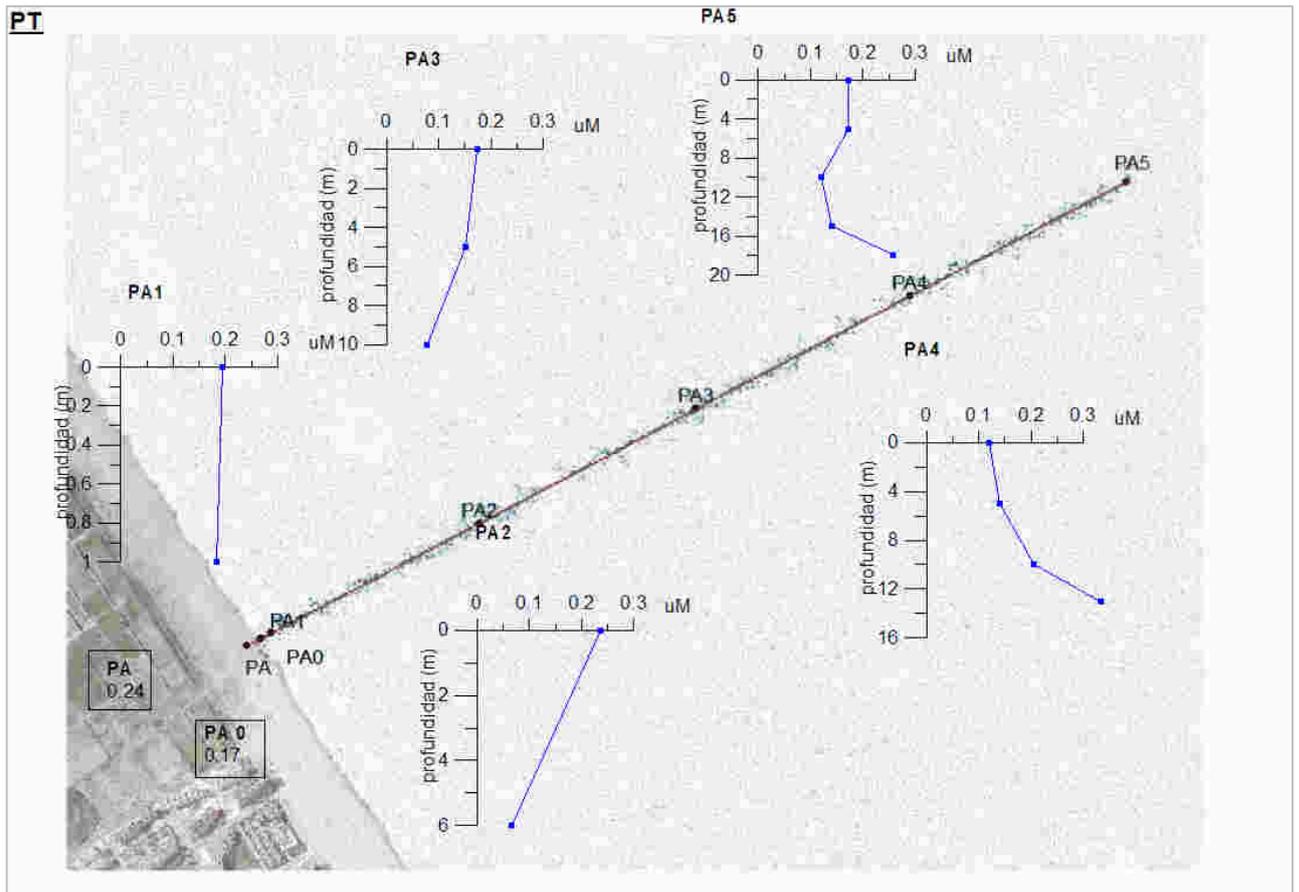


Figura 3.2.13 Perfiles verticales de fósforo total en las estaciones de la playa L'Ahuir

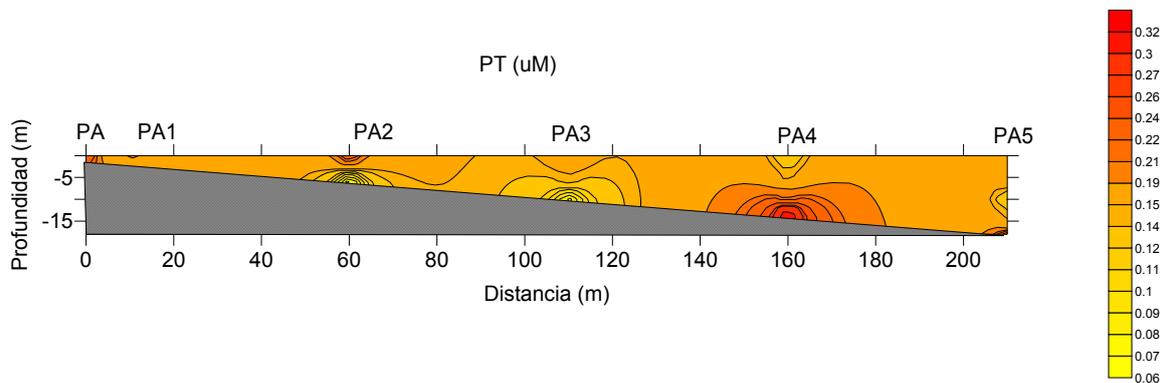


Figura 3.2.14 Distribución espacial de fósforo total en la playa L'Ahuir

Como hemos visto en la figura 3.2.12 la concentración de fósforo soluble reactivo es muy baja por lo que prácticamente todo el fósforo total medido es de origen biológico. Los valores máximos se alcanzaron en PA2 en superficie y en PA4 fondo.

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

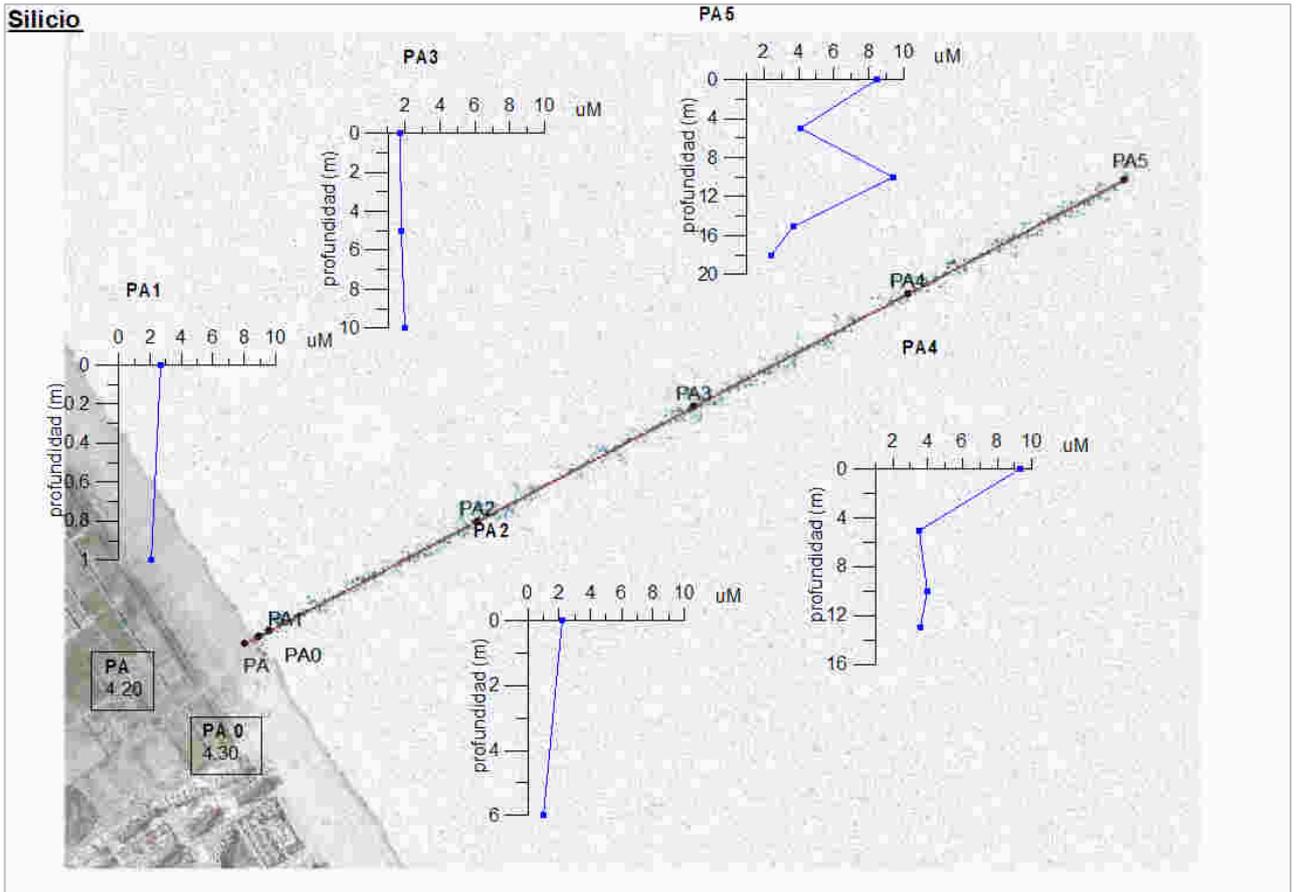


Figura 3.2.15 Perfiles verticales de ác. ortosilícico en las estaciones de la playa L’Ahuir

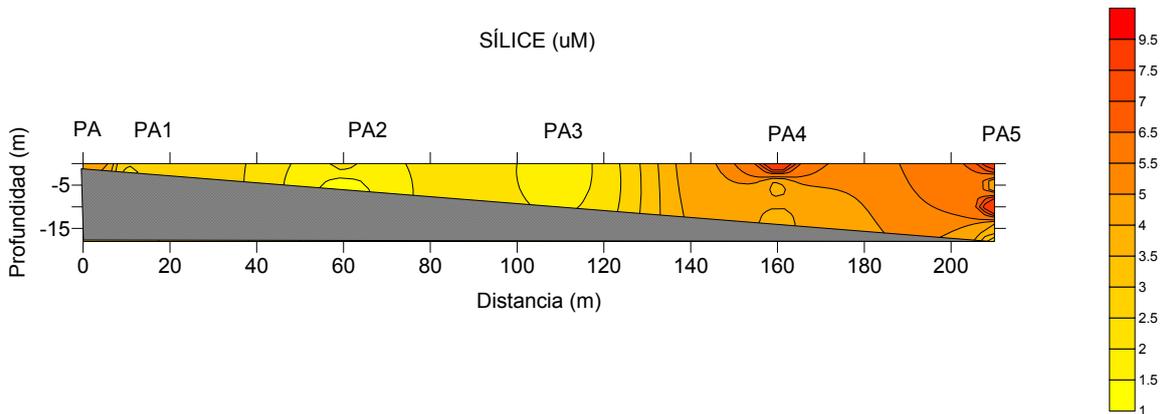


Figura 3.2.16 Distribución espacial de ác. ortosilícico en la playa L’Ahuir

En PA y PA0 se alcanzan valores de 4.20-4.30 µM respectivamente algo que puede justificarse por los aportes de aguas subterráneas en esa zona, el valor desciende en PA1 hasta 2.5 µM y oscila en torno a 2 µM en PA2 y PA3, disparándose hasta 9 µM en PA4 y PA5 superficial, en ambos puntos

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

desciende hasta los 5m de profundidad donde alcanza un valor de 3  $\mu\text{M}$ , a partir de esta profundidad el comportamiento en la columna de agua es diferente en un punto y en otro y ambos a unos 15 m de profundidad vuelven a tener valores de 3  $\mu\text{M}$ .

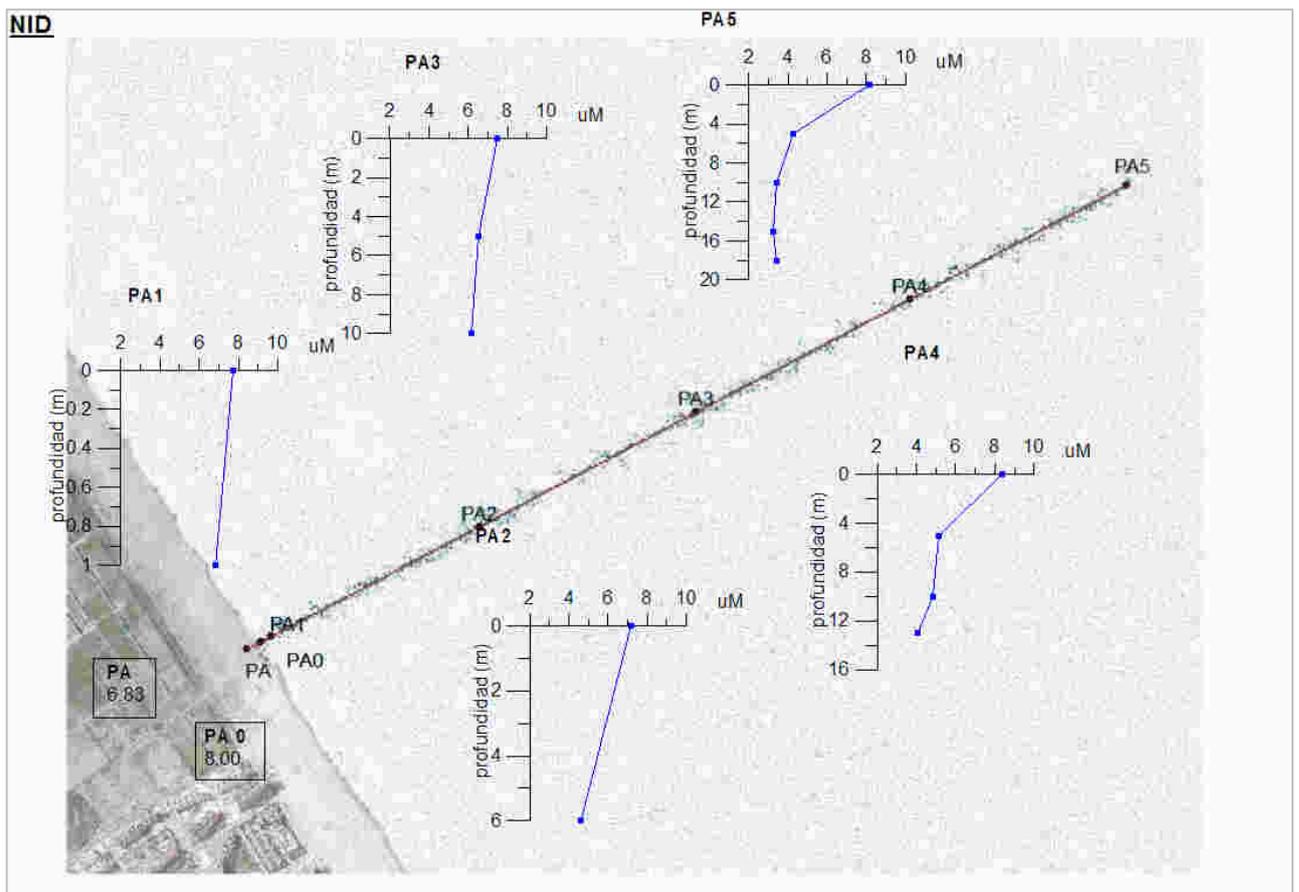


Figura 3.2.16 Perfiles verticales de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) en las estaciones de la playa L'Ahuir

Como se comentó en el apartado 3.2 el NID es la suma de amonio, nitritos y nitratos. En la zona de muestreo 2 ocurre igual que en la zona de muestreo 1 y el NID viene determinado fundamentalmente por la concentración de nitrato aunque los valores alcanzados son muy inferiores a los que se daban en el puerto.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

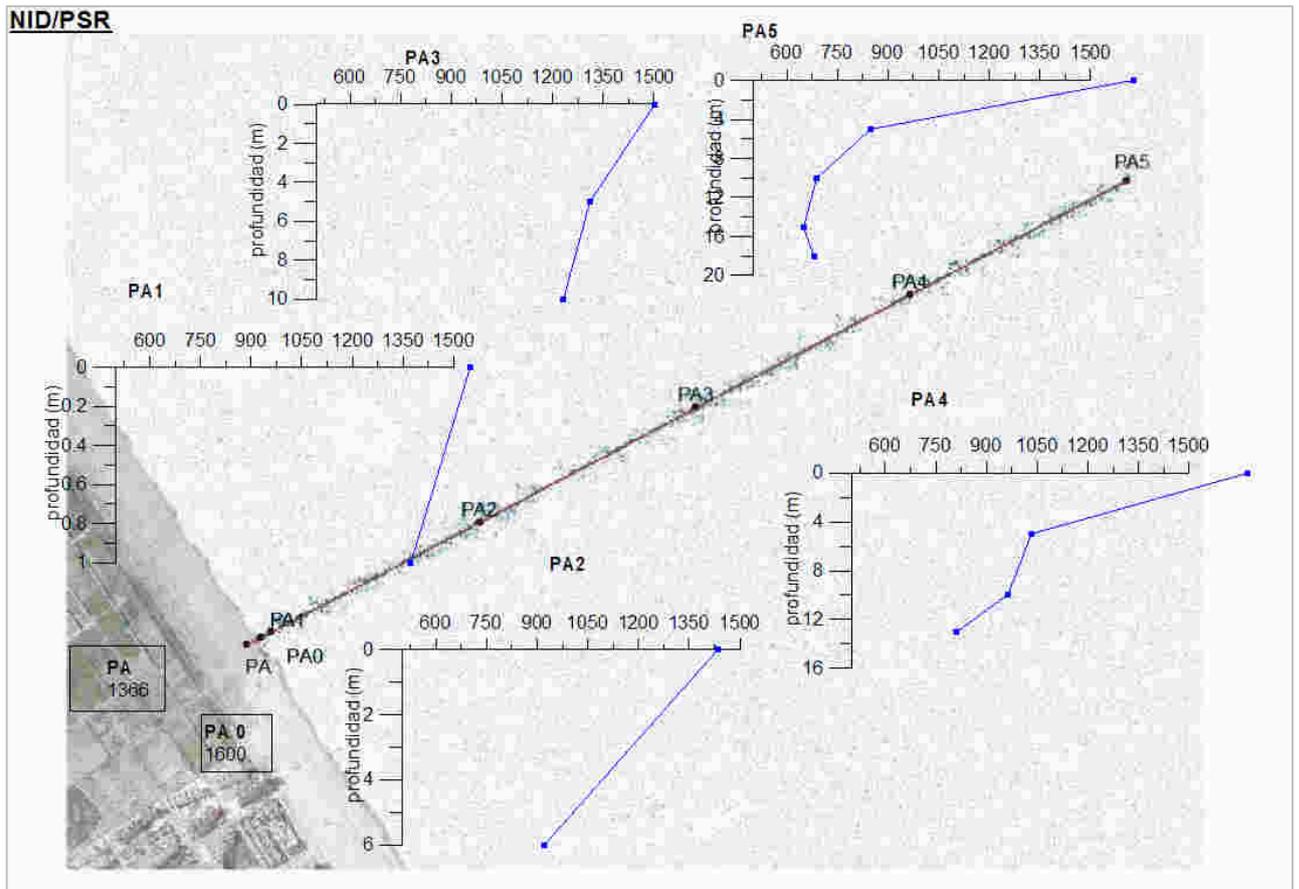


Figura 3.2.17 Perfiles verticales de la relación N:P en las estaciones de la playa L'Ahuir

Según Justic et al (1995) si la relación N:P es mayor que 22 el limitante es el fósforo algo que ocurre en todos los puntos independientemente de la profundidad.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

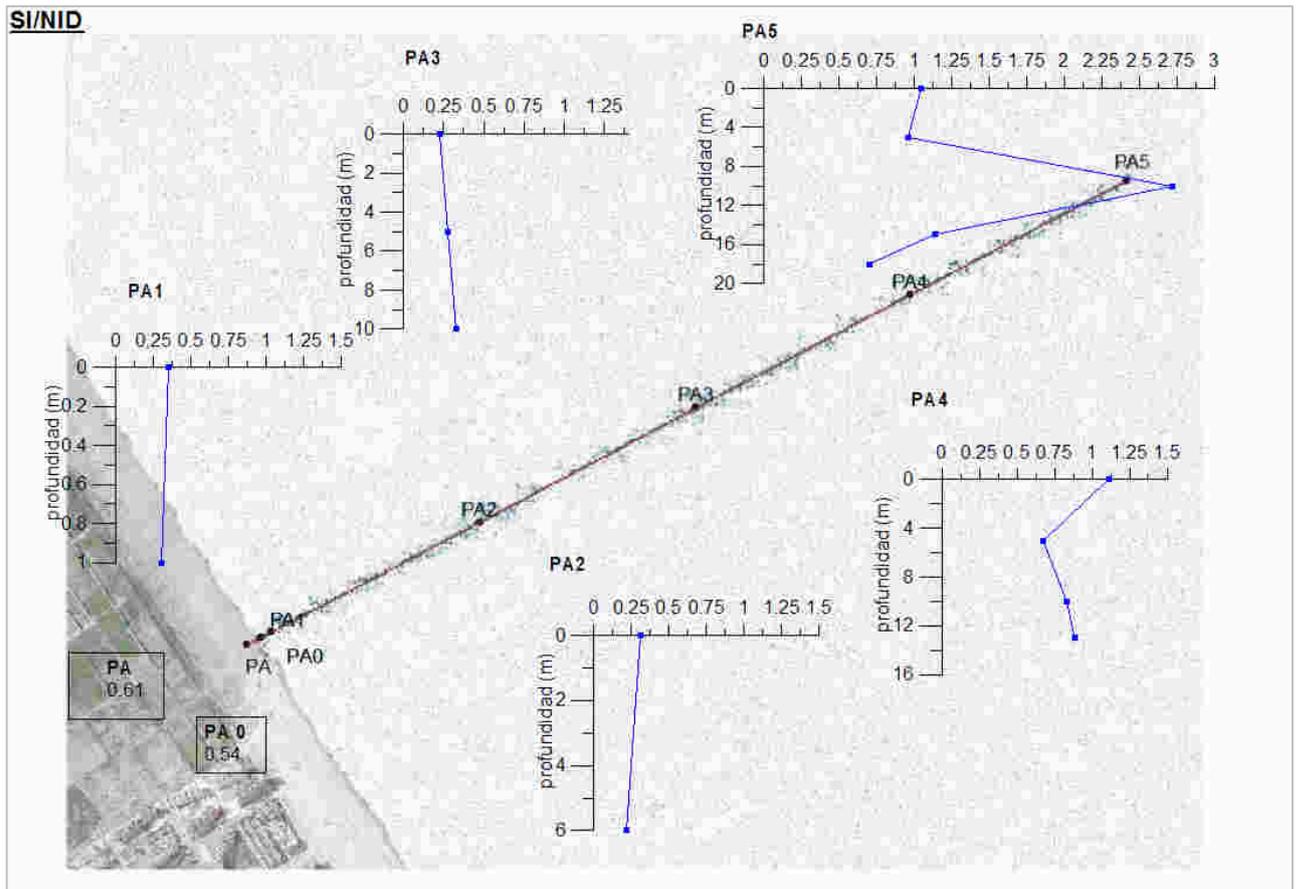


Figura 3.2.18 Perfiles verticales de la relación Si:N en las estaciones de la playa L' Ahuir

Si la relación Si:N es menor que 1 el sílice es limitante (Justic et al., 1995). En este muestreo el sílice siempre es limitante a excepción de la superficie de PA4 donde la relación disminuyó drásticamente hasta los 5 metros y luego volvió a aumentar sin llegar a 1 pero sí aproximándose mucho. También en PA5 superficial el valor superó la unidad por lo que en ese punto el limitante era el nitrógeno y no el sílice algo que se repitió a 10 y 15 metros de profundidad

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

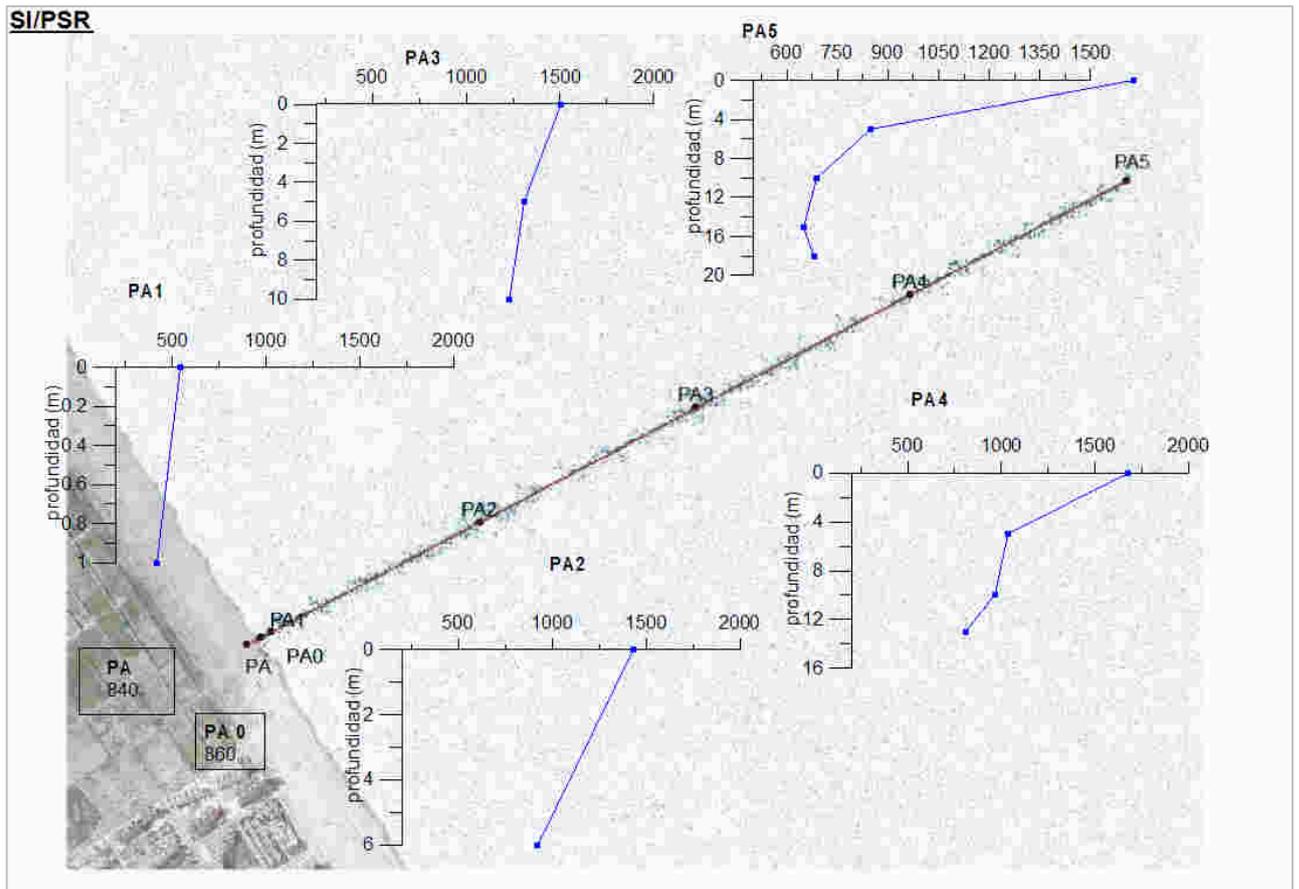


Figura 3.2.19 Perfiles verticales de la relación Si:PSR en las estaciones de la playa L'Ahuir

En todo el transeco la relación Si:P es mayor que 22, por lo que siempre es limitante el fósforo si aplicamos el criterio de Justic et al. (2005).

### Sólidos en suspensión

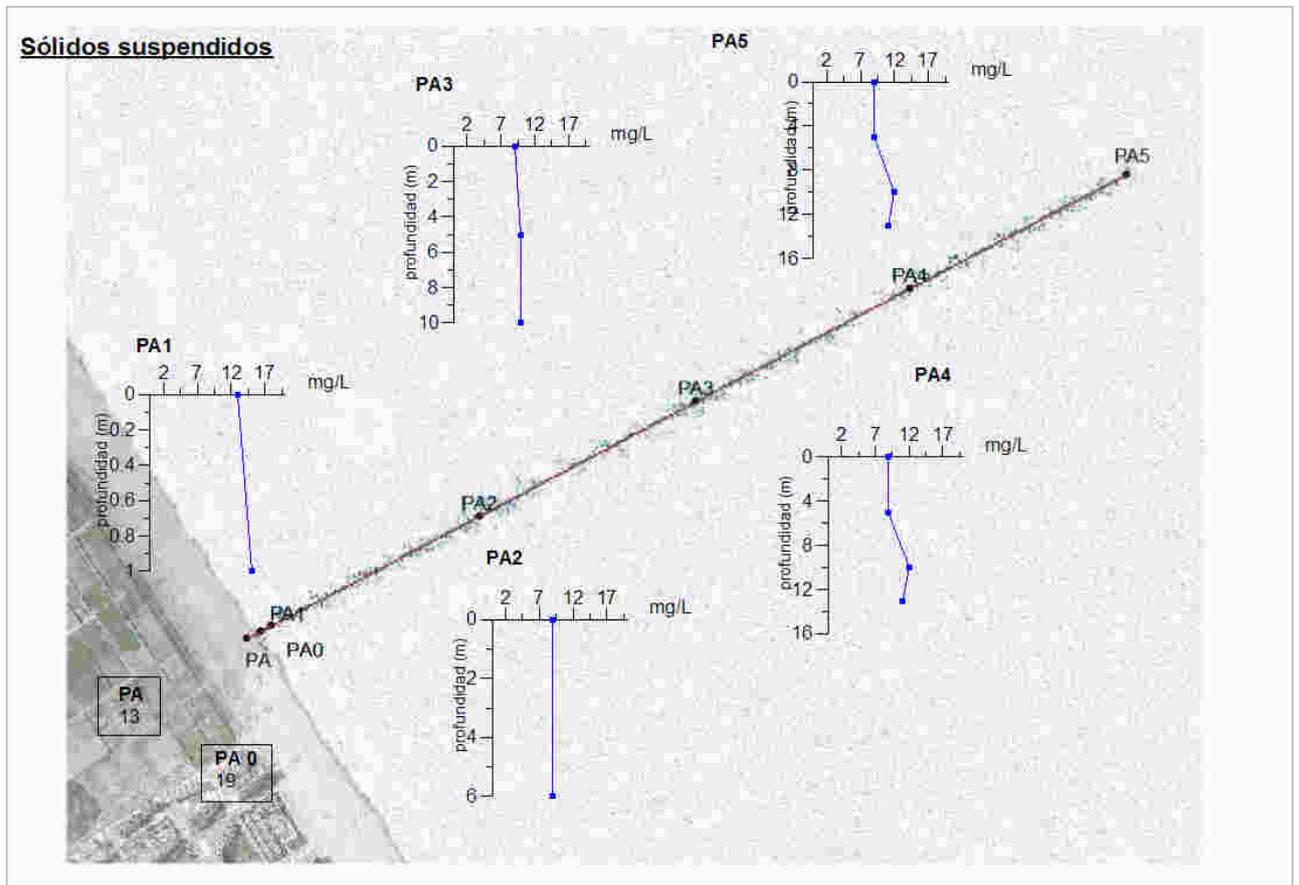


Figura 3.2.20 Perfiles verticales de sólidos en suspensión en las estaciones de la playa L'Ahuir

Los sólidos en suspensión presentan valores mayores en los puntos más próximos a la costa (PA, PA0, PA1), a partir de PA2 los valores se mantienen constantes longitudinalmente y en profundidad.

## Oxígeno Disuelto

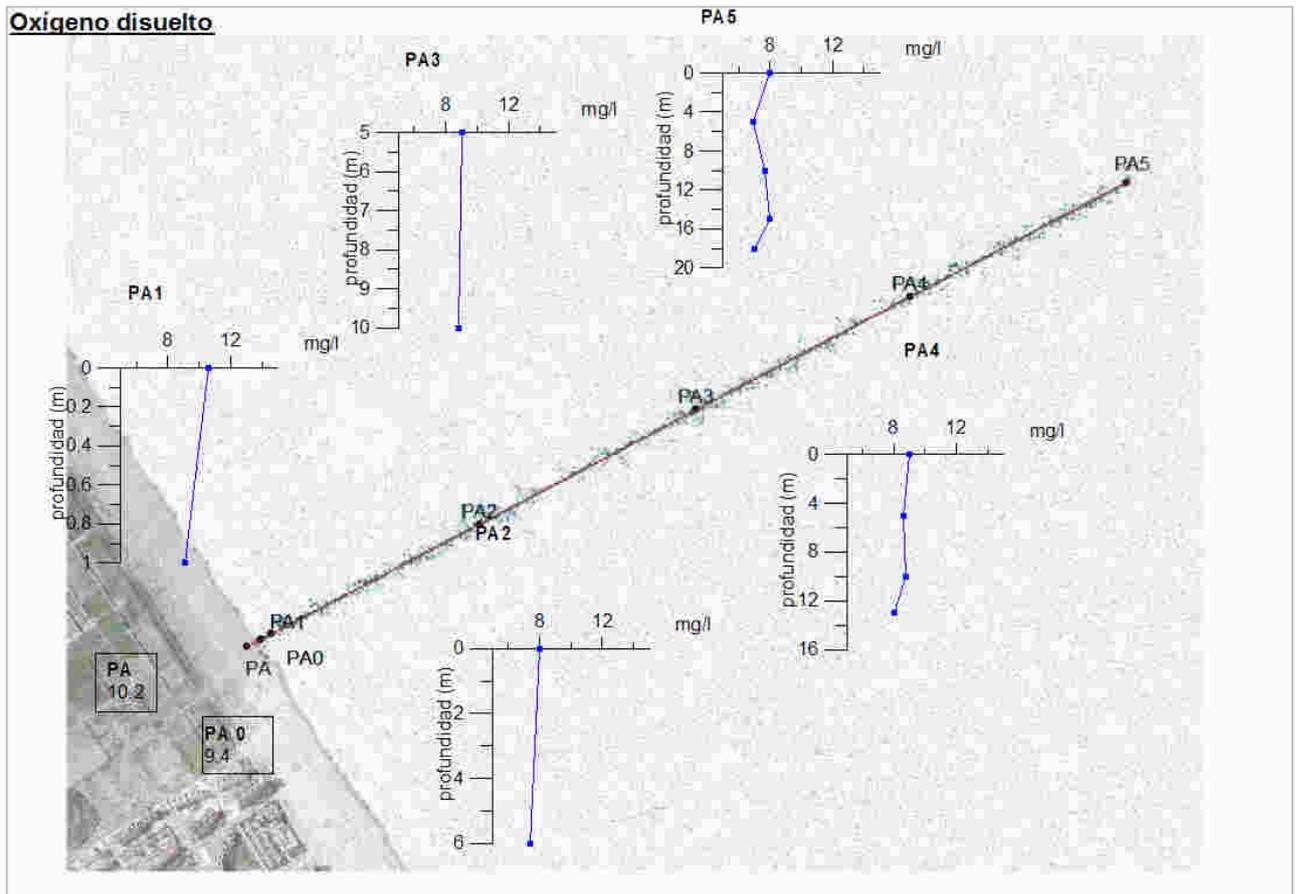


Figura 3.2.21 Perfiles verticales de oxígeno disuelto en las estaciones de la playa L'Ahuir

La concentración de oxígeno disuelto es mayor en la zona próxima a la costa por la aireación producida por el oleaje. Los valores más bajos se dan en PA2. En general, el valor varía en torno a los 8 mg/l.

**Clorofila a**

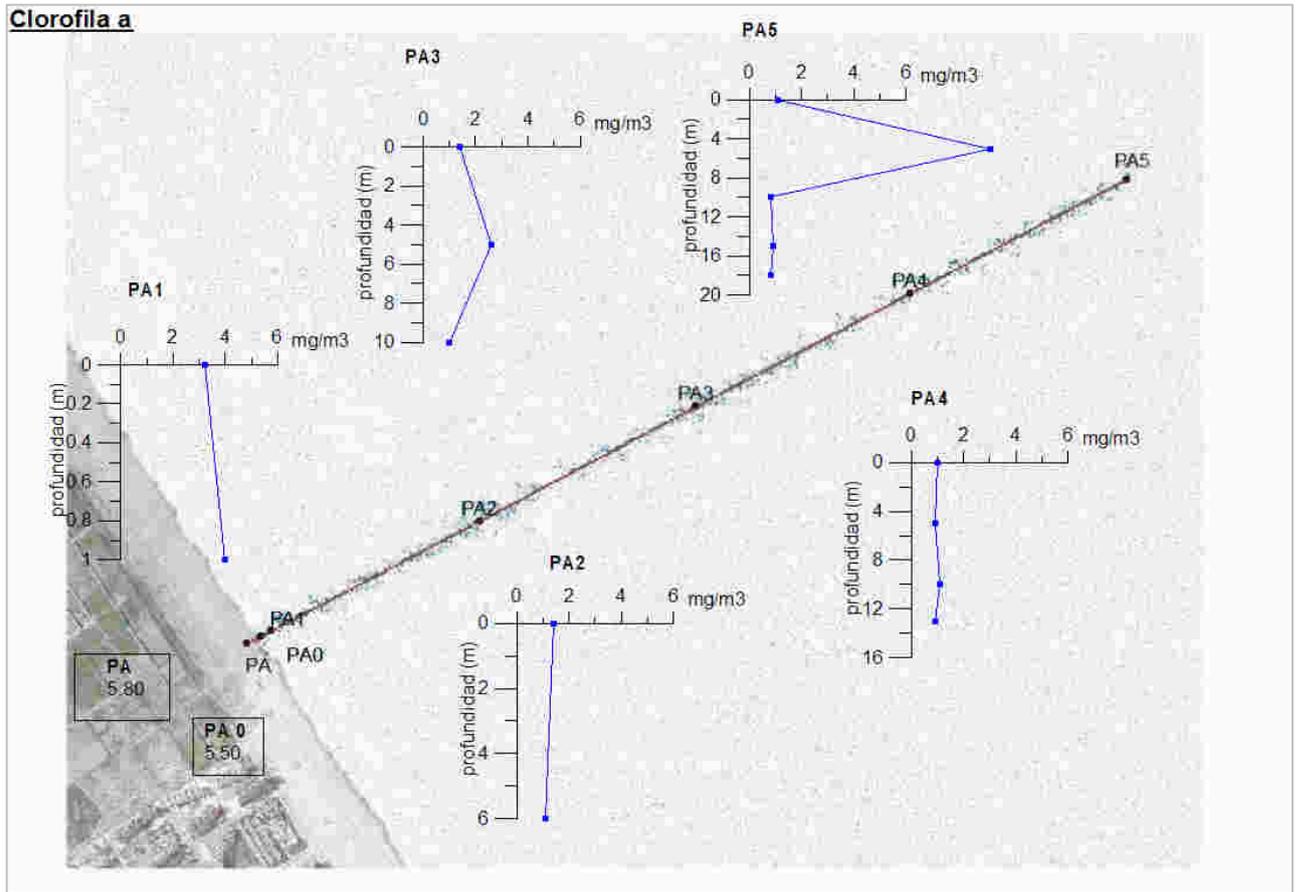


Figura 3.2.22 Perfiles verticales de clorofila *a* en las estaciones de la playa L'Ahuir

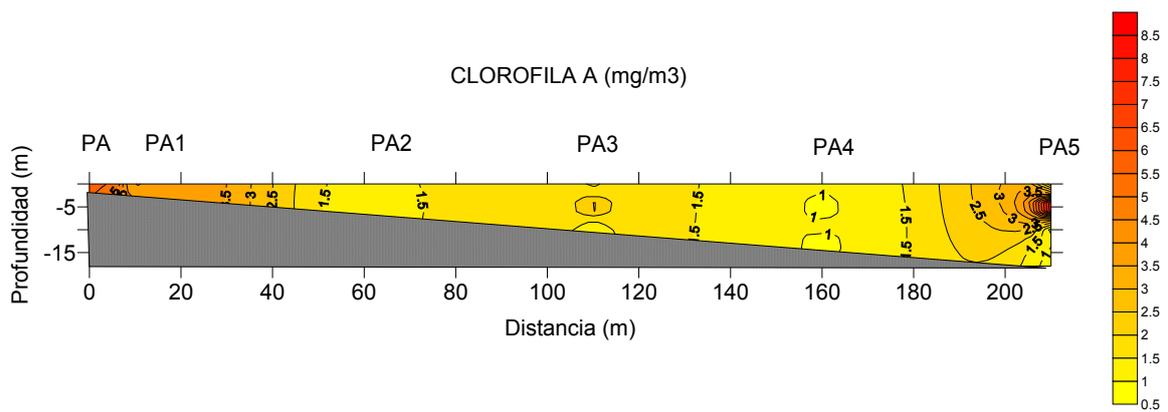


Figura 3.2.23 Distribución espacial de clorofila *a* en la playa L'Ahuir

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

Los valores más elevados en cuanto a concentración de clorofila *a* se dan en PA, PA0 y PA1. Y los más bajos en PA4 y PA5 aunque PA5 presenta un pico a 5 m de profundidad. Se obtuvo una correlación positiva entre todas las sales de nitrógeno y la clorofila *a*.

**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTONICA**

	Células totales	Diatomeas	Cocolitoforales	nanoflagelados	cryptophyceae	Dinophyceae	Raphidophyceae
<b>PUNTO</b>	(cel/L)						
PA	12550	568	187	9975	187	324	187
PA0	11602	3244	187	6488	187	187	187
PA1S	16013	4298	187	9327	187	406	487
PA1F	24310	12165	187	10056	187	187	406
PA2S	11034	1217	187	7948	187	187	187
PA2F	16930	8516	187	6001	187	187	730
PA3S	12226	3812	187	6083	187	649	187
PA3-5	15202	1298	187	11354	187	187	649
PA3F	13467	7461	187	4136	187	187	187
PA4S	18171	9408	187	6894	187	187	187
PA4-5	26038	15814.5	187	8353	187	187	187
PA4-10	16063	8353.3	187	5839	187	187	187
PA4F	22632	12571	187	8191	187	187	187
PA5S	17416	9894	187	5190	187	187	649
PA5-5	19038	7623	187	8921	187	187	811
PA5-10	20904	9408	187	9083	187	187	730
PA5-15	12388	3406	187	6569	187	187	730
PA5F	11983	3487	187	6326	187	187	487

	Chrysophyceae	Dictyophyceae	Prymnesiophyceae	Euglenophyceae	Chlorophyceae	Prasinophyceae	Cianobacterias
<b>PUNTO</b>							
PA	187	187	187	187	187	187	192123
PA0	187	187	187	187	187	187	157345
PA1S	187	187	187	187	187	187	172539
PA1F	187	187	187	187	187	187	111087
PA2S	187	187	187	187	187	187	124593
PA2F	187	187	187	187	187	187	201239
PA3S	187	187	187	187	187	187	117840
PA3-5	187	187	187	187	406	187	124931
PA3F	187	187	187	187	187	187	246147
PA4S	187	187	187	187	187	187	180980
PA4-5	187	187	187	187	187	187	112100
PA4-10	187	187	187	187	187	187	115814
PA4F	187	187	187	187	187	187	100957
PA5S	187	187	187	187	187	187	156670
PA5-5	187	187	187	187	187	187	189084
PA5-10	187	187	187	187	187	187	109736
PA5-15	187	187	187	187	187	187	122567
PA5F	187	187	187	187	187	187	253238

Tabla 3.2.4: Tabla resumen concentración de células fitoplanctónicas

### Composición por puntos de muestreo

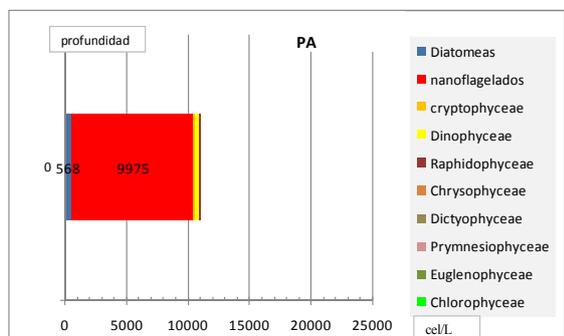


Figura 3.2.24 Composición fitoplanctónica PA

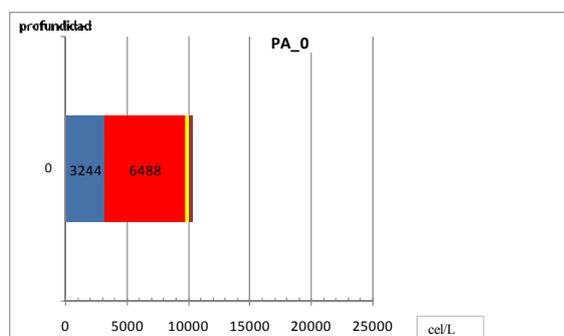


Figura 3.2.25 Composición fitoplanctónica PA0

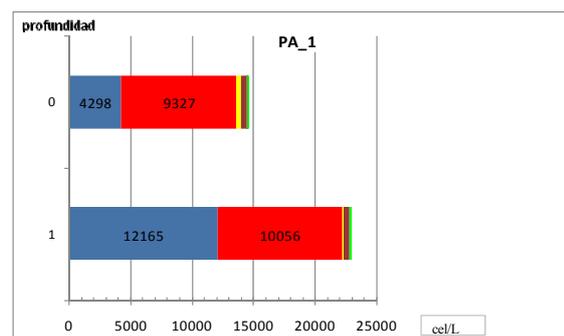


Figura 3.2.26 Composición fitoplanctónica PA1

En los puntos próximos a la orilla (PA y PA0) predominan los nanoflagelados y el número de células totales es el más bajo de todo el transecto y está en torno a 10000 cel/L

En PA1 a 1 metro de profundidad el número de células totales aumentó hasta 25000 cel/L. En superficie dominan los nanoflagelados y aparecen bajas concentraciones de dinoflagelados. En el fondo las diatomeas triplican su concentración con respecto a la superficie y debido a esto se produce un aumento importante de células totales. Se dan también bajas concentraciones de clorofíceas y rafidofíceas.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

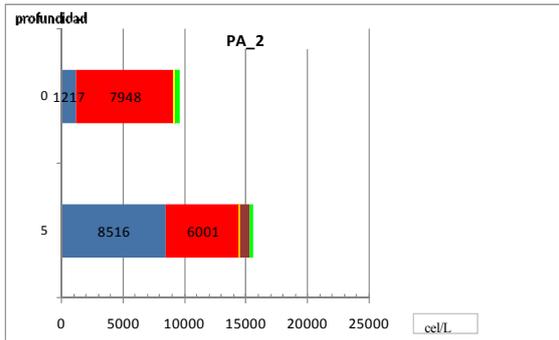


Figura 3.2.27 Composición fitoplanctónica PA2

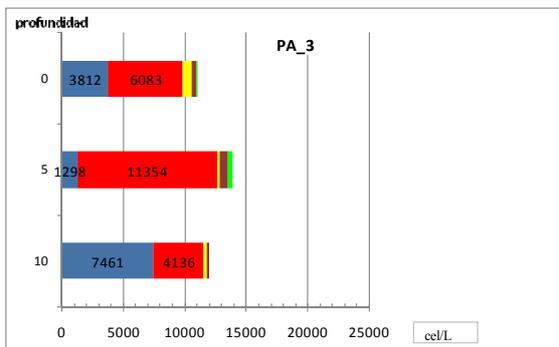


Figura 3.2.28 Composición fitoplanctónica PA3

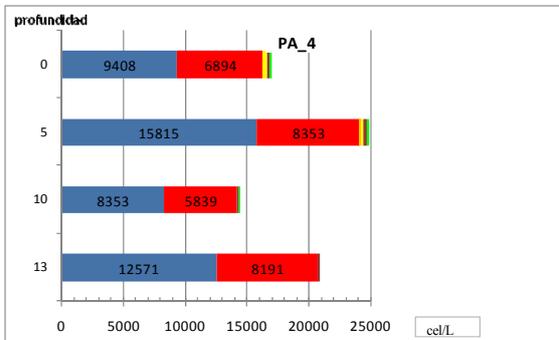


Figura 3.2.29 Composición fitoplanctónica PA4

En PA2 la concentración de células totales también es mayor en profundidad (5 m) y también es debida a un aumento en la concentración de diatomeas que multiplicaron su concentración por 7. Disminuye la concentración de flagelados con respecto a PA1. Bajas concentraciones de clorofíceas y rafidofíceas, pero estas últimas solo aparecen en el fondo y aparecen pocas células de dinoflagelados en superficie y el número de células totales es aproximadamente de 15000cel/L.

En PA3 el número de células totales está en torno a 10000 cel/L y el valor más elevado se alcanza a 5 m de profundidad. Aparecen dinoflagelados principalmente en superficie (650 cel/L). A 0 y 5 m dominan los nanoflagelados pero a 10 m dominan las diatomeas. Aparecen clorofíceas y rafidofíceas en bajas concentraciones a 5 m.

En PA4 la concentración de células totales aumentó hasta 25000 cel/L a 5 m de profundidad. Dominio de diatomeas frente a los nanoflagelados, disminución de la concentración de clorofíceas y rafidofíceas que aparecen hasta los 10 m de profundidad. Los dinoflagelados aparecen únicamente en superficie.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

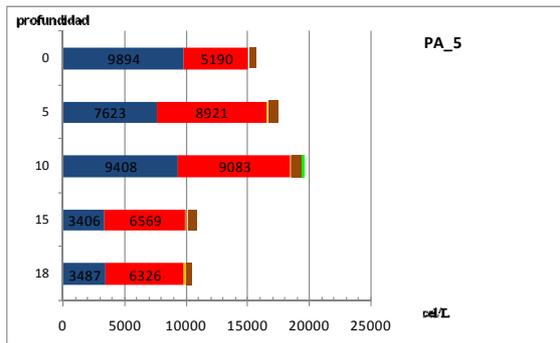


Figura 3.2.30 Composición fitoplanctónica PA5

**Composición por profundidad**

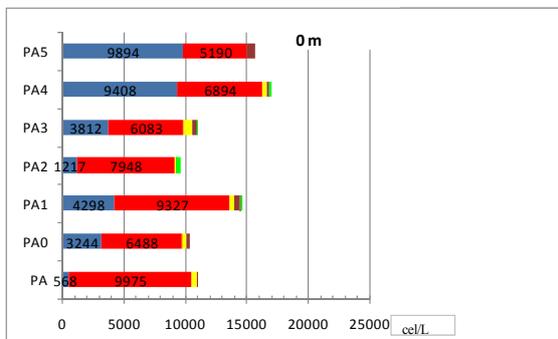


Figura 3.2.31 Composición fitoplanctónica 0 m

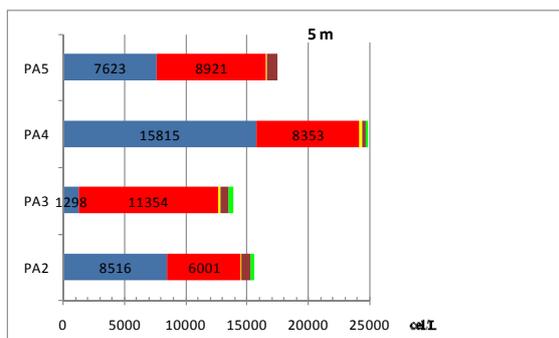


Figura 3.2.32 Composición fitoplanctónica 5 m

En PA5 el número de células totales disminuye con respecto a PA4. El máximo se alcanza a 10 m y es de 20000 cel/L. A 0 y 5 m dominan las diatomeas mientras que a los 10 m se igualan diatomeas y nanoflagelados. A 15 y 18 m dominan los nanoflagelados.

En superficie a excepción de PA5, donde no hay, en todos los puntos aparecen bajas concentraciones de dinoflagelados. En general; salvo PA2, las diatomeas aumentan su concentración a lo largo del transecto y el mayor aumento se da en PA4.

A 5m el mayor número de células se da en PA4 seguido de PA5. Destacar que en PA4 la concentración de diatomeas duplica la de PA5.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

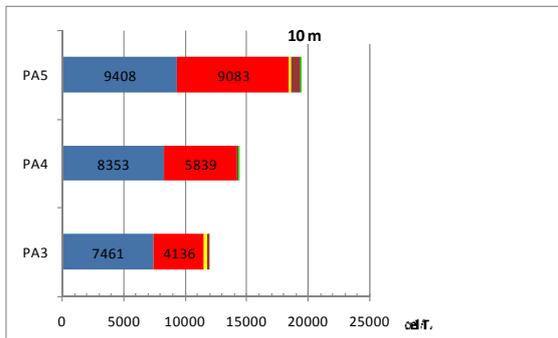


Figura 3.2.33 Composición fitoplanctónica 10 m

A 10 m de PA3 a PA5 se produce un aumento de células totales por incremento tanto de diatomeas como de nanoflagelados.

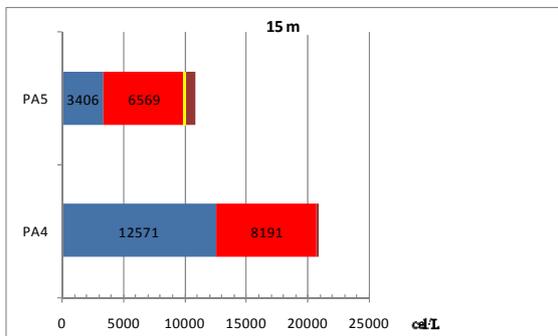


Figura 3.2.34 Composición fitoplanctónica 15 m

A 15 m el número de células, diatomeas y nanoflagelados disminuye al comparar PA4 y PA5.

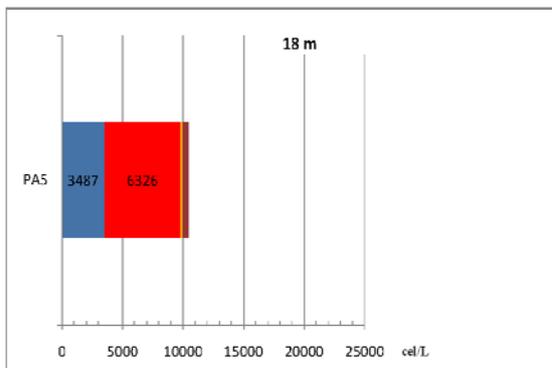


Figura 3.2.35 Composición fitoplanctónica 18 m

A 18 m la concentración de células es baja (10000 cel/L) la concentración de nanoflagelados duplica la de diatomeas.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

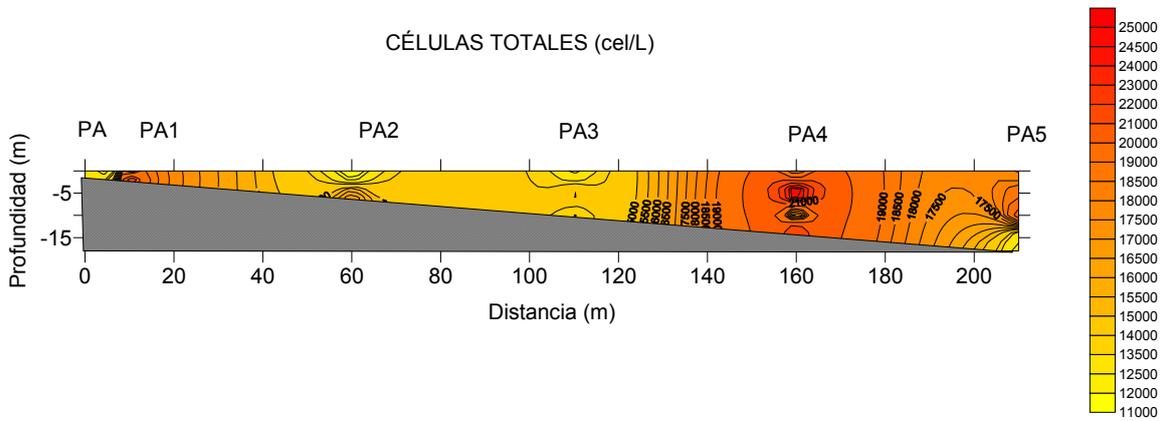


Figura 3.2.36 Distribución espacial de células totales de fitoplancton en la playa L' Ahuir

Las máximas concentraciones de células se dan en PA1 y PA4

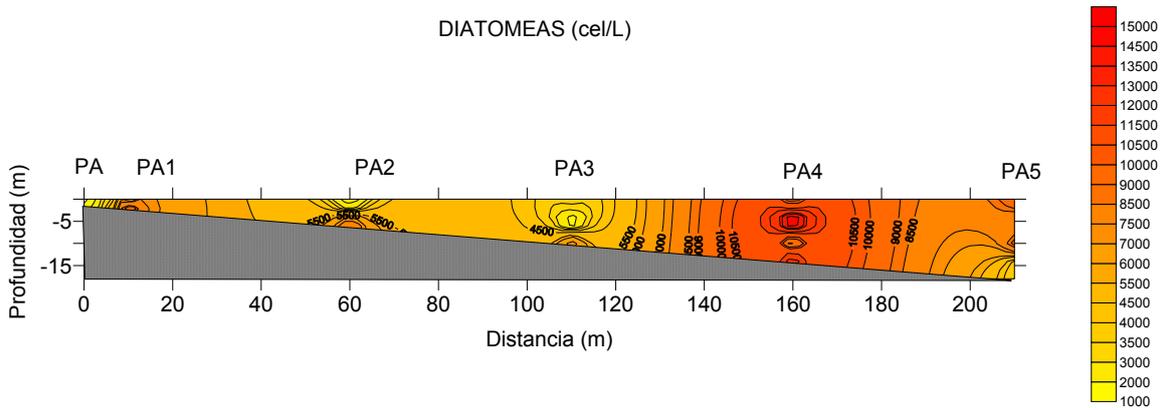


Figura 3.2.37 Distribución espacial de diatomeas en la playa L' Ahuir

Las concentraciones más elevadas se dan en PA1 y PA4 coincidiendo con los máximos de células totales. Comentar que rápidos crecimientos en diatomeas han sido altamente correlacionados con grandes y/o frecuentes adiciones de de nitrato, en parte porque tienen adaptaciones fisiológicas que les permiten explotar condiciones ricas en nitratos (Anderson et al. 2002) y en esta zona se están produciendo aportes de aguas subterráneas ricas en nitratos por los cultivos llevados a cabo en la marjal. En la zona de surf (proximidades PA1) también se observa un aumento de la concentración algo que puede ser debido a que según Levasseur et al., (1984) el aumento de la agitación favorece el crecimiento de las diatomeas al disminuir su tasa de sedimentación y producir la resuspensión de las esporas de resistencia.

Si nos centramos en PA4 se ve un incremento claro de la concentración a 5 m de profundidad. Si comparamos con las gráficas de sílice (fig.3.2.15) de PA4 y PA5 vemos una relación inversa

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

debida a la asimilación de Si por parte de las diatomeas. Las células totales presentan correlación significativa con un único grupo que son las diatomeas y esta correlación es del orden de 0.924.

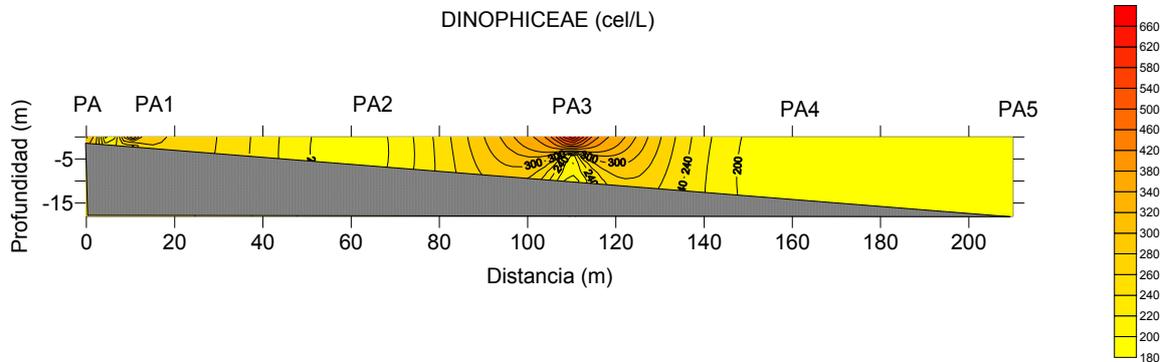


Figura 3.2.38 Distribución espacial de dinoflagelados en la playa L'Ahuir

La máxima concentración de dinoflagelados se da en la superficie de PA3, zona en la que los valores de diatomeas son menores. Las dinofíceas presentan correlación inversa con la profundidad, de hecho, según Soler (1996) los porcentajes de este grupo tienden a descender mar adentro y en profundidad, del mismo modo que disminuyen las concentraciones de los nutrientes.

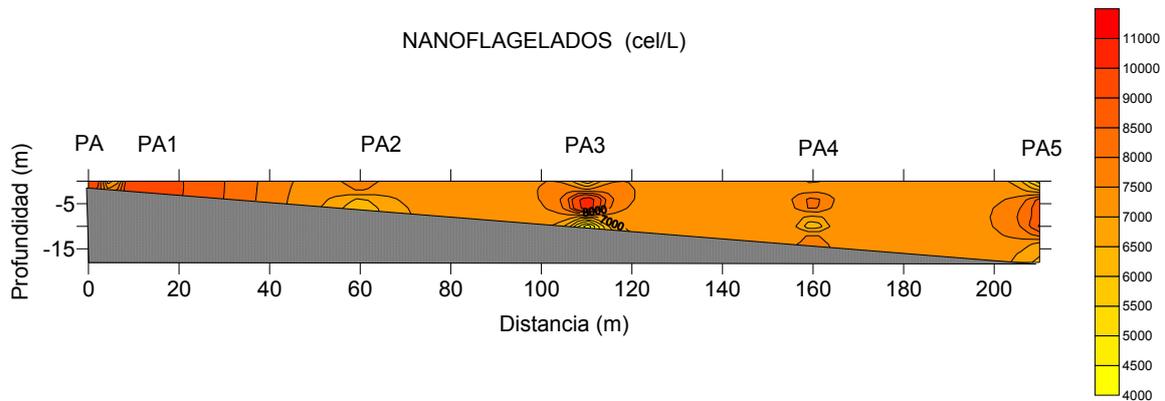


Figura 3.2.39 Distribución espacial de nanoflagelados en la playa L'Ahuir

Los nanoflagelados es un grupo muy heterogéneo que presenta una distribución más uniforme a lo largo del transecto que el resto de grupos de fitoplancton.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

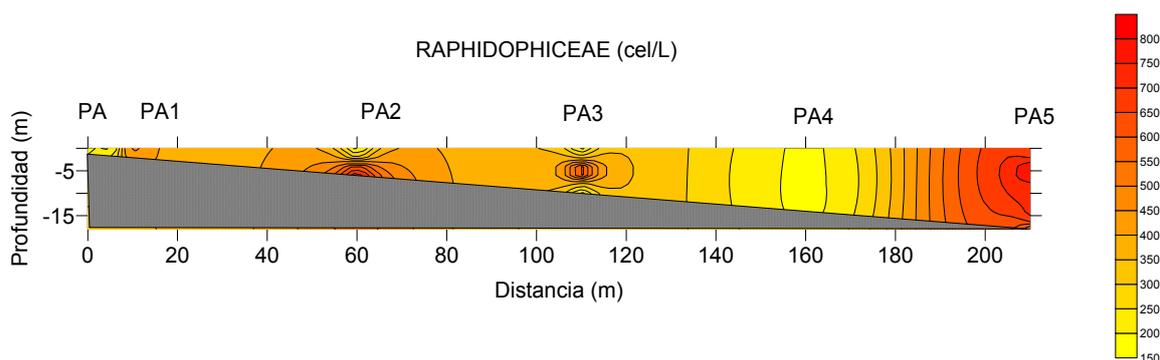


Figura 3.2.40 Distribución espacial de rafidofíceas en la playa L'Ahuir

Las rafidofíceas contadas en este muestreo son características de ambientes marinos, su concentración es máxima en PA5 y mínima en PA4.

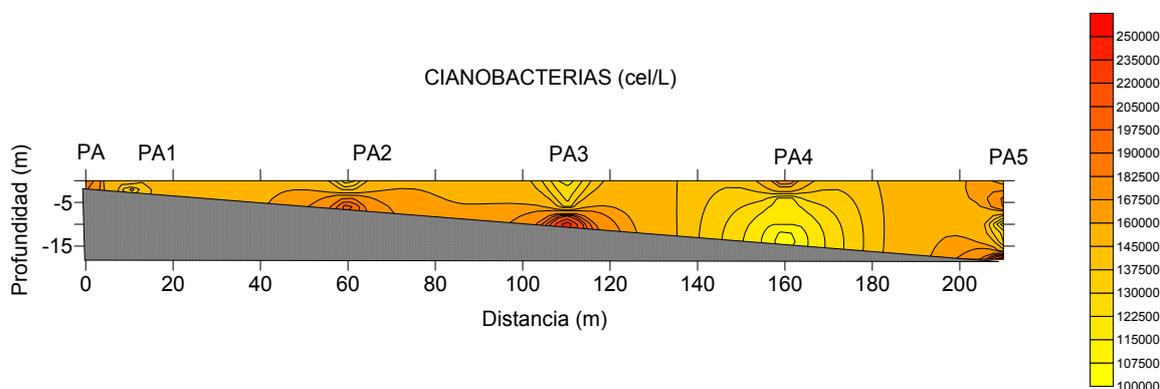


Figura 3.2.41 Distribución espacial de cianobacterias en la playa L'Ahuir

Los valores más bajos los encontramos en PA3 superficie y en PA4 fondo. Existe una correlación negativa entre las células totales de fitoplancton y las cianobacterias.

Nota: En las distribuciones espaciales la distancia real es la distancia del eje X multiplicada por 10.

### 3.3 ZONA DE MUESTREO 3: ZONA DE INFLUENCIA DESEMBOCADURA RIO SERPIS

#### VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS

##### Datos climatológicos

La temperatura media ambiental el día de muestreo fue de 19.0°C, la mínima de 12.9 °C y la máxima de 24.7 °C. La humedad media del 45 %.

La dirección del viento dominante fue NE-E hasta las 12:00 h y después de esta hora viró la racha máxima del mismo fue 14 km/h y la media 1 km/h.

DIRECCION	N	N-NE	NE-E	E-SE	SE-S	S-SW	SW-W	W-NW	NW-N
MINUTOS	0.00	5	15	205	25	5	30	195	0
HORAS	0.00	0.08	0.25	3.42	0.42	0.08	0.50	3.25	0.00
%	0.00	0.35	1.04	14.24	1.74	0.35	2.08	13.54	0.00

Tabla 3.3.1 Frecuencia de vientos

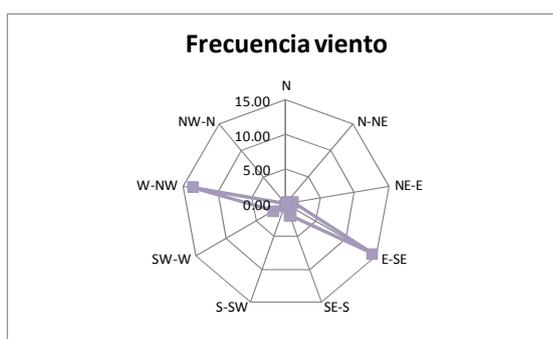


Figura 3.3.1: Frecuencia de vientos

##### Hidrodinamismo

El ADP fondeado en el emisario registró el día 22 de abril las siguientes frecuencias de corrientes como promedio de los 4 metros superficiales:

DIRECCION	N	N-NE	NE-E	E-SE	SE-S	S-SW	SW-W	W-NW	NW-N
MINUTOS	0.00	100	100	240	455	280	135	95	85
HORAS	0.00	1.67	1.67	4.00	7.58	4.67	2.25	1.58	1.42
%	0.00	6.94	6.94	16.67	31.60	19.44	9.38	6.60	5.90

Tabla 3.3.2: Frecuencia de corrientes

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

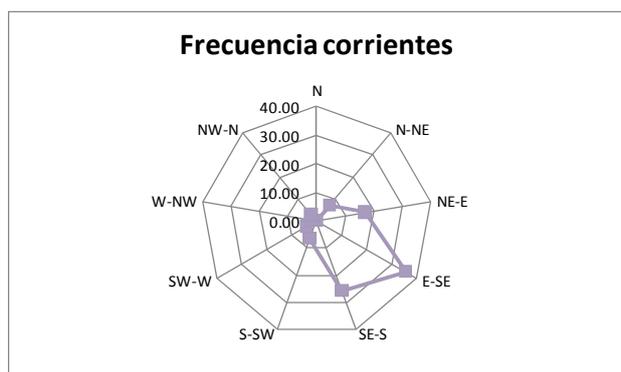


Figura 3.3.2 Frecuencia de corrientes

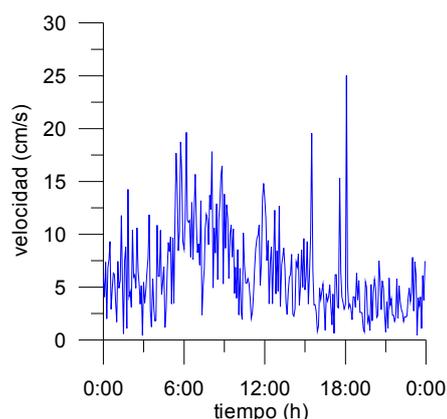


Figura 3.3.3 Velocidad de la corriente

La dirección de la corriente dominante durante todo el tiempo de muestreo fue SE-S y E-SE

### **Aportaciones del río Serpis**

Las aportaciones del río Serpis el día de muestreo se estiman en la siguiente tabla:

	Río Serpis
Caudal (l/s)	5670
N- amoniacal (mg/s)	182.6
N- NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/s)	111.13
N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/s)	3841.99
NID(mg/s)	3953.12
P- PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/s)	61.52
PT (mg/s)	70.31
SILICATOS(mg/s)	7036.24

Tabla 3.3.3: Aportes río Serpis

### **Temperatura**

La temperatura superficial del agua tiene valores próximos a 15 °C, mientras que el fondo la temperatura se encontraba dentro del rango 14.60 y 14.80 °C.

### **Salinidad.**

La muestra tomada en el tramo final del río presentó una salinidad muy baja 0.2 g/kg. Los puntos fijos (PV1, PV2, PV3 y PV4) presentaron las salinidades más altas obteniendo valores más elevados en el fondo. En superficie el valor mínimo se midió en PV3 y fue 30.8 g/kg mientras que el valor máximo fue de 36.6 g/kg y se detectó en PV4. Los puntos móviles situados sobre la pluma del río presentan valores de salinidad muy bajos en superficie, si observamos la profundidad 0.05 m la gradación de salinidad conforme nos alejamos del río es 1.1, 3.4 y 4.9 g/kg. A 0.10 m la salinidad

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

todavía presenta valores más bajos de los característicos del agua marina y es a los 0.75 m cuando alcanzamos el máximo valor de salinidad en el área de muestreo que es de 36 g/kg.

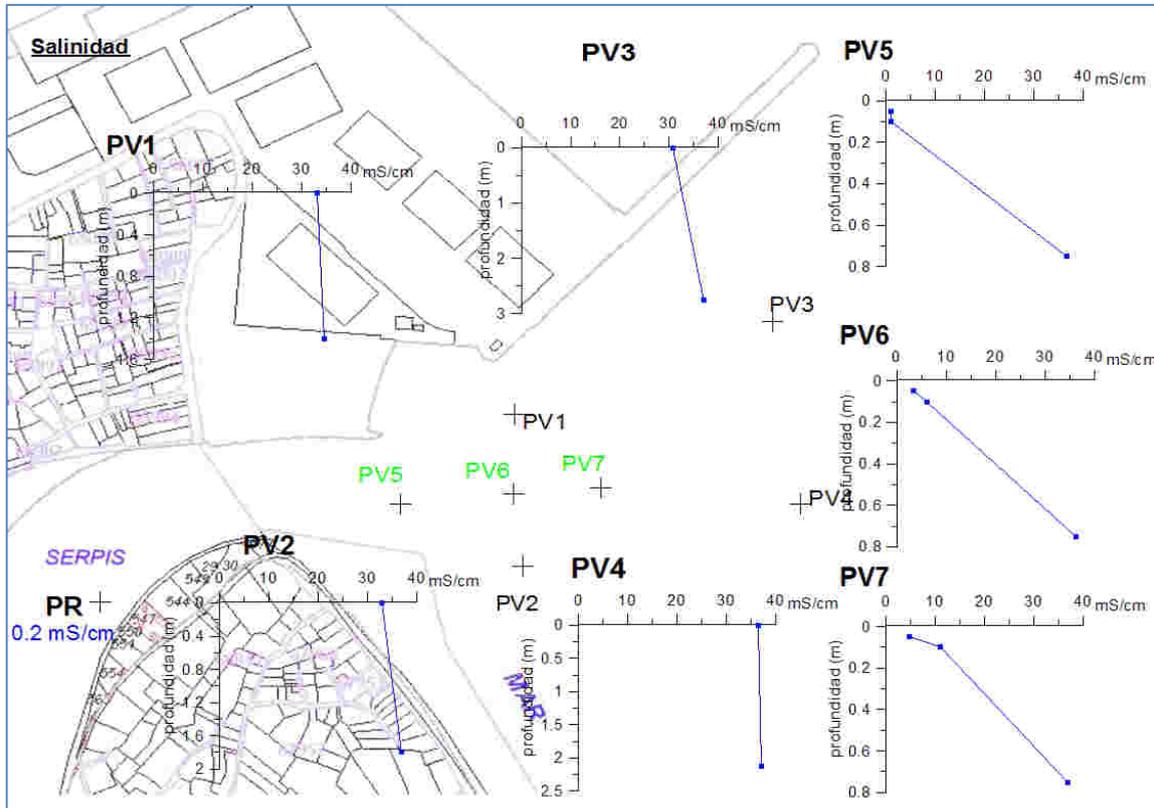


Figura 3.3.4 Perfiles verticales de salinidad en las estaciones de la zona de influencia de la desembocadura del río Serpis

### Nutrientes

A continuación se muestra una tabla resumen así como unos gráficos que representan los resultados de los análisis de nutrientes realizados.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

	OD	NH4	NO2	NO3	NO2+NO3	PSR	PT	Silicio
	mg/l	μM	μM	μM	μM	μM	μM	μM
PR	6.4	2.30	1.40	48.40	49.80	0.35	0.40	44.32
PV1S	9.3	0.39	0.33	24.82	25.16	0.06	0.78	22.26
PV1F	9.3	0.22	0.25	22.79	23.04	0.06	0.69	12.69
PV2S	9.1	0.24	0.29	24.92	25.21	0.08	0.60	26.02
PV2F	9.0	0.18	0.12	5.75	5.88	0.04	0.34	1.59
PV3S	8.6	0.61	0.54	24.96	25.50	0.17	0.41	36.18
PV3F	9.6	0.20	0.16	4.14	4.30	0.02	0.36	1.08
PV4S	8.6	0.28	0.24	9.44	9.69	0.03	0.44	2.94
PV4F	9.0	0.20	0.19	4.93	5.12	0.04	0.42	0.92
PV5-0.05	7.4	2.50	1.84	50.82	52.66	0.37	1.28	42.88
PV5-0.10	6.9	2.01	1.81	44.55	46.36	0.24	0.86	33.47
PV5-0.75	8.2	0.24	0.25	7.99	8.24	0.04	0.47	2.07
PV6-0.05	7.5	1.81	1.32	50.83	52.14	0.38	1.26	42.95
PV6-0.10	7.7	1.08	1.18	48.74	49.91	0.34	1.33	31.17
PV6-0.75	8.6	0.30	0.23	6.58	6.80	0.11	0.39	0.84
PV7-0.05	8.5	1.24	1.33	49.61	50.94	0.46	1.08	45.71
PV7-0.10	8.5	1.32	1.12	49.54	50.66	0.37	1.42	26.37
PV7-0.75	8.8	0.30	0.24	8.90	9.14	0.03	0.43	1.89

Tabla 3.3.4: Tabla resumen concentración de nutrientes y oxígeno disuelto en las estaciones de la zona de influencia del Río Sèrpis.

Tras la realización del análisis estadístico y la observación de los resultados se puede afirmar que en el área de influencia de la desembocadura del río Sèrpis la profundidad presenta una correlación negativa con la concentración de todos los nutrientes, principalmente con Si y Nitratos esto es debido a que se está produciendo un aporte de nutrientes por parte del río. Aporte en el que la carga de fosfatos es la menor pero cuyas afecciones en el medio pueden ser importantes puesto que es el nutriente limitante.

Esta carga de nutrientes que aporta el río se manifiesta claramente en los valores elevados de la concentración de los diferentes nutrientes en el punto de muestreo PV5.

## Amonio

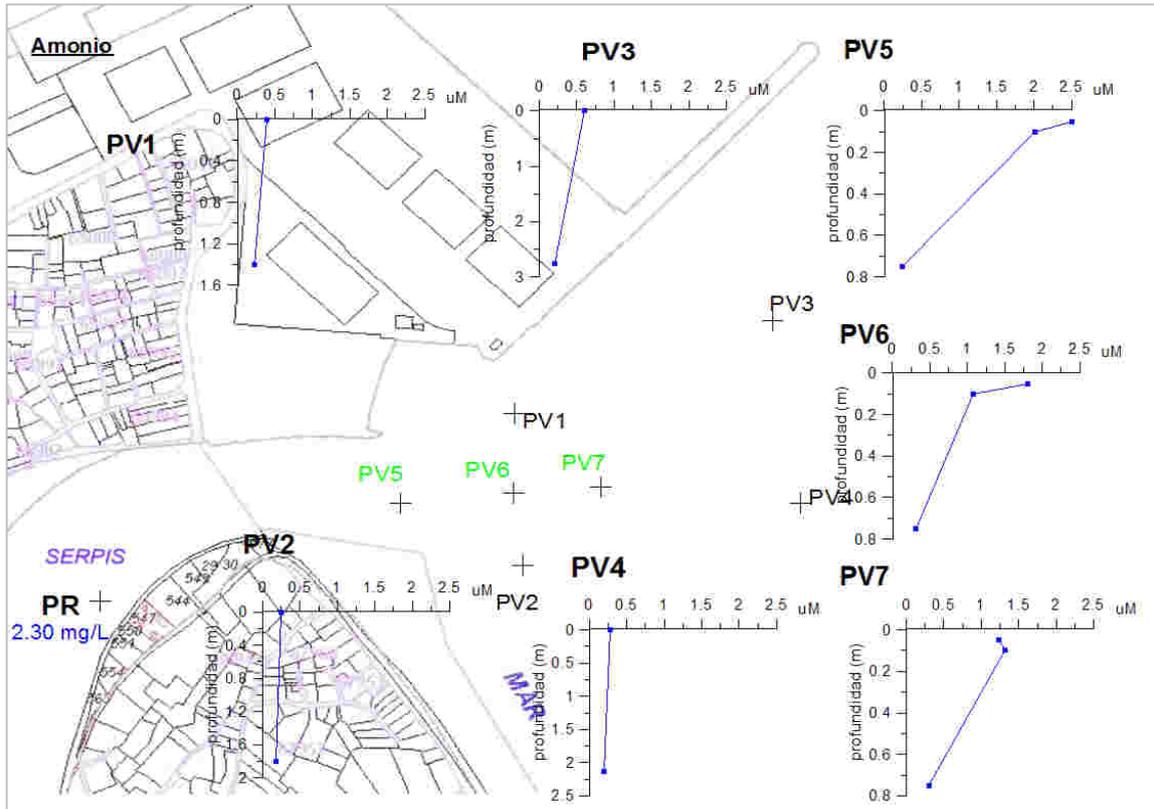


Figura 3.3.5 Perfiles verticales de nitritos en las estaciones de las estaciones de la zona de influencia de la desembocadura del Río Serpis

La concentración de amonio en los puntos fijos disminuyó en la columna de agua con la profundidad, el valor máximo en superficie se alcanzó en PV3 ( $0.61 \mu\text{M}$ ), posiblemente por la influencia de la pluma del río. Los valores de los puntos móviles (PV5, PV6 y PV7) que fueron medidos en las capas superficiales descienden fuertemente de valores elevados en superficie como  $2.5 \mu\text{M}$  a valores de  $0.24 \mu\text{M}$  a 75 cm de profundidad. La concentración de amonio del río y la pluma, como era de esperar, es mucho mayor que la del agua de mar. Cabe decir que a partir de una concentración ambiental de amonio de  $0.5\text{-}1,0 \mu\text{M}$ , la absorción de nitrato y nitrito se ve inhibida parcialmente y se da, por tanto, una utilización preferencial del amonio (Lomas y Glibert, 1999) algo que podría estar ocurriendo sobre la pluma del río Serpis.

Es importante recordar que la amonificación juega un importante papel en el reciclaje del N en ambientes litorales marinos (Herbert, 1999). En ecosistemas de agua poco profundos ( $<50 \text{ m}$ ) el reciclaje bentónico puede aportar entre el 20 y el 80% de los requerimientos de N del fitoplancton. Sin embargo, no todo el amonio producido durante la desaminación de N orgánico en sedimentos estará disponible para los productores primarios, que variará dependiendo de las características físico-químicas del sedimento, se oxidará a nitrato en la zona óxica superficial (nitrificación) (Herbert, 1999).

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

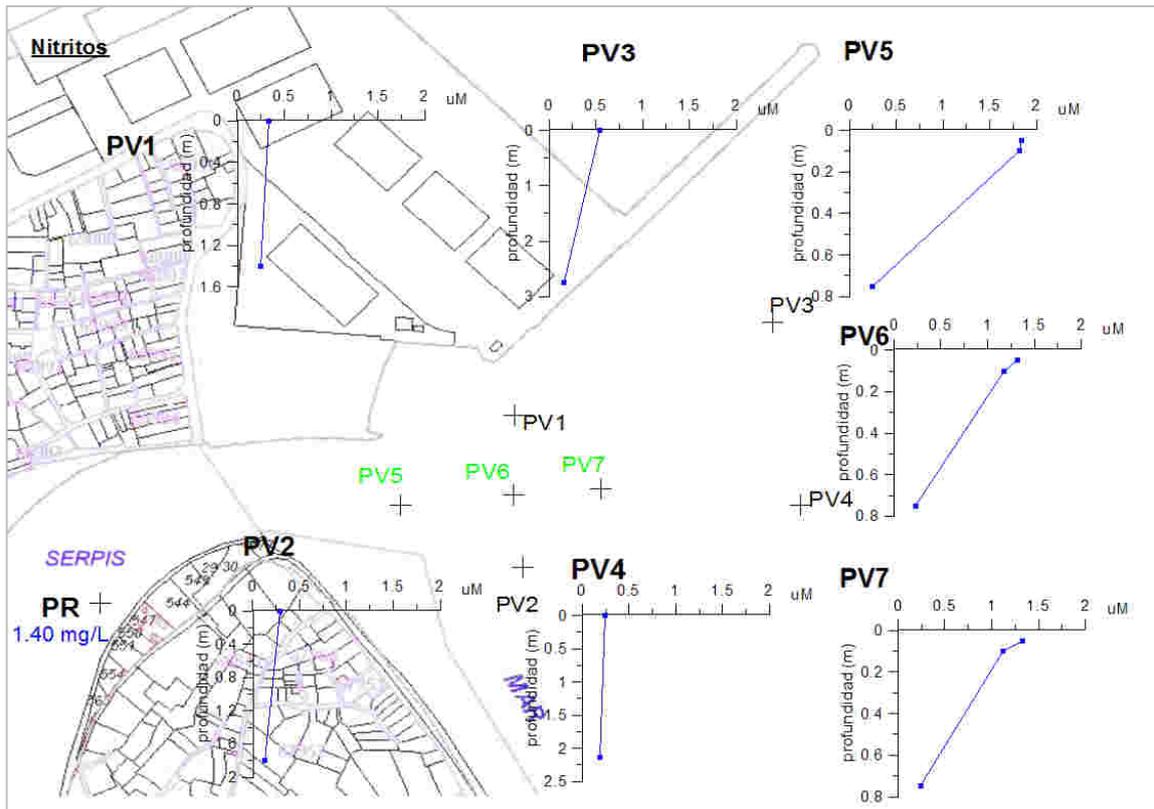


Figura 3.3.6 Perfiles verticales de nitritos en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

El comportamiento del nitrito en la zona de muestreo sigue el mismo patrón de comportamiento que el amonio. El valor máximo en superficie se alcanza en PV5 y es  $1.84 \mu\text{M}$ , En el fondo el valor está en torno a  $0.25 \mu\text{M}$ .

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

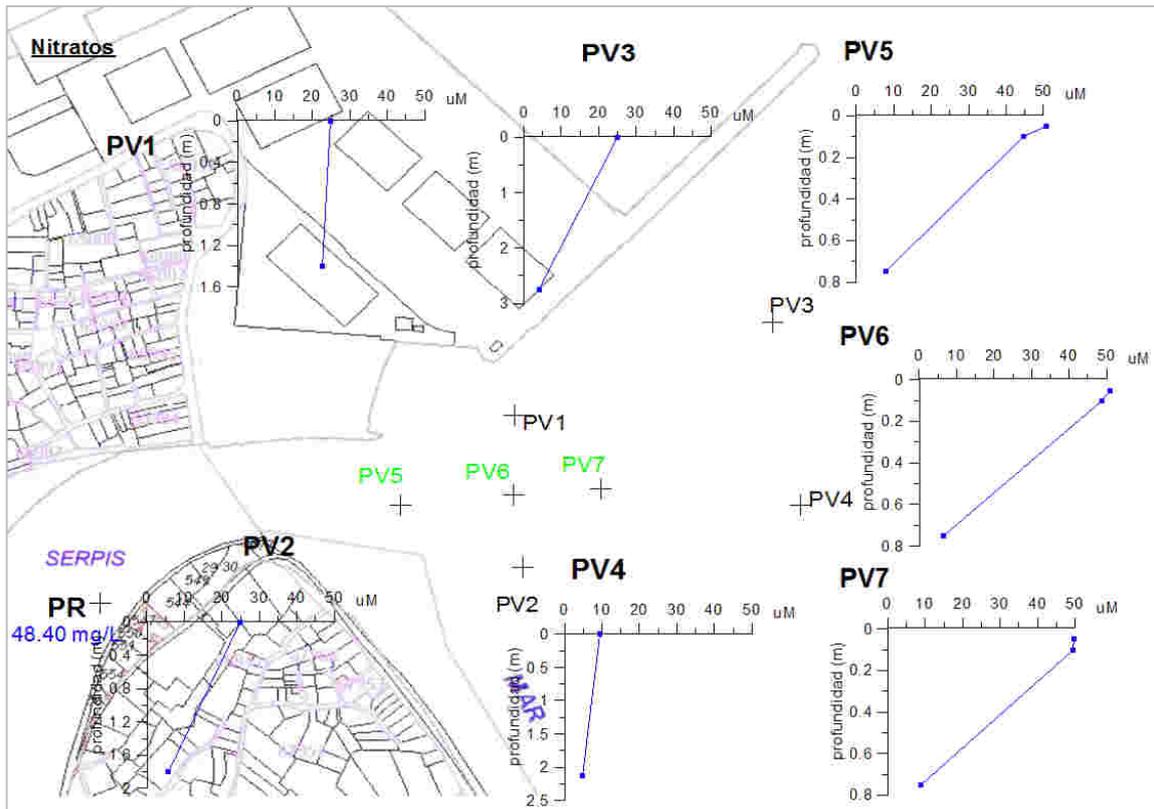


Figura 3.3.7 Perfiles verticales de nitratos en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Los valores de concentración de nitratos son muy elevados sobrepasa los 50 µM en la superficie de la pluma. En todos los puntos tanto los fijos como los móviles la concentración disminuye con la profundidad, siendo este descenso muy fuerte entre los 0.10 m y los 0.75 m. En el fondo los valores de concentración son elevados en PV1 (22.79 µM) pero en el resto de puntos no se alcanzaron los 5 µM.

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

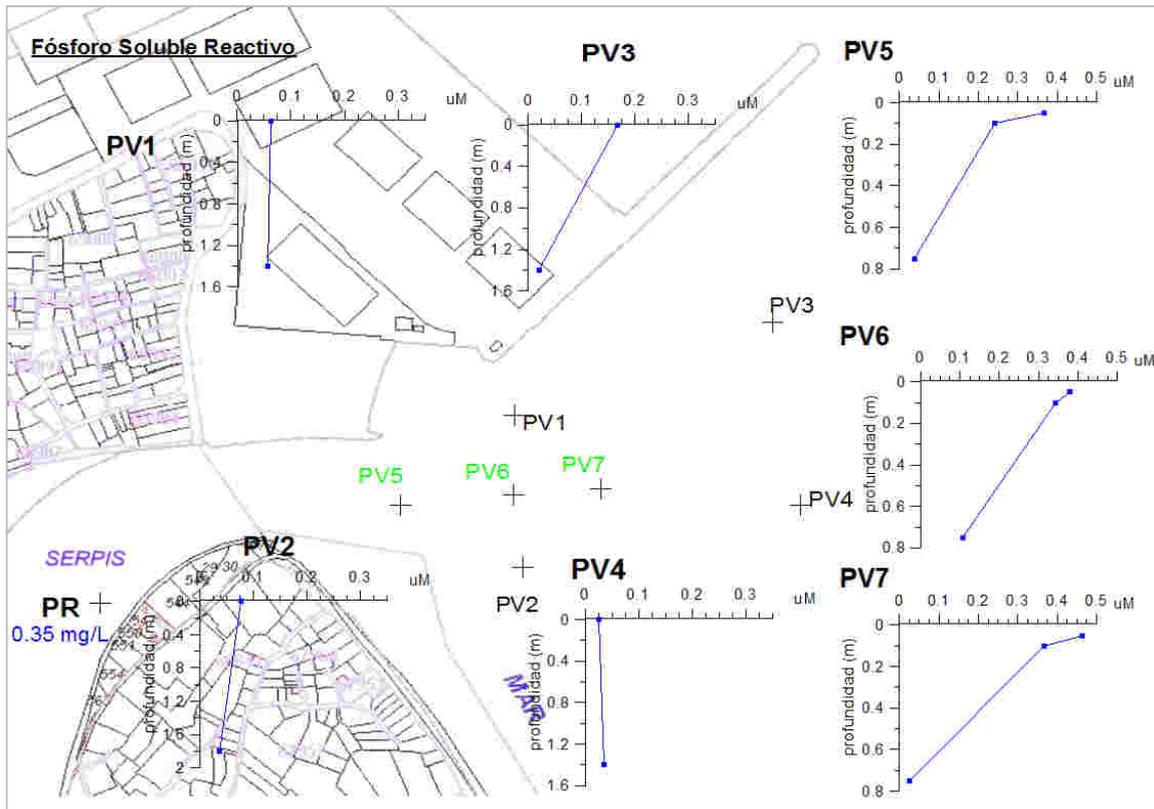


Figura 3.3.7 Perfiles verticales de fósforo soluble reactivo en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

El aporte del río en cuanto a fósforo soluble reactivo ( $61.52 \text{ mg/s}$ ) es muy inferior a los aportes de sales de nitrógeno ( $3953 \text{ mg/s}$ ). Los valores más elevados se dan en la superficie de la pluma aunque al contrario que los nutrientes anteriores el valor más elevado se da en PV7 ( $0.46 \mu\text{M}$ )

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

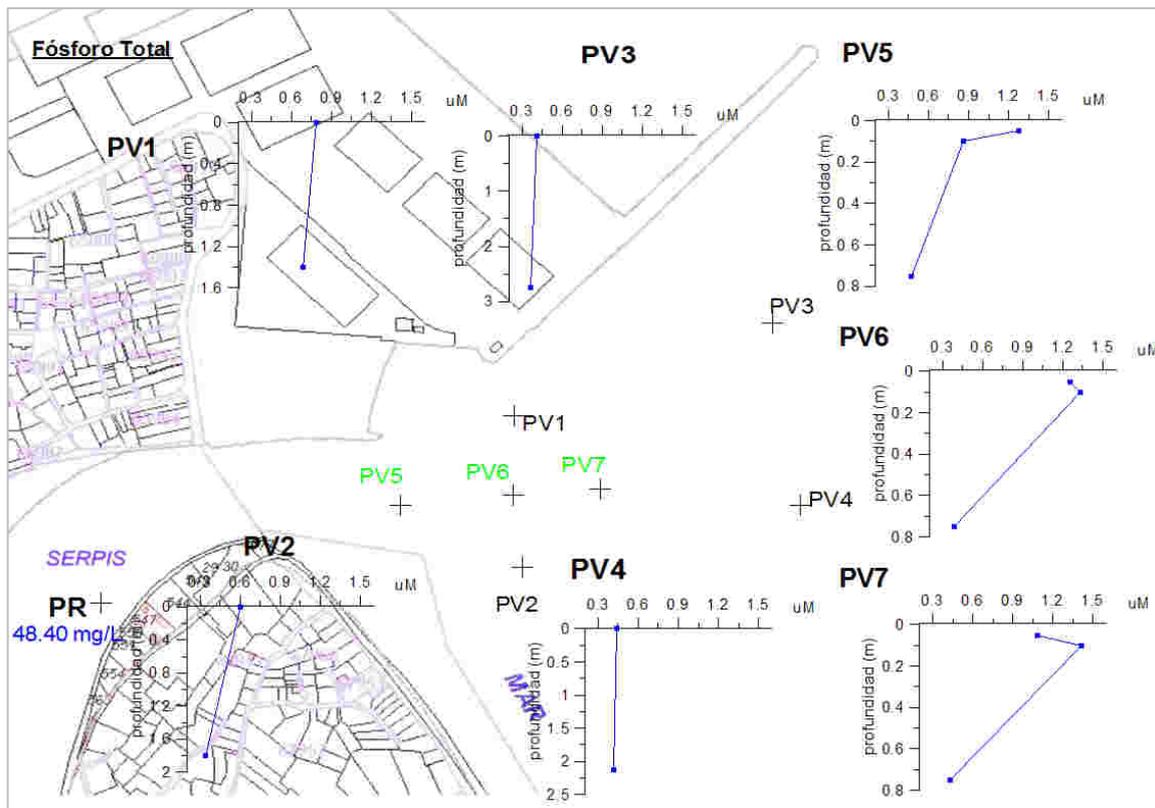


Figura 3.3.8 Perfiles verticales de fósforo total en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Las concentraciones de fósforo total son bastante superiores a las de fósforo soluble reactivo. En los puntos fijos la concentración disminuye en la columna de agua con la profundidad. En la pluma se alcanzan los valores más elevados mientras que en PV5 la concentración disminuye en las capas superficiales, en PV6 y PV7 la concentración aumenta cuando aumentamos la profundidad de 0.05 m a 0.10 m y luego disminuye. El valor máximo en superficie es de 1.28  $\mu\text{M}$  mientras que la concentración del fondo está en torno a 0.40  $\mu\text{M}$ .

Aunque en este caso nos encontramos con una correlación negativa entre fósforo y salinidad Morris et al (1981) observó que la distribución del fosfato en el estuario Tamar (U.K) era considerablemente independiente de la salinidad, y determinaron que reacciones no biológicas pueden contribuir al control de la distribución del fosfato en los estuarios de los ríos.

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

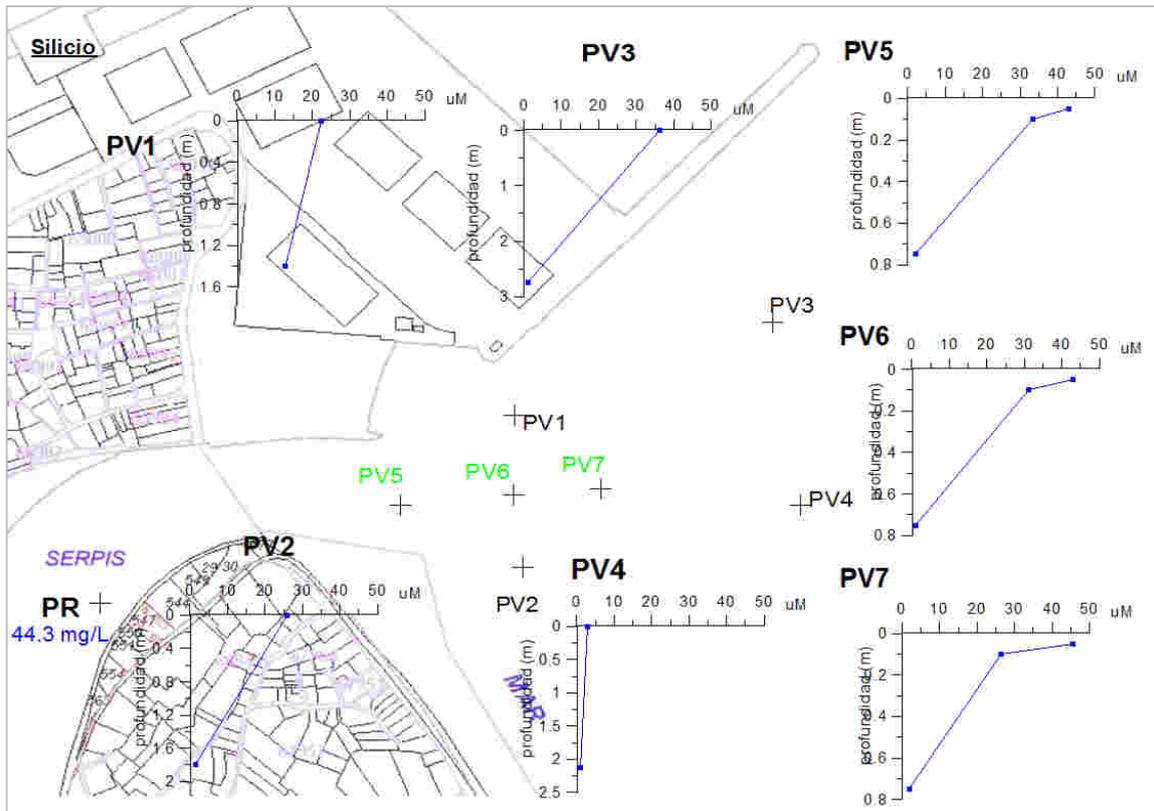


Figura 3.3.9 Perfiles verticales de ácido ortosilícico en las estaciones de la desembocadura del Rio Serpis

La sílice presenta un comportamiento prácticamente análogo al del resto de nutrientes, es decir, los valores más elevados se dan en superficie siendo el máximo 45.71  $\mu\text{M}$  que se alcanza en PV7 y los valores mínimos observados varían alrededor de 1  $\mu\text{M}$ .

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

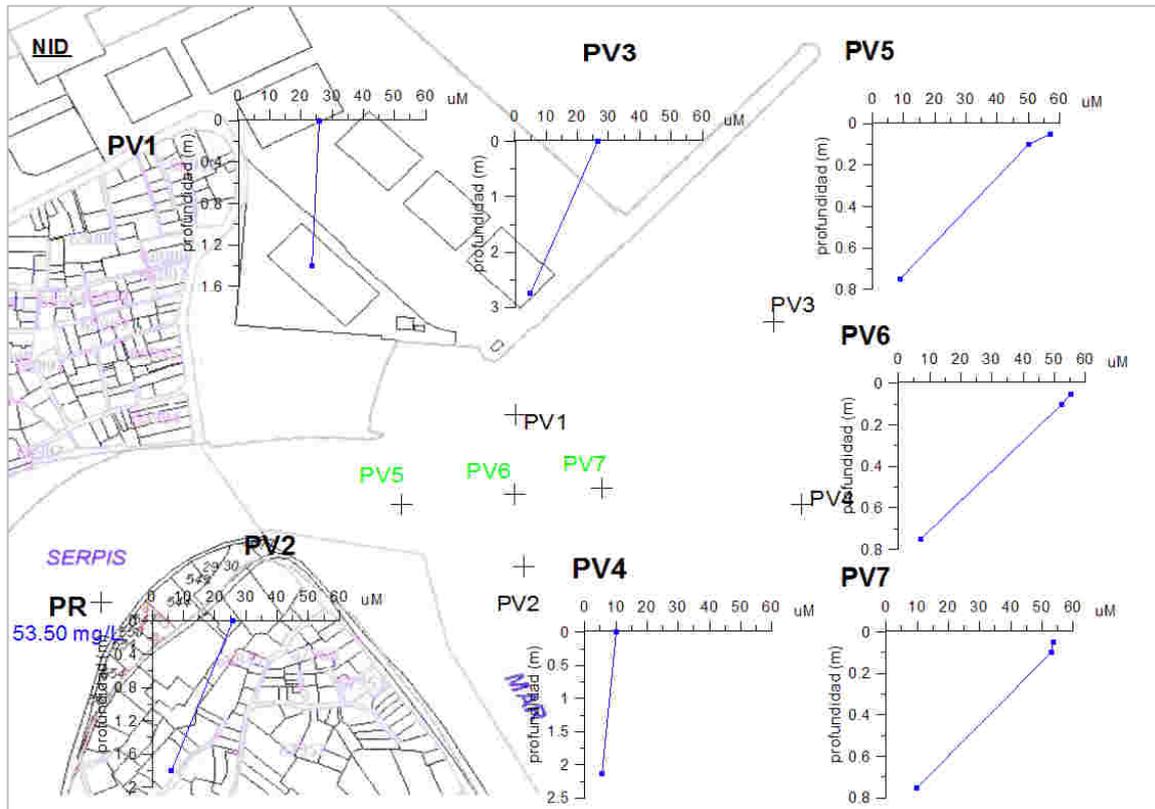


Figura 3.3.10 Perfiles verticales de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) en las estaciones de la desembocadura del Rio Serpis

El comportamiento del NID (Nitrógeno Inorgánico Disuelto) es análogo al de los nitratos puesto estos suponen un porcentaje del mismo superior al 90 %. Según Driscoll. (2001) en estuarios se ha estimado que entre el 20 y el 40% de las entradas de nitrógeno pueden ser de origen atmosférico, industrial, agrícola y fuentes urbanas

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

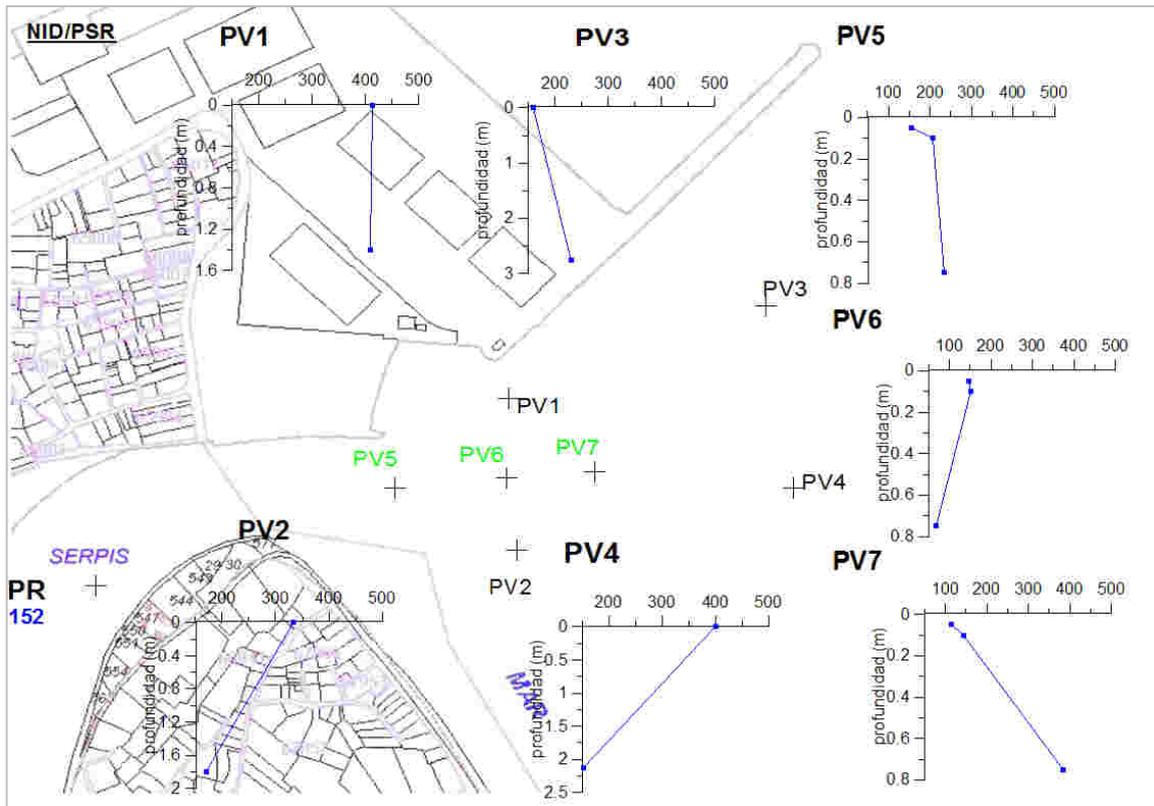


Figura 3.3.11 Perfiles verticales de la relación NID:PSR en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

La relación N/P alcanza su máximo a 0.75 m de profundidad en PV7. El comportamiento en profundidad es diferente según la estación, en PV2, PV4 y PV6 desciende mientras que en el resto aumenta. Aplicando el criterio que el fósforo es limitante cuando la relación N:P >22 Justic et al. (1995), y el nutriente limitante es el nitrógeno cuando es menor que 10. En toda el área de muestreo el limitante es el fósforo.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

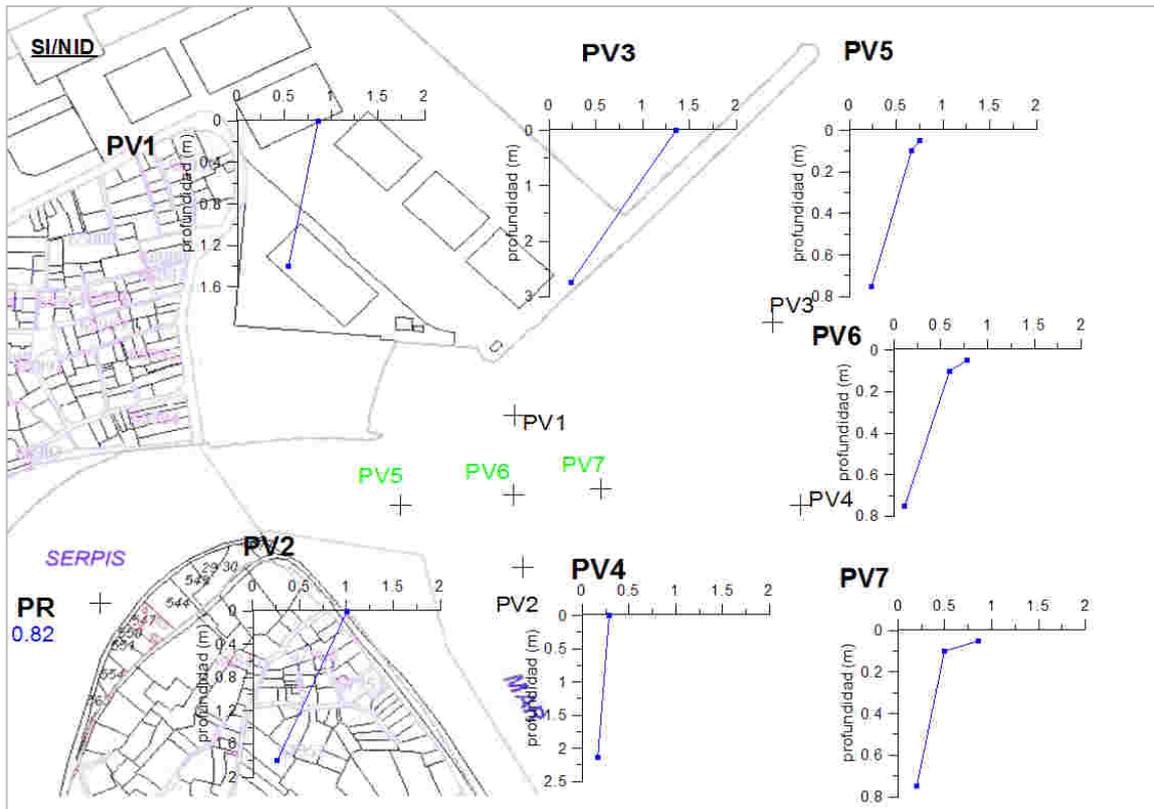


Figura 3.3.12 Perfiles verticales de la relación SI:NID en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Según Justic et al (1995) cuando la relación Si:N es menor que 1 el nutriente limitante es el sílice y cuando es mayor que 1 el limitante es el nitrógeno. En el río el limitante es el sílice al igual que en los puntos móviles y en los puntos fijos en el fondo. Las únicas muestras donde el limitante es el nitrógeno es en la superficie de PV2 y PV3.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

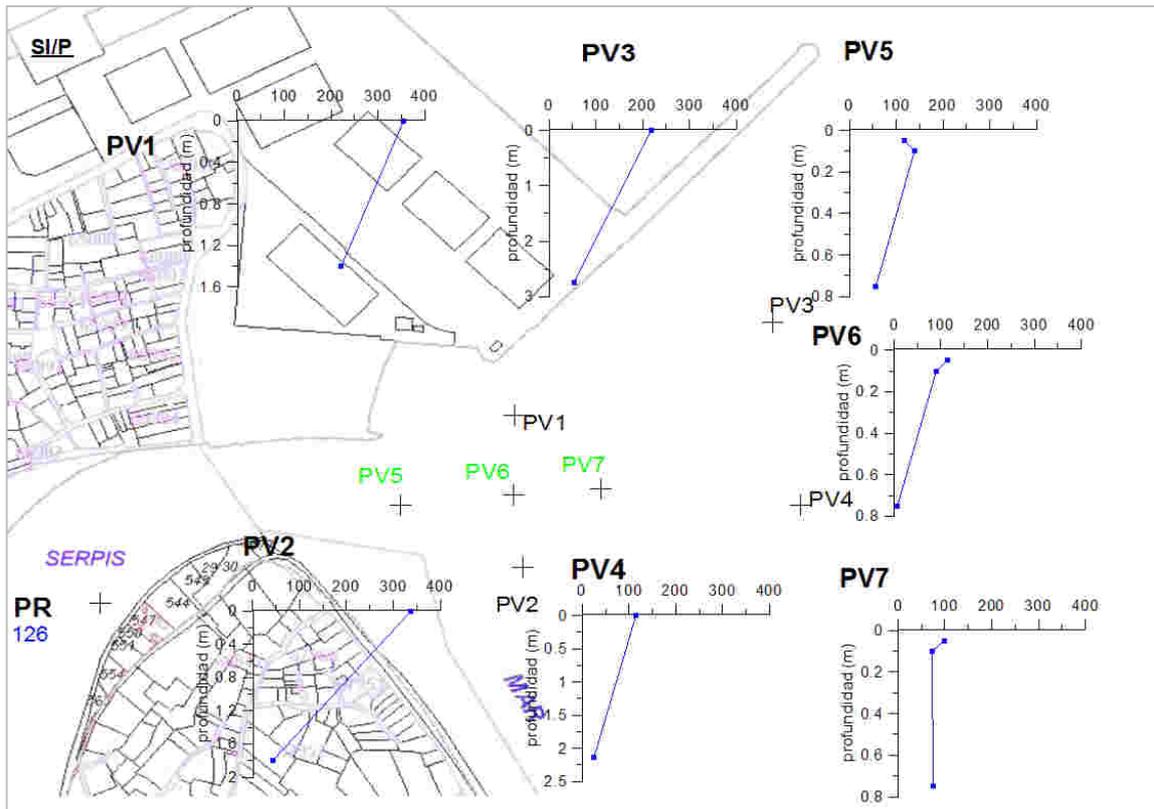


Figura 3.3.13 Perfiles verticales de la relación Si:PSR en las estaciones de la desembocadura del Río Serpis

Aplicando el criterio que el fósforo es limitante cuando la relación Si:P >22 Justic et al. (1995), el fósforo es el limitante en toda la zona de influencia de la desembocadura del río Serpis y el único punto donde este no es el limitante es en PP6 a 0.75 m de profundidad el nutriente limitante según Justic et al (1995) es el sílice ya que la relación Si:P es menor que 10.

### Sólidos en suspensión

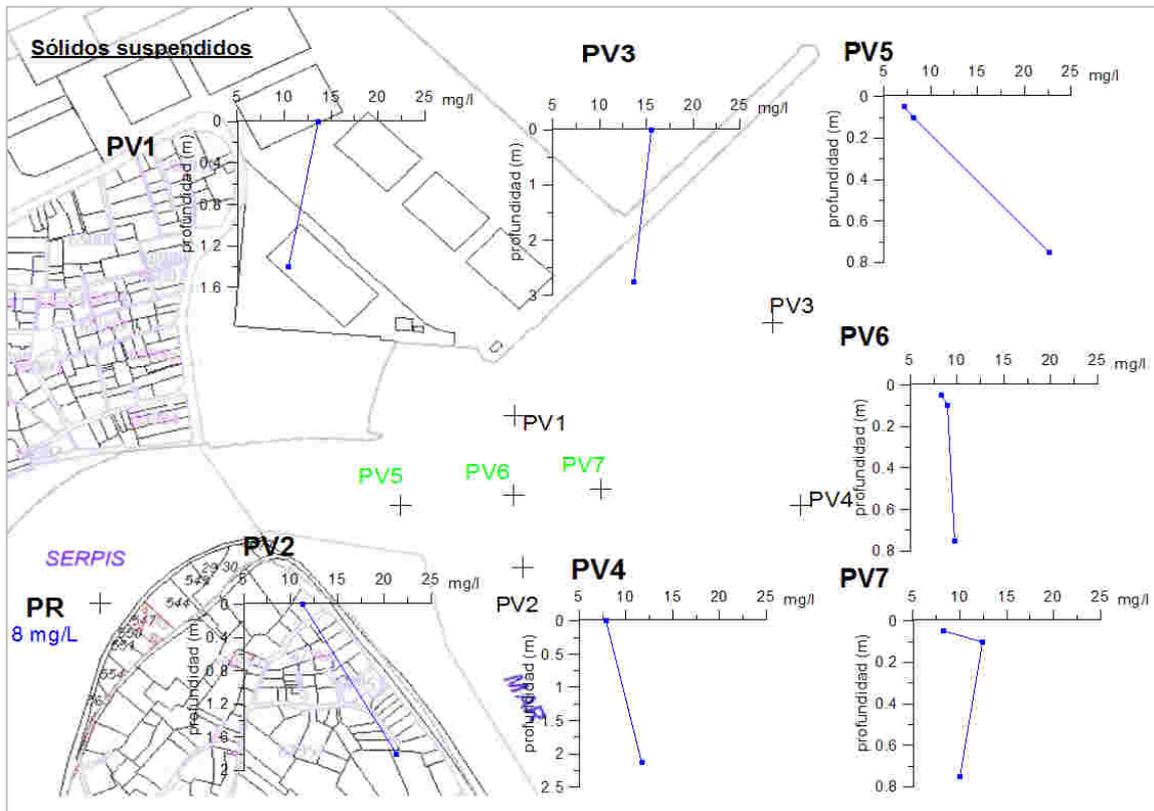


Figura 3.3.14 Perfiles verticales de sólidos en suspensión en la zona de influencia de la desembocadura del río Serpis.

Los sólidos en suspensión presentan un comportamiento muy diverso, en PV1, PV3 y PV7 disminuyen con la profundidad mientras que en PV2, PV4, PV5 y PV7 aumentan. El valor más elevado se da en PV5 a 0.75 m.

### Oxígeno Disuelto

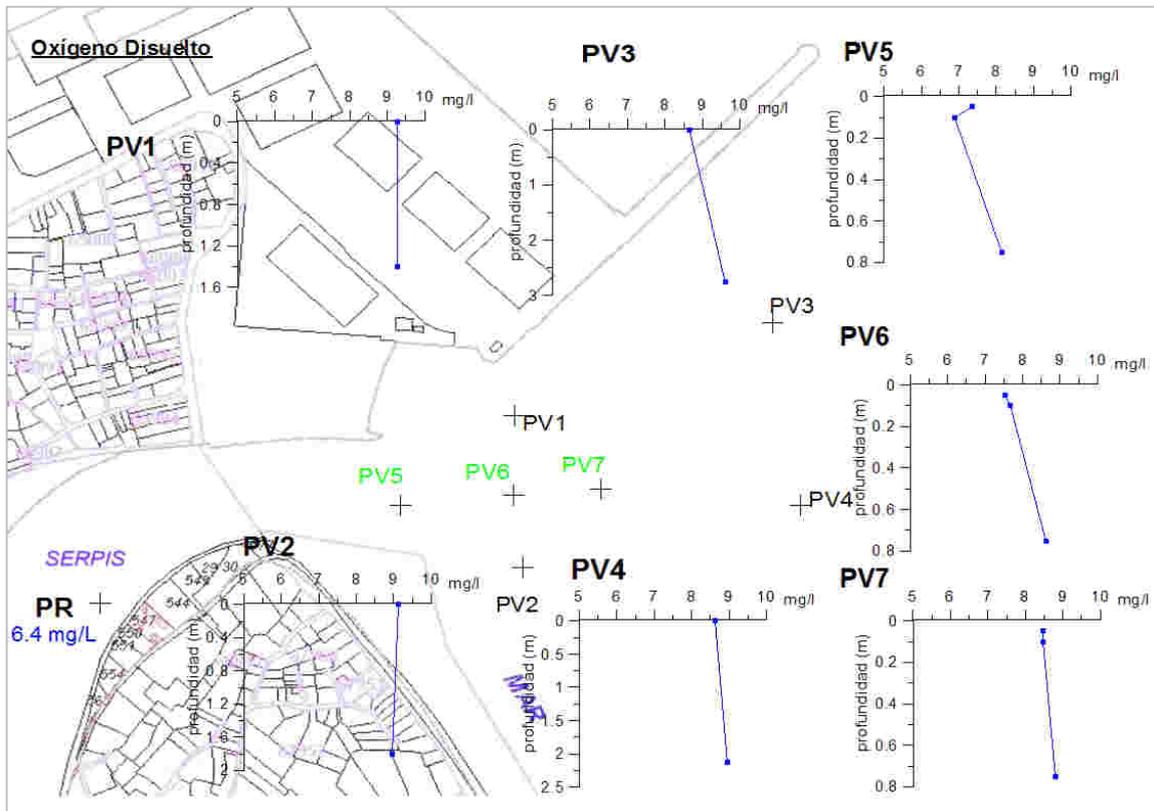


Figura 3.3.15 Perfiles verticales de oxígeno disuelto en la zona de influencia de la desembocadura del río Serpis.

El oxígeno disuelto presenta un comportamiento prácticamente uniforme en la columna de agua. Los valores más bajos se dan en PV5 y PV6 (7.4 mg/L) mientras que el más elevado se da en PV3 en profundidad (9.6 mg/L). En el río la concentración fue de 6.4 mg/L.

## Clorofila a

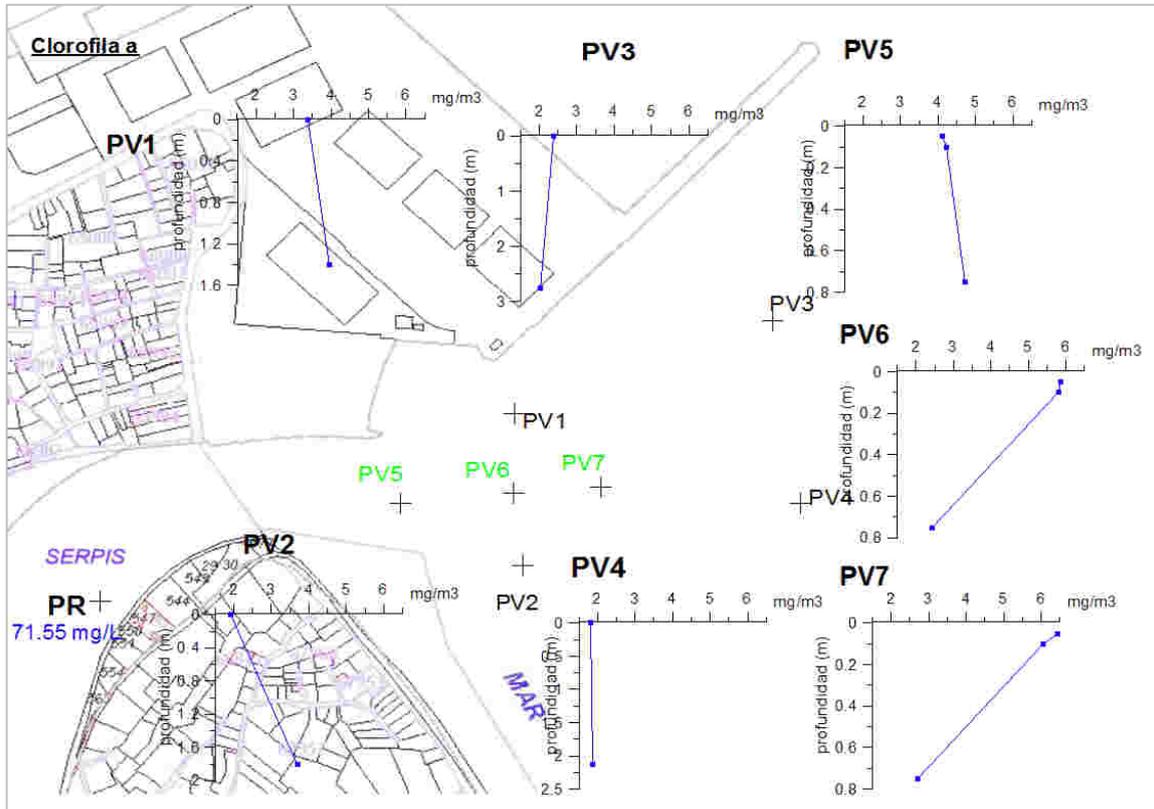


Figura 3.3.16 Perfiles verticales de clorofila en la zona de influencia de la desembocadura del río Serpis.

La clorofila aumenta con la profundidad en PV1, PV2 y PV5, disminuye en PV3, PV6 y PV7 y en PV4 se mantiene constante. Los valores máximos se alcanzan en la superficie de PV6 y PV7.

El aumento de la clorofila con la profundidad que se da en algunos puntos Fisher (1999) lo justifica basándose en que cuando el río empieza a mezclarse con el agua de mar, las partículas transportadas por el río, floculan y se precipitan en la capa inferior. Una vez en el fondo o en la interfase, pueden ser resuspendidas por diferentes factores, como cambios en el caudal, en el viento o la marea. Esta acumulación en la interfase o en el fondo provoca aumentos de turbidez. Dentro de esta turbidez la biomasa del fitoplancton puede decaer debido a la falta de la luz provocada por las partículas en suspensión y los cambios de salinidad. Esto ocurre en zonas donde el agua superficial es clara y los nutrientes decaen como resultado del consumo y la dilución con el agua marina pobre en nutrientes. El desarrollo de máximos de clorofila está asociado con el decaimiento de los niveles de nutrientes.

La clorofila presenta correlación positiva con todos los nutrientes a excepción del fósforo disuelto puesto que este se da en concentraciones muy bajas.

## ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTONICA

	Células totales	Diatomeas	Cocolitoforales	nanoflagelados	cryptophyceae	Dinophyceae	Raphidophyceae
PUNTO	(cel/L)						
PR	20579	6975	187	11435	187	187	187
PV_1S	28746	5677	187	19707	187	187	1460
PV_1P	15876	3001	187	9732	187	187	1460
PV_2S	27286	5109	187	18896	187	187	1298
PV_2P	21122	5596	187	12814	187	406	811
PV_3S	25096	2920	187	19383	187	892	406
PV_3P	19662	6569	187	10624	187	487	487
PV_4S	16418	3731	187	9813	187	568	811
PV_4P	19257	6975	187	9975	187	406	406
PV5_0.05	24772	9894	187	11192	187	187	649
PV5_0.10	20149	7866.7	187	9408	187	187	568
PV5_0.75	18365	2595.2	187	12895	187	406	973.2
PV6_0.05	17148	4947	187	9327	187	187	973
PV6_0.10	24772	7461	187	13382	187	187	1217
PV6_0.75	15794	6731	187	7137	187	187	243
PV7_0.05	17797	4298	187	9894	187	187	892
PV7_0.10	24909	4055	187	16626	892	187	811
PV7_0.75	23580	5515	187	15328	187	1054	187

	Chrysophyceae	Dictyophyceae	Prymnesiophyceae	Euglenophyceae	Chlorophyceae	Prasinophyceae	Cianobacterias
PUNTO							
PR	187	187	187	187	487	187	2026
PV_1S	187	187	187	187	406	187	96906
PV_1P	187	187	187	187	187	187	136748
PV_2S	187	187	187	187	487	187	136411
PV_2P	187	187	187	187	187	187	143164
PV_3S	187	187	187	187	187	187	118178
PV_3P	187	187	187	187	187	187	163085
PV_4S	187	187	187	187	187	187	131684
PV_4P	187	187	187	187	187	187	173890
PV5_0.05	187	187	187	187	1541	187	15194
PV5_0.10	187	187	187	187	811	187	3377
PV5_0.75	187	187	187	187	187	187	4389
PV6_0.05	187	187	187	187	406	187	18571
PV6_0.10	187	187	187	187	1217	187	19246
PV6_0.75	187	187	187	187	187	187	2026
PV7_0.05	187	187	187	187	1217	187	19246
PV7_0.10	187	187	187	187	1217	187	86101
PV7_0.75	187	187	187	187	187	187	34778

Tabla 3.3.5: Tabla resumen concentración de células fitoplanctónicas

A escala local, de cuenca y global se han demostrado fuertes correlaciones entre las entradas totales de fósforo en aguas dulces y las entradas de nitrógeno total en estuarios y zonas costeras y producción total de fitoplancton (Anderson et al.2002). Los flujos de agua dulce y cargados en nutrientes (mayoritariamente nitrógeno) han sido relacionados con incrementos en el número proliferaciones de algas estuarinas (como diatomeas) (Mallin et al. 1993).

Cuando aumenta la tasa de mezcla parece verse favorecido el crecimiento de las diatomeas algo que se puede observar claramente en PV5, lo que puede ser por varios motivos. En primer lugar, por el aumento de los nutrientes disueltos en la columna, procedentes de los sedimentos y de los aportes continentales asociados a las lluvias. En segundo lugar por la disminución de su tasa de sedimentación, aunque las diatomeas que tenemos en la zona son de pequeño tamaño y frústulas muy finas, por lo que no sedimentan con tanta rapidez como las grandes diatomeas de mar abierto.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

En tercer lugar el aumento de la circulación vertical permite la resuspensión de las esporas de resistencia que constituyen “la siembra” de muchas de estas especies en la capa fótica (Levasseru et al, 1984), también es posible como señala Watanabe (1978) que las diatomeas tengan una profundidad de compensación mayor, lo que les permitiría competir con ventaja al aumentar la agitación.

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

La densidad de células totales viene condicionada fundamentalmente por tres grupos fitoplanctónicos, nanoflagelados, diatomeas y clorofíceas. El número de células totales presenta correlación positiva significativa a nivel 0.05 con la clorofila *a*. En general, se cumple que a mayor número de diatomeas mayor número de nanoflagelados. Desde el punto de vista de los nutrientes la concentración de células totales está relacionada de forma positiva con el amonio.

Los nanoflagelados se relacionan de forma significativa y positiva con los sólidos en suspensión mientras que los dinoflagelados presentan una correlación negativa con las clorofíceas. Esto es consecuencia de que el primer grupo es característico de aguas marinas y el segundo de aguas dulces, algo que también justifica la correlación positiva de los dinoflagelados con la salinidad.

Las clorofíceas presentan correlación positiva con todos los nutrientes y también con la clorofila *a* y las células totales. Esto es debido a que en esta zona los aportes de agua dulce cargada con nutrientes son muy importantes y las clorofíceas están asociadas a esas aguas dulces que llegan a través del río.

**Composición por puntos de muestreo**

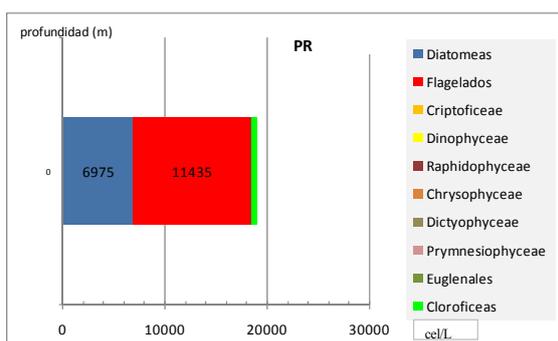
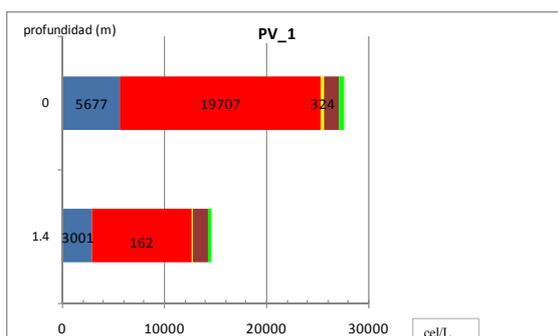


Figura 3.3.17 Composición fitoplanctónica PR

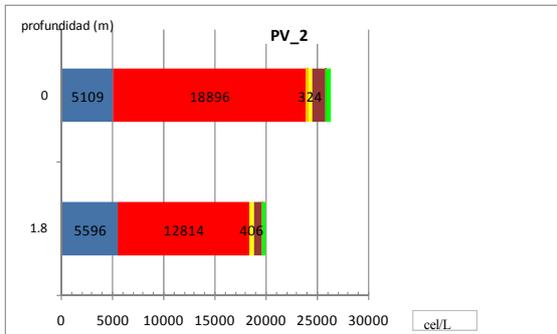


En el río Serpis el grupo más importante fueron los nanoflagelados, seguido de las diatomeas y en menor concentración las clorofíceas

En la estación PV1 en superficie la concentración de células totales duplica la concentración de células en el fondo. El grupo más importante son los nanoflagelados seguido de diatomeas, rafidofceas y clorofíceas. Aparece un número bajo de células de dinoflagelados

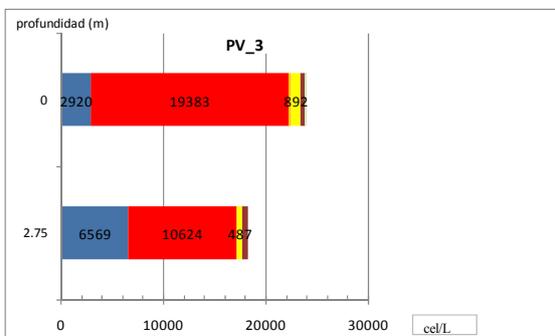
*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

Figura 3.3.18 Composición fitoplanctónica PV1



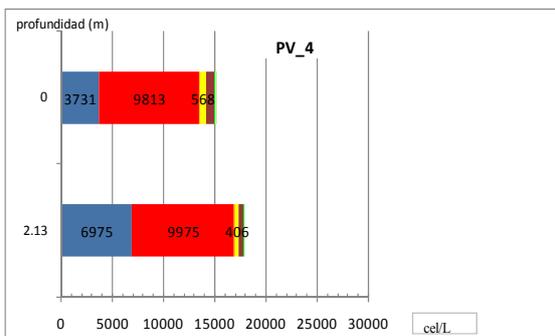
En PV2 la densidad de células totales sigue siendo superior en superficie, aparecen los mismos grupos que en los puntos anteriores y en proporciones similares.

Figura 3.3.19 Composición fitoplanctónica PV2



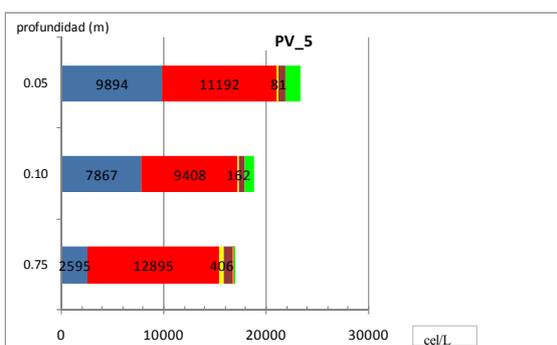
En PV 3 no aparecen clorofíceas y aumenta el número de células de dinoflagelados debido a que este punto presenta salinidades más elevadas

Figura 3.3.20 Composición fitoplanctónica PV3



PV 4 una densidad de fitoplancton ligeramente superior en profundidad que en superficie. Dominan nanoflagelados y diatomeas y aparecen cantidades bajas de rafidofíceas y dinoflagelados.

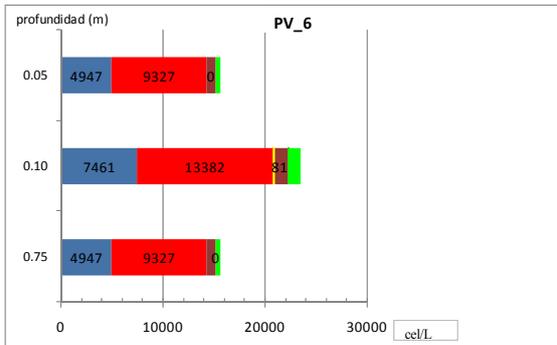
Figura 3.3.21 Composición fitoplanctónica PV4



En PV5 se puede observar claramente el aporte de agua dulce del río por la concentración mayor de clorofíceas, principalmente en los primeros centímetros. Dominan nanoflagelados y diatomeas aunque la concentración de estas últimas disminuye con la profundidad. A 0.75 m aparecen dinoflagelados y disminuye el número de clorofíceas algo que se debe a que en esta muestra la salinidad es mayor.

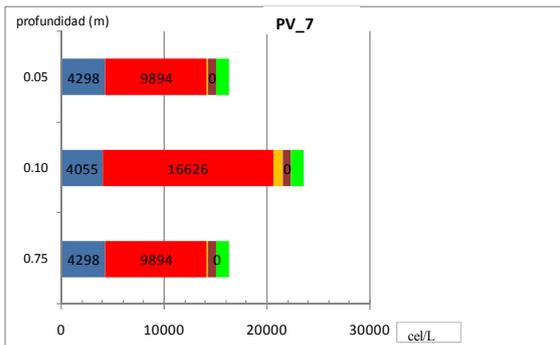
*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

Figura 3.3.22 Composición fitoplanctónica PV5



PV 6 la densidad mayor de células totales se da a 10 cm de profundidad donde también aparecen más clorofíceas y alguna célula de dinoflagelados.

Figura 3.3.23 Composición fitoplanctónica PV6



PV 7 presenta un comportamiento análogo al del PV6 pero las concentraciones de clorofíceas a 10 y 75 cm son mayores que las de PV6.

Figura 3.3.24 Composición fitoplanctónica PV7

**Cianobacterias**

**Puntos fijos**

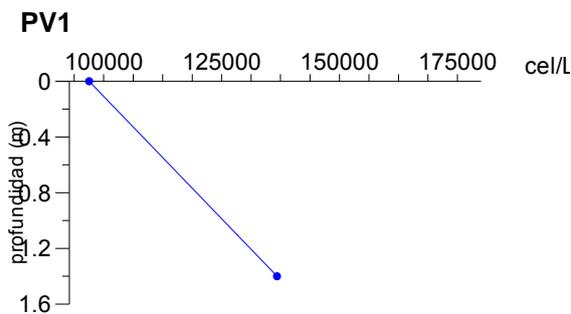


Figura 3.3.25 Distribución cianobacterias PV1

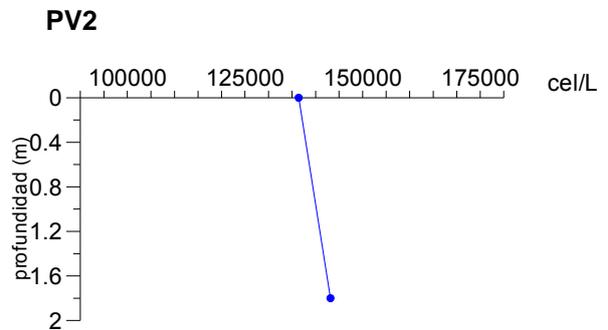


Figura 3.3.26 Distribución cianobacterias PV2

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

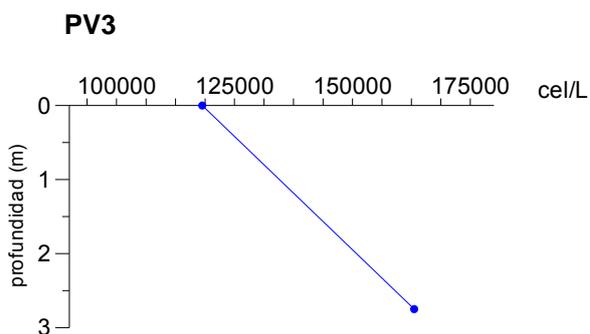


Figura 3.3.27 Distribución cianobacterias PV3

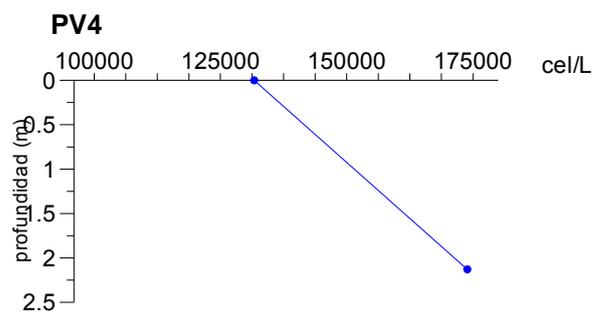


Figura 3.3.28 Distribución cianobacterias PV4

**Puntos móviles**

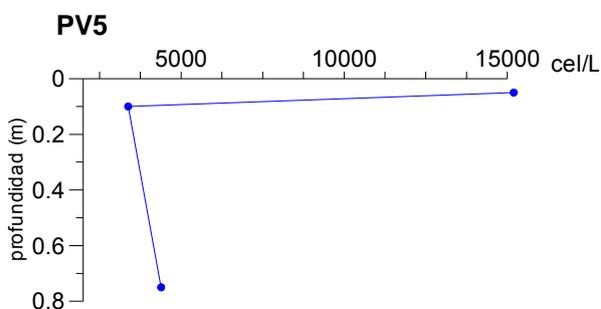


Figura 3.3.29 Distribución cianobacterias PV5

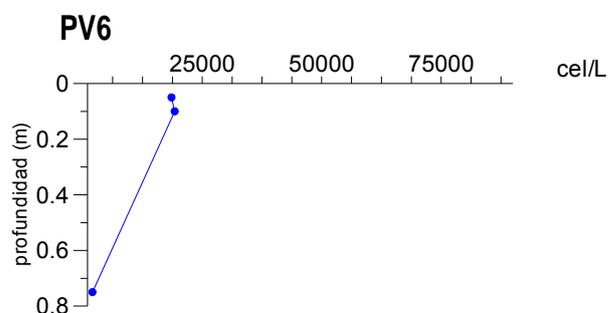
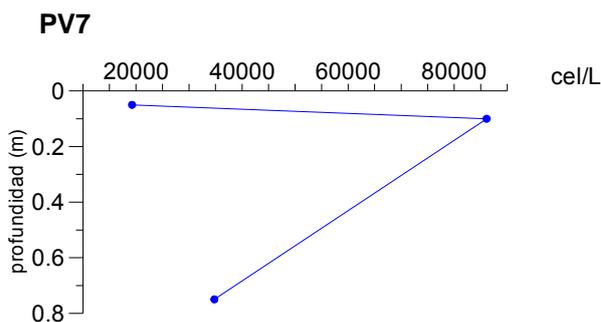


Figura 3.3.30 Distribución cianobacterias PV6



RIO: 2026 cel/L

Figura 3.3.31 Distribución cianobacterias PV7

En el río el número de cianobacterias es mucho menor pues se trata de agua dulce y las células que se han contado son características de éste agua. En los puntos fijos se observa un claro aumento del número de células de cianobacterias con la profundidad, este aumento de células está asociado con el aumento de salinidad de la columna de agua con la profundidad. Los puntos móviles presentan comportamientos diferentes. PV5 es el punto de menor concentración de células

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

(<15000 cel/L) algo que está asociado con la baja salinidad del mismo. Conforme avanzamos en la pluma y aumenta la salinidad aumenta la concentración de células en superficie como se observa en PV6 y PV7 (> 20000 cel/L). En PV6 la densidad celular disminuye con la profundidad mientras que en PV/ está aumenta a 0.10 m y después disminuye hasta la muestra de 0.75 m, profundidad donde el valor es más elevado que en superficie.

En esta zona de muestreo se pueden observar variaciones muy importantes en cuanto al número de células de cianobacterias entre unos puntos y otros y esta diferencia viene dada principalmente por las importantes variaciones de salinidad que se están produciendo. En los ecosistemas acuáticos la mayor parte de fijación del nitrógeno la llevan a cabo las cianobacterias. (Carpenter y Price, 1976). En los ecosistemas de agua dulce, las cianobacterias son consideradas como las fijadoras del 78% del nitrógeno total (Mague, 1977), en el caso de los ecosistemas esutarinos la fijación de nitrógeno representa como mucho un 1% de la entrada de nitrógeno total (Nedwell et al, 1999).

Estadísticamente cianobacterias y células totales se correlacionan de forma negativa de manera que cuando tenemos mayor concentración de células fitoplanctónicas tenemos menor número de cianobacterias aparecen.

### 3.4 ZONA DE MUESTREO 4: EMISARIO EDAR DE GANDÍA

#### VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

##### Datos climatológicos

La temperatura media ambiental el día de muestreo fue de 17.3 °C, la mínima de 14.0 °C y la máxima de 21.7°C. La humedad media del 39 %.

La dirección del viento dominante fue W-NW, la velocidad media del viento fue 6 km/h y la velocidad máxima del mismo 34 km/h.

DIRECCION	N	N-NE	NE-E	E-SE	SE-S	S-SW	SW-W	W-NW	NW-N
MINUTOS	0.00	0	20	25	10	30	155	240	0
HORAS	0.00	0.00	0.33	0.42	0.17	0.50	2.58	4.00	0.00
%	0.00	0.00	1.39	1.74	0.69	2.08	10.76	16.67	0.00

Tabla 3.4.1 Frecuencia de vientos

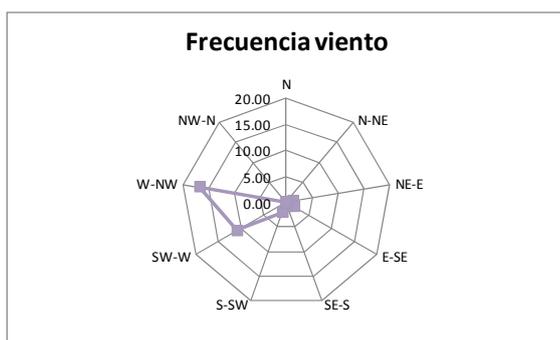


Figura 3.4.1: Frecuencia de vientos

##### Hidrodinamismo

El ADP fondeado en el emisario registró el día 17 de abril las siguientes frecuencias de corrientes como promedio de los 4 metros superficiales:

DIRECCION	N	N-NE	NE-E	E-SE	SE-S	S-SW	SW-W	W-NW	NW-N
MINUTOS	0,00	265	70	105	70	110	210	220	385
HORAS	0,00	4,42	1,17	1,75	1,17	1,83	3,50	3,67	6,42
%	0,00	18,40	4,86	7,29	4,86	7,64	14,58	15,28	26,74

Tabla 3.4.2: Frecuencia de corrientes

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

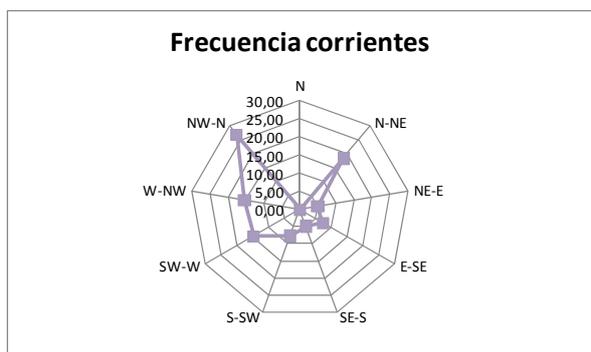


Figura 3.4.2 Frecuencia de corrientes

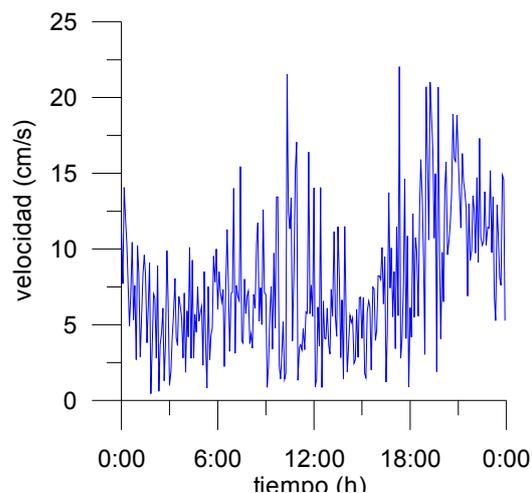


Figura 3.4.3 Velocidad media de la corriente

La dirección de la corriente dominante durante todo el tiempo de muestreo fue la NW-W, de ahí la ubicación de PE5, PE6 y PE7.

### Aportaciones del emisario

Las aportaciones del emisario se estiman en la siguiente tabla:

	CAUDAL (m <sup>3</sup> /día)	NT (mg/s)	PT (mg/s)
<b>EMISARIO</b>	45000	7812	1042

Tabla 3.4.3: Vertido emisario

### Temperatura

La temperatura superficial del agua tiene valores próximos a 15 °C, mientras que en el fondo la temperatura fue de 14.7 °C.

### Salinidad.

En superficie la salinidad de los puntos fijos (PE1, PE2, PE3 y PE4) fue aproximadamente de 37.1 g/kg y 37.6 g/kg en profundidad. En cambio, en los puntos móviles tomados sobre la pluma (PE5, PE6 y PE7) la salinidad es menor, de hecho en PE5 es de 35.2 g/kg y conforme nos alejamos de la pluma aumentó hasta 37.1 g/kg que se dieron en PE7.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

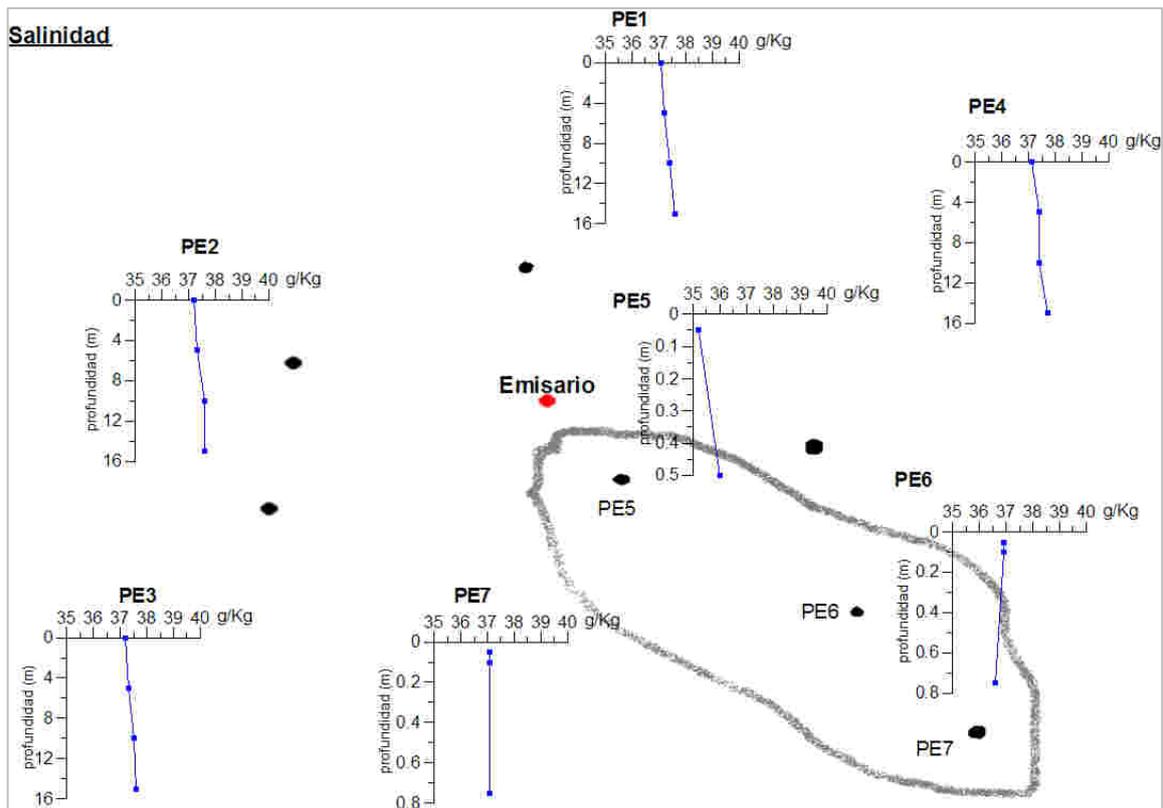


Figura 3.4.4 Perfiles verticales de salinidad en las estaciones del emisario

Se observa claramente el aumento de la salinidad con la profundidad en los puntos fijos. Este aumento de la salinidad con la profundidad también puede observarse en PE5 donde el valor en superficie es bajo puesto que estamos sobre el inicio de la pluma del emisario. Conforme avanzamos en la pluma se produce un aumento de la salinidad en superficie aunque cabe destacar la gradación que se produce en las capas superficiales de PE6 ya que la salinidad disminuye con la profundidad.

### Nutrientes

A continuación se presenta la tabla resumen así como unos gráficos que representan los resultados de los análisis de nutrientes realizados.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

	O.D	SS	NH4	NO2	NO3	NO2+NO3	PSR	PT	Silicio
	mg/l	mg/l	µM	µM	µM	µM	µM	µM	µM
PE1-0	8.80	7.75	0.05	0.13	8.59	8.73	0.94	0.47	5.02
PE1-5		7.25	0.05	0.11	8.96	9.06	0.62	0.42	6.53
PE1-10		5.62	0.05	0.07	7.05	7.12	0.47	0.26	4.95
PE1-15	8.32	4.62	0.05	0.02	2.13	2.16	0.05	0.25	3.20
PE2-0	8.48	3.50	0.05	0.08	7.97	8.05	0.18	0.32	2.51
PE2-5		4.38	0.05	0.08	6.92	7.00	0.09	0.10	1.17
PE2-10		1.75	0.05	0.05	3.40	3.45	0.08	0.10	1.17
PE2-15	8.48	1.13	0.05	0.04	2.14	2.18	0.07	0.10	1.89
PE3-0	8.80	2.38	0.05	0.05	8.80	8.85	0.22	0.26	3.02
PE3-5		5.38	0.05	0.11	6.65	6.75	0.08	0.15	1.22
PE3-10		2.13	0.05	0.03	5.97	6.00	0.09	0.09	4.95
PE3-15	8.00	4.38	0.05	0.01	1.88	1.89	0.09	0.25	5.17
PE4-0	9.12	7.88	0.05	0.18	9.31	9.49	0.37	0.62	3.57
PE4-5		9.25	0.05	0.14	6.01	6.15	0.10	0.16	1.07
PE4-10		7.13	0.05	0.11	5.10	5.22	0.09	0.15	1.30
PE4-15	8.80	7.38	0.05	0.08	1.28	1.36	0.06	0.14	1.74
PE5-0.05	9.44	4.13	0.05	0.57	12.07	12.63	1.96	1.91	19.20
PE5-0.5	8.80	4.13	0.05	0.51	11.26	11.76	1.34	1.82	12.33
PE6-0.05	8.96	4.87	0.05	0.22	8.37	8.59	0.20	0.64	4.48
PE6-0.10	8.96	6.75	0.05	0.23	8.41	8.64	0.31	0.72	6.41
PE6-0.75	9.28	7.13	0.05	0.22	9.91	10.13	0.21	0.62	6.33
PE7-0.05	8.80	5.75	0.05	0.18	7.64	7.82	0.12	0.35	2.73
PE7-0.10	8.80	6.00	0.05	0.16	7.76	7.92	0.08	0.32	5.37
PE7-0.75	7.52	6.75	0.05	0.20	7.68	7.88	0.11	0.17	2.83

Tabla 3.4.4: Tabla resumen concentración de nutrientes y oxígeno disuelto en las estaciones del emisario.

Los difusores del emisario junto con el efecto de dilución del mar hacen que las concentraciones de nutrientes obtenidas en el entorno del emisario, a excepción de aquellas muestras tomadas directamente sobre la pluma (PE5, PE6 y PE7), no presentan variaciones significativas con respecto a los valores normales de estos nutrientes en mar abierto.

La concentración de todos los nutrientes se relaciona de forma inversa con la conductividad y la salinidad lo que evidencia la entrada de nutrientes que se está produciendo a través del emisario.

#### **Amonio**

El amonio se da en todas las muestras por debajo del límite de detección.

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

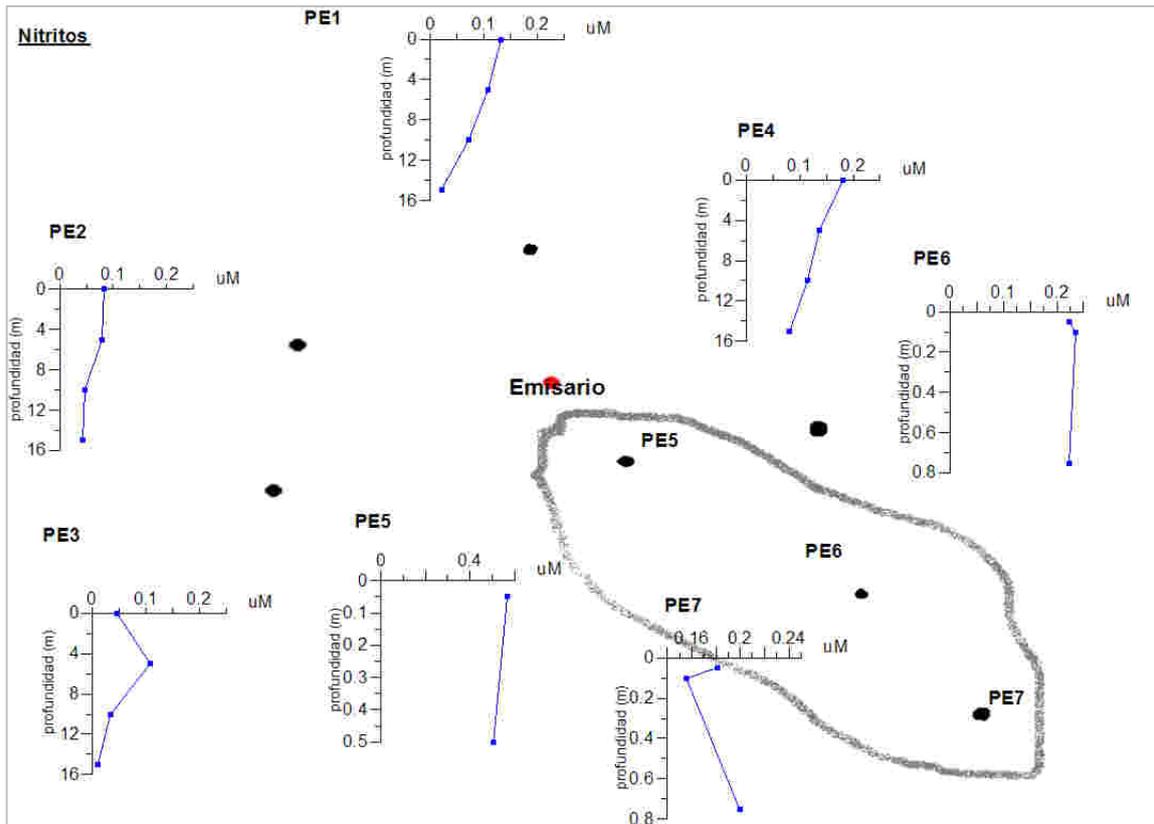


Figura 3.4.5 Perfiles verticales de nitritos en las estaciones del emisario

La tendencia de la concentración de nitrito en los 4 puntos fijos es la de disminuir con la profundidad. De estos cuatro puntos PE4 es el que presenta valores más elevados en superficie puesto que es el más próximo a la pluma del emisario. En cuanto a los puntos móviles PE 5 presenta el valor más elevado en superficie  $0.57 \mu\text{M}$  y esta concentración disminuye longitudinalmente hasta PE7 donde tiene un valor de  $0.18 \mu\text{M}$ , valor más próximo al medido en los puntos fijos.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

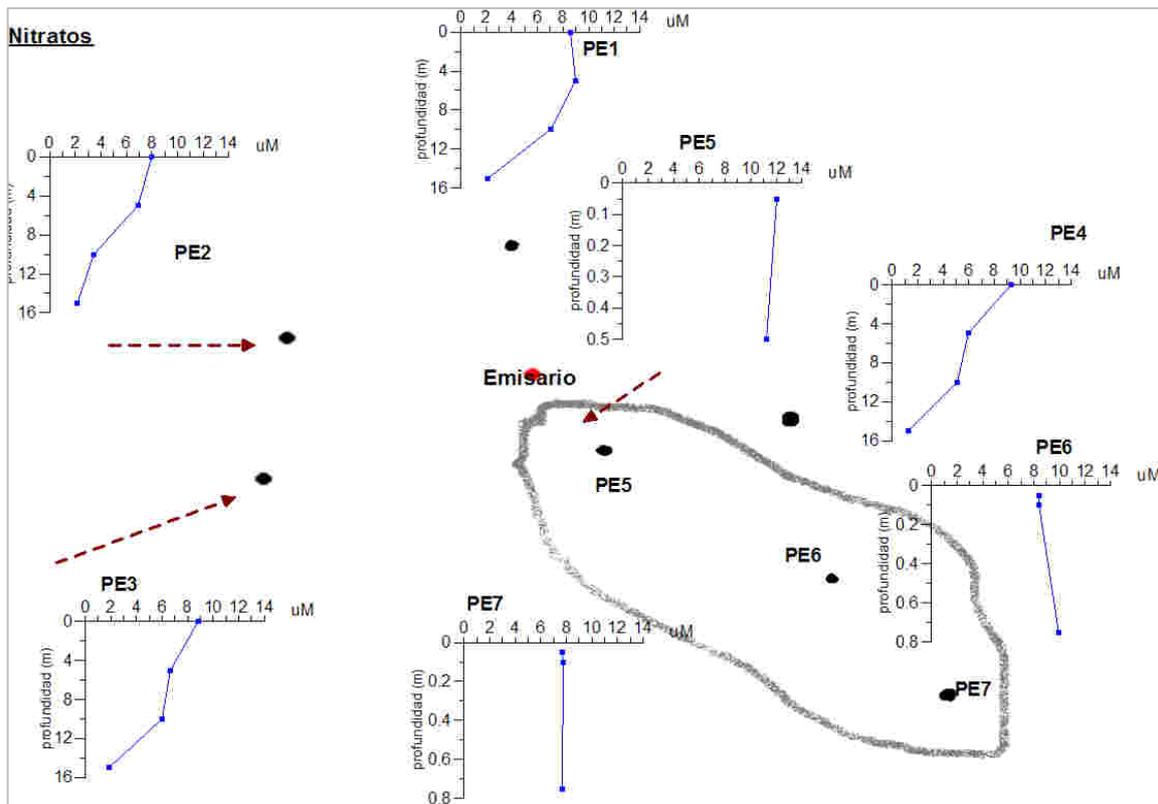


Figura 3.4.6 Perfiles verticales de nitratos en las estaciones del emisario.

En las estaciones fijas los valores de la concentración de nitratos oscilan en superficie entre 8 y 10  $\mu\text{M}$  y en la columna de agua sufre un descenso bastante pronunciado alcanzado a 15 m de profundidad valores entre 1 y 2  $\mu\text{M}$ . En cuanto a los puntos móviles el PE 5 es el único que presenta valores más elevados con respecto a los fijos llegando a 0.05 m a alcanzar 12  $\mu\text{M}$ . PE 6 presenta su valor más elevado a 0.75 m de profundidad 9.91  $\mu\text{M}$ .

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

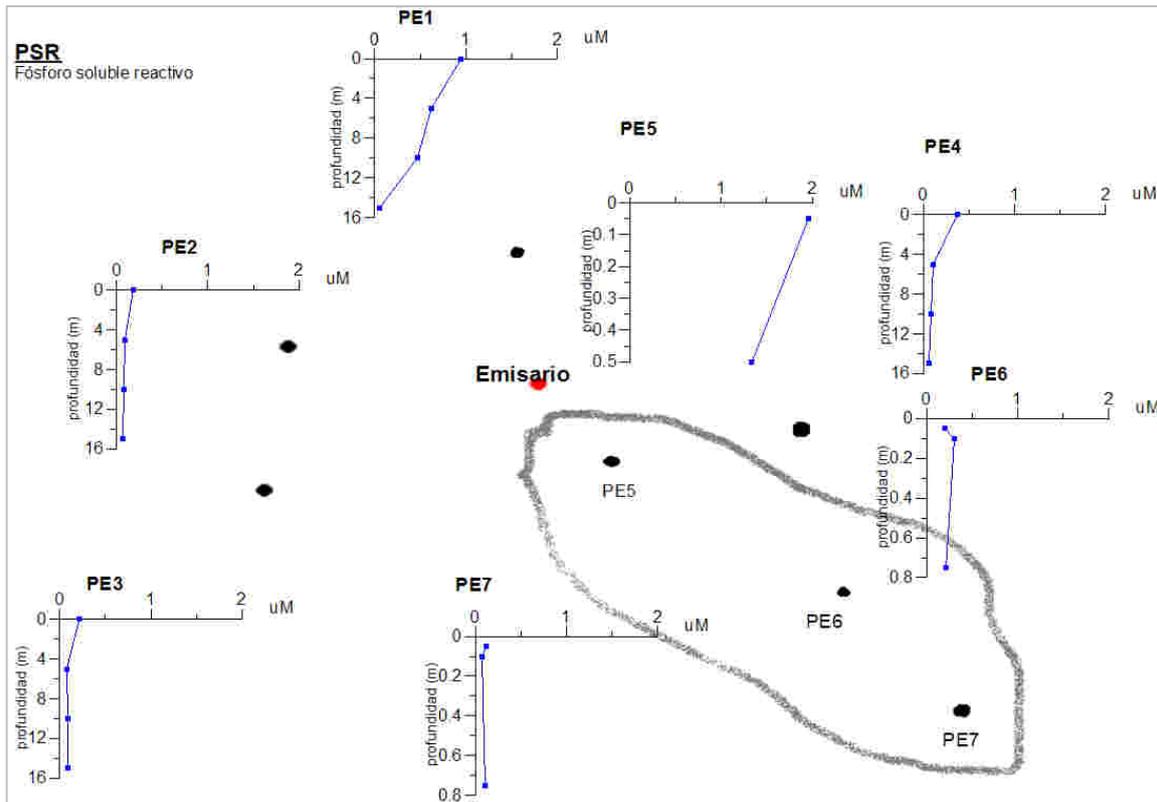


Figura 3.4.7 Perfiles verticales de fósforo soluble reactivo en las estaciones del emisario

En cuanto a fósforo soluble reactivo los puntos fijos presentan el mismo comportamiento en la columna de agua y es disminución con la profundidad, los valores máximos en superficie se dan en PE4 y PE1 (0.37 y 0.94  $\mu\text{M}$  respectivamente). Referente a los puntos móviles el único que presenta un valor más elevado con respecto al resto de puntos del muestreo es PE5 que presenta en 0.05m un valor de 1.96  $\mu\text{M}$ .

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

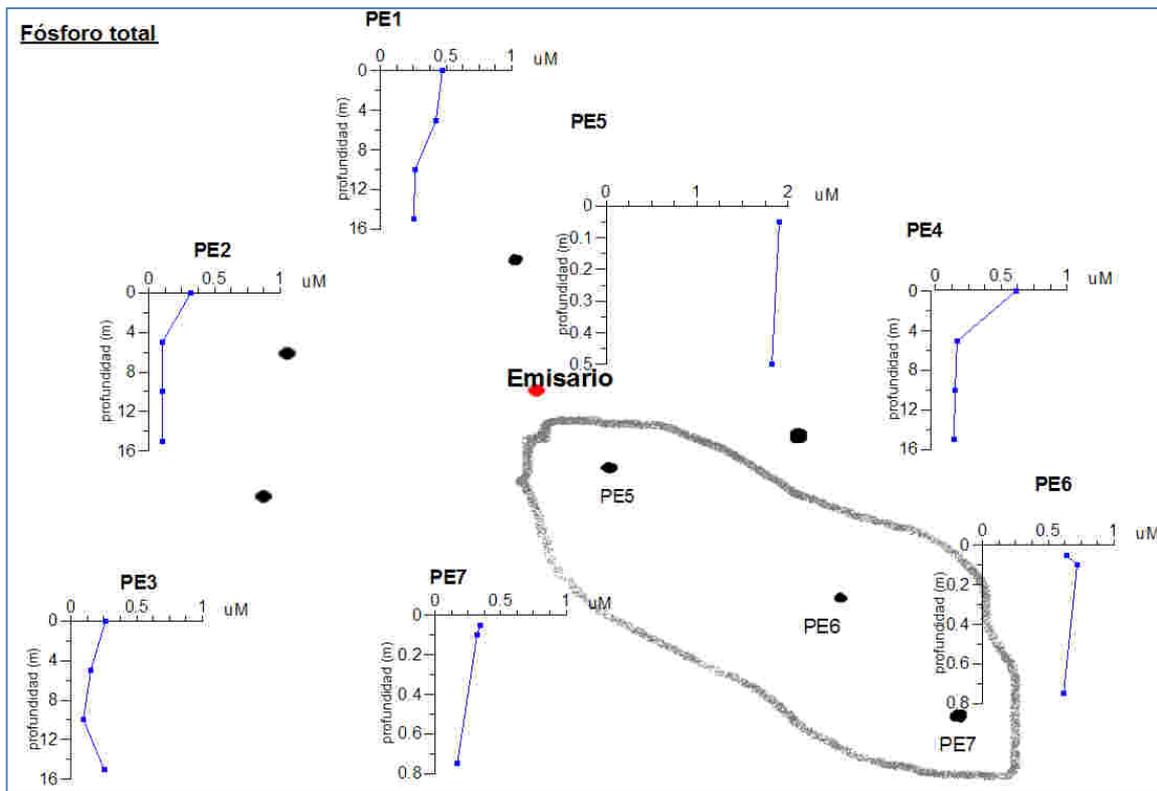


Figura 3.4.8 Perfiles verticales de fósforo total en las estaciones del emisario

La concentración de PT en los puntos fijos solo supera 0.5  $\mu\text{M}$  en PE4 a 0.05 m, en todos ellos disminuye con la profundidad salvo PE3 a 15 m que alcanza la concentración de superficie. En cuanto a los puntos móviles, PE7 presenta valores semejantes a los de los puntos fijos, PE 6 alcanza el máximo a 0.10 m, 0.72  $\mu\text{M}$  y PE 5 presenta valores próximos a 2  $\mu\text{M}$ .

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

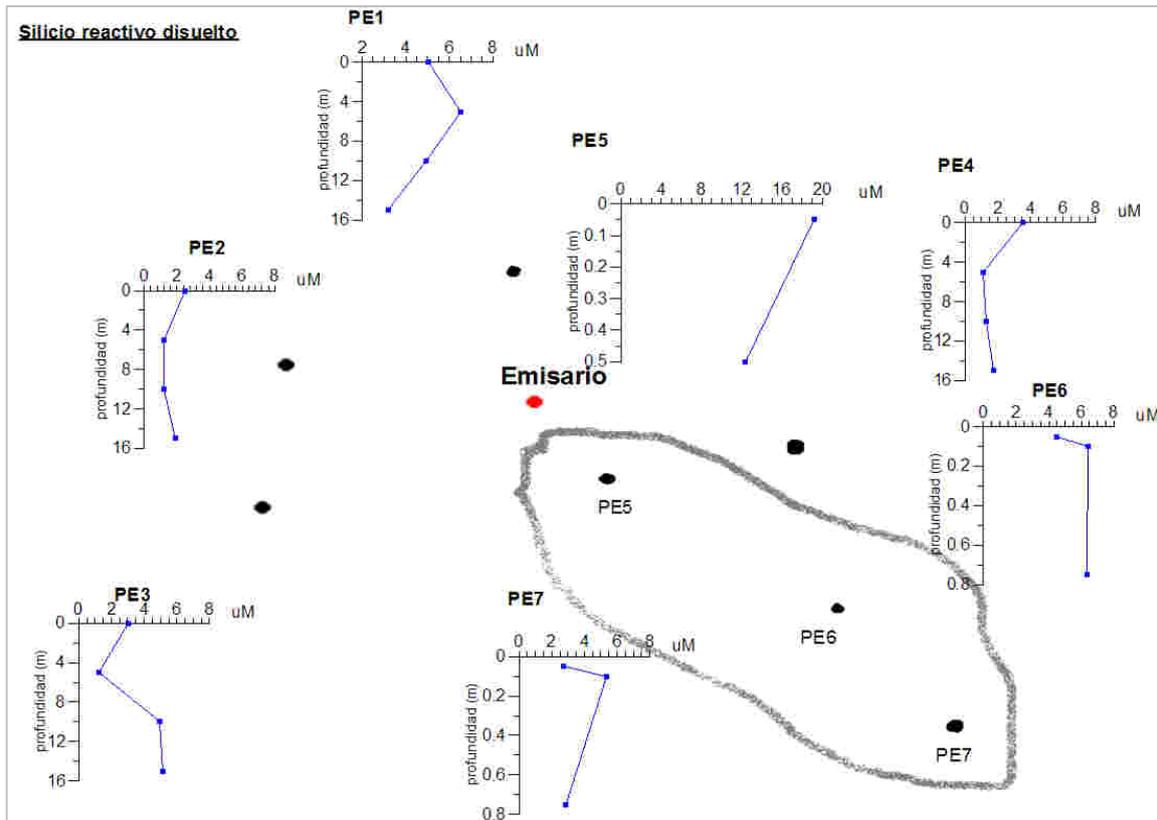


Figura 3.4.9 Perfiles verticales de ác. ortosilícico en las estaciones del emisario

El silicio presenta un comportamiento diferente en los diversos puntos de muestreo. En los puntos fijos presenta valor máximo de  $6.53 \mu\text{M}$  en PE1 5 m, PE2 presenta valores por debajo de  $2 \mu\text{M}$  en toda la columna, PE 3 tiene el mínimo a 5 m de profundidad y el máximo a 15 m y PE4 tiene valores próximos a  $4 \mu\text{M}$  en supeficie y prácticamente se mantiene constante para profundidades superiores a 5 m. En relación con los puntos móviles PE 5 presenta un gradiente muy fuerte en las capas superficiales descendiendo de  $19.20 \mu\text{M}$  a  $12.33 \mu\text{M}$ , PE 6 y PE 7 presentan los valores máximos a 0.10 m manteniéndose constante en PE6 y disminuyendo en PE7.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

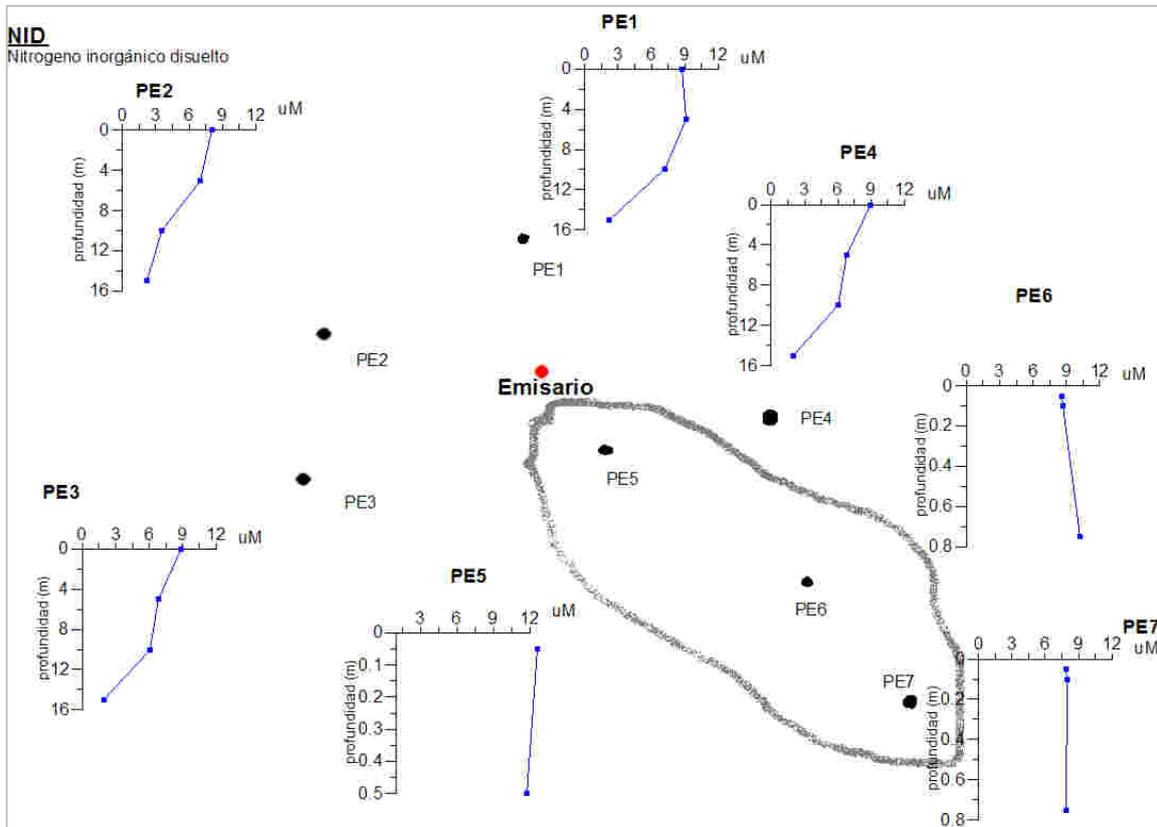


Figura 3.4.10 Perfiles verticales de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) en las estaciones del emisario

El comportamiento del NID (Nitrógeno Inorgánico Disuelto) es análogo al de los nitratos puesto estos suponen un porcentaje del mismo superior al 90 %.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

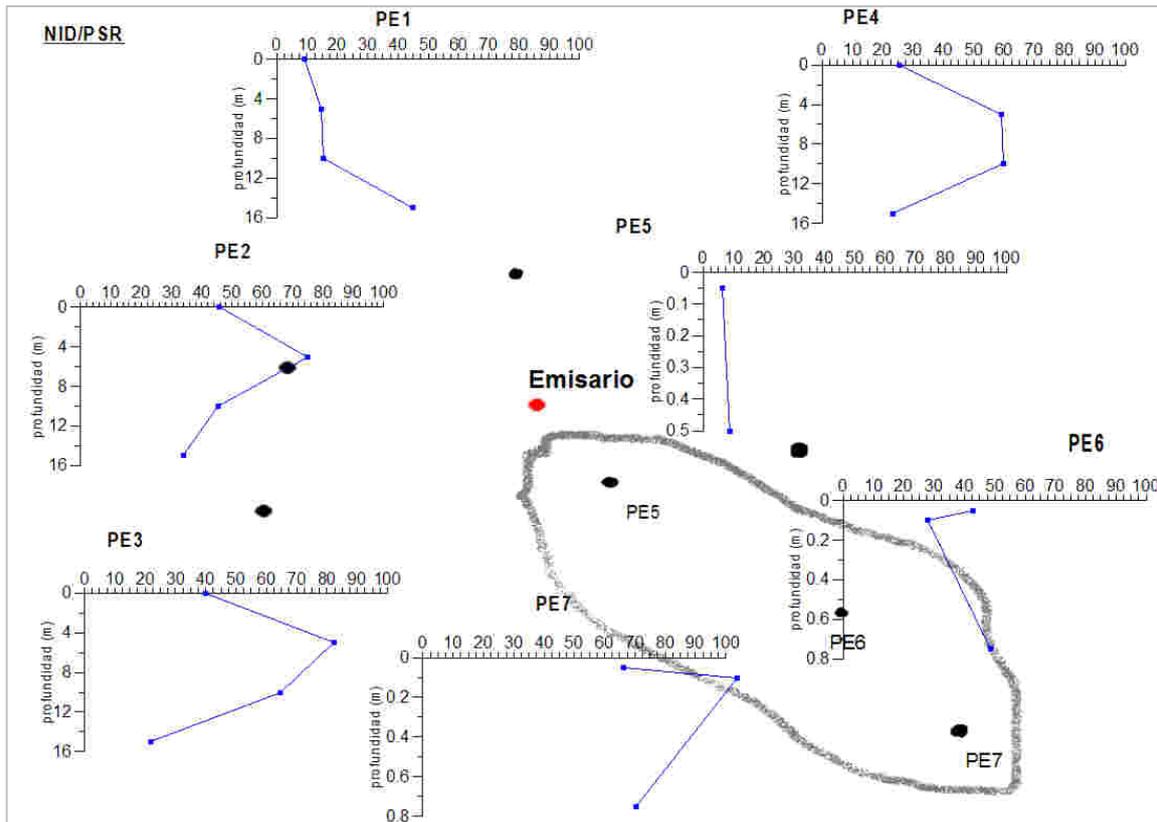


Figura 3.4.11 Perfiles verticales de la relación N:P en las estaciones del emisario

Según Justic et al (1995) si la relación N:P es mayor que 22 el limitante es el fósforo mientras que si esta relación es menor de 10 el limitante es el nitrógeno. El fósforo es el limitante en todos los puntos de muestreo excepto en la superficie de PE1 y PE 5 en sus dos profundidades donde el limitante es el nitrógeno. En PE1 5 m y 10 m de profundidad ninguno de los dos es nutriente limitante.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

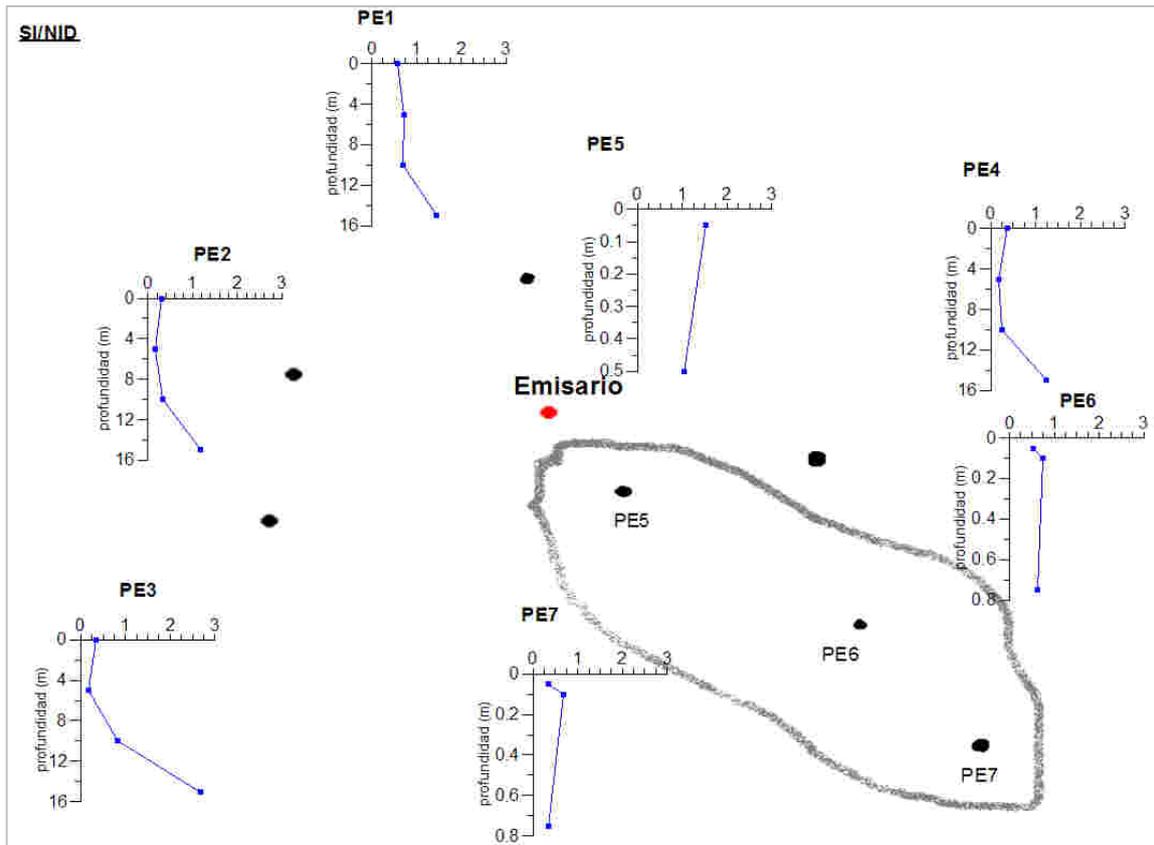


Figura 3.4.12 Perfiles verticales de la relación Si:N en las estaciones del emisario

Si la relación Si:N es menor que 1 el sílice es limitante y si es mayor que 1 el limitante es el nitrógeno (Justic et al., 1995). En los puntos fijos siempre el limitante es el sílice salvo a 15 m de profundidad donde es el nitrógeno. En PE 5 el limitante es el nitrógeno y en PE6 y PE 7 el limitante es el sílice

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

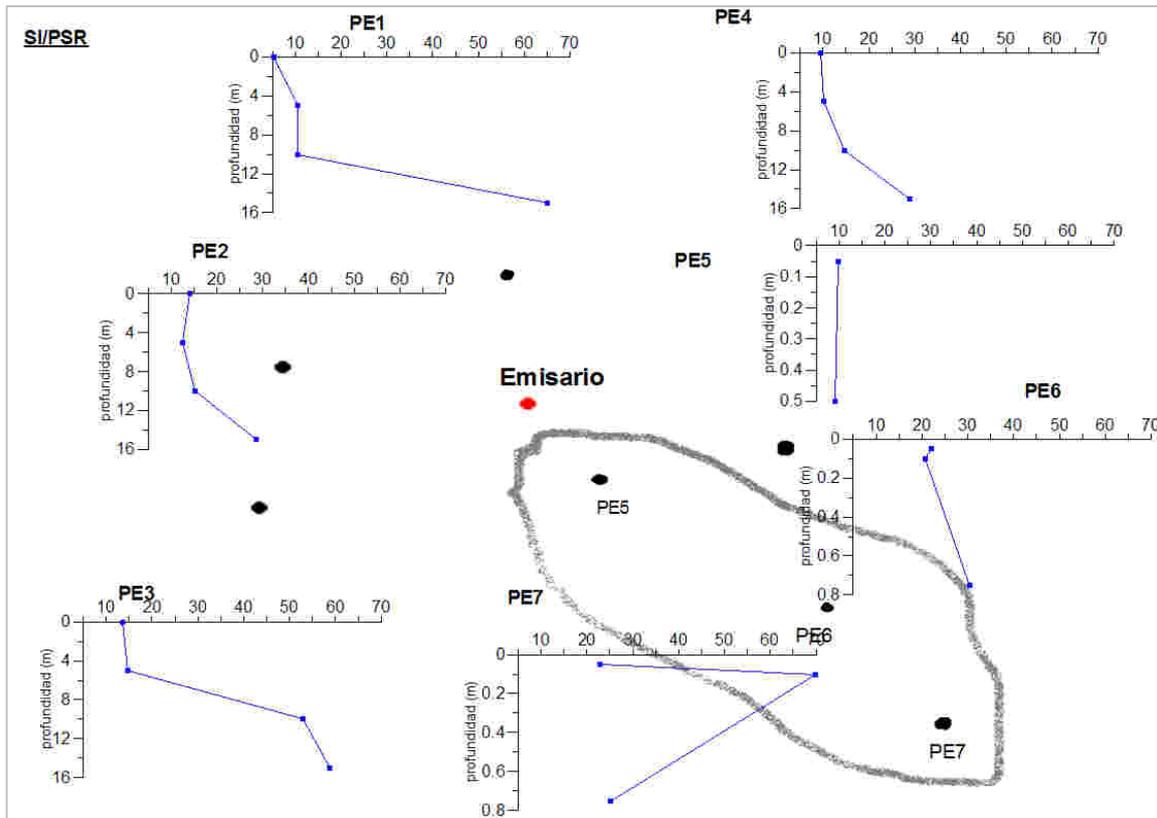


Figura 3.4.13 Perfiles verticales de la relación Si:PSR en las estaciones del emisario

Si aplicamos el criterio de Justic et al. (2005) cuando la relación Si:P es mayor que 22 el nutriente limitante es el fósforo y cuando es menor que 10 es el sílice. El sílice es limitante en la superficie de PE1 y PE4 y en la capa superficial (0.05m, 0.75 m) de PE5. El fósforo es limitante en todos los puntos fijos a 15 m de profundidad y en todas las profundidades de PE 6 y PE 7.

### Sólidos en suspensión

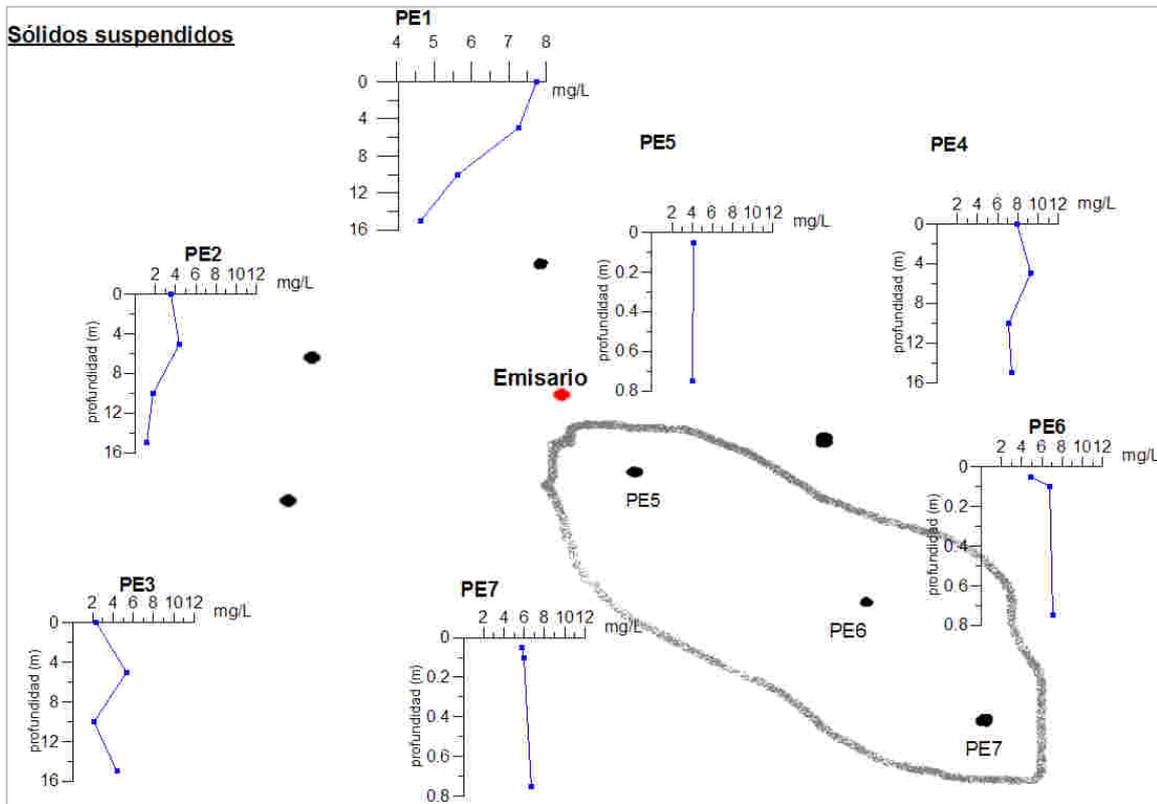


Figura 3.4.14 Perfiles verticales de sólidos en suspensión en las estaciones del emisario

El valor máximo de sólidos se da en PE1 llegando a casi 8 mg/L descendiendo en la columna de agua hasta llegar a los 4.5 mg/L a 15 m de profundidad y también en PE4 pero se mantiene el valor constante en la columna. Los valores más bajos se dan en PE2, PE3 y PE5.

## Oxígeno Disuelto

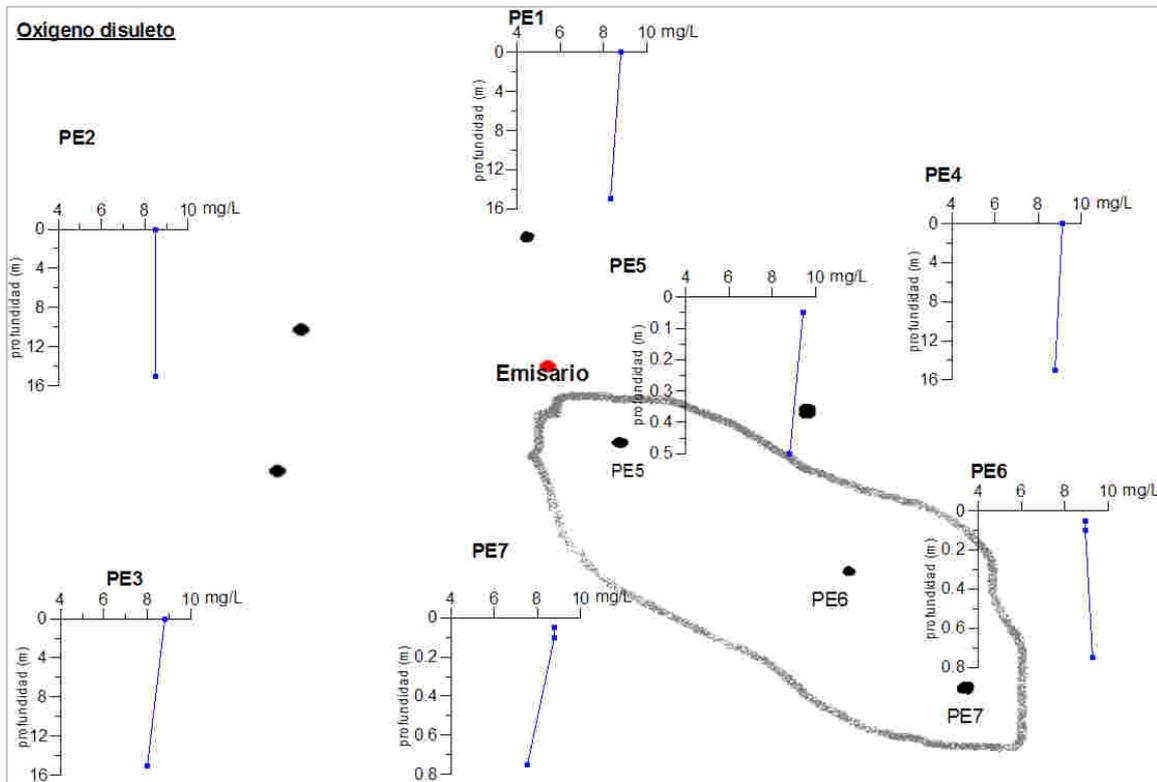


Figura 3.4.15 Perfiles verticales de oxígeno disuelto en las estaciones del emisario

En general el oxígeno disuelto presenta concentraciones mayores en superficie que en profundidad y varía la mayoría de las muestras en torno a los 8.5-9 mg/L. La concentración más elevada de oxígeno disuelto la encontramos en la superficie de PE5 aproximándose a los 10 mg/L:

### Clorofila a

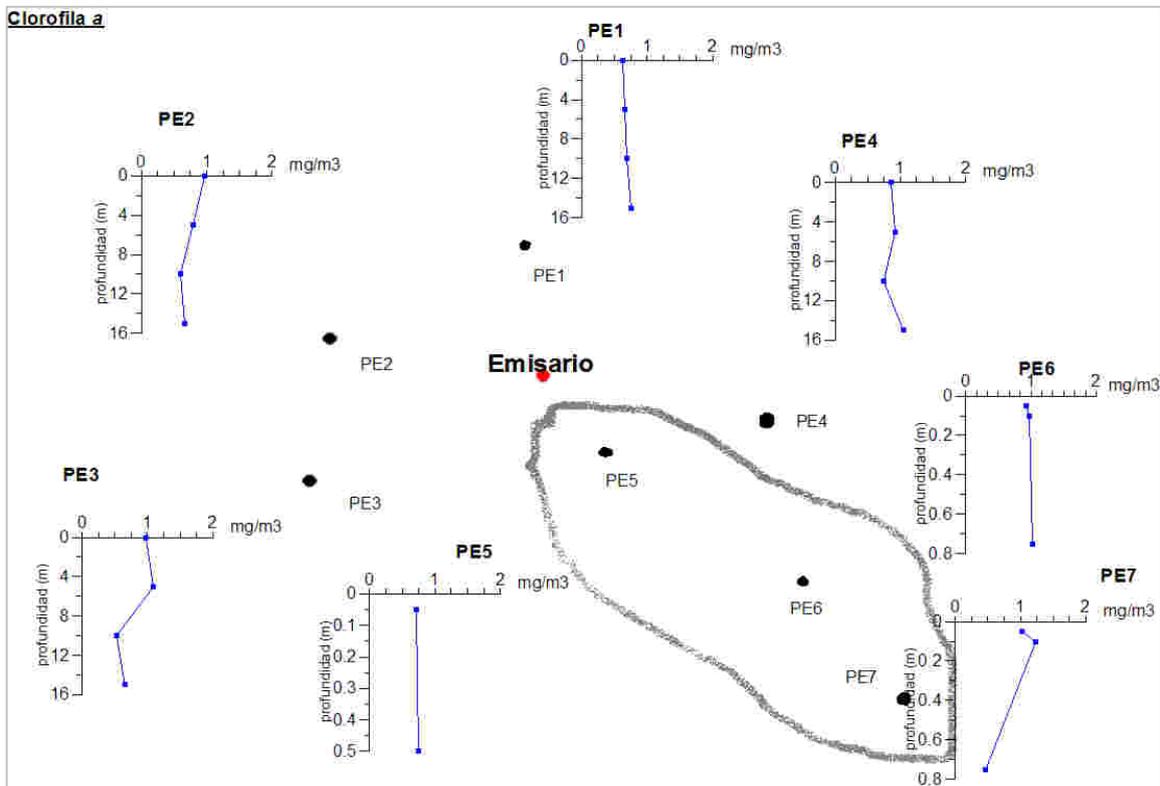


Figura 3.4.16 Perfiles verticales de clorofila *a* en las estaciones del emisario

No se aprecia ninguna tendencia clara de la clorofila *a* los valores son prácticamente constantes tanto en superficie como en la columna de agua a excepción de PE7 donde hay un fuerte descenso.

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

## ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTONICA

	Células totales	Diatomeas	Cocolitoforales	nanoflagelados	cryptophyceae	Dinophyceae	Raphidophyceae
PUNTO	(cel/L)						
PE1_0	5515	1298	187	3406	187	187	487
PE1_5	3244	487	187	2433	187	187	324
PE1_10	3163	487	187	2352	187	187	243
PE1_15	10300	1298	187	7542	187	187	1217
PE2_0	24736	4461	187	19707	187	187	324
PE2_5	8678	973	187	5515	187	187	1460
PE2_10	3325	892	187	1703	187	187	406
PE2_15	14436	1784	187	12165	187	187	324
PE3_0	15004	1379	187	11841	187	406	1217
PE3_5	3812	649	187	2757	187	187	406
PE3_10	4055	567.7	187	2595	187	187	892
PE3_15	13138	1054.3	187	11760	187	187	243.3
PE4_0	13382	1703	187	10300	568	187	487
PE4_5	4136	1703	187	1865	187	187	81
PE4_10	3163	187	187	2352	187	187	324
PE4_15	12814	8110	187	4136	187	187	324
PE5_0.05	3893	568	187	1622	187	1217	243
PE5_0.50	9164	1460	187	6731	487	187	81
PE6_0.05	7542	2352	187	4866	187	187	324
PE6_0.10	4298	1784	187	1865	187	187	324
PE6_0.75	3974	811	187	2514	187	187	406
PE7_0.05	21492	7056	187	13382	487	187	243
PE7_0.10	18815	7623	187	10056	187	406	324
PE7_0.75	8921	4055	187	4461	187	187	81

	Chrysophyceae	Dictyophyceae	Prymnesiophyceae	Euglenophyceae	Chlorophyceae	Prasinophyceae	Cianobacterias
PUNTO							
PE1_0	187	187	187	187	187	187	29038
PE1_5	187	187	187	187	187	187	38492
PE1_10	187	187	187	187	187	187	20934
PE1_15	187	187	187	187	187	187	37817
PE2_0	187	187	187	187	187	187	6415
PE2_5	187	187	187	187	187	187	67868
PE2_10	187	187	187	187	187	187	80023
PE2_15	187	187	187	187	187	187	88802
PE3_0	187	187	187	187	187	187	9117
PE3_5	187	187	187	187	187	187	57738
PE3_10	187	187	187	187	187	187	79010
PE3_15	187	187	187	187	187	187	34440
PE4_0	187	187	187	187	187	187	30051
PE4_5	187	187	187	187	187	187	59089
PE4_10	187	187	187	187	187	187	38830
PE4_15	187	187	187	187	187	187	76984
PE5_0.05	187	187	187	187	187	187	50310
PE5_0.50	187	187	187	187	187	187	80023
PE6_0.05	187	187	187	187	187	187	1013
PE6_0.10	187	187	187	187	187	187	1688
PE6_0.75	187	187	187	187	187	187	40518
PE7_0.05	187	187	187	187	187	187	2026
PE7_0.10	187	187	187	187	187	187	1688
PE7_0.75	187	187	187	187	187	187	1351

Tabla 3.4.5: Tabla resumen concentración de células fitoplanctónicas

**Composición por puntos de muestreo**

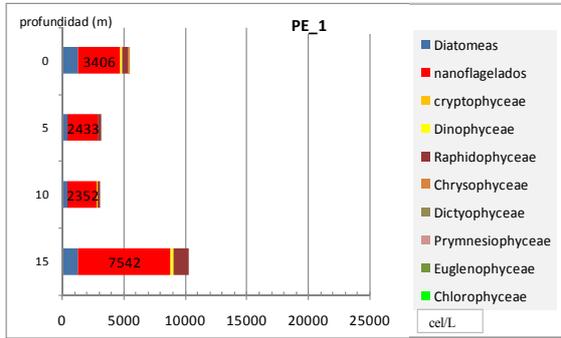


Figura 3.4.17 Composición fitoplanctónica PE1

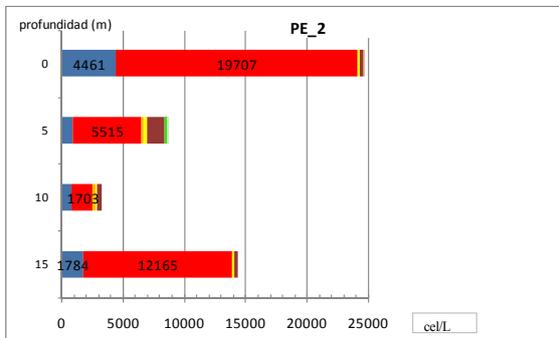


Figura 3.4.18 Composición fitoplanctónica PE2

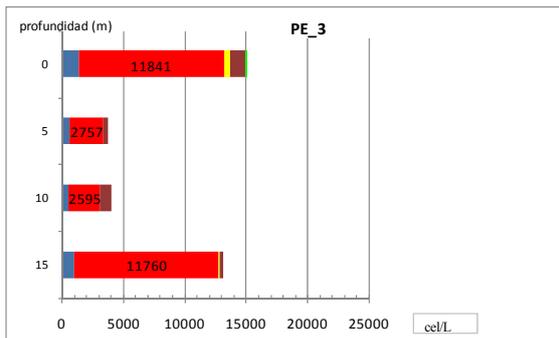


Figura 3.4.19 Composición fitoplanctónica PE3

En PE1 el mayor número de células totales apareció a 15 m de profundidad, 10300 cel/L, la segunda muestra con más células fue en superficie aunque fueron prácticamente la mitad de células que a 15 m. El grupo dominante fueron los nanoflagelados seguidos de las diatomeas y rafidoficeas, de forma esporádica se encontró algún dinoflagelado.

En PE2 la concentración más elevada se dio en superficie (24736 cel/L) está concentración es consecuencia de la elevada densidad de nanoflagelados. A 15 m la concentración también fue elevada pero sin llegar a las 15000.células. El grupo mayoritario son los nanoflagelados seguido de diatomeas que aparecen en una concentración muy inferior. Los otros grupos que se encontraron fueron rafidoficeas, criptoficeas, dinoflagelados y muy pocas células de cloroficeas.

En PE3 al igual que en los puntos anteriores las máximas densidades de fitoplancton se dieron en superficie y en profundidad y dominaron los nanoflagelados.

*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

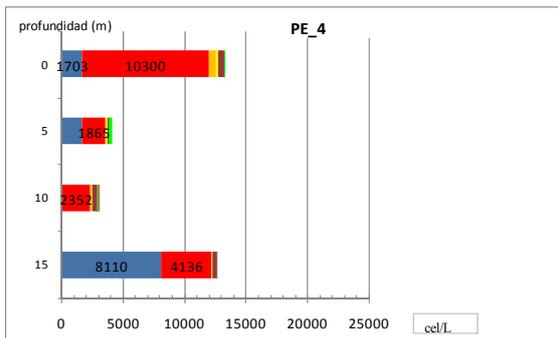


Figura 3.4.20 Composición fitoplanctónica PE4

En PE4 las concentraciones más elevadas también se dieron en superficie y a 15 m, en superficie dominan los nanoflagelados mientras que a 15 m las diatomeas que en cambio a 10 m no aparecieron. Se mantuvieron los mismos grupos secundarios.

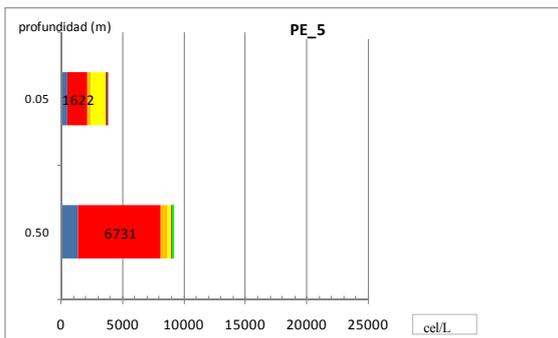


Figura 3.4.21 Composición fitoplanctónica PE5

En PE5 la concentración de células a 50 cm de profundidad triplicó la de 5 cm pero no alcanzó las 10000 cel/L. A 50 cm destacó un aumento en el número de dinoflagelados en comparación con el resto de puntos (1217 cél/L).

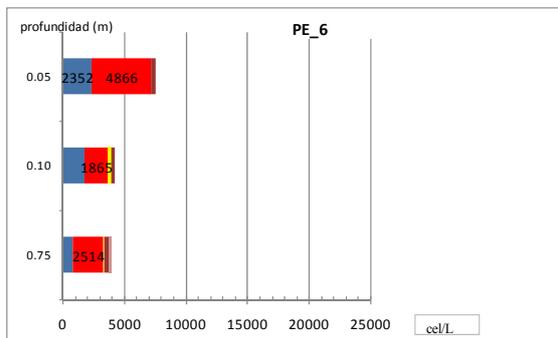


Figura 3.4.22 Composición fitoplanctónica PE6

En PE6 la concentración de células máxima fue de 7542 cél/L y se redujo conforme aumenta la profundidad en las capas superficiales. Dominancia del grupo de nanoflagelados.

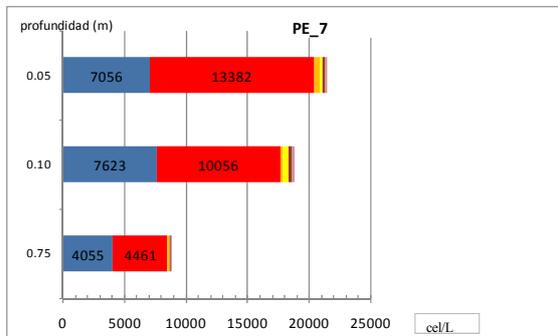


Figura 3.4.22 Composición fitoplanctónica PE7

En PE7 la concentración de células aumentó hasta 21492 cél/L y desciende gradualmente en las capas superficiales igualándose los porcentajes de abundancia de los dos grupos principales (nanoflagelados y diatomeas)

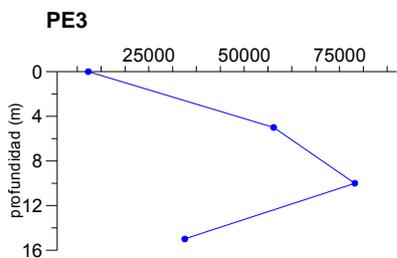
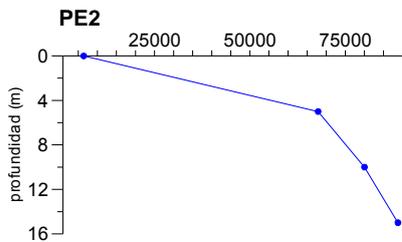
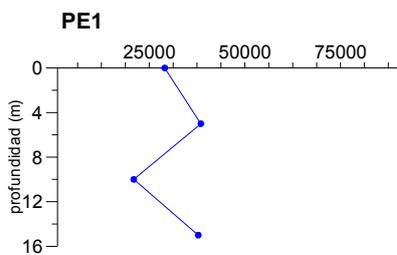
*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*

La densidad de células totales viene determinada fundamentalmente por la concentración de nanoflagelados. Las diatomeas es el segundo grupo más importante en cuanto a abundancia suponiendo en la mayoría de las muestras entre un 20-40% del número de células totales. Desde el punto de vista estadístico, existe una correlación positiva ente diatomeas y nanoflagelados, lo que significa que cuando se produce un aumento en el número de nanoflagelados también se produce un aumento en el número de diatomeas

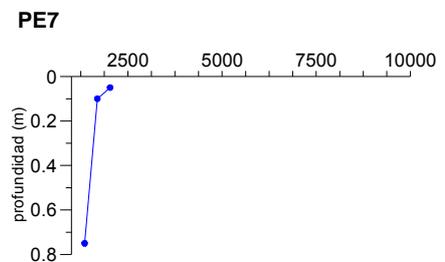
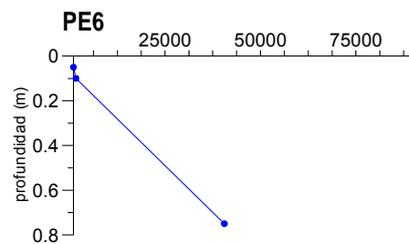
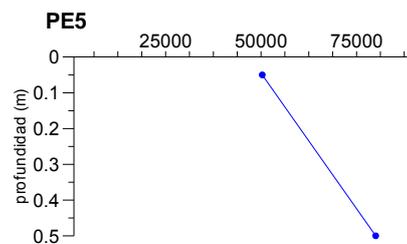
Otros grupos que aparecen son las rafidofíceas características de agua marina y también los dinoflagelados que son típicos de zonas más próximas a la costa pero que pueden aparecer en los puntos de la pluma por la existencia de concentraciones de nutrientes similares a las que encontramos en las inmediaciones costeras. La aparición de rafidofíceas puede ser debido a que este grupo está asociado a zonas de aportes de materia orgánica (Carmelo, 1997), y el emisario supone un aporte de esta materia.

**Cianobacterias**

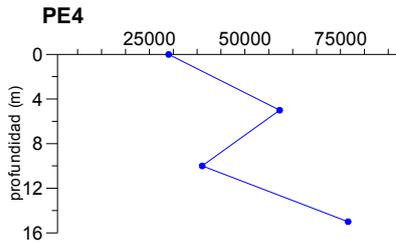
Puntos fijos



Puntos móviles



*Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.*



En los puntos fijos los valores más bajos en cuanto a concentración de cianobacterias se dan en superficie y los valores a 15 m de profundidad son claramente superiores, pero no se produce un comportamiento lineal ni análogo en cuanto al aumento de células en la columna de agua si no que en cada punto la variación de células presenta un patrón. En cuanto a los puntos móviles ubicados sobre la pluma se observa un aumento importante de células en superficie en PE5 (50000 cel/L) y a 0.5 m de profundidad (80000 cel/L), por otro lado en PE6 el número de células a 0.05 y 0.10 m de profundidad no llega a alcanzar las 2000 cel/L pero a 0.75m la densidad de cianobacterias se dispara hasta 40000 cel/L. Por último, PE7 presenta valores muy bajos en todas las capas superficiales llegando apenas a las 2000 cel/L.

## **4. CONCLUSIONES**

### **Salinidad**

En las cuatro áreas de muestreo han podido observarse gradientes de salinidad como consecuencia de los aportes de aguas continentales por parte de las acequias y el río Serpis así como por flujos subterráneos y también aguas residuales tratadas mediante el emisario de la EDAR de Gandía. Esta salinidad condiciona la sucesión de la comunidad fitoplanctónica principalmente en cuanto a grupos secundarios observándose la sustitución de grupos característicos de agua dulce como son clorofíceas o rafidofíceas por grupos característicos de agua marina como son los dinoflagelados.

### **Nutrientes**

La dinámica nutricional de la zona estudiada está muy influenciada por aportes alóctonos, aunque algunos procesos de remineralización y resuspensión de sedimentos pueden llegar a tener cierta importancia relativa en una zona confinada como es el Puerto de Gandía.

Los principales aportes de nutrientes se producen a través del emisario submarino pero el impacto sobre el ecosistema es menor y prácticamente inapreciable como consecuencia del efecto de dilución del agua. Por otro lado, los aportes del río Serpis en cuanto a carga de nutrientes son mayores que los de las acequias que evacúan al Puerto de Gandía. Sin embargo, aunque las acequias presentan valores absolutos de aportes de nutrientes menores que otras fuentes puntuales, tienen mayor relevancia en cuanto a la afección sobre el medio debido al carácter confinado y el elevado tiempo de residencia de la instalación portuaria, en este caso hay que destacar el elevado aporte de sales nitrogenadas que provienen del drenaje del humedal, aunque no suponen un efecto destacable puesto que el fósforo es el nutriente limitante. La instalación portuaria muestra un gradiente de nutrientes muy marcado en el que es destacable que la mayor parte del aprovechamiento de los mismos se produce dentro de la instalación portuaria exportándose a mar abierto materia orgánica particulada. Esta situación de elevado crecimiento fitoplanctónico en el interior de la instalación portuaria se caracteriza por la gran importancia que tienen algunas especies de riesgo como son los dinoflagelados, responsables de la aparición de HAB's (Harmful Algae Blooms).

En el emisario submarino donde el fósforo y el ácido ortosilícico suelen ser deficitarios con respecto al nitrógeno, el aporte de fósforo genera que este nutriente deje de ser limitante y lo sean el nitrógeno o el sílice como en el caso de la estación PE5.

Tras la observación de los resultados queda patente que los nutrientes presentan comportamientos diferentes en función de su localización en la columna de agua. La variación en las capas superficiales viene determinada por los aportes continentales de agua dulce que se están produciendo. (ejemplo claro son las inmediaciones de los vertidos de las acequias en el puerto y en las plumas del emisario y del río Serpis). Mientras que en el fondo la entrada de nutrientes puede darse como consecuencia de los flujos de nutrientes tras la mineralización de los materiales orgánicos acumulados en éste esto se detecta en la estación PP1 en el puerto

En la playa de L'Ahuir se detectan posibles entradas de agua subterránea en las zonas de swash y surf, aunque los valores son muy bajos hay que tener en cuenta su efecto en la zona.

## **Fitoplancton**

Tanto la composición de la comunidad fitoplanctónica como las cargas de nutrientes en las diferentes áreas de muestreo han presentado variaciones significativas. En términos generales, puede afirmarse que los dos grupos dominantes y que condicionan la densidad de células totales fitoplanctónicas son las diatomeas y los nanoflagelados, constituyen más del 80 % del fitoplancton eucariota en la mayor parte de las muestras. Sin embargo, la proporción en que aparecen grupos secundarios como cloroficeas y rafdoficeas fluctúa de un modo completamente irregular. Comportamiento que se debe a la estrecha relación que existe entre su densidad celular y los aportes continentales, cuya influencia depende, a su vez de su caudal, carga y de las condiciones hidrodinámicas existentes en cada momento, factores sumamente variables. Esto indica su posible origen continental o su afinidad por las condiciones estuarinas que se dan en los puntos de vertido. Por otro lado, la reducida participación porcentual de los dinoflagelados en el conjunto de la comunidad puede ser debida también a su crecimiento más lento y a su necesidad de periodos de calma prolongados para alcanzar densidades celulares comparables a las de los grupos dominantes.

La influencia de la concentración de nutrientes sobre la composición de la comunidad fitoplanctónica se traduce en variaciones espaciales de ésta. Las mayores proliferaciones de diatomeas y dinoflagelados suelen quedar confinadas a las capas superficiales donde la influencia continental es mayor. Por este motivo, los porcentajes de ambos grupos tienden a disminuir, en general, tanto hacia mar adentro, como con la profundidad y lo hacen mediante patrones similares a como lo hacen los distintos nutrientes. Estas variaciones condicionadas por la concentración de nutrientes pueden observarse si comparamos las densidades de dinoflagelados del área del puerto y del emisario y también si comparamos las densidades celulares de los puntos fijos con los puntos móviles tomados sobre la pluma de río Serpis.

Junto con los nutrientes también la agitación y las corrientes pueden ser un factor determinante de la composición de la comunidad, aunque ello se debe, más bien, a su influencia sobre la distribución espacial de los nutrientes, algo que puede observarse por ejemplo, en la pluma del Río Serpis. En general, cuando aumenta la tasa de mezcla parece verse favorecido el crecimiento de las diatomeas como ocurre en PV5 o en PE5, esto es debido al aumento de los nutrientes disueltos en la columna, procedentes de los sedimentos y de los aportes continentales asociados a las lluvias, a la disminución de su tasa de sedimentación y al aumento de la circulación vertical que permite la resuspensión de las esporas de resistencia que constituyen “la siembra” de muchas de estas especies en la capa superficial.

Los nanoflagelados presentan una enorme heterogeneidad taxonómica lo que explica también su amplia distribución espacial y abundancia.

La clorofila-a, en general, presenta una relación directa con la abundancia fitoplanctónica, aunque en algunos casos no es así debido a la composición o estado de los organismos presentes en la muestra.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

- APHA, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21th edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington.
- ANDERSON, D.M., GLIBERT, P.M., BURKHOLDER, J.M., 2002. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*. 25, 704–726.
- BAKER, J.M., WOLFF, W.J., 1987. Biological surveys of estuaries and coasts. Cambridge University Press. Cambridge.
- BENDSCHNEIDER, K., ROBINSON, R.J. 1952. A new spectrophotometric determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 2, 87-96.
- BAUMGARTEN, M.G.; ROCHA, J.M., NIENCHESKI, L.F. 1996. Manual de análises em oceanografia química. Rio Grande, Ed. da FURG, Brasil, 132 p.
- BENITEZ-NELSON, C.R., 2000. The biogeochemical cycling of phosphorus in marine systems. *Earth-Science Reviews*. 51, 109-135.
- BERMAN, T., BÉCHEMIN, C., MAESTRINI, S.Y., 1999. Release of ammonium and urea from dissolved organic nitrogen in aquatic ecosystems. *Aquatic Microbial Ecology*, 16, 295-302.
- BETHOUX, J.P., MORIN P., MADEC, C., GENTILI, B., 1992. Phosphorus and nitrogen behaviour in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research*, 39(9), 1641-1654
- BÉTHOUX, J.P., MORIN, P., CHAUMERY, C., CONNAN, O., GENTILI, B., RUIZ-PINO, D., 1998. Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. *Marine Chemistry* 63, 155-169.
- BLANCO, J., MOROÑO, A., PAZOS, Y., MANEIRO, J., MARIÑO, J., 1998 Trends and variations of the abundance of a PSP and DSP producing species in the Galician Rias: environmental and biological influences. In: Reguera, B., Blanco, J., Fernandez, M.L., WYATT, T. (Eds.), *Harmful Algae*. Xunta de Galicia IOC of UNESCO, Santiago de Comostela, Spain, 204-207
- BODE, A., BARQUERO, S., VARELA, M., BRAUN, J.G., DE ARMAS, D., (2001) Pelagic bacteria and phytoplankton in oceanic waters near the Canary Islands in summer. *Marine ecology progress series*. 209, 1-17.
- BOYD, P.W., WATSON, A.J., LAW, C.S., ABRAHAM, E.R., TRULL, T., MURDOCH, R., BAKKER, D.C.E., BOWIE, A.R., BUSSLER, K.O., CHANG, H., CHARETTE, M., CROOT, P., DOWNING, K., FREW, R., GALL, M., HADFIELD, M., HALL, J., HARVEY, M., JAMESON, G., LAROCHE, J., LIDDICOAT, M., LING, R., MALDONADO, M.T., MCKAY, R.M., NODDER, S., PICKMERE, S., RINTOUL, S., SAFI, K., SUTTON, P., STRZEPEK, R., TANNEBERGER, K., TURNER, S., WAITE, A., ZELDIS, J., 2000. A mesoscale phytoplankton bloom in the polar Southern Ocean stimulated by iron fertilization. *Nature*. 407, 695– 702.
- BURNETT, W.C., BOKUNIEWICZ, H., HUETTEL, M., MOORE, W.W., TANIGUCHI, M., 2003 Groundwater and pore water inputs to the coastal zone. *Biogeochemistry* 66, 3-33.

- CARPENTER, E.J., PRICE, C.C. 1976. Marine Oscillatoria (Trichodesmium) explanation for aerobic nitrogen fixation without heterocysts. *Science* 191,1278-1280.
- CLOERN, J.E., 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series* 210, 223–253.
- CONLEY, D.J., 2000. Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. *Hydrobiologia*. 410, 87-96.
- CORRELL, D.L., 1998. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. *Journal of Environmental Quality*, 27(2),261-266.
- COTNER, J.B., AMMERMAN, J.W., PEELE, E.R., BENTZEN, E., 1997. Phosphorus-limited bacterioplankton growth in the Sargasso sea. *Aquatic Microbial Ecology*. 13(2),141-149.
- CROOT, P.L., HUNTER, K.A., 2000. Labile forms of iron in coastal seawater: Otago Harbour, New Zealand. *Marine and Freshwater Research*. 51, 193–203.
- DASSENAKIS, M., SCULLOS, M., FOUFA, E., KRASAKOPOULOU, E., PAVLIDOU, A., KLOUKINIOTOU, M., 1998. Effects of multiple source pollution on a small Mediterranean river. *Appl. Geochem*. 13, 197–211.
- DELANEY, M.L., 1998. Phosphorus accumulation in marine sediments and the oceanic phosphorus cycle. *Glob. Biogeochem. Cycles* 12, 563–572.
- DRISCOLL, C.T., LAWRENCE, G.B., BULGER, A.J., BUTLER, T.J., CRONAN, C.S., EAGER, C., LAMBERT, K.F., LIKENS, G.E., STODDARD, J.L., WEATHERS, K.C.2001. Acid deposition in the northeastern United States. Sources and inputs, ecosystem effects, and management strategies. *BioScience* 51, 180-198.
- DUGDALE, R. C.; WILKERSON, F. P., 2001. Sources and fates of silicon in the ocean: the role of diatoms in the climate and glacial cycles. *Science Marina* 65 (Suppl. 2), 141-152.
- ENTSCH, B., SIM, R.G., HATCHER, B.G., 1983. Indication from photosynthetic components that iron is a limiting nutrient in primary producers on coral reefs. *Marine Biology*. 73, 17–30.
- EPPING, E.H.G., SCHOEMANN, V., DE HEIJ, H., 1998. Manganese and iron oxidation during benthic oxygenic photosynthesis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 47, 753– 767.
- ESTRADA, M., 1996. Primary production in the northwestern Mediterranean. *Scientia Marina*, 60(Suppl 2),50-64.
- FALCO, S., 2003. Comportamiento de los nutrientes en un estuario estratificado: Caso del Delta del Ebro. PhD Thesis, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España
- FHISHER, T.R.,PEELE, E.R., AMMERMAN, J.W., HARDIN, W., 1992. Nutrient limitation of phytoplankton in Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series* 82,51-63
- FROELICH, P.N., 1988. Kinetic control of dissolved phosphate in natural rivers and estuaries: A primer on the phosphate buffer mechanism. *Limnology and Oceanography*, 33(4, part 2), 649-668.
- FUENTES, P., 1999. Niveles de eutrofia en el litoral de Benicasim-Castellón. PhD Thesis, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España

- GARCÉS, E., BRAVO, I., VILA, M., FIGUEROA, R.I., MASO, M., SAMPEDRO, N., 2004. Relationship between vegetative cells and cyst production during *Alexandrium minutum* bloom in Arenys de mar harbour (NW mediterranean). *Journal of Plankton Research*. 26, 1–9.
- GARCÉS, E., ZINGONE, A., MONTRESOR, M., REGUERA, B., DALE, B. (Eds.), 2002. LIFEHAB: life histories of microalgal species causing harmful blooms. Office for the Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- GRANELI, E., P. CARLSSON Y C. LEGRAND, 1999. The role of C, N and P in dissolved and particulate organic matter as a nutrient source for phytoplankton growth, including toxic species. *Aquatic Ecology*. 33,17-27.
- GRASSHOFF, K., 1976. *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie: Weinstein, New York. Hofrichter, R. *El mar mediterráneo (Parte I)*. 2004. Edicions Omega.
- GRASSHOFF, K., KREMLING, K., EHRHARD, M., 1999. 3er edition. *Methods of Seawater Analysis*. Wiley-VCH. Toronto.
- GUILDFORD, S. J., HECKY, R.E., 2000. Total nitrogen, total phosphorus, and nutrient limitation in lakes and oceans: Is there a common relationship? *Limnol. Oceanogr.* 45, 1213– 1223.
- HARRISON, P.J., M.H. HU, P. YANG Y X. LU, 1990. Phosphate limitation in estuarine and coastal waters of China. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 140(1-2), 79-87.
- HERBLAND, A., D. DELMAS, P. LABORDE, B. SAUTOUR., ARTIGAS, F., 1998. Phytoplankton spring bloom of the Gironde plume waters in the Bay of Biscay: early phosphorus limitation and food-web consequences. *Oceanologica Acta*. 21(2), 279-291.
- HERBERT, R.A. 1999. Nitrogen cycling in coastal marine ecosystems. *FEMS Microbiology Reviews* 23, 563-590
- HODGKISS, I.J., HO, K.C., 1997. Are changes in N:P ratios in coastal waters the key to increased red tide blooms? *Hydrobiologia*. 352, 141– 147.
- HOLM-HANSEN, O., LUBIN, D., HELBIN, E.W., 1993. Ultraviolet radiation and its effects on organisms in aquatic environments. *Environmental UV Photobiology*. A.R. Young, L.O. Björn, J. Moan and W. Nultsch. pp 379-425. Plenum Press. New York
- HORNER, R.A., GARRISON, D.L., PLUMLEY, F.G., 1997. Harmful algal blooms and red tide problems on the US west coast. *Limnology and Oceanography*. 42, 1076–1088.
- Howarth, R.W., Jensen, H.S., Marino, R., Postma, H., 1995. Transport to and processing of P in nearshore and oceanic waters. In: Tiessen, H. Ed., *Phosphorus in the Global Environment*. Wiley, New York, pp. 323–328.
- HOYER, M. V., FRAZER, T.K., NOTESTEIN, S.K., CANFIELD, D.E. JR. ,2002. Nutrient, chlorophyll, and water clarity relationships in Florida's nearshore coastal waters with comparisons to freshwater lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59, 1024– 1031.
- IOC MANUALS AND GUIDES N°44 IHP-VI, SERIES ON GROUNDWATER..2004 Submarine groundwater discharge. UNESCO.

- JEFFREY, S. W., HUMPREY, G. F., 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, and cin higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol, Pflanzen* 167, 191-194
- JUSTIC, D., N.N. RABALAIS, R.E. TURNER Y Q. DORTCH, 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.
- FISHER TR, GUSTAFSON AB, SELLNER K, LACOUTURE R AND 6 OTHER (1999) Spatial and temporal variation of resource limitation in Chesapeake Bay. *Mar Biol* 133,763–778
- FROELICH, P.N., 1988. Kinetic control of dissolved phosphate in natural rivers and estuaries: primer on the phosphate buffer mechanism. *Limnol. Oceanogr.* 33(4, part 2), 649-668.
- KAMATANI, A.; RILEY, J. P., 1979. Rate of dissolution of diatom silica walls in sea water. *Mar. Biol.* 55: 29-35.
- KROM, M.D., KRESS, N., BRENNER, S., GORDEN, L.I., 1991. Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean sea. *Limnology and Oceanography*. 36(3), 424-432.
- KROM, M.D., HERUT, B., MANTOURA, R.F.C., 2004. Nutrient budget for the Eastern Mediterranean: Implications for phosphorus limitation. *Limnology and Oceanography* 49(5), 1582-1592.
- LE PAPE, O., Y. DEL AMO, A. MENESGUEN, A. AMINOT, B. QUEQUINER Y P. TREGUER., 1996. Resistance of a coastal ecosystem to increasing eutrophic conditions: The Bay of Brest (France), a semi-enclosed zone of western Europe. *Continental Shelf Research*, 16(15), 1885-1907.
- LEVASSEUR, M., THERRIAULT, J.C., LEGENDRE, L., 1984. Hierarchical control of phytoplankton succession by physical factors. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 19, 211-222
- LOMAS, M.W., GLIBERT, P.M., 1999. Interactions between  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  uptake and assimilation: comparison of diatoms and dinoflagellates at several growth temperatures. *Mar. Biol.* 133(3), 541-551.
- LOPEZ-FLORES, R., GARCÉS, E., BOIX, D., BADOSA, A., BRUCET, S. MASÓ, M., QUINTANA, X.D., 2006. Comparative composition and dynamics of harmful dinoflagellates in Mediterranean salt marshes and nearby external marine waters. *Harmful Algae* 5, 637-648
- LUGLIÈ, A., GIACOBBE, M., SANNIO, A., FIOCCA, F., SECHI, N., 2003. First record of the dinoflagellate *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoid) Balech (Dinophyta), a potential producer of paralytic shellfish poisoning, in Italian waters (Sardinia, Tyrrhenian Sea). In: X Congresso di OPTIMA (Organization for the Phyto-Taxonomic Investigation of the Mediterranean Area), Palermo (Sicily).
- MALLIN, R.E., SUMMERS, R.M., SELLNER, K.G., 1992. External sources, internal nutrient pools, and phytoplankton production in Chesapeake Bay. *Estuaries* 15, 497-516.
- MACISAAC, E.A., STOCKNER, J.G., 1993. Enumeration of phototrophic picoplankton by autofluorescence microscopy. pp. 187-197. In: P.F. Kemp, B.F. Sherr, E.B. Sherr & J. J. Cole(Eds.) *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology*. Lewis Publishers. Boca Raton.

- MACISAAC, E.A. & J.G. STOCKNER. 1993. Enumeration of phototrophic picoplankton by autofluorescence microscopy. pp. 187-197. In: P.F. Kemp, B.F. Sherr, E.B. Sherr & J. J. Cole (Eds.) Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology. Lewis Publishers Boca Ratón.
- MASÓ, M., GARCÉS, E. 2006. Harmful microalgae blooms (HAB); problematic and conditions that induce them. Marine pollution bulletin. 53, 620-630
- MCCARTHY, J.J., TAYLOR, W.R., Taft, J.L., 1977. Nitrogenous nutrition of the plankton in the Chesapeake Bay. 1. Nutrient availability and phytoplankton preferences. Limnology and Oceanography, 22, 996-1011.
- MIGON, C., SANDRONI, V., 1999. Phosphorus in rainwater: Partitioning inputs and impact on the surface coastal ocean. Limnology and Oceanography, 44(4), 1160-1165.
- MILLER, C.V., FOSTER, G.D., MAJEDI, B.F., 2003. Baseflow and stormflow metal fluxes from two small agricultural catchments in the coastal plain of Chesapeake Bay Basin, United States. Appl. Geochem. 18, 483-501.
- MORRIS, A.W., BALE, A.M., HOWLAND, J.M., 1981. Nutrient distributions in a estuary: evidence of chemical precipitation of dissolved silicate and phosphate. Est. Coast. Shelf. Sci. 12, 205-216
- MORRIS, A.W., 1983. Practical procedures for estuarine studies. Plymouth: Natural Environment Research Council. IMER.
- MORRIS, I., 1980. The physiological ecology of phytoplankton. Series Studies in ecology; 7. University of California. Berkeley.
- MÖSSO, C., SIERRA, J.P., RODILLA, M., ROMERO, S., FALCO, S., GONZÁLEZ DEL RIO, J., SÁNCHEZ-ARCILLA, A. (2008). High vertical resolution sampling in density interfaces of estuaries and river plumes. *Estuaries and Coasts*, 31 (2) : 258-268. ISSN: 1559-2723
- MURPHY, J., RILEY, J.P. 1962. A Modified Single Solution Method for Determination of Phosphate in Natural Water. Anal. Chem. Acta 27, 31-36.
- MYERS, V.B., IVERSON, R.I., 1981. Phosphorus and nitrogen limited productivity in northeastern Gulf of Mexico coastal estuaries. En: Neilson, B.J. y L.E. Cronin (Eds.), *Estuaries and nutrients*. Humana Press Inc., New Jersey. 569-582.
- NEALE, P.J., 2001. Modelling the effects of ultraviolet radiation on estuarine phytoplankton production: impact of variations in exposure and sensitivity to inhibition. J. Photochem. Photobiol. 62, 1-8.
- NEDWELL, D.B., JICKELLS, T.D., TRIMMER, M., SANDERS, R., 1999. Nutrients in Estuaries. In: *Advances in Ecological Research*, D.B. Nedwell and D.G. Raffaelli (Eds.), *Estuaries*, 29, 43-92.
- NELSON, D. M.; AHERN, J.A.; HERLIHY, L. J., 1991. Cycling of biogenic silica within the upper water column of the Ross Sea. Mar. Chem. 35: 461-476.
- NICOLAU, R., GALERA-CUNHA, A., LUCAS, Y., 2006. Transfer of nutrients and labile metals from the continent to the sea by a small Mediterranean river. Chemosphere. 63, 469-476

- NIELSEN, S. L., SAND-JENSEN, L., BORUM, J., O. GEERTZ-HANSEN, O., 2002. Phytoplankton, nutrients, and transparency in Danish coastal waters. *Estuaries* 25, 930–937
- OLIVOS, A., 2000. Nutrientes inorgánicos disueltos en aguas litorales próximas del Mar Catalán. PhD Marine Biology Department. Barcelona, Universitat de Barcelona, 195.
- ÖZTÜRK, M., STEINNES, E., SAKSHAUG, E., 2002. Iron speciation in the Trondheim Fjord from the perspective of iron limitation for phytoplankton. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55, 197–212.
- ÖZTÜRK, M., BIZSEL, N., STEINNES, E., 2003. Iron speciation in eutrophic and oligotrophic Mediterranean coastal waters; impact of phytoplankton and protozoan blooms on iron distribution. *Marine Chemistry*. 81,19– 36
- PORTER, K.G y FEIG, S., 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.* 25, 943-948.
- PRICE, N.M., MOREL, F.M.M., 1998. Biological cycling of iron in the ocean. In: Siegel, A., Siegel, H. (Eds.), *Metal Ions in Biological System; Iron Transport and Storage in Microorganisms, Plants, and Animals*, vol. 35. Marcel Dekker, New York, pp. 1 –36.
- RABALAIS, N.N., NIXON, S.W., 2002. Preface: nutrient over-enrichment of the coastal zone. *Estuaries* 25, 639.
- RAO, P.V.L., GUPTA, N., BHASKAR, A.S.B., JAYARAJ, R., 2002. Toxins and bioactive compounds from cyanobacteria and their implications on human health. *Journal of Environmental Biology*. 23, 215–224.
- RILEY, J.P. y CHESTER, R., 1971. *Introduction to marine chemistry*. Academic Press, London.
- RODIER, J.,1981. *Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales y agua de mar: Química, fisicoquímica, bacteriología, biología*. Omega. Paris.
- RODRÍGUEZ, J. 1999. *Ecología*. Ediciones Pirámide.
- SHERR, E.B., CARON, D.A. & B.F. SHERR. 1993. Staining of heterotrophic protists for visualization via epifluorescence microscopy. pp. 213-227. En: P.F. Kemp, B.F. Sherr, E.B. Sherr & J.J. Cole (Eds.) *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology*. Lewis Publishers. Boca Raton.
- SHERR, E.B., SHERR, B.F. 1993. Preservation and storage of samples for enumeration of heterotrophic protists. pp. 207-211. En: P.F. Kemp, B.F. Sherr, E.B. Sherr & J.J. Cole (Eds.) *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology*. Lewis publishers. Boca Raton.
- SHIAH, F.K., KAO,S.J., GONG, G.C., 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.
- SHINN, M.B., 1941. Colorimetric method for the determination of nitrite. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 13, 33-35
- SMAYDA, T.J.,1983. The phytoplankton of estuaries. Chapter 4 In B.H. Ketchum (ed). *Estuaries and Enclosed Seas*. Elsevier, New York, pp 65-102.

- SMAYDA, T.J., REYNOLDS, C.S., 2003. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *Journal of Sea Research*. 49, 95–106.
- SMITH, O.; BAUMANN, E.M.; WILSON, D.L.; ALETSEE, L., 1984. Phytoplankton biomass and productivity in the marginal ice zone of the Fram Strait during summer. *Journal of Geophysical Research*, Volume 92, Issue C7, p. 6777-6786
- SMITH, V.H., 2006. Responses of estuarine and coastal marine phytoplankton to nitrogen and phosphorus enrichment. *Limnology Oceanogr.* 51(2), 377-384.
- SOLER, E., 1996. Estudio de un ecosistema planctónico litoral con una elevada influencia continental situado al sur del Puerto de Valencia. PhD Thesis. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- STRICKLAND, J.D.H., PARSONS, T.R. 1972. A Practical handbook of Seawater Analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*. 167.
- TAKEDA, S., 1998. Influence of iron availability on nutrient consumption ratio of diatoms in oceanic waters. *Nature* 393 (6687), 774-777.
- TAPIA C.M., 2007. Variación espacial y temporal del fitoplancton en la bahía de Mayagüez, Puerto Rico. PhD Thesis, Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez. Puerto Rico
- THINGSTAD, T.F., LI-ZWEIFEL, U., RASSOULZADEGAN, F., 1998. P limitation of heterotrophic bacteria and phytoplankton in the northwest Mediterranean. *Limnology and Oceanography*. 43(1), 88-94.
- TOMAS, C.R. (ed), 1997. Identifying marine phytoplankton. Academic Press. San Diego.
- VARELA, M., BODEA, A., FERNÁNDEZ, E., GOÑZALEZA, N., KITIDISC, V., WOODWARD, E.M.S., 2005. Nitrogen uptake and dissolved organic nitrogen release in planktonic communities characterised by phytoplankton size–structure in the Central Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research I* 52. 1637–1661
- VARGO, G.A., 1978. Using the fluorescence microscope. In Sournia, A. (ed.), *Phytoplankton manual*. Monographs on oceanographic methodology, 197-201. UNESCO, Paris.
- VILA, M., CAMP, J., GARCES, E., MASÓ, M., DELGADO, M., 2001. High resolution spatio-temporal detection of potentially harmful dinoflagellates in confined waters of the NW Mediterranean. *Journal of Plankton Research*. 23, 497–514.
- VILA, M., MASÓ, M., 2005. Phytoplankton functional groups and harmful algal species in anthropogenically impacted waters of the NW Mediterranean Sea. *Scientia Marina*. 69, 31–45.
- VOLLENWEIDER, R.A., RINALDI, A., VIVIANI, R., TODINI, Y.E., 1996. Assessment of the state of eutrophication in the Mediterranean sea. MAP Technical Reports Series no. 106. UNEP., Athens.
- WATSON, A.J., BAKKER, D.C.E., RIDGWELL, A.J., BOYD, P.W., LAW, C.S., 2000. Effect of iron supply on Southern Ocean CO<sub>2</sub> uptake and implications for glacial atmospheric CO<sub>2</sub>. *Nature* 407, 730–733.

ZHANG, J., 2000. Evidence of trace metal limited photosynthesis in eutrophic estuarine and coastal waters. *Limnology and Oceanography* 45. 1871– 1878.

ZINGONE, A., ENEVOLDSEN, H.O., 2000. The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management. *Ocean and Coastal Management*. 43, 725–748.

ZOHARY, T., ROBERTS, R.D., 1998. Experimental study of microbial P limitation in the eastern Mediterranean. *Limnology and Oceanography*, 43(3), 387-395.

NORMAS:

Ley 2/1992, de 26 de marzo, de Saneamiento de las aguas residuales de la Comunidad Valenciana (DOGV 1761, 4 agosto 1992)

PÁGINAS WEB

[www.igme.es](http://www.igme.es)





Correlaciones Zona Desembocadura río Serpis

Río de España	SS	Cond.ª	Siempre	NH4	NO2	NO3	PO4	PT	Silicio	Clor	Temperatura	Salinidad	Diatomeas	nanoflagelados	Cryptophyceae	Dinobryozoa	Raphidophyceae	Chlorophyta	Cyanobacteria
Río de España	1,000	0,97	0,96	0,84	-0,32	-0,21	-0,53	-0,13	-0,54	-0,35	-0,74	-0,22	-0,28	-0,17	-0,42	0,26	0,29	0,15	0,15
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Condutividad	0,97	1,000	0,94	-0,32	-0,21	-0,53	-0,13	-0,54	-0,35	-0,74	-0,22	-0,28	-0,17	-0,42	0,26	0,29	0,15	0,15	0,15
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Salinidad	0,94	0,94	1,000	-0,32	-0,21	-0,53	-0,13	-0,54	-0,35	-0,74	-0,22	-0,28	-0,17	-0,42	0,26	0,29	0,15	0,15	0,15
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
NH4	-0,32	-0,32	-0,32	1,000	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
NO2	-0,21	-0,21	-0,21	0,92	1,000	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
NO3	-0,53	-0,53	-0,53	0,91	0,91	1,000	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
PT	-0,13	-0,13	-0,13	0,90	0,90	0,90	1,000	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Clor	-0,35	-0,35	-0,35	0,88	0,88	0,88	0,88	1,000	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Temperatura	-0,74	-0,74	-0,74	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	1,000	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
celulas totales	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	1,000	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Diatomeas	-0,28	-0,28	-0,28	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1,000	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
nanoflagelados	-0,17	-0,17	-0,17	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	1,000	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cryptophyceae	-0,42	-0,42	-0,42	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	1,000	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Dinobryozoa	-0,26	-0,26	-0,26	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	1,000	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Raphidophyceae	-0,15	-0,15	-0,15	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	1,000	0,80	0,79	0,78	0,77
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Chlorophyta	-0,15	-0,15	-0,15	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,000	0,79	0,78	0,77
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cyanobacteria	-0,15	-0,15	-0,15	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	1,000	0,78	0,77
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).  
\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Variación espacial del fitoplancton en la zona costera de Gandía y su relación con la entrada de nutrientes.

Correlaciones Emisario

Rio de Sabersman	Profundidad	SS	Conductividad	Salinidad	NO2	NO3	PSR	PT	Silicio	Cla	Temperatura	celulas Totales	Diatomeas	nanofitoplac os	cryptophyceae	Dinofitoyceae	Raphidophyc eae	Cianobacteria s	
Coeficiente de correlación	Sig. (bilateral)	-1,192	,813**	,792**	-,808**	-,896**	-,659**	-,883**	-,284	-,239	-,540**	-,266	-,287	-,203	-,357	-,375	-,039	,956**	
		,368	,030	,000	,002	,000	,000	,000	,000	,179	,156	,006	,209	,153	,341	,087	,071	,867	,005
SS	Sig. (bilateral)	-,192	-,240	-,242	,461*	,196	,242	,305	,257	,232	,258	-,230	,115	-,294	,129	-,251	-,193	-,339	
		,368	,259	,255	,023	,359	,254	,147	,732	,344	,223	,279	,589	,589	,184	,548	,236	,367	,105
Conductividad	Sig. (bilateral)	,813**	-,240	,988**	-,884**	-,944**	-,742**	-,843**	-,568**	-,278	-,691**	-,022	-,153	-,153	,051	-,336	-,371	,201	,430*
		,000	,259	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,304	,139	,000	,919	,457	,814	,109	,075	,345	,036
Salinidad	Sig. (bilateral)	-,242	,989**	1,000	-,891**	-,905**	-,738**	-,851**	-,596**	-,230	-,676**	-,003	-,123	-,123	,054	-,353	-,316	,208	,436*
		,255	,030	,000	,000	,000	,000	,000	,002	,231	,000	,989	,551	,551	,803	,091	,132	,330	,032
NO2	Sig. (bilateral)	-,608**	-,881**	-,931**	1,000	,729**	,583**	,740**	,406*	,230	,638**	-,149	,214	,214	-,253	-,369	-,166	-,405*	-,302
		,002	,030	,000	,000	,000	,003	,000	,349	,170	,000	,486	,315	,315	,232	,076	,439	,050	,152
NO3	Sig. (bilateral)	-,805**	-,914**	-,908**	,728**	1,000	,864**	,832**	,630**	,133	,568**	-,055	-,045	-,045	-,070	,341	,366	-,061	-,344
		,000	,359	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,537	,004	,799	,832	,832	,747	,103	,079	,777	,136
PSR	Sig. (bilateral)	-,659**	-,742**	-,738**	,582**	,864**	1,000	,788**	,832**	-,141	,350	-,220	-,211	-,211	-,203	,320	,175	-,245	-,286
		,000	,254	,000	,003	,000	,000	,000	,000	,001	,511	,301	,323	,323	,341	,127	,414	,249	,175
PT	Sig. (bilateral)	-,683**	-,843**	-,851**	,740**	,832**	,788**	1,000	,745**	,229	,449*	,034	,121	-,013	-,013	,382	,362	-,266	-,481**
		,000	,147	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,232	,028	,873	,572	,572	,952	,065	,217	,209	,077
Silicio	Sig. (bilateral)	-,284	-,569**	-,596**	,406*	,630**	,832**	,745**	1,000	-,110	,228	-,040	-,147	-,147	-,096	,132	,313	-,192	-,268
		,179	,792	,034	-,049	,001	,001	,000	,000	,638	,638	,853	,484	,484	,656	,539	,136	,384	,224
Cla	Sig. (bilateral)	-,289	-,278	-,230	,280	,133	-,141	,229	-,110	1,000	,356	,330	,432**	,432**	,235	,143	,236	,093	-,246
		,156	,344	,139	,281	,170	,537	,511	,282	,308	,087	,087	,115	,115	,269	,506	,267	,035	,247
Temperatura	Sig. (bilateral)	-,640**	-,691**	-,672**	,638**	,566**	,350	,449*	,228	,356	1,000	-,090	-,090	-,125	-,142	,234	,216	,005	-,506**
		,006	,223	,030	,001	,004	,094	,028	,284	,284	,24	,24	,24	,24	,24	,24	,24	,24	,24
celulastotales	Sig. (bilateral)	-,266	-,022	-,003	-,149	-,055	-,220	,034	-,340	,330	-,090	1,000	1,000	,755**	,331**	,317	,166	,051	-,311
		,209	,279	,919	,989	,486	,799	,301	,873	,353	,115	,994	,131	,131	,439	,812	,439	,812	,139
Diatomeas	Sig. (bilateral)	-,297	-,116	-,159	-,128	-,046	-,211	,12*	-,147	,453*	,125	,755**	1,000	1,000	,367**	,251	,034	-,221	-,375
		,159	,569	,457	,551	,315	,832	,323	,572	,494	,035	,562	,000	,000	,004	,562	,237	,874	,300
nanofitoplac os	Sig. (bilateral)	-,203	-,284	,051	-,064	-,253	-,203	-,013	-,396	,235	-,142	,831**	,831**	,567**	-,000	,372	,017	,120	-,280
		,341	,164	,814	,803	,232	,747	,341	,952	,556	,239	,509	,000	,004	-,000	,074	,936	,575	,238
cryptophyceae	Sig. (bilateral)	-,357	-,129	-,336	-,353	-,369	,341	,320	,132	,143	,234	,317	,251	,251	,372	1,000	-,142	-,171	-,006
		,087	,548	,139	,091	,076	,103	,137	,065	,539	,536	,272	,131	,237	,074	-,237	,507	,425	,979
Dinofitoyceae	Sig. (bilateral)	-,375	-,251	-,371	-,316	-,166	,366	,175	,262	,313	,236	,166	,034	,034	-,017	1,000	1,000	,019	-,184
		,071	,236	,075	,132	,439	,079	,414	,217	,136	,287	,439	,874	,874	,936	,507	,542	,936	,380
Raphidophyceae	Sig. (bilateral)	-,039	-,193	,231	-,208	-,405*	-,061	-,245	-,182	,033	,005	-,051	-,221	-,221	-,120	-,171	,019	1,000	,137
		,857	,367	,345	,330	,050	,777	,249	,209	,394	,636	,983	,812	,300	,575	,425	,928	1,000	,523
Cianobacterias	Sig. (bilateral)	-,339	-,430*	-,433*	-,302	-,314	-,286	-,481*	-,259	-,246	-,506*	-,006	-,006	-,006	-,238	-,970	,390	,523	1,000
		,005	,105	,036	,032	,152	,136	,175	,017	,224	,247	,012	,139	,071	,238	,970	,390	,523	1,000

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).  
\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

CORRELACIONES TODO EL ÁREA DE ESTUDIO

Río de Sparman		Correlaciones																Chlorobryales	Cyanobacteria
Profundidad	SE	Conductividad	Salinidad	NH4	NO2	NO3	PSR	PT	Silicio	Cla	Temperatura	CaMETS	Diatomeas	nanoflagelados	cryptophyceae	Dinophyceae	Rhodospiraceae	Chlorobryales	Cyanobacteria
Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	0,065	0,631**	0,610**	-0,302**	-0,507**	-0,635**	-0,231**	-0,366**	-0,401**	-0,271**	-0,089**	-0,260**	-0,022	-0,304**	-0,107	-0,270**	-0,064	-0,216	1,100
SE	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
Conductividad	0,661**	1,000	0,962**	-0,661**	-0,903**	-0,882**	-0,421**	-0,515**	-0,635**	-0,549**	-0,068**	-0,427**	-0,089	-0,412**	-0,207	-0,266**	-0,204	-0,531**	0,348**
Salinidad	0,003	0,932**	1,000	-0,718**	-0,942**	-0,947**	-0,407**	-0,564**	-0,706**	-0,613**	-0,894**	-0,489**	-0,145	-0,497**	-0,197	-0,355**	-0,274**	-0,519**	0,375**
NH4	-0,302**	0,631**	0,610**	1,000	0,716**	0,561**	0,214**	0,317**	0,597**	0,707**	0,583**	0,550**	0,243**	0,483**	0,030	0,373**	0,301**	0,478**	-0,273**
NO2	-0,507**	0,000	0,000	0,000	1,000	0,884**	0,403**	0,695**	0,796**	0,800**	0,591**	0,485**	0,201	0,435**	0,242	0,395**	0,219	0,510**	-0,363**
NO3	-0,635**	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,531**	0,659**	0,838**	0,443**	0,422**	0,400**	0,085	0,433**	0,300**	0,319**	0,298**	0,461**	-0,438**
PER	-0,231**	-0,335**	-0,421**	-0,107	-0,407**	0,531**	1,000	0,510**	0,463**	-0,037	0,330	-0,078	-0,363**	0,060	0,365**	-0,035	0,231**	0,393**	-0,650**
PT	0,366**	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,501**	0,335**	0,251**	0,246**	-0,001	0,343**	0,278**	0,022	0,043	0,603	0,000
Silicio	-0,401**	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,501**	0,335**	0,251**	0,246**	-0,001	0,343**	0,278**	0,043	0,603	0,000
Cla	-0,271**	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,501**	0,335**	0,251**	0,246**	-0,001	0,343**	0,278**	0,043	0,603
Temperatura	-0,089**	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,501**	0,335**	0,251**	0,246**	-0,001	0,343**	0,278**	0,043
caulastreae	0,064	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Diatomeas	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
nanoflagelados	0,304**	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
cryptophyceae	0,107	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dinophyceae	0,270**	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rhodospiraceae	0,064	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Chlorobryales	0,216	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cyanobacteria	0,348**	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

\*\* - a correlación es significativa al nivel 0,1 (bilateral).  
\* - La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).