



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

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

Programa de vigilancia ambiental de las desalinizadoras del Canal de Alicante



Informe Anual de 2017

Alicante, febrero de 2018

Han intervenido en este informe:

José Luis Sánchez Lizaso (Coordinador)

Yolanda Fernández Torquemada

José Miguel González Correa

Yoana del Pilar Ruso

José Antonio de la Ossa Carretero

Aitor Forcada Almarcha

Luis Miguel Ferrero Vicente

Mercedes Varela Diaz de Tuesta

Carla Van Barneveld Pérez

JOSÉ LUIS SÁNCHEZ LIZASO, Doctor en Ciencias Biológicas y Profesor Titular de la Universidad de Alicante CERTIFICA que el presente informe ha sido realizado bajo mi dirección.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente escrito, en Alicante a 5 de febrero de 2018.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping, fluid strokes that form a stylized, somewhat abstract shape, likely representing the initials 'JL'.

Fdo: Dr José Luis Sánchez Lizaso

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	7
2.- MATERIAL Y MÉTODOS	8
2.1.- Control de salinidad del medio receptor	8
2.1.1.- Registro en continuo de la salinidad	8
2.1.2.- Campañas de distribución espacial de la salinidad	9
2.2.- Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>	10
2.2.1.- Parcelas permanentes para el seguimiento de los efectos del vertido	10
2.2.2.- Recogida de muestras	13
2.3.- Equinodermos y otras especies de interés	14
2.4.- Estudio de sedimentos e infauna de fondos blandos	15
2.4.1.- Área de estudio	15
2.4.2.- Método de muestreo y procesado de las muestras	16
2.4.3.- Análisis de datos	17
2.5.- Estudio de la comunidad nectónica	18
2.5.1.- Diseño experimental	19
2.5.2.- Análisis de los datos	20
3.- RESULTADOS	23
3.1.- Régimen de funcionamiento de la planta	23
3.2.- Control de salinidad del medio receptor	23
3.2.1.- Registro en continuo de la salinidad	23
3.2.2.- Campañas de distribución espacial de la salinidad	26
3.3.- Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>	27
3.3.1. Resultados del seguimiento en invierno de 2017	27
3.3.2. Resultados del seguimiento en verano de 2017	35
3.4.- Equinodermos y otras especies de interés	42
3.4.1. Invierno de 2017	42
3.4.2. Verano de 2017	45
3.5.- Sedimentos e infauna de fondos blandos en verano del 2017	48
3.5.1.- Sedimentos	48
3.5.1.1.- Granulometría	48
3.5.1.2.- Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial rédox	51

3.5.2.- Estructura de la infauna asociada a fondos blandos en verano 2017	54
3.5.2.1.- Análisis univariante	55
3.5.2.2.- Análisis multivariante	56
3.5.3.- Comunidad de poliquetos de fondos blandos en verano de 2017	65
3.5.3.1.- Análisis univariante	66
3.5.3.2.- Análisis multivariante	68
3.6.- Comunidad nectónica	79
4.- VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS COMUNIDADES MARINAS EN LA BAHÍA DE ALICANTE	88
5.- CONCLUSIONES	89
5.1.- Control de salinidad del medio receptor	89
5.2.- Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>	89
5.3.- Comunidad bentónica	89
5.4.- Comunidades nectónicas	91
6.- REFERENCIAS	92
ANEXO 1: Campañas de distribución espacial de la salinidad	94
ANEXO 2 (versión digital): Informe de valores de salinidad del primer trimestre de 2017	
ANEXO 3 (versión digital): Informe de valores de salinidad del segundo trimestre de 2017	
ANEXO 4 (versión digital): Informe de valores de salinidad del tercer trimestre de 2017	
ANEXO 5 (versión digital): Informe de valores de salinidad del cuarto trimestre de 2017	

1.- INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la autorización de vertido de las aguas de rechazo de la desaladora de Alicante tras su ampliación se tiene que presentar con periodicidad anual un informe que recoja la caracterización y seguimiento de las comunidades marinas. El objetivo de este informe es presentar los resultados de las actividades realizadas por la Universidad de Alicante dentro del programa de vigilancia ambiental de las desaladoras del Canal de Alicante durante el año 2017. Los datos de informes anteriores solamente se han incorporado al presente informe cuando se ha considerado oportuno a efectos comparativos o se han incorporado como anexos.

2.- MATERIAL Y MÉTODOS

2.1.- Control de salinidad del medio receptor

2.1.1.- Registro en continuo de la salinidad

En la figura 2.1 se indica la posición de los sensores de registro de salinidad (estaciones L1-L5).

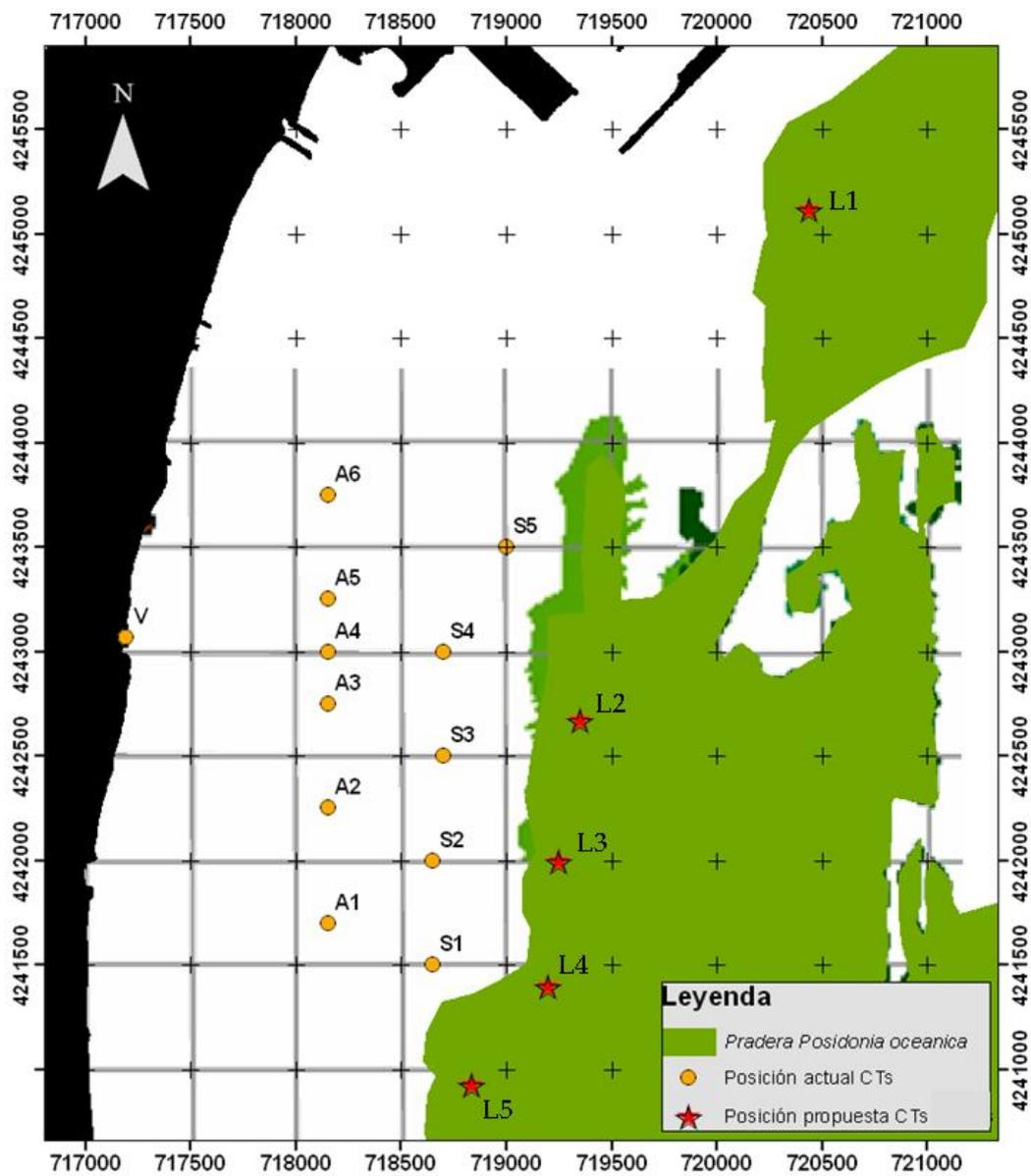


Figura 2.1. Posición de los sensores de salinidad.

2.1.2.- Campañas de distribución espacial de la salinidad

Como el año anterior se han realizado 4 campañas distribuidas estacionalmente. Las campañas del año 2016 se han realizado el 9 de febrero, el 13 de junio, el 2 de agosto, y el 10 de noviembre. En cada campaña se tomaron datos con un CTD RBR en 114 puntos que ocupaban una extensión de unos 14 km² (Figura 2.2). En todos los casos se obtuvo un perfil vertical de salinidad y temperatura. Cada punto fue posicionado mediante un GPS modelo Garmin 50 (de precisión inferior a 5 m). Estos datos se analizaron con el programa ArcGIS para la obtención y validación del modelo de kriging más apropiado, para posteriormente obtener las representaciones espaciales de los parámetros de interés.

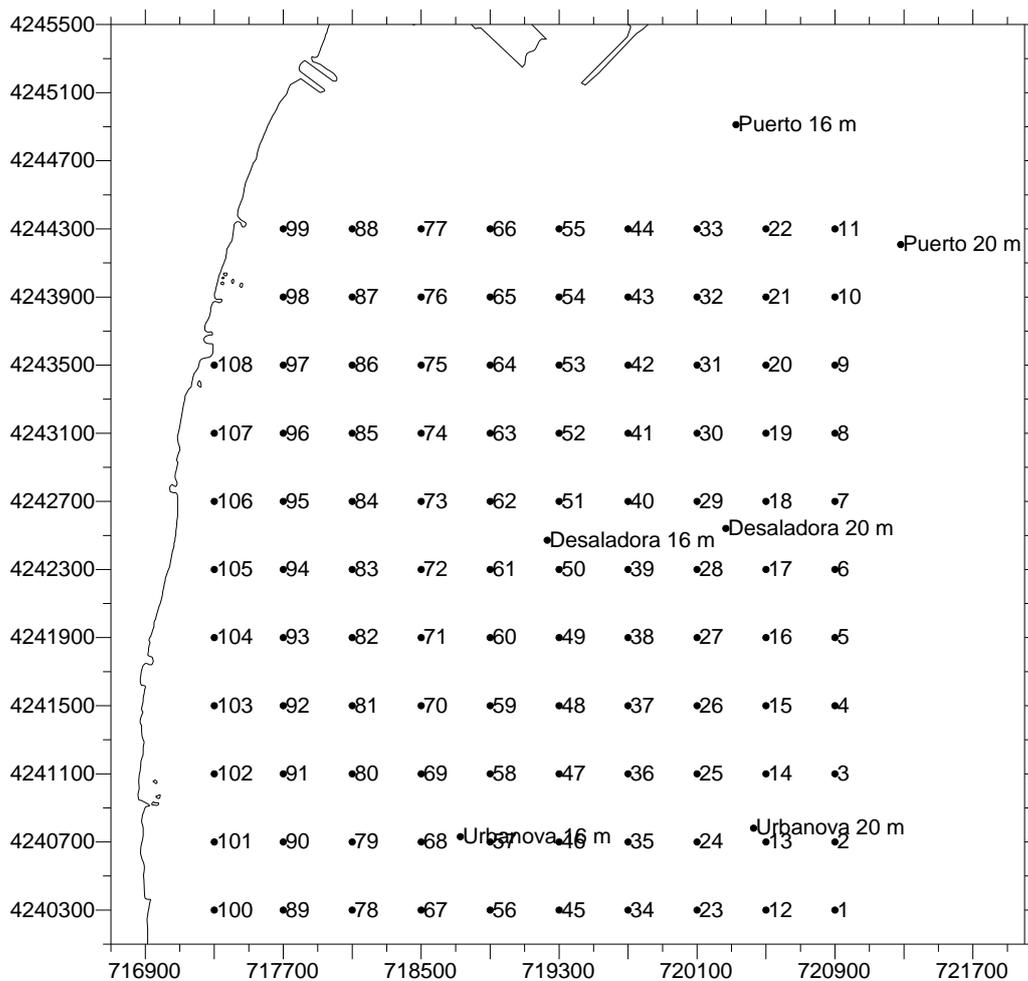


Figura 2.2. Distribución de las estaciones estudiadas en las campañas de distribución espacial de salinidad.

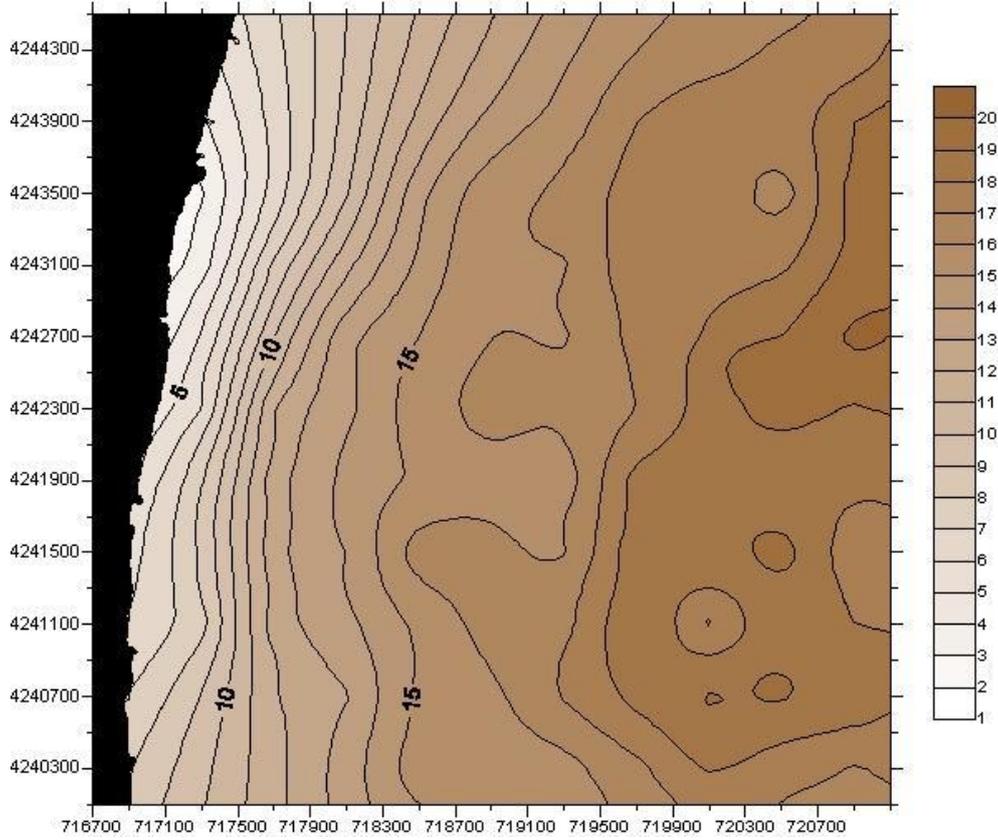


Figura 2.3. Batimetría de la zona de estudio (m).

La figura 2.3 presenta la batimetría de la zona de estudio. Una batimetría más detallada se encuentra en el estudio preoperacional (Sánchez Lizaso et al, 2003).

2.2.- Pradera de *Posidonia oceanica*

2.2.1.- Parcelas permanentes para el seguimiento de los efectos del vertido

Previamente a la entrada en funcionamiento de la desaladora se seleccionaron tres localidades (Figura 2.4), dos de ellas con la finalidad de que actuasen a modo de control frente a la tercera, situada lo más próxima posible al punto de vertido. En cada una de las localidades se instalaron dos estaciones a -16.5 y -20 m de profundidad, cada una de ellas con tres sitios en los que se colocaron cuatro parcelas permanentes.

Las tres localidades se encontraban separadas algo más de 2 km entre ellas, ya que estimamos que se trata de una distancia suficiente para que los controles, uno frente al Puerto de Alicante y el otro frente a la playa de Urbanova, no se viesen afectados por la desaladora. Los controles no se situaron más alejados del vertido porque así aseguramos, en parte, que la pradera sea de características similares y que se encuentre sometida a los mismos impactos (efectos del puerto, emisario de aguas residuales, etc.) en las tres localidades. Estos impactos son independientes del funcionamiento de la desaladora y, si no son tenidos en cuenta, podrían llevarnos a emitir falsas conclusiones en un posterior seguimiento de la evolución de la pradera.

En base a la experiencia acumulada se realizó una nueva propuesta de estaciones de seguimiento. Las estaciones de seguimiento actualmente incluyen una nueva estación al Norte (Postiguet) y otra al Sur (Arenales). Además, se han reubicado ligeramente las estaciones del límite superior y se mantienen las estaciones de -20 m existentes (Tabla 2.1, Figura 2.4).

Tabla 2.1. Situación de las estaciones de seguimiento de la pradera de *P. oceanica* (Coordenadas UTM).

Estación	X	Y
Postiguet - 17 m	721521	4246038
Puerto - 17 m	720483	4245214
Desaladora - 17 m	719684	4242657
Urbanova - 17 m	719189	4241404
Arenales - 17 m	720034	4237951
Puerto - 20 m	721405	4244417
Desaladora - 20 m	720379	4242750
Urbanova - 20 m	720540	4240990

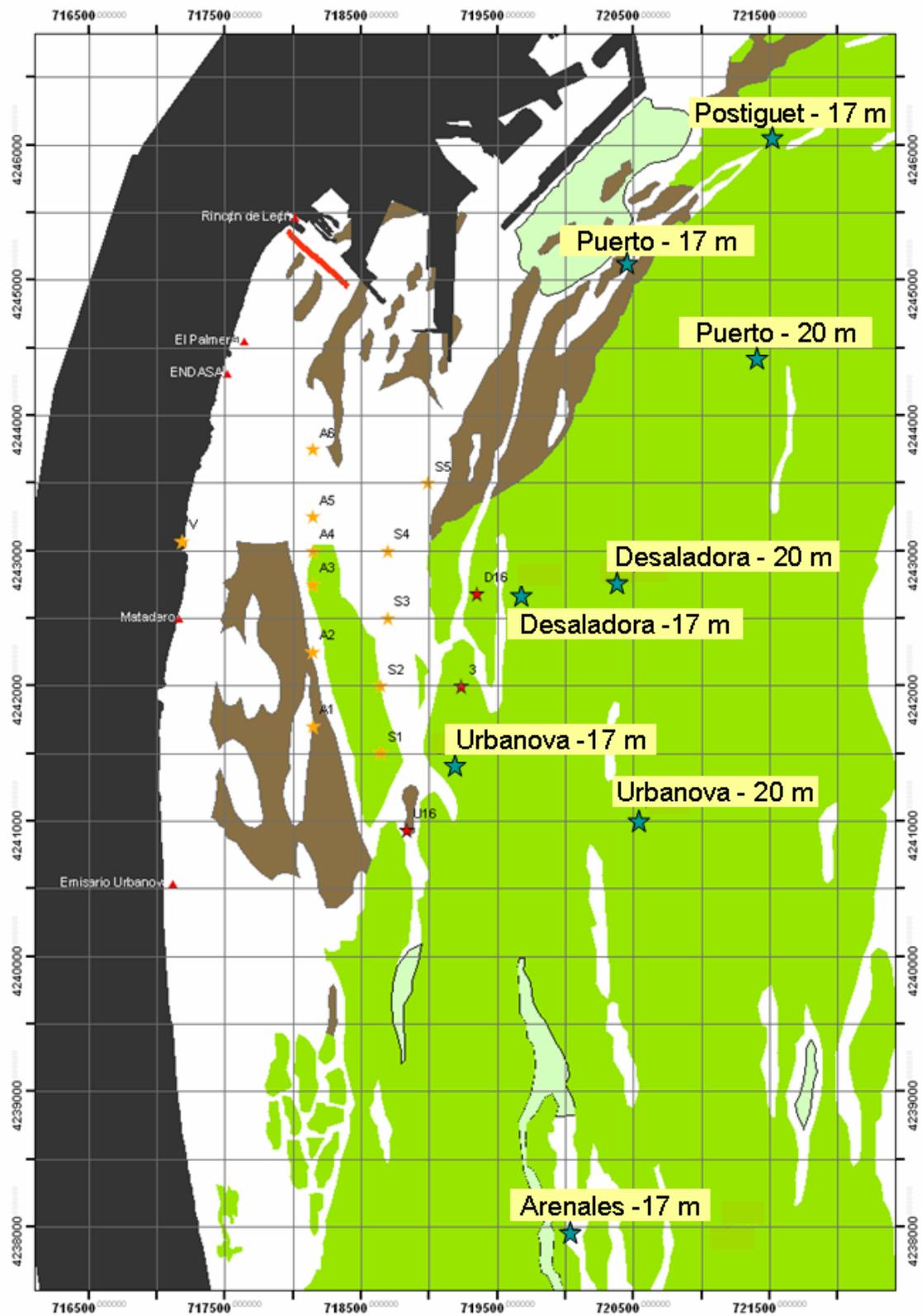


Figura 2.4. Localización de las ocho estaciones con las parcelas permanentes.

Las parcelas permanentes consistían en manchas aisladas en la pradera superficial (-17 m) o en cuadrados de 40 * 40 cm rodeados por alambre plastificado y señalizados mediante piquetas con boyas, numeradas para su posterior reconocimiento (Figura 2.5). Dentro de cada parcela se marcaron todos y cada uno de los haces presentes mediante la fijación de bridas de plástico en la base de cada uno de ellos.

La revisión de las parcelas marcadas ha permitido estimar la tasa de desaparición o división de las plantas marcadas, lo que permite estimar la evolución de la pradera desde la entrada en funcionamiento de la desaladora.

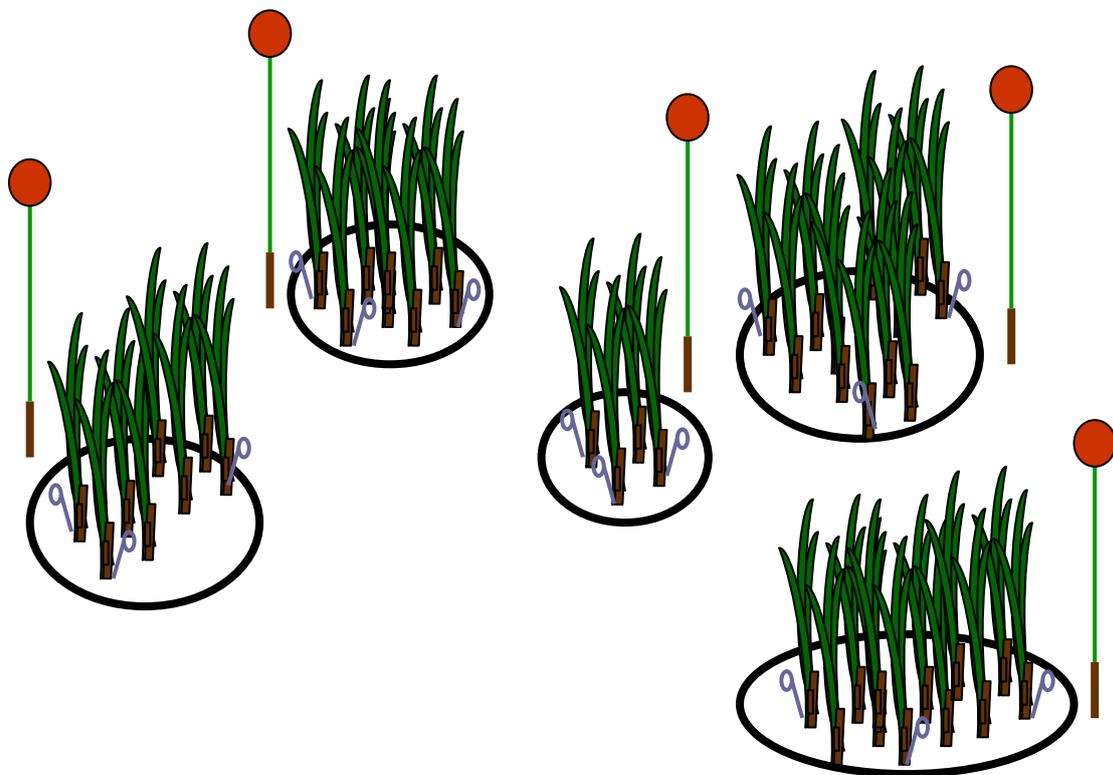


Figura 2.5. Diseño de las parcelas colocadas en las manchas de la pradera superficial, donde todos los haces fueron anillados con bridas de plástico y revisados en invierno y verano.

2.2.2.- Recogida de muestras

En cada una de las estaciones donde se situaron las parcelas permanentes también se recogieron 5 haces de *Posidonia oceanica*, para obtener datos sobre su morfología, así como sobre su biomasa y su carga de epífitos.

Morfología de los haces

Consiste en la obtención y comparación de parámetros biométricos de las hojas de *P. oceanica* para poder detectar si existen variaciones entre las distintas localidades o si se producen en un futuro. Para ello se trabaja con cinco haces seleccionados aleatoriamente en cada una de las estaciones (Romero, 1985).

Inicialmente se separa el haz del rizoma, manteniendo siempre el rango de inserción de las hojas. Las hojas separadas se conservaban en una bandeja con agua para evitar su desecación durante el periodo de manipulación, en el que se procedió a la desepifitación de las hojas y a la toma de las siguientes medidas:

- Número de hojas presentes en cada haz.
- Longitud total: longitud del limbo foliar desde el meristemo basal hasta su ápice.
- Anchura: que se mide en la parte media de las hojas para que sea lo más representativa posible.
- Superficie foliar: valor que se obtiene al multiplicar la longitud por la anchura media de las hojas de un haz.
- Estado del ápice: ya que este puede aparecer entero, roto o mordido por algún herbívoro.
- Manchas de necrosis: superficie de la hoja en la que aparece tejido necrosado que suele ser indicativo de que la planta está sometida a algún tipo de estrés.
- Biomasa foliar: las hojas desepifitadas se dejaron secar en una estufa a 70 °C durante 48 h.
- Biomasa de epífitos: peso seco de los epífitos de cada haz.

2.3.- Equinodermos y otras especies de interés

La densidad de equinodermos se estimó en el límite superior de la pradera de *Posidonia oceanica* mediante transectos de 10 x 1 m (con 10 réplicas por localidad) en los que se

anotaron y enumeraron las especies presentes. En el resto de estaciones de estudio, incluyendo las de control de salinidad, se determinó la presencia de otras especies de interés como nacras o espirógrafos además de los equinodermos presentes. En la figura 2.4 se representan todas las estaciones de muestreo.

2.4.- Estudio de sedimentos e infauna de fondos blandos

2.4.1.- Área de estudio

Las muestras se tomaron en 9 estaciones, distribuidas en tres transectos perpendiculares a la costa denominados A, B y C. El origen del transecto B corresponde a la zona de vertido, mientras que el transecto A y C se localizan paralelamente al B; uno a cada lado.

En cada transecto se muestreó a tres profundidades, a 4 metros, a 10 metros y a 15 metros. En cada una de las profundidades se obtuvieron 3 muestras. Las coordenadas geográficas de cada estación están indicadas en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Códigos empleados.

Estación	Transecto	Profundidad (m)	Coordenadas UTM
A.1	A	4	30 S 0717468 – 4243280
A.2	A	10	30 S 0718001 – 4243307
A.3	A	15	30 S 0718862 – 4243351
B.1	B	4	30 S 0717119 – 4242855
B.2	B	10	30 S 0717621 – 4242631
B.3	B	15	30 S 0718366 – 4242476
C.1	C	4	30 S 0717087 – 4242000
C.2	C	10	30 S 0717435 – 4242019
C.3	C	15	30 S 0718218 – 4241988

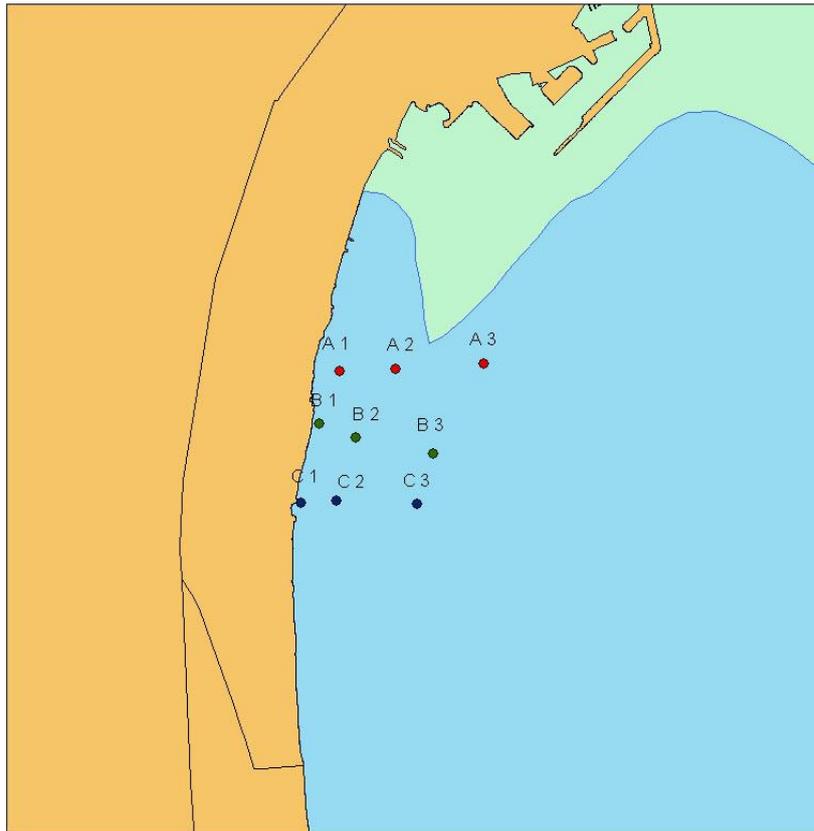


Figura 2.6. Localización de las estaciones en el área de estudio.

2.4.2. – Método de muestreo y procesado de las muestras

Las muestras son recogidas de forma directa con escafandra autónoma. Se llevan a cabo dos métodos de muestreo. Para las muestras que se emplearán en el estudio de la infauna del medio se recoge el sedimento correspondiente a un cuadrado de 22.5 x 22.5 cm, por estación. Una vez en la zodiac, las muestras se introducen en bolsas de plástico correspondientemente etiquetadas. La obtención de las muestras que se utilizarán para el estudio de las características del sedimento (granulometría, pH y materia orgánica) se realiza mediante un *core* de 4 X 25 cm. Las muestras van debidamente etiquetadas.

*** Procesado de la fauna**

La separación de la fauna del sedimento se realiza con la ayuda de la lupa binocular. Los organismos se introducen en botes con formol al 10 %, para su fijación y posterior identificación. Los individuos son guardados en tubos de 1.5 ml correctamente etiquetados y fijados y se conservan en etanol al 70 %. La identificación se lleva a cabo a nivel de familia.

*** Procesado del sedimento**

Una vez en el laboratorio se coge una submuestra de sedimento para cuantificar el contenido de materia orgánica, que se obtiene por diferencia de pesos tras proceder al calcinado de una cantidad conocida de la muestra (400 °C durante 4 horas). El resto de sedimento se utiliza para el estudio de la granulometría, que se analiza mediante la metodología de Buchanan (1984). La lectura del pH y potencial redox se obtiene directamente mediante sensores específicos inmediatamente después de la obtención de la muestra.

2.4.3.- Análisis de datos

Para el tratamiento de los datos obtenidos durante el estudio se han realizado análisis multivariantes mediante técnicas no paramétricas de escalamiento multidimensional. Este tratamiento permite analizar la estructura de la comunidad de poliquetos como la de los distintos grupos taxonómicos presentes en la zona de estudio en función de los factores considerados (transectos: A, B, C y profundidad: 5, 10 y 15 metros).

Se utiliza el método de escalamiento multidimensional MDS, a partir de una matriz de coeficientes de similitud computada de cada par de muestras. El MDS, representa las muestras en un gráfico de dos dimensiones de tal forma que el rango de orden de las distancias entre muestras en el gráfico coincida con el rango de orden de similitud a partir de una matriz triangular. En esta representación existe un proceso de minimización del coeficiente de estrés. Para una correcta interpretación de la representación, el estrés debe oscilar entre 0 y 0.2. Valores mayores de estrés se corresponden con distribuciones al azar de las muestras dentro de la ordenación.

Se aplica el protocolo SIMPER o test de porcentajes de similitud de Bray-Curtis para determinar la importancia relativa de cada una de las variables en la disimilitud de la muestra o de la similitud entre tratamientos.

Mediante RELATE se contrasta la hipótesis de no relación entre patrones multivariantes desde dos grupos de muestras, utilizando las matrices de similitudes y un test de permutaciones múltiples, calculando el índice de correlación de Sperman. Este índice permite establecer la correlación entre la estructura de la comunidad de organismos y los factores ambientales del medio. Para contrastar la hipótesis de diferencias entre muestras, definida a priori, se utiliza el test de Análisis ANOSIM. Si se rechaza la hipótesis nula, la interpretación es que sí que existe relación entre los patrones de distribución de las muestras comparadas.

También se ha aplicado un método univariante mediante técnicas de análisis de la varianza (ANOVA), para demostrar las posibles diferencias entre la composición faunística en función de los factores considerados (transecto y profundidad).

2.5.- Estudio de la comunidad nectónica

Durante los veintiún tiempos de seguimiento, se han realizado censos visuales por ser un método no destructivo y rápido, lo que permite la obtención de un número alto de muestras replicadas con un esfuerzo adecuado. La cuantificación de un poblamiento íctico mediante censos visuales constituye una alternativa a métodos tradicionales de recolección destructivos, e incluso a otras técnicas no destructivas pero difíciles de utilizar en el medio marino. Su aplicación está ampliamente tratada, incluyendo la discusión de sus ventajas e inconvenientes (Harmelin-Vivien y Harmelin, 1975; Sale y Douglas, 1981).

Mediante esta técnica, se realizaron censos en la zona directamente afectada por el vertido de salmuera y en un área control no afectada por el mismo, antes (Mayo 2003) y después (febrero 2004, abril 2005, marzo 2006, febrero 2007, julio 2008, abril 2009, marzo 2010, agosto 2010, febrero 2011, julio 2011, marzo 2012, agosto 2012, marzo 2013, julio 2013, marzo 2014, julio 2014, marzo 2015, julio 2015, marzo 2016, julio

2016, marzo 2017 y julio 2017) de comenzar la emisión (Figura 2.7). Ambos lugares fueron próximos a la costa y con una profundidad máxima de 5 metros. Este tipo de diseño se conoce con el nombre de BACI (Before/After/Control/Impact) y ha permitido conocer la evolución de este poblamiento de peces tras comenzar su actividad y durante los años posteriores.

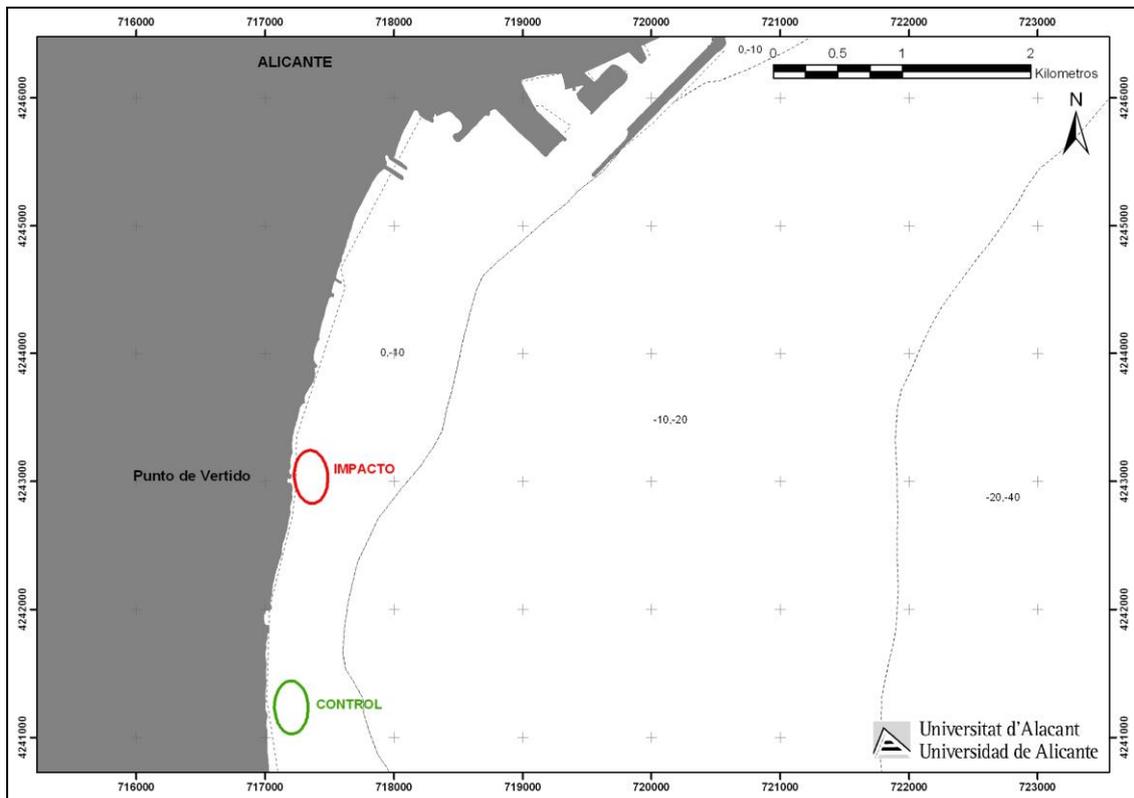


Figura 2.7. Localización del área impactada y el área control.

2.5.1.- Diseño experimental

La hipótesis de partida se basa en que la comunidad de peces asociada a estos fondos puede presentar diferencias tras el comienzo de la actividad. Para testar esta hipótesis, se consideró un diseño experimental en el que se tuvo en cuenta un primer factor, llamado *tiempo*, con veintitrés niveles (2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 invierno, 2010 verano, 2011 invierno, 2011 verano, 2012 invierno, 2012 verano, 2013 invierno, 2013 verano, 2014 invierno, 2014 verano, 2015 invierno, 2015 verano, 2016 invierno, 2016 verano, 2017 invierno y 2017 verano), un segundo factor llamado *impacto*, con dos niveles (impacto y control) y un factor de replicación espacial,

llamado *sitio*, con dos niveles. Se eligieron dos sitios junto al punto del vertido (impacto) y otros dos alejados de ella (control).

Se planteó el estudio incorporando tres factores:

- Año: 2003 (antes), 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 invierno, 2010 verano, 2011 invierno, 2011 verano, 2012 invierno, 2012 verano, 2013 invierno, 2013 verano, 2014 invierno, 2014 verano, 2015 invierno, 2015 verano, 2016 invierno, 2016 verano, 2017 invierno y 2017 verano (después)
- Impacto / Control
- Sitio: 2 sitios dentro de la zona impactada y 2 en la control

En cada uno de estos sitios, se realizaron cuatro réplicas al azar de 25 metros de longitud y 5 metros de ancho, obteniéndose un total de 369 muestras o réplicas de 125 m² cada una e independientes entre sí, garantizando la repartición espacial de los tratamientos y la independencia de los datos, evitando así la existencia de pseudoreplicación (Hurlbert, 1984; Hurlbert y White, 1993).

2.2. Análisis de los datos

Para el análisis de los datos, en primer lugar, se ha utilizado un método univariante mediante técnicas de análisis de la varianza para evaluar la diferencia entre los factores del diseño, utilizando como variables: el número de especies presentes, la abundancia y biomasa total y la abundancia de las especies seleccionadas a partir del análisis multivariante.

Por otro lado, se ha realizado un análisis multivariante mediante técnicas no paramétricas de escalamiento multidimensional, que permite estudiar los cambios en la estructura del poblamiento entre los factores considerados en el diseño experimental. Este análisis multivariante se ha realizado en términos de abundancia de todo el poblamiento de peces.

Análisis univariante

Para el análisis univariante de los datos se utilizó el Análisis de la Varianza (ANOVA). Antes del análisis, se comprobó la homogeneidad de las varianzas con el test de Cochran (Cochran, 1951). Los factores que se tuvieron en cuenta en el análisis de los datos fueron los siguientes:

TI (Tiempo): Factor principal y fijo con veintitrés niveles (2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 invierno, 2010 verano, 2011 invierno, 2011 verano, 2012 verano, 2013 invierno, 2013 verano, 2014 invierno, 2014 verano, 2015 invierno, 2015 verano, 2016 verano, 2017 invierno y 2017 verano).

IC (Impacto / Control): Factor fijo con dos niveles.

SI (Sitio): Factor de replicación espacial. Factor al azar y anidado en el factor IC.

El modelo lineal de las fuentes de variación se definió con la siguiente ecuación:

$$X_{ijkm} = \mu + TI_i + IC_j + SI(IC)_{k(j)} + TI \times IC_{ij} + TI \times SI(IC)_{ik(j)} + Residual_{m(ijk)}$$

donde:

X_{ijkm} = valor estimado en el muestreo

μ = media poblacional

TI_i = variaciones debidas al factor tiempo

IC_j = variaciones debidas al factor impacto/control

$SI(IC)_{k(j)}$ = variaciones debidas al factor sitio, anidado en impacto/control

$TI \times IC_{ij}$ = variaciones debidas a la interacción de los factores tiempo e impacto/control

$TI \times SI(IC)_{ik(j)}$ = variaciones debidas a la interacción de los factores y sitio

$Residual_{m(ijk)}$ = error residual o aleatorio

Análisis multivariante

Para el análisis multivariante de los datos se escogieron técnicas no paramétricas mediante la utilización del paquete estadístico PRIMER. Se calcularon las matrices de similitud para la matriz de abundancia de peces en base al coeficiente de *Bray-Curtis* y se emplearon las siguientes aplicaciones del PRIMER:

1. CLUSTER: Representa el poblamiento (de peces) de cada muestra mediante un dendograma, uniendo las muestras en grupos jerárquicos basados en niveles de similitud a partir de la matriz de similitud o disimilitud que crea. Esta aplicación es de gran utilidad cuando se espera que las muestras se dividan en grupos bien definidos, como es el caso de una clara distinción ambiental (Clarke y Warwick, 1994).
2. MDS: Es una técnica no paramétrica de escalamiento multidimensional (no metric Multi Dimensional Scaling: MDS). Representa las muestras en un gráfico de dos dimensiones de tal forma que, el rango de orden de las distancias entre muestras en el gráfico coincidan con el rango de orden de similitud o disimilitud a partir de la matriz triangular de similitud. En esta representación existe un proceso de minimización del *coeficiente de estrés*. Este coeficiente es el cálculo de la diferencia entre las distancias de los puntos en la matriz original y las correspondientes distancias entre puntos en la ordenación final. Para una correcta interpretación de la representación, el estrés debe oscilar entre 0 (completamente ajustada) y 0.2 (mínima posibilidad de definir relaciones entre las muestras). Valores mayores de estrés se corresponden con distribuciones al azar de las muestras dentro de la ordenación (Didby y Kempton, 1987; Clarke, 1993).
3. SIMPER: Test de Porcentajes de Similitud a partir del índice de similitud de Bray-Curtis. Determina la importancia relativa de cada una de las variables en la disimilitud de las muestras o de similitud entre las réplicas de cada grupo de muestras. En este caso, permite reconocer cuales son las principales especies responsables de las distinciones entre muestras, por lo que se utilizó esta aplicación para seleccionar las especies en las que se debía realizar análisis univariante. Por otra parte, del mismo modo que se utilizó la matriz de similitud sin transformar para reforzar la importancia de las especies más abundantes, en el SIMPER se descartaron inicialmente las especies raras (Clarke, 1993).

3.- RESULTADOS

3.1.- Régimen de funcionamiento de la planta

En los informes trimestrales se indica el régimen de funcionamiento de la planta durante el año 2017. Estos informes se incluyen como anexos digitales 2, 3, 4 y 5.

3.2.- Control de salinidad del medio receptor

3.2.1.- Registro en continuo de la salinidad

Los valores de los sensores de registro continuo de salinidad se han presentado en los informes trimestrales y se incluyen como anexos digitales 2, 3, 4 y 5 al presente informe. Durante el año 2017 se han registrado entre 35970 y 51493 datos por cada estación (media = 43806), dependiendo de la pérdida de los datos o de los propios CTs. En total se han recogido y analizado unos 262834 datos. Las tablas siguientes resumen la evolución mensual de la salinidad en cada una de las estaciones. Cuando se han registrado valores altos de salinidad en alguna de las estaciones de seguimiento se ha procedido a aumentar la dilución.

Tabla 3.1. Evolución mensual de la salinidad en la estación Puerto – 17 m.

Mes	Media	Máximo	% > 38.3	% > 38.5	% > 40	Nº Datos
Enero	37.67	37.84	0.00	0.00	0.00	4444
Febrero	37.75	37.95	0.00	0.00	0.00	4032
Marzo	37.60	38.03	0.00	0.00	0.00	4408
Abril	37.61	38.05	0.00	0.00	0.00	4058
Mayo	37.71	38.16	0.00	0.00	0.00	4283
Junio	37.49	37.93	0.00	0.00	0.00	4300
Julio	37.28	37.64	0.00	0.00	0.00	4405
Agosto	37.28	37.65	0.00	0.00	0.00	4376
Septiembre	37.38	37.67	0.00	0.00	0.00	4190
Octubre	37.16	37.89	0.00	0.00	0.00	4103
Noviembre	37.19	37.39	0.00	0.00	0.00	4304
Diciembre	37.60	38.09	0.00	0.00	0.00	4449
Total anual	37.48	38.16	0.00	0.00	0.00	51493
Media	37.48	37.86	0.00	0.00	0.00	

Tabla 3.2. Evolución mensual de la salinidad en la estación Desaladora – 17 m.

Mes	Media	Máximo	% > 38.3	% > 38.5	% > 40	Nº Datos
Enero	37.72	38.39	0.32	0.00	0.00	3117
Febrero	37.79	38.45	0.79	0.00	0.00	2649
Marzo	37.81	38.58	2.78	0.38	0.00	4432
Abril	38.09	38.70	22.01	6.93	0.00	4284
Mayo	37.84	38.26	0.00	0.00	0.00	4237
Junio	37.83	38.50	4.16	0.00	0.00	4156
Julio	37.74	38.53	5.81	0.09	0.00	4403
Agosto	37.63	38.27	0.00	0.00	0.00	3407
Septiembre	37.57	37.97	0.00	0.00	0.00	3261
Octubre	37.55	37.90	0.00	0.00	0.00	2198
Noviembre	37.52	37.96	0.00	0.00	0.00	3552
Diciembre	37.61	38.24	0.00	0.00	0.00	2735
Total anual	37.74	38.70	3.58	0.75	0.00	42572
Media	37.72	38.31	2.99	0.62	0.00	

Tabla 3.3. Evolución mensual de la salinidad en la estación Desaladora Sur – 17 m.

Mes	Media	Máximo	% > 38.3	% > 38.5	% > 40	Nº Datos
Enero	37.67	38.10	0.00	0.00	0.00	4248
Febrero	37.61	37.84	0.00	0.00	0.00	3140
Marzo	37.94	38.57	4.99	2.13	0.00	2485
Abril	37.90	38.39	1.26	0.00	0.00	4269
Mayo	37.89	38.42	0.89	0.00	0.00	4062
Junio	37.80	38.47	2.69	0.00	0.00	3674
Julio	37.70	38.22	0.00	0.00	0.00	3573
Agosto	37.56	38.04	0.00	0.00	0.00	4423
Septiembre	37.65	38.28	0.00	0.00	0.00	3340
Octubre	37.41	38.01	0.00	0.00	0.00	3265
Noviembre	37.30	37.72	0.00	0.00	0.00	2669
Diciembre	37.87	38.39	3.11	0.00	0.00	1927
Total anual	37.69	38.57	0.91	0.13	0.00	41166
Media	37.69	38.21	1.08	0.18	0.00	

Tabla 3.4. Evolución mensual de la salinidad en la estación Urbanova Norte – 17 m.

Mes	Media	Máximo	% > 38.3	% > 38.5	% > 40	Nº Datos
Enero	37.75	38.14	0.00	0.00	0.00	4191
Febrero	37.83	38.20	0.00	0.00	0.00	3964
Marzo	37.76	38.31	0.36	0.00	0.00	4186
Abril	38.19	38.65	45.63	7.52	0.00	4298
Mayo	38.05	38.42	11.02	0.00	0.00	4311
Junio	37.96	38.49	3.88	0.00	0.00	4275
Julio	37.75	38.22	0.00	0.00	0.00	4424
Agosto	37.92	38.59	8.88	1.94	0.00	4338
Septiembre	37.51	38.06	0.00	0.00	0.00	4251
Octubre	37.62	37.90	0.00	0.00	0.00	3258
Noviembre	37.69	37.99	0.00	0.00	0.00	3488
Diciembre	37.90	38.41	0.00	0.00	0.00	4404
Total anual	37.83	38.65	6.36	0.82	0.00	49530
Media	37.83	38.28	5.81	0.79	0.00	

Tabla 3.5. Evolución mensual de la salinidad en la estación Urbanova – 17 m.

Mes	Media	Máximo	% > 38.3	% > 38.5	% > 40	Nº Datos
Enero	37.88	38.26	0.00	0.00	0.00	3215
Febrero	38.02	38.30	0.00	0.00	0.00	4010
Marzo	38.01	38.48	8.64	0.00	0.00	4179
Abril	37.94	38.26	0.00	0.00	0.00	4314
Mayo	37.72	38.02	0.00	0.00	0.00	4045
Junio	37.67	38.08	0.00	0.00	0.00	4041
Julio	37.61	38.09	0.00	0.00	0.00	4390
Agosto	37.64	38.15	0.00	0.00	0.00	3232
Septiembre	37.25	37.78	0.00	0.00	0.00	1840
Octubre	37.45	37.79	0.00	0.00	0.00	3026
Noviembre	37.40	37.74	0.00	0.00	0.00	1872
Diciembre	37.60	38.01	0.00	0.00	0.00	3836
Total anual	37.73	38.48	0.86	0.00	0.00	42103
Media	37.68	38.08	0.72	0.00	0.00	

Tabla 3.6. Evolución mensual de la salinidad en el vertido.

Mes	Media	Máximo	% > 49	Nº Datos
Enero	41.26	65.74	15.97	3732
Febrero	40.70	61.28	15.64	3522
Marzo	42.93	66.37	17.46	3447
Abril	39.74	66.54	2.24	3347
Mayo	39.47	65.08	0.89	2692
Junio	40.48	64.09	3.91	2785
Julio	44.65	66.38	19.74	2786
Agosto	40.43	66.81	3.91	3835
Septiembre	40.20	64.93	1.31	2513
Octubre	37.51	65.00	0.56	1952
Noviembre	37.36	65.67	2.05	1514
Diciembre	37.53	59.65	0.20	2751
Total anual	40.34	66.81	7.61	35970
Media	40.19	64.79	6.99	

Datos medios anuales (2017)

En la tabla 3.7 se indica el promedio anual para cada estación, así como el máximo y el mínimo y el porcentaje de valores que superan los valores de referencia establecidos. La tabla 3.8 indica los valores promedio de temperaturas. Se puede observar que durante el 2017 las superaciones del valor de referencia de 38.5 han sido muy bajas (< 0.85 %). Además, este año los valores promedio anuales de salinidad han sido similares a años anteriores 37.74 – 37.83, siendo la estación con un promedio más alto urbanova norte con 37.83.

Tabla 3.7. Valores anuales de salinidades registradas en las estaciones de seguimiento.

Punto	Media	Máximo	Mínimo	% > 38.3	% > 38.5	% > 40
Puerto 16	37.48	38.16	36.63	0.00	0.00	0.00
Desal. 16	37.74	38.70	36.88	3.58	0.75	0.00
Desal. S 16	37.69	38.57	36.60	0.91	0.13	0.00
Urban. N 16	37.83	38.65	37	6.36	0.82	0.00
Urban. 16	37.73	38.48	36.80	0.86	0.00	0.00
Vertido	40.34	66.81	36.00	> 49 ups	7.61	

Tabla 3.8. Valores de temperaturas registrados en las estaciones de seguimiento.

Punto	Media	Máximo	Mínimo
Puerto 16	19.38	28.87	13.70
Desal. 16	19.79	29.35	13.72
Desal. S 16	19.96	29.20	13.72
Urban. N 16	19.96	29.06	13.73
Urban. 16	20.04	29.04	13.55
Vertido	20.90	30.90	12.56

3.2.2.- Campañas de distribución espacial de la salinidad

Los resultados de las cuatro campañas estacionales de distribución espacial de la salinidad se presentan en el anexo 1. La máxima extensión de la pluma salina se observa en las campañas de primavera y verano y la mínima en las de invierno y otoño. No se observa en ninguna de las campañas un aumento de salinidad significativo sobre la pradera de *Posidonia oceanica*

3.3.- Pradera de *Posidonia oceanica*

3.3.1.- Resultados del seguimiento en invierno de 2017

3.3.1.1.- Resultados de las estaciones de parcelas permanentes

- Tasas de división, mortalidad y balance total, de los haces marcados:

En las figuras 3.1 y 3.2 se presentan los resultados de las tasas de división, mortalidad y balance total en las estaciones permanentes. Se puede observar que las tasas de división y de balance total obtenidas en este muestreo son mayores para las localidades de Urbanova y Desaladora a 17 m, aunque no muestran diferencias significativas con el resto de localidades (Tabla 3.9). Tampoco se detectan diferencias significativas en las tasas de mortalidad de los haces, probablemente por la alta variabilidad de los datos obtenidos. En cualquier caso, en este muestreo se observan menores porcentajes de mortalidad en las localidades de Urbanova y Desaladora a 17 m, lo que junto a la elevada tasa de división detectada provoca que presenten unos balances totales de haces elevados. El resto de localidades presentan un balance de haces negativo o próximo a cero, con tasas de reclutamiento bajas y/o tasas de mortalidad más elevadas.

En la figura 3.3 se incluyen los datos de las nuevas estaciones superficiales situadas en el Postiguet y Arenales. En este muestreo se estiman balances negativos en las estaciones de Postiguet y Arenales, y valores positivos y significativamente mayores en las estaciones de Urbanova y Desaladora. En la localidad del Puerto la pradera parece mantenerse estable respecto a este descriptor.

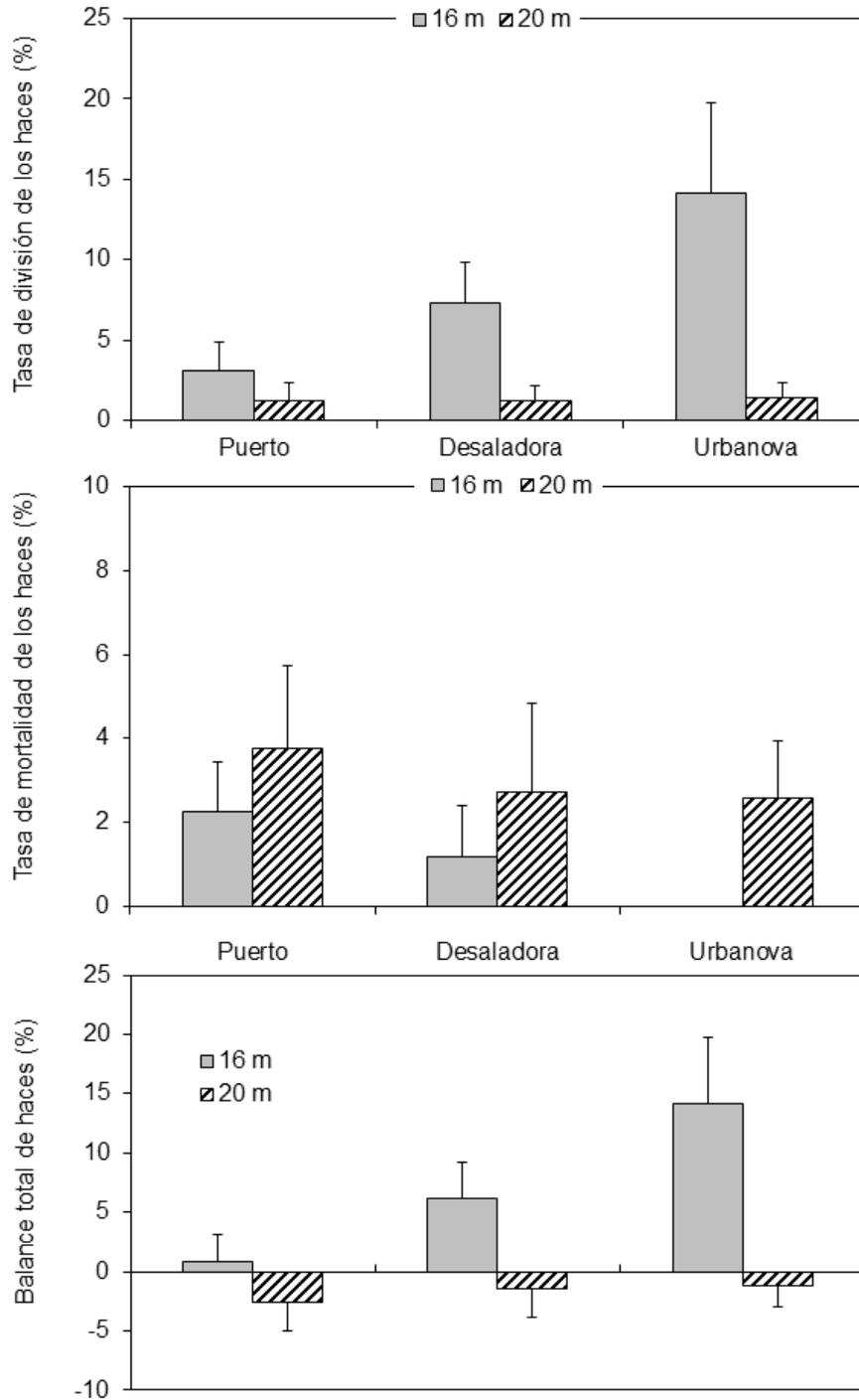


Figura 3.1 Tasas de división, mortalidad y balance, expresado como tasa de división – tasa mortalidad, de los haces marcados en las parcelas de las tres localidades (Control Urbanova, C. Puerto y Desaladora) a las dos profundidades de trabajo (-17 y - 20 m). Las barras representan el error típico.

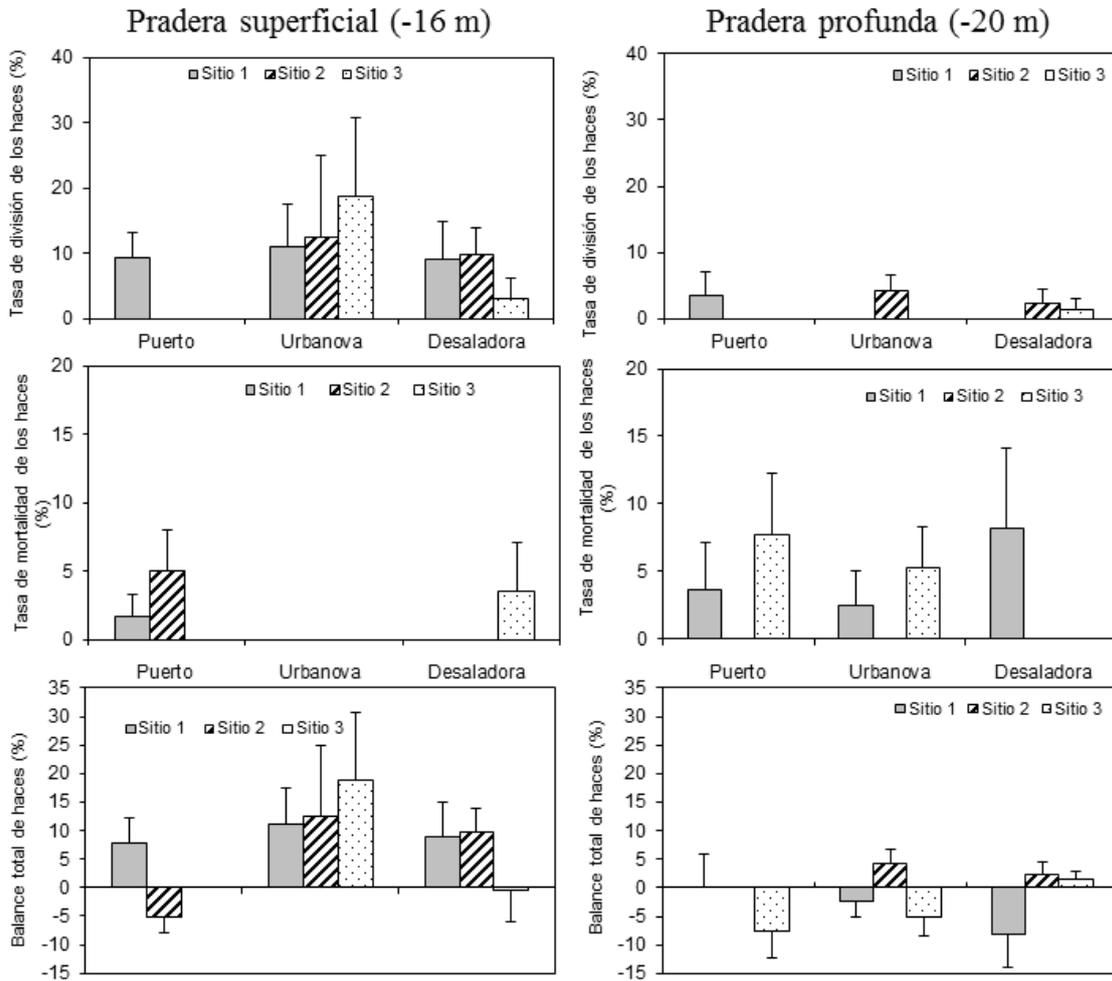


Figura 3.2. Representación gráfica de las tasas de división, mortalidad y balance de los haces marcados en las tres localidades (Control Urbanova, C. Puerto y Desaladora) separadas por sitio y profundidad (las barras representan el error típico).

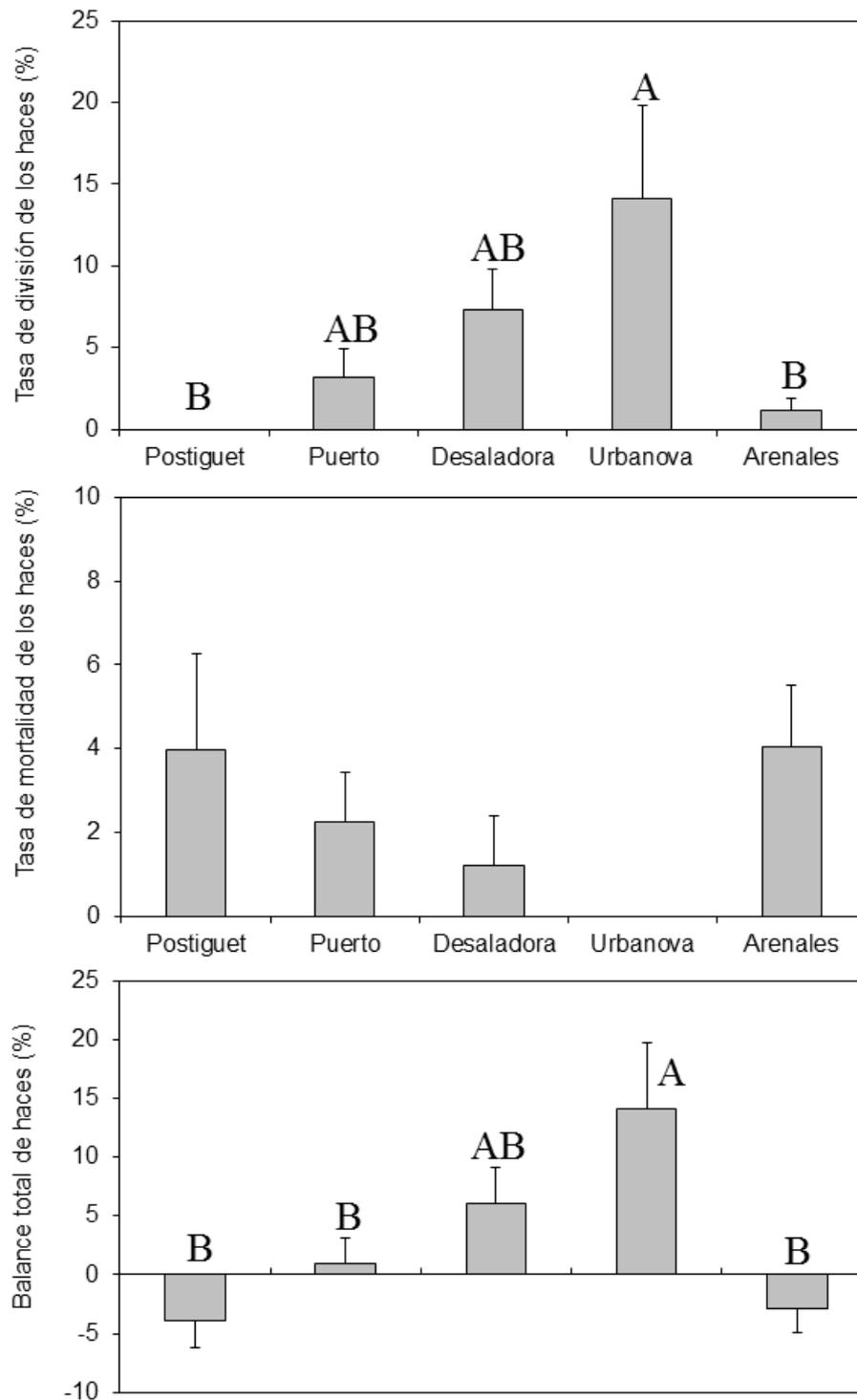


Figura 3.3. Tasas de división, mortalidad y balance, expresado como tasa de división – tasa mortalidad, de los haces marcados en las parcelas de las cinco nuevas localidades (Postiguet, Puerto, Desaladora, Urbanova y Arenales) situadas a -17 m de profundidad (las barras representan el error típico).

Tabla 3.9. Resumen de los ANOVAs realizados a los datos de división, mortalidad y al balance (tasa división – mortalidad) de los haces marcados en las parcelas de las tres localidades (Puerto, Urbanova y Desaladora) a las dos profundidades de trabajo (-17 y -20 m) (gl = grados de libertad, CM = cuadrados medios, F = valor del estadístico F de Snedecor, ns = no significativo).

Parámetro	Fuente de variabilidad	gl	CM	F	p	SNK
Tasa de división (transf. Raíz x+1)	Localidad = Lo	2	3.1751	1.52	ns	
	Profundidad = Pr	1	20.4758	14.04	*	16 m > 20 m
	Sitio (Lo)	6	2.0885	0.96	ns	
	Lo*Pr	2	2.3364	1.60	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	1.4582	0.67	ns	
	Residual	54	2.1813			
Tasa de mortalidad (transf. Raíz x+1)	Localidad = Lo	2	0.8082	1.26	ns	
	Profundidad = Pr	1	2.2686	0.98	ns	
	Sitio (Lo)	6	0.6431	0.68	ns	
	Lo*Pr	2	0.2456	0.11	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	2.3134	2.44	ns	
	Residual	54	0.9474			
Balance total	Localidad = Lo	2	323.1547	3.84	ns	
	Profundidad = Pr	1	1389.810	9.96	**	16 m > 20 m
	Sitio (Lo)	6	84.0706	0.66	ns	
	Lo*Pr	2	215.8245	1.55	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	139.5174	1.10	ns	
	Residual	54	126.5853			

3.1.2.- Morfología de los haces

Tabla 3.10. Resumen de los ANOVAs realizados a los datos obtenidos en invierno del 2016 de los haces recogidos en las tres localidades y a las dos profundidades de trabajo (-17 y -20 m) (gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo).

Parámetro	Fuente de variabilidad	gl	CM	F	p	SNK
Número de hojas	Localidad = Lo	2	1.2333	12.33	ns	
	Profundidad = Pr	1	1.2000	2.06	ns	
	Lo*Pr	2	0.1000	0.17	ns	
	Residual	24	0.5833			
Longitud media foliar	Localidad = Lo	2	3.3973	0.18	ns	
	Profundidad = Pr	1	41.6970	6.38	ns	
	Lo*Pr	2	18.5857	2.85	ns	
	Residual	24	6.5309			
Anchura media foliar	Localidad = Lo	2	0.0030	1.09	ns	
	Profundidad = Pr	1	0.0060	3.35	ns	
	Lo*Pr	2	0.0027	1.53	ns	
	Residual	24	0.0018			
Superficie foliar	Localidad = Lo	2	9.9828	0.01	ns	
	Profundidad = Pr	1	992.1050	3.38	ns	
	Lo*Pr	2	802.3297	2.73	ns	
	Residual	24	293.3934			
Biomasa foliar	Localidad = Lo	2	0.0099	6.49	ns	
	Profundidad = Pr	1	0.0023	0.49	ns	
	Lo*Pr	2	0.0015	0.32	ns	
	Residual	24	0.0048			
Carga de epífitos	Localidad = Lo	2	0.0476	0.74	ns	
	Profundidad = Pr	1	0.1507	4.11	ns	
	Lo*Pr	2	0.0646	1.76	ns	
	Residual	24	0.0367			
Necrosis (%)	Localidad = Lo	2	446.5382	1.45	ns	
	Profundidad = Pr	1	33.9305	0.28	ns	
	Lo*Pr	2	308.5336	2.52	ns	
	Residual	24	122.2751			
Herbivorismo (%)	Localidad = Lo	2	355.5839	4.20	ns	
	Profundidad = Pr	1	520.8333	3.33	ns	
	Lo*Pr	2	84.6088	0.54	ns	
	Residual	24	156.6043			

Se observa (Figura 3.4 y Tabla 3.10) que en el presente muestreo no existen diferencias en la fenología foliar entre las distintas localidades de estudio. Al comparar con las nuevas estaciones (Figura 3.5) se puede observar cómo, en general, la estación de

Arenales presenta haces más grandes y una menor carga de epífitos. En este muestreo también se detectó un porcentaje de necrosis significativamente menor en los haces de la localidad desalinizadora.

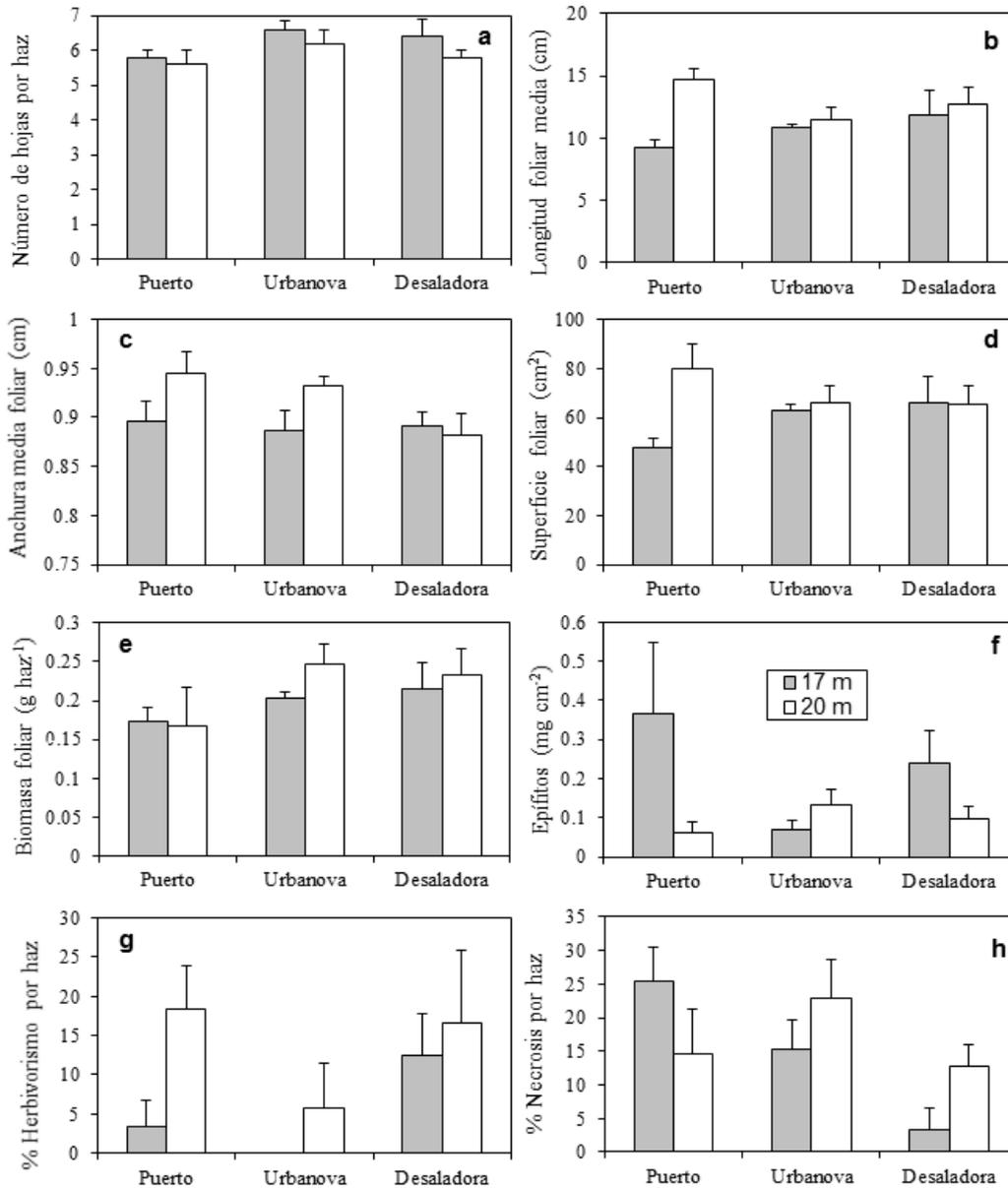


Figura 3.4. Representación de los datos de fenología obtenidos de los haces pertenecientes a la pradera superficial (-17 m) y a la pradera profunda (-20 m) de las tres localidades (Puerto, Urbanova y Desaladora; las barras representan el error típico).

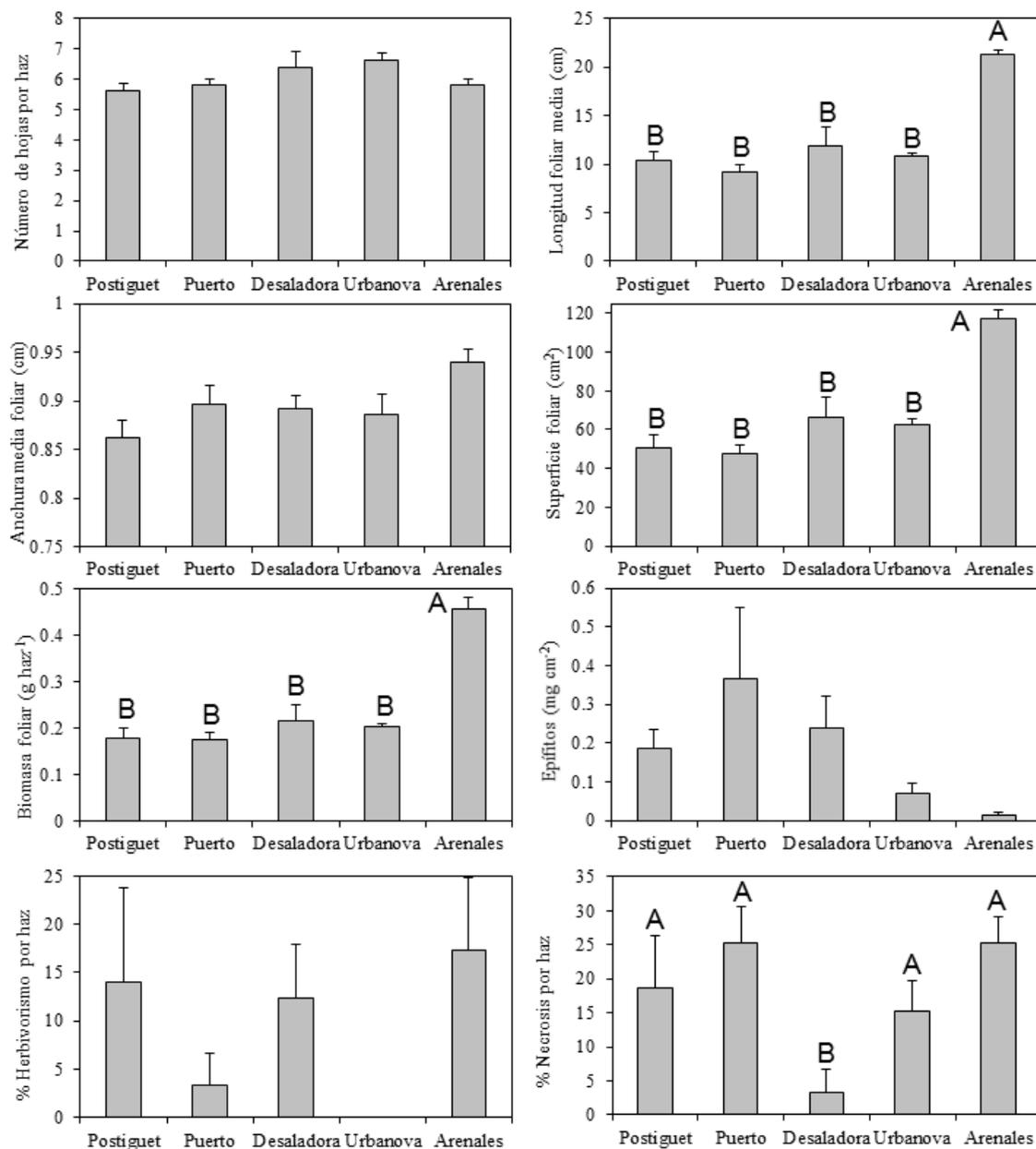


Figura 3.5. Representación de los datos de fenología obtenidos de los haces pertenecientes a las cinco nuevas localidades (Postiguet, Puerto, Desaladora, Urbanova y Arenales) situadas a -17 m de profundidad. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico).

3.3.2.- Resultados del seguimiento en verano de 2017

3.3.2.1.- Tasas de división, mortalidad y balance total de los haces marcados

En las figuras 3.6 y 3.7 se presentan los resultados de las tasas de división y mortalidad en las estaciones permanentes. En este muestreo se detectaron diferencias significativas en la tasa de división y en el balance total de haces respecto a la profundidad en la que se hallan las estaciones, pero no en las interacciones entre profundidad y localidad (Tabla 3.11). Así, se observó que las estaciones situadas a 16 m de profundidad tenían una mayor tasa de división y balance total de haces que en el resto de estaciones a 20 m de profundidad (Figura 3.6). Se ha de destacar que este año la tasa de división de haces en la localidad Urbanova 16 es significativamente superior al resto, excepto Desaladora 16, que presenta tasas similares. Al incluir las nuevas localidades de muestreo destacamos que Arenales posee una tasa de división inferior al resto de localidades, y que presenta, junto a Postiguat, un balance de haces negativo (Figura 3.8).

Tabla 3.11. Resumen de los ANOVAs realizados a los datos de división, mortalidad y al balance (tasa división – mortalidad) de los haces marcados en las parcelas de las tres localidades (Puerto, Urbanova y Desaladora) a las dos profundidades de trabajo (-16.5 y - 20 m) (gl = grados de libertad, CM = cuadrados medios, F = valor del estadístico F de Snedecor, ns = no significativo).

Parámetro	Fuente de variabilidad	gl	CM	F	p	SNK
Tasa de división	Localidad = Lo	2	374.977	1.45	ns	
	Profundidad = Pr	1	2627.428	36.49	***	16m > 20 m
	Sitio (Lo)	6	258.559	2.70	*	
	Lo*Pr	2	362.891	5.04	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	72.009	0.75	ns	
	Residual	54	95.816			
Tasa de mortalidad transf. Raiz(x+1)	Localidad = Lo	2	0.258	0.05	ns	
	Profundidad = Pr	1	24.817	4.09	ns	
	Sitio (Lo)	6	4.757	2.36	*	
	Lo*Pr	2	1.755	0.29	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	6.064	3.01	*	
	Residual	54	2.018			
Balance total	Localidad = Lo	2	330.798	0.69	ns	
	Profundidad = Pr	1	6740.310	11.75	*	16 m > 20 m
	Sitio (Lo)	6	476.974	2.75	*	
	Lo*Pr	2	687.837	1.20	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	573.713	3.30	**	
	Residual	54	173.687			

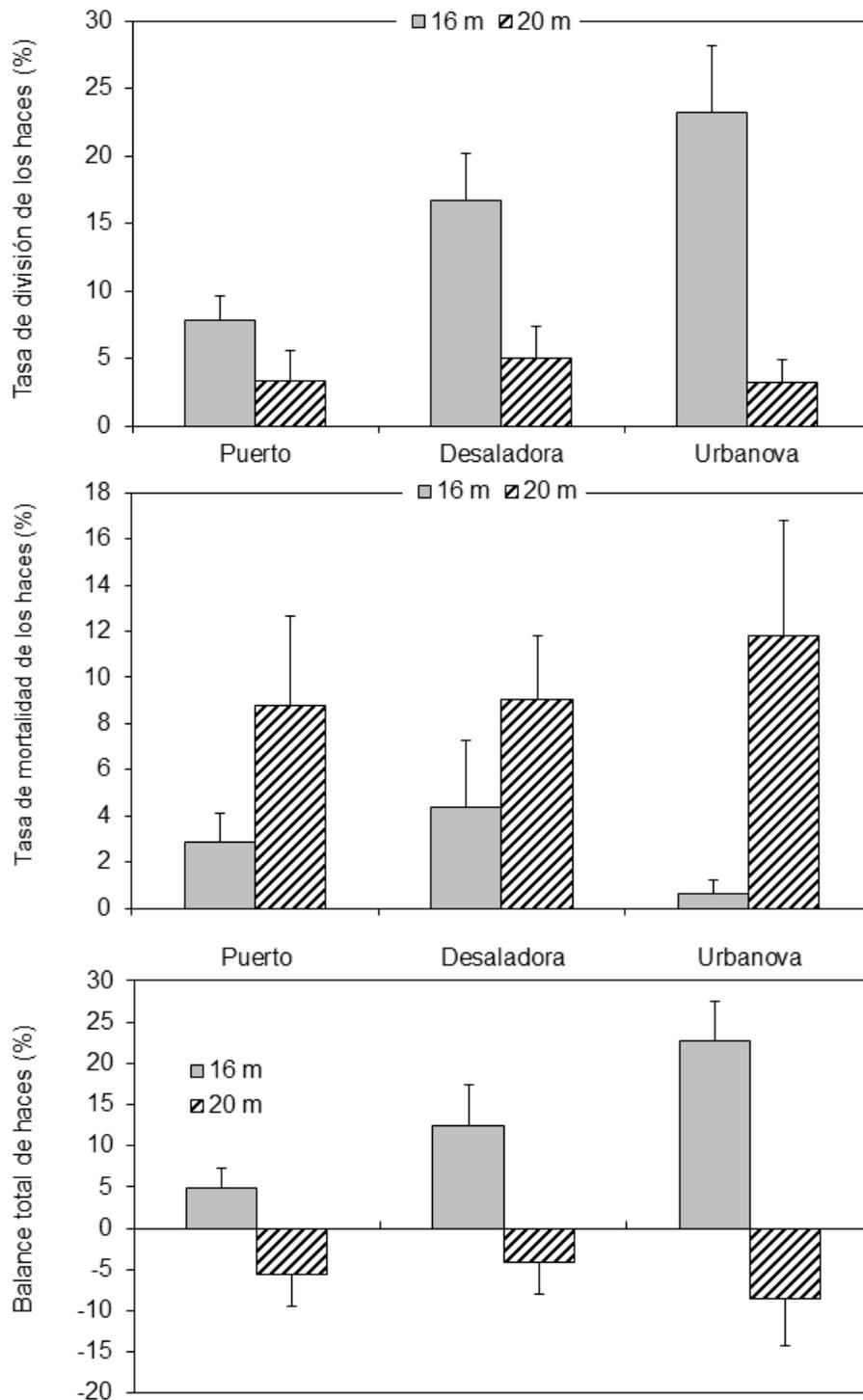


Figura 3.6. Tasas de división, mortalidad y balance, expresado como tasa de división – tasa mortalidad, de los haces marcados en las parcelas de las tres localidades (Control Urbanova, C. Puerto y Desaladora) a las dos profundidades de trabajo (-16 y -20 m). Las barras representan el error típico.

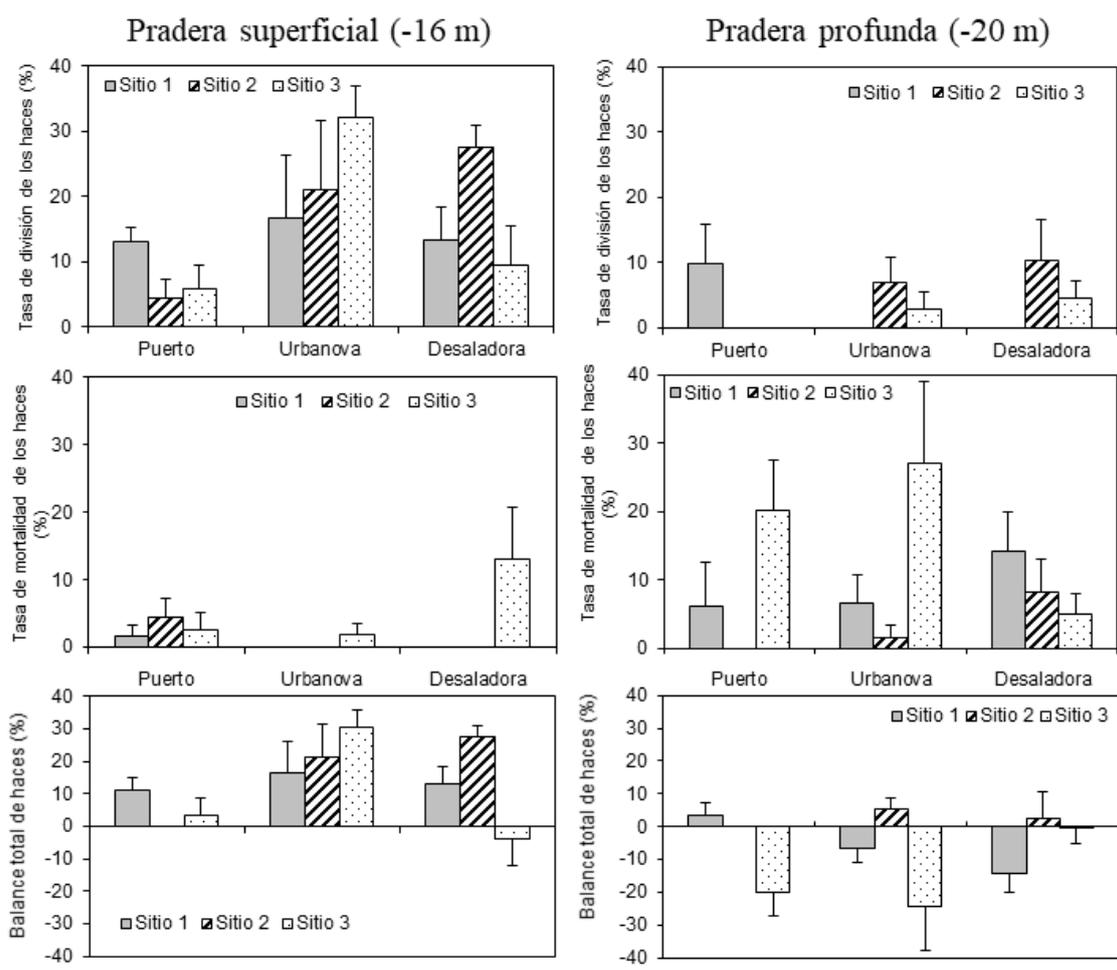


Figura 3.7. Representación gráfica de las tasas de división, mortalidad y balance de los haces marcados en las tres localidades (Control Urbanova, C. Puerto y Desaladora) separadas por sitio y profundidad (las barras representan el error típico).

3.3.2.2.- Morfología de los haces

Se observa (Figura 3.9 y tabla 3.12) que existen diferencias significativas en pocos descriptores de la morfología foliar de los haces de *P. oceanica*. La mayoría de estas diferencias se deben a la localidad, concretamente por una mayor carga de epífitos y necrosis en los haces de las localidades de Urbanova. Al incluir en la comparación las nuevas estaciones (Figura 3.10) se puede volver observar que la localidad de Arenales presenta haces con mayor longitud foliar, y con una carga de epífitos intermedia, no detectándose diferencias significativas para el resto de descriptores.

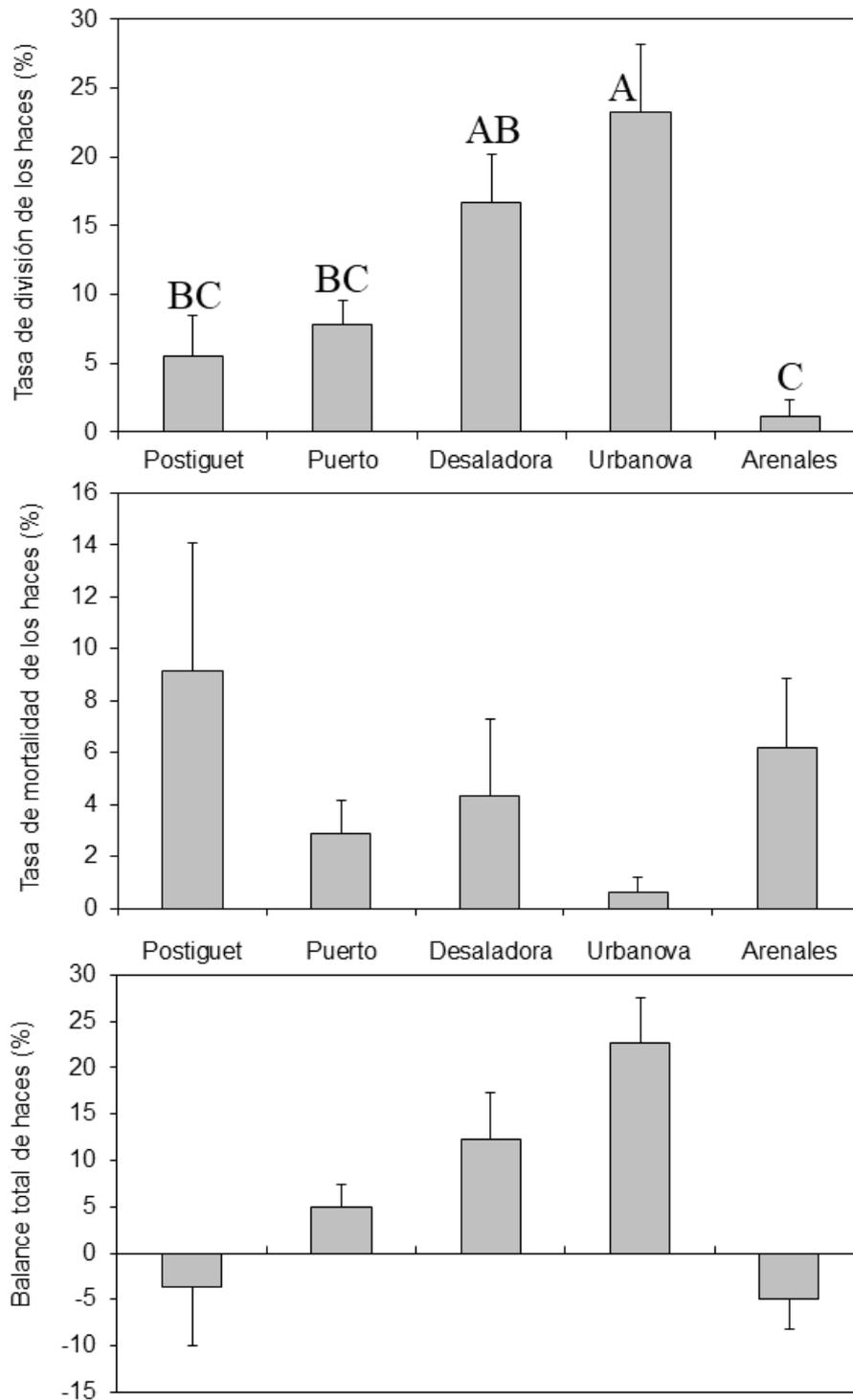


Figura 3.8. Tasas de división, mortalidad y balance, expresado como tasa de división – tasa mortalidad, de los haces marcados en las parcelas de las cinco nuevas localidades (Postiguet, Puerto, Desaladora, Urbanova y Arenales) situadas a -16.5 m de profundidad (las barras representan el error típico).

Tabla 3.12. Resumen de los ANOVAs realizados a los datos obtenidos en verano del 2017 de los haces recogidos en las tres localidades y a las dos profundidades de trabajo (-16 y -20 m) (gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo).

Parámetro	Fuente de variabilidad	gl	CM	F	p	SNK
Número de hojas	Localidad = Lo	2	0.0333	0.04	ns	
	Profundidad = Pr	1	2.1333	2.46	ns	
	Lo*Pr	2	0.2333	0.27	ns	
	Residual	24	0.8667			
Longitud media foliar	Localidad = Lo	2	421.7333	4.36	*	U = D > P
	Profundidad = Pr	1	141.3063	1.46	ns	
	Lo*Pr	2	93.2576	0.96	ns	
	Residual	24	96.7108			
Anchura media foliar	Localidad = Lo	2	0.0001	0.03	ns	
	Profundidad = Pr	1	0.0112	3.00	ns	
	Lo*Pr	2	0.0055	1.48	ns	
	Residual	24	0.0037			
Superficie foliar	Localidad = Lo	2	10101.4877	1.52	ns	
	Profundidad = Pr	1	2.9422	0.00	ns	
	Lo*Pr	2	4411.1431	0.66	ns	
	Residual	24	6642.2451			
Biomasa foliar	Localidad = Lo	2	0.1337	1.11	ns	
	Profundidad = Pr	1	0.0032	0.03	ns	
	Lo*Pr	2	0.0625	0.52	ns	
	Residual	24	0.1208			
Carga de epífitos	Localidad = Lo	2	0.4279	4.28	ns	U > D = P
	Profundidad = Pr	1	0.4039	4.04	ns	
	Lo*Pr	2	1.0693	10.70	ns	U ₁₆ > D ₁₆ > P ₁₆ P ₂₀ < D ₂₀ = U ₂₀
	Residual	24	0.0999			
Herbivorismo (%)	Localidad = Lo	2	2.3777	0.69	ns	
	Profundidad = Pr	1	0.3406	0.10	ns	
	Lo*Pr	2	6.2642	1.83	ns	
	Residual	24	3.4280			
Necrosis (%)	Localidad = Lo	2	1017.4735	3.52	*	U > P = D
	Profundidad = Pr	1	46.5779	0.16	ns	
	Lo*Pr	2	94.0722	0.33	ns	
	Residual	24	288-9267			

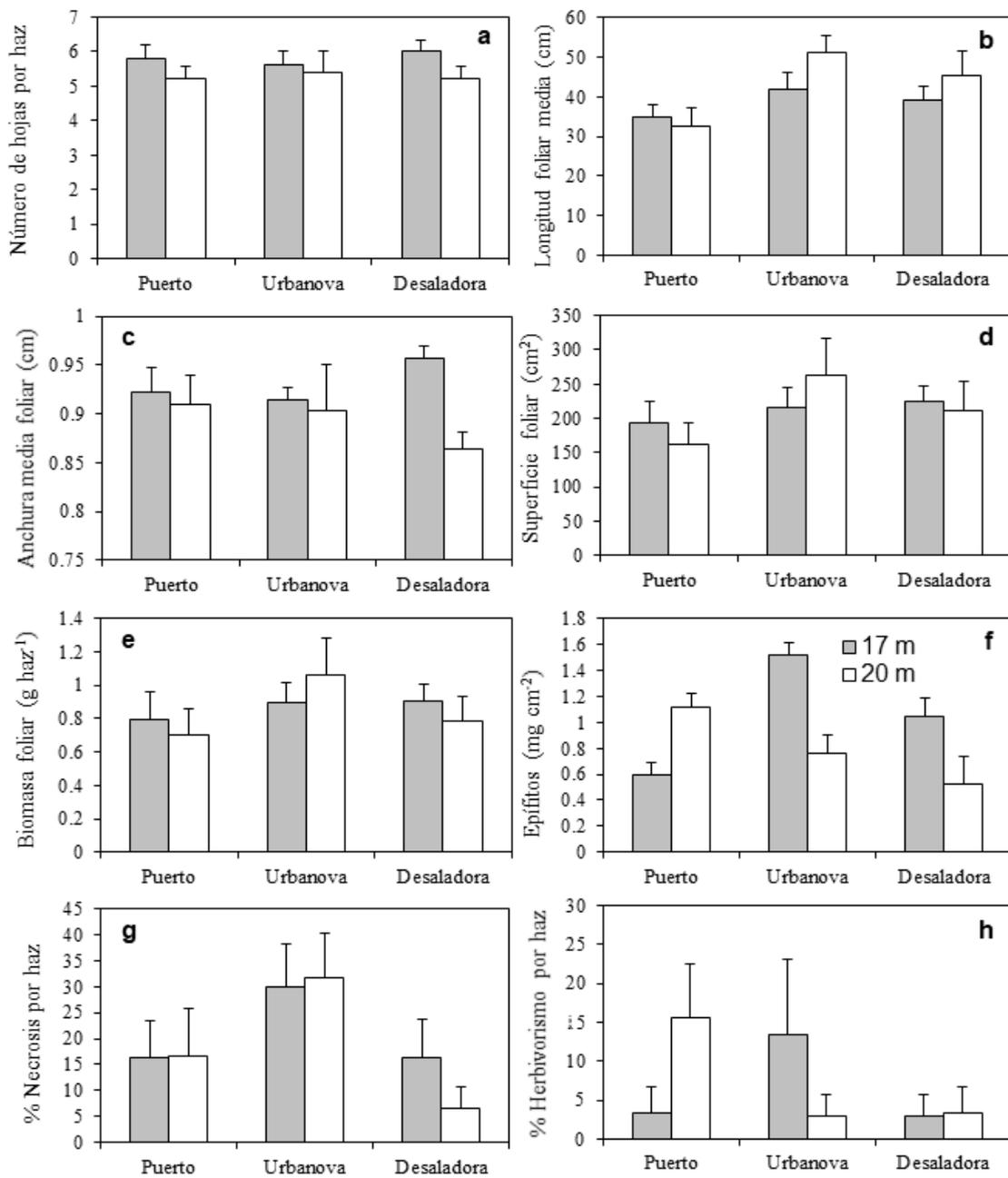


Figura 3.9. Representación de los datos de fenología obtenidos de los haces pertenecientes a la pradera superficial (-17 m) y a la pradera profunda (-20 m) de las tres localidades (Puerto, Urbanova y Desaladora; las barras representan el error típico).

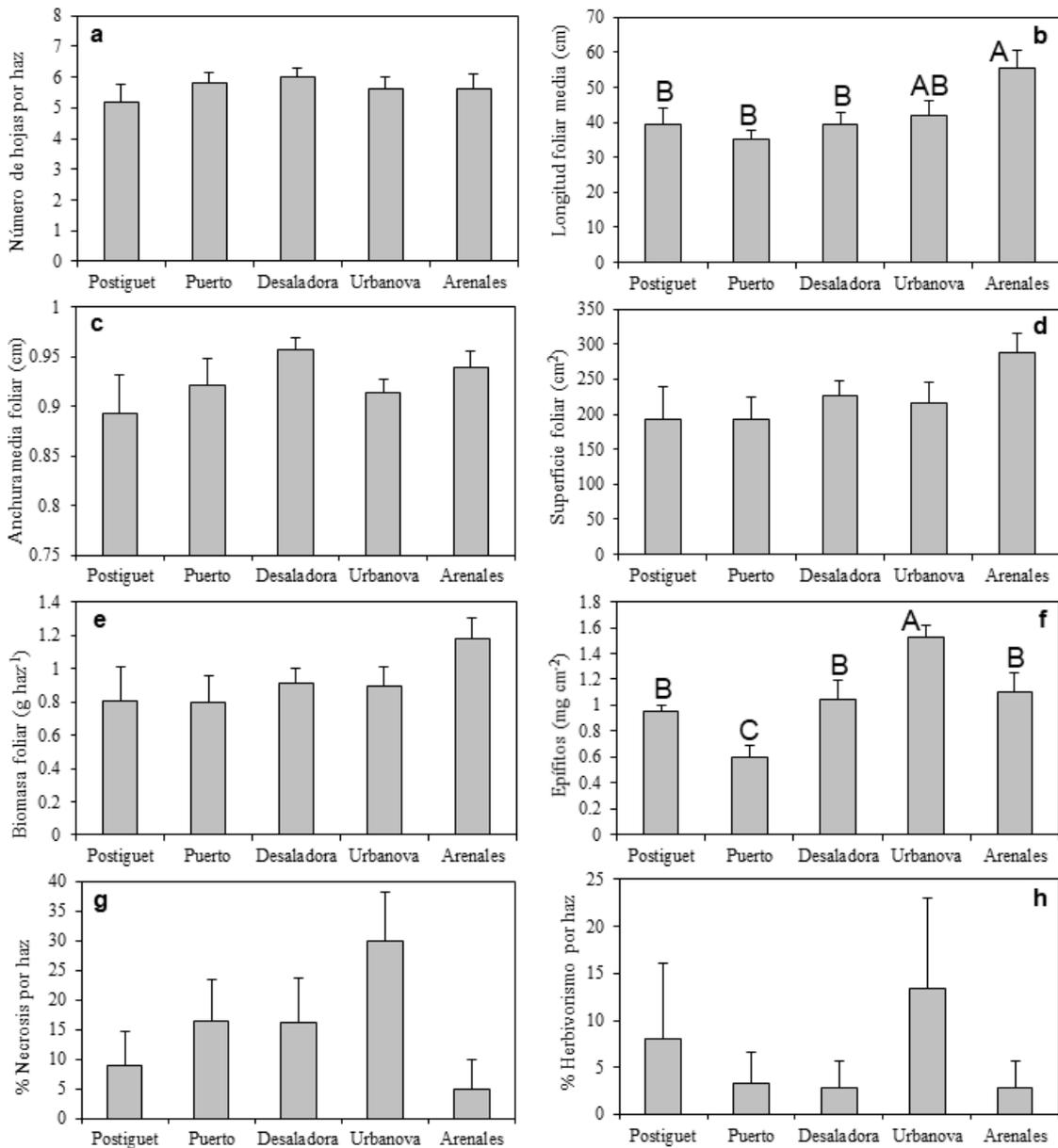


Figura 3.10. Representación de los datos de fenología obtenidos de los haces pertenecientes a las cinco nuevas localidades (Postiguet, Puerto, Desaladora, Urbanova y Arenales) situadas a -17 m de profundidad. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico).

3.4.- Equinodermos y otras especies de interés

3.4.1.- Invierno 2017

En la tabla 3.13 se describen las especies de equinodermos que se han encontrado en cada estación. En la tabla 3.14 se incluye, además la presencia de nacras y sabélidos. Lo más destacable del muestreo de invierno del 2017 es que sólo se observaron restos de ejemplares de *Pinna nobilis* muertos, no detectándose ejemplares vivos en ninguna de las localidades de estudio. Entre los equinodermos las especies más abundantes son las holoturias y la estrella de mar *Echinaster sepositus*, aunque también está presente el equinoideo *Asterina pancerii*. Además, continúan apareciendo equinodermos en todas las estaciones muestreadas.

Tabla 3.13. Listado de las especies de equinodermos que han aparecido en las localidades de estudio durante varios muestreos realizados durante invierno.

Localidad	Tipo de fondo	Especies
Postiguet ₁₇	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Puerto ₁₇	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Desaladora ₁₇	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Desaladora ₁₇ S	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Urbanova ₁₇ N	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Urbanova ₁₇	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Arenales ₁₇	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Puerto ₂₀	<i>P. oceanica</i>	<i>Asterina pancerii</i> <i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Desaladora ₂₀	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Urbanova ₂₀	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>

Tabla 3.14. Lista inventario de las especies de interés encontradas en las diferentes estaciones de muestreo. Los datos recogidos en la tabla representan las especies encontradas en cada estación, refiriéndose el símbolo (+) a los lugares en los que estaba presente la especie indicada.

Localidad	Equinodermos	<i>Sabella spallanzanii</i>	<i>Pinna nobilis</i>
Po ₁₇	+	+	
P ₁₇	+	+	
D ₁₇	+	+	
D ₁₇ S	+		
U ₁₇ N	+		
U ₁₇	+	+	
A ₁₇	+	+	
P ₂₀	+	+	
D ₂₀	+	+	
U ₂₀	+	+	

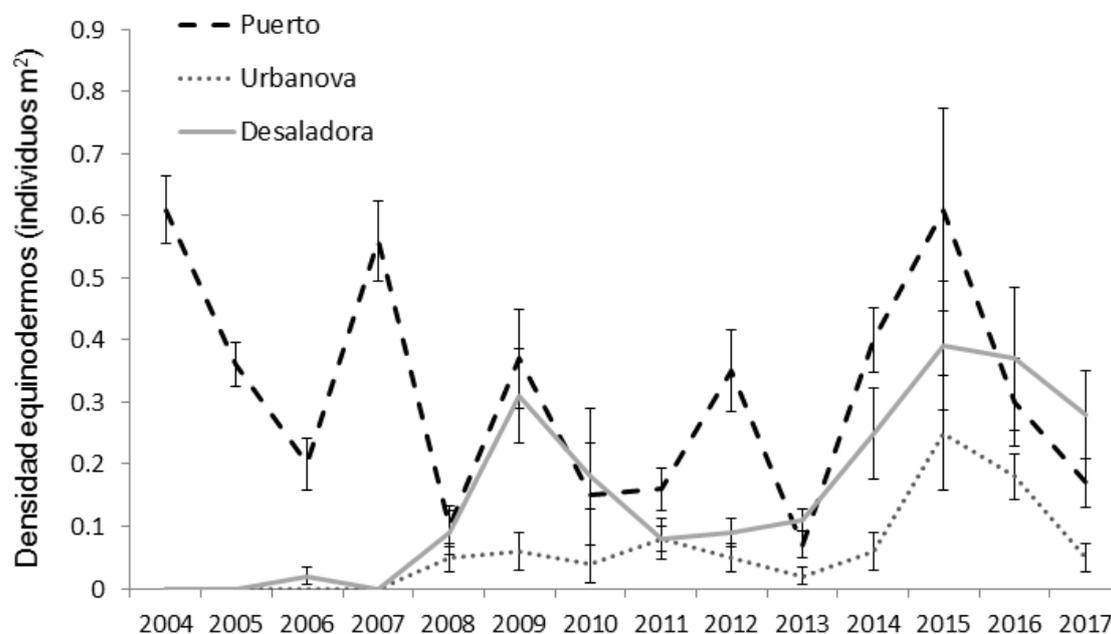


Figura 3.11. Evolución de la densidad media de equinodermos (número de individuos por m²) en tres localidades sobre pradera de *Posidonia oceanica* en invierno de los distintos años de estudio (2004-2017). Las barras representan el error típico.

En cuanto a la abundancia de equinodermos en este muestreo si se detectan diferencias significativas entre las distintas localidades, apareciendo en menores densidades en la localidad de Urbanova (Figura 3.11 y 3.12). Se sigue observando un incremento en la densidad de equinodermos en todas las localidades al compararse con los datos previos a la puesta en marcha de la desalinizadora (Tabla 3.15).

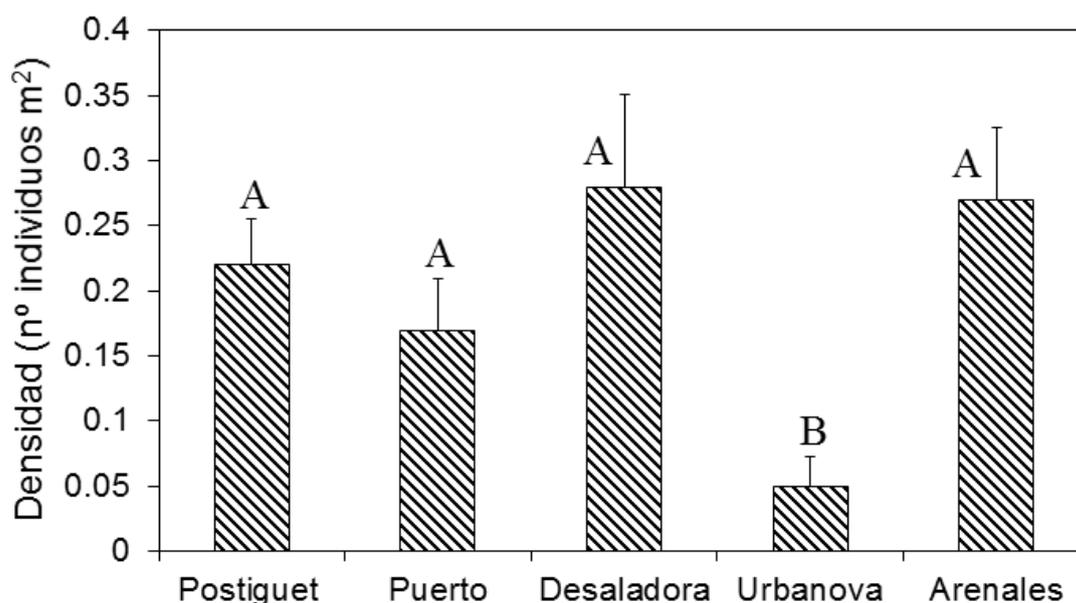


Figura 3.12. Densidad media de equinodermos (número de individuos por m²) en las cinco localidades de estudio sobre pradera de *Posidonia oceanica*. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico).

Tabla 3.15. Resumen del ANOVA realizado a la densidad de equinodermos (individuos m⁻²) en las tres localidades (Puerto, Urbanova y Desaladora) antes (V 2003) y después (I 2017) de la puesta en marcha de la desaladora (gl = grados de libertad, CM = cuadrados medios, F = valor del estadístico F de Snedecor, * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$).

Parámetro	Fuente de variabilidad	gl	CM	F	P	SNK
Densidad de equinodermos	Antes vs después (= AD)	1	0.2081	16.13	***	2003<2017
	Localidad	2	0.1102	3.31	ns	
	AD*Localidad	2	0.0334	2.59	ns	
	Residual	54	0.0129			

3.4.2.- Verano 2017

En la tabla 3.16 se refieren las especies de equinodermos que se han encontrado en cada estación. En la tabla 3.17 se incluye, además la presencia de nacras (*Pinna nobilis*) y espirógrafos (*Sabella spallanzani*). Al igual que en el muestreo anterior no se encuentra ningún ejemplar vivo de *Pinna nobilis*. Sí se vuelven a observar ejemplares de *Sabella spallanzani*, que aparecen en siete estaciones. Entre los equinodermos las especies más abundantes son las holoturias y la estrella de mar *Echinaster sepositus*. Sigue destacándose que, en este muestreo, como en los últimos muestreos, han aparecido equinodermos en todas las estaciones muestreadas.

En cuanto a las abundancias de equinodermos en este muestreo detectamos una mayor densidad en la localidad de Arenales (Figura 3.14). Y, al comparar con años previos, se sigue detectando una menor abundancia de estos individuos en la localidad de Urbanova (Figura 3.13, Tabla 3.18).

Tabla 3.16. Listado de las especies de equinodermos que han aparecido en las localidades de estudio durante varios muestreos realizados en verano del 2017.

Localidad	Tipo de fondo	Especies
Postiguet ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>Holothuria sp.</i>
Puerto ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Desaladora ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i> <i>Ophidiaster.</i>
Desaladora ₁₆ S	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Urbanova ₁₆ N	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>Holothuria sp.</i>
Urbanova ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Arenales ₁₆	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Puerto ₂₀	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Desaladora ₂₀	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Urbanova ₂₀	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>

Tabla 3.17. Lista inventario de las especies de interés encontradas en las diferentes estaciones de muestreo durante el verano. Los datos recogidos en la tabla representan las especies encontradas en cada estación, refiriéndose el símbolo (+) a los lugares en los que estaba presente la especie indicada.

Localidad	Equinodermos	<i>Sabella spallanzani</i>	<i>Pinna nobilis</i>
Po ₁₆	+	+	
P ₁₆	+	+	
D ₁₆	+		
D ₁₆ S	+		
U ₁₆ N	+	+	
U ₁₆	+		
A ₁₆	+	+	
P ₂₀	+	+	
D ₂₀	+	+	
U ₂₀	+	+	

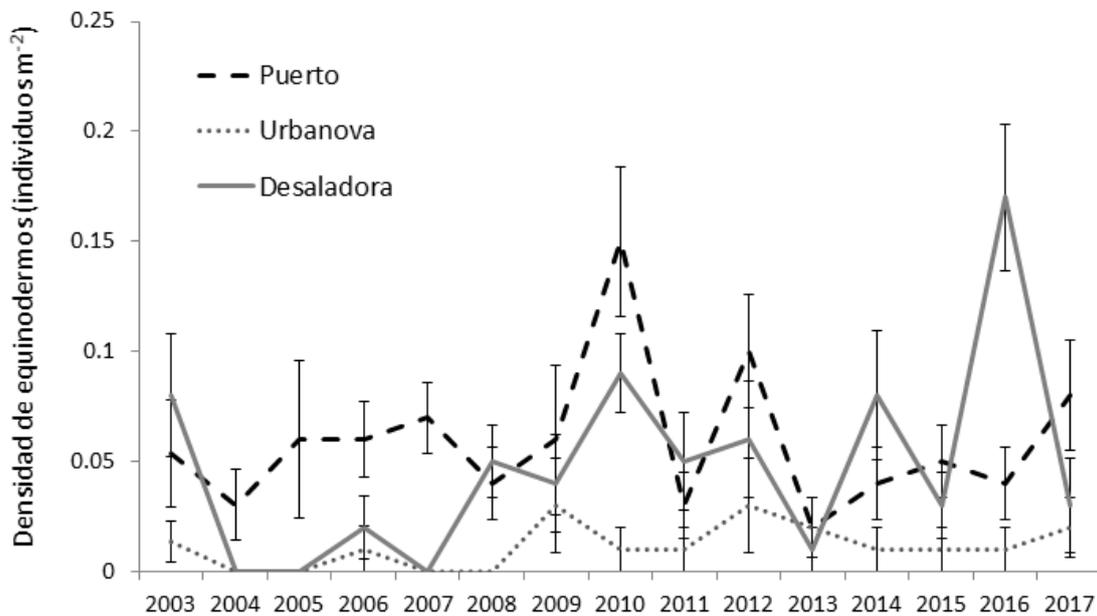


Figura 3.13. Evolución de la densidad media de equinodermos (número de individuos por m²) en tres localidades sobre pradera de *Posidonia oceanica* en verano de los distintos años de estudio (2003-2017). Las barras representan el error típico.

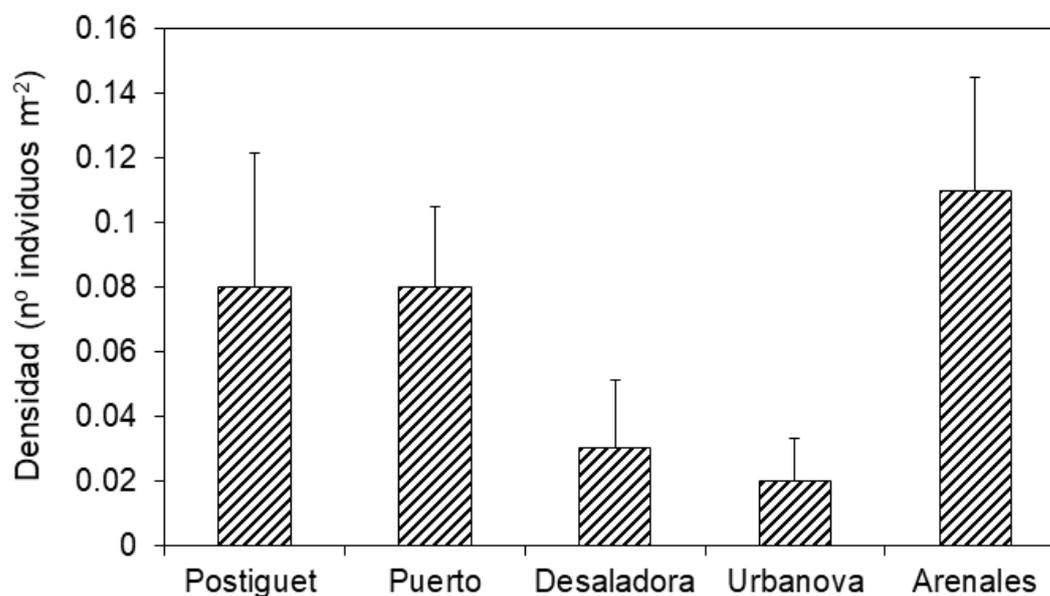


Figura 3.14. Densidad media de equinodermos (número de individuos por m²) en las cinco localidades de estudio sobre pradera de *Posidonia oceanica*. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico).

Tabla 3.18. Resumen del ANOVA realizado a la densidad de equinodermos (individuos m⁻²) en las tres localidades (Puerto, Urbanova y Desaladora) antes (V 2003) y después (V 2017) de la puesta en marcha de la desaladora (gl = grados de libertad, CM = cuadrados medios, F = valor del estadístico F de Snedecor, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

Parámetro	Fuente de variabilidad	gl	CM	F	P	SNK
Densidad de equinodermos	Antes vs después (= AD)	1	0.0005	0.15	ns	D=P>U
	Localidad	2	0.0137	4.41	*	
	AD*Localidad	2	0.0079	2.55	ns	
	Residual	54	0.0031			

3.5.- Sedimentos e infauna de fondos blandos en verano del 2017

3.5.1. – Sedimentos

3.5.1.1.- Granulometría

El sedimento presenta una granulometría formada principalmente por arenas finas en las estaciones A1, C1 y C2. Mientras que en A2, A3, B2, B3 y C3 se compone de un mayor contenido de fangos acompañado de arenas, y en B1 de un mayor contenido de arenas medias y gruesas (Tabla 3.19).

Al comparar los valores obtenidos en esta última campaña con los de las campañas anteriores, se observa como la granulometría se mantiene estable en todas las estaciones, de modo que el descenso detectado en el porcentaje de fangos en la estación B1 durante el invierno desaparece, obteniéndose una granulometría similar a la de años anteriores (figura 3.15).

Esta estabilidad queda reflejada en los diagramas triangulares (figura 3.16). De modo que las estaciones mantienen una clasificación similar a la de campañas anteriores. Las estaciones A1, B1, C1 y C2 son clasificadas como arenas; A2 y B2 como arenas con fangos; y las estaciones más profundas A3, B3 y C3 como fangos con arenas.

Tabla 3.19. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo en el verano del 2017.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Grava	0.11	10.52	9.11	4.73	4.80	5.89	0.44	0.88	2.30
Arena Gruesa	0.25	15.94	4.12	39.06	17.29	9.11	2.65	1.94	8.40
Arena Media	0.90	8.25	4.23	42.65	13.26	6.43	1.67	1.41	11.39
Arena Fina	94.37	30.94	31.34	8.79	28.24	26.26	91.07	85.21	22.90
Fango	4.37	34.34	51.19	4.78	36.41	52.30	4.17	10.56	55.01

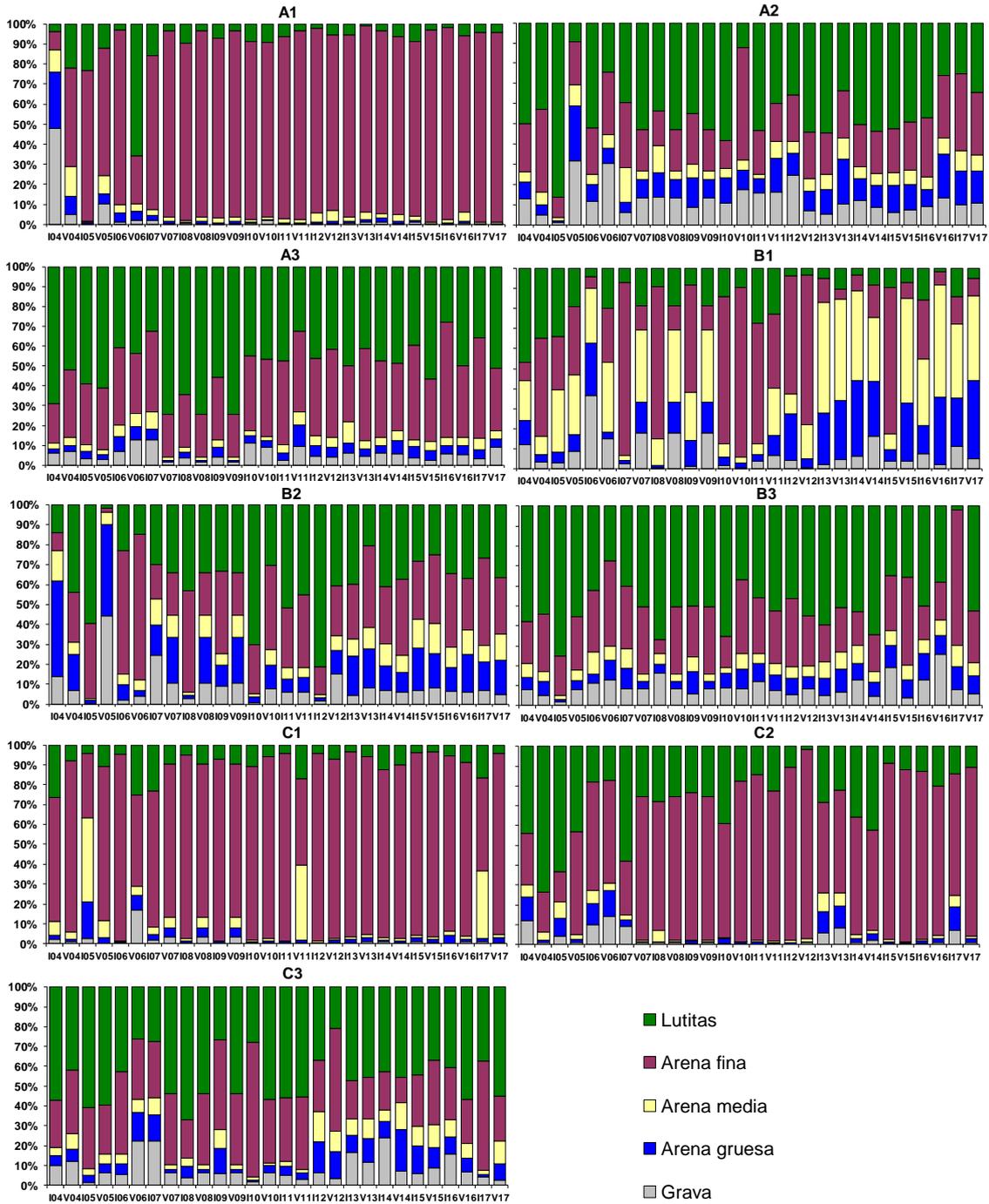


Figura 3.15. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo en las campañas realizadas en el 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

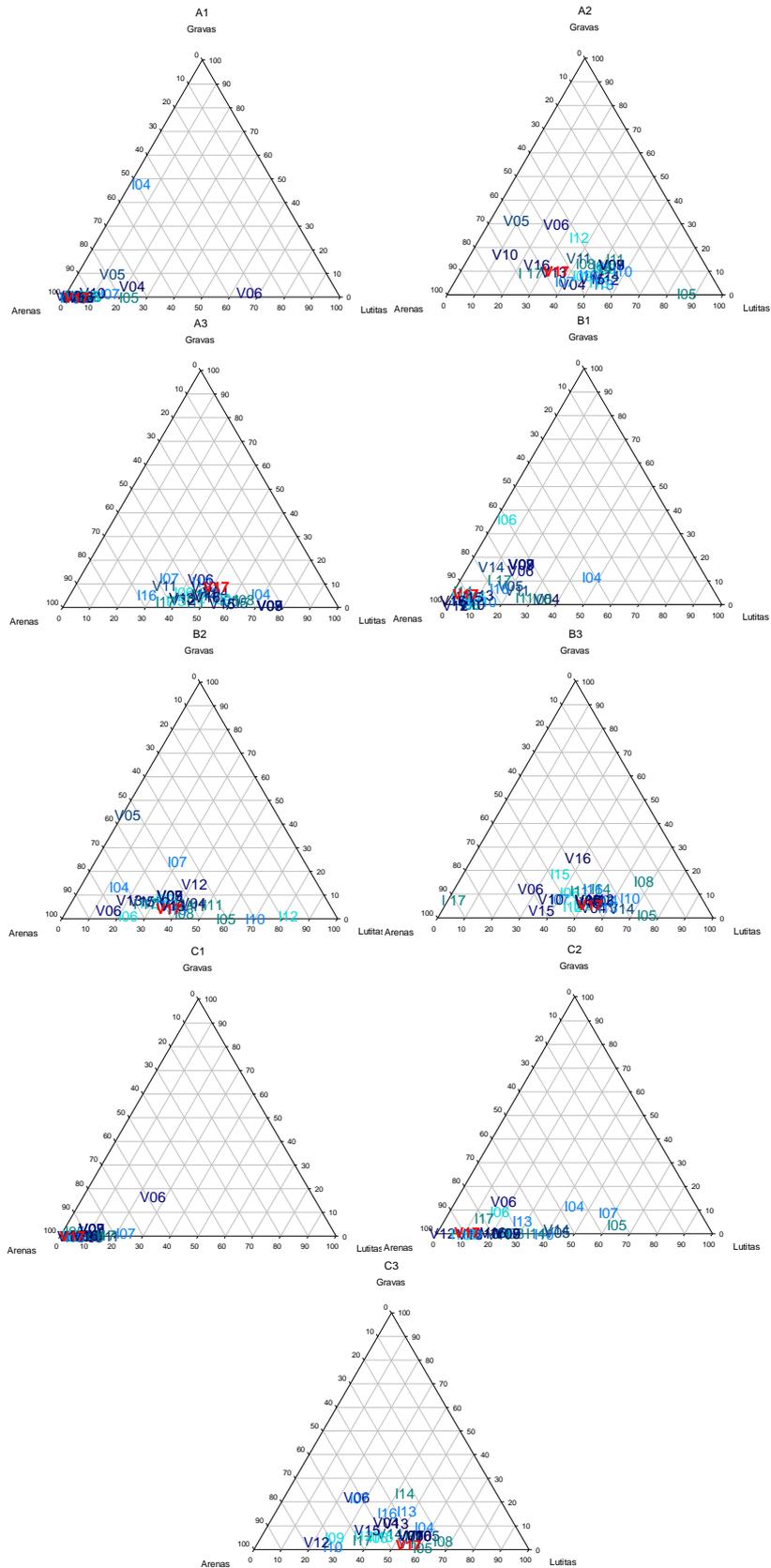


Figura 3.16. Diagramas triangulares de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en las campañas realizadas en el 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

3.5.1.2.- Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial redox

Al igual que en campañas anteriores, los valores más altos de porcentaje de materia orgánica se detectan en las estaciones más profundas, obteniéndose en la estación B3 el valor máximo (tabla 3.20). Mientras que los valores más bajos se detectan en las estaciones más someras, obteniendo el valor más bajo en A1. Por lo que se refiere a las estaciones situadas a 10 metros de profundidad, se obtienen valores intermedios con valores superiores en A2 y B2 respecto a C2. Esta tendencia es similar a la obtenida en las campañas realizadas en los últimos años (figura 3.17), detectándose únicamente ligeros descensos en las estaciones A1, A2, B1, B2 y C2 respecto al invierno.

Los valores más altos de pH se obtienen en las estaciones B1, B2 y C1, mientras que en las estaciones A3 y B3 se obtienen los valores más bajos (tabla 3.20). Con respecto a la campaña anterior se detectan algunos cambios estacionales, como un descenso en las estaciones A3 y B3; y un aumento en las estaciones C1 y C2 (figura 3.18).

Por lo que se refiere al potencial redox, el valor más negativo se obtiene en las estaciones B3 y C3, mientras que el valor más alto corresponde a la estación B1.

Tabla 3.20. Valores de % de materia orgánica, pH y potencial redox de cada una de las estaciones en el verano del 2017.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
% mat.org.	0.71	4.19	6.99	1.33	4.93	8.86	0.81	1.05	5.68
pH	7.62	7.49	7.4	7.73	7.76	7.36	7.79	7.61	7.45
Potencial Redox	-133.5	-302	-235	-5.8	-292	-320	-58.1	-222	-315

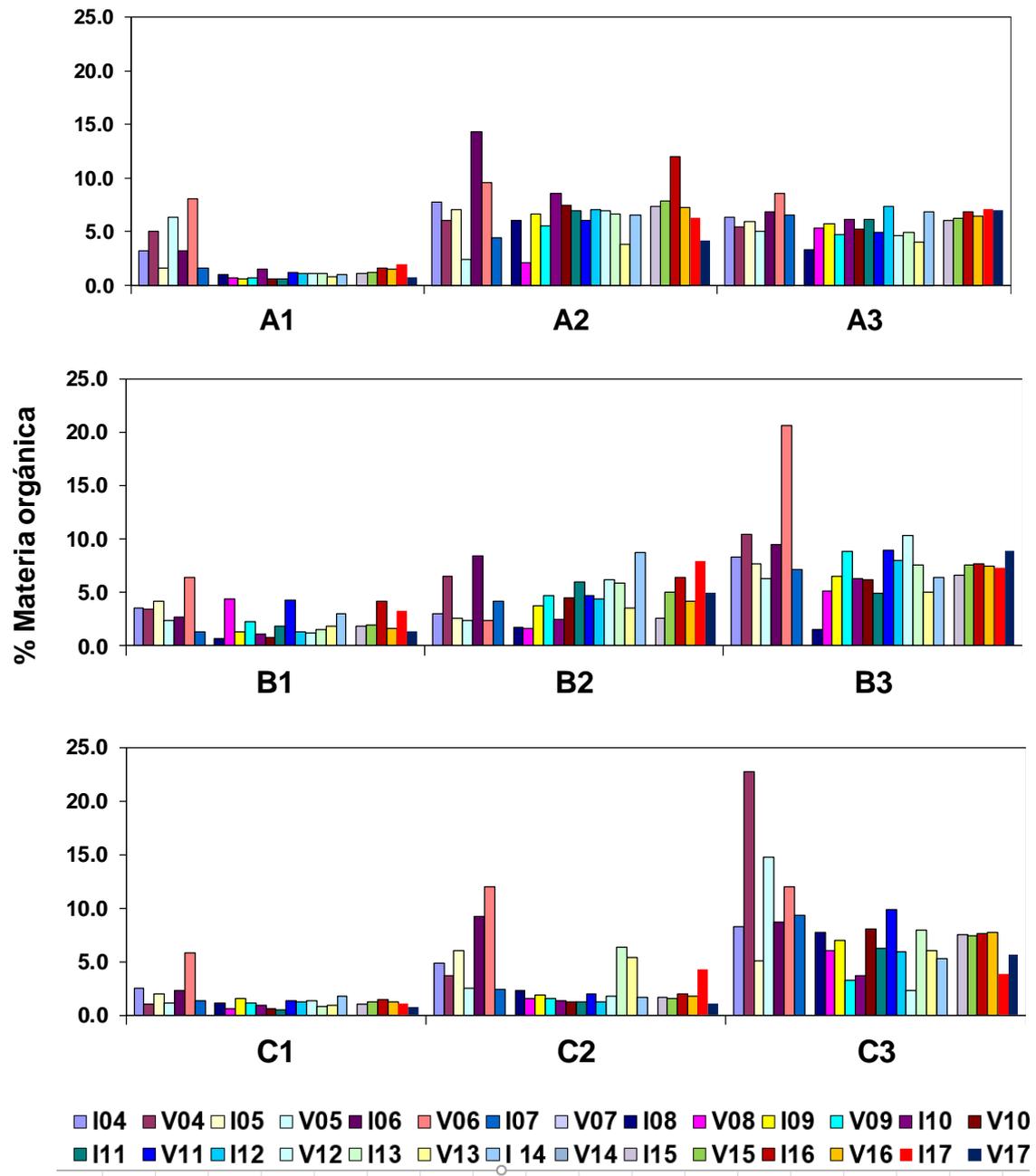


Figura 3.17. Valores de porcentaje de materia orgánica en las estaciones de muestreo en las campañas realizadas en el 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

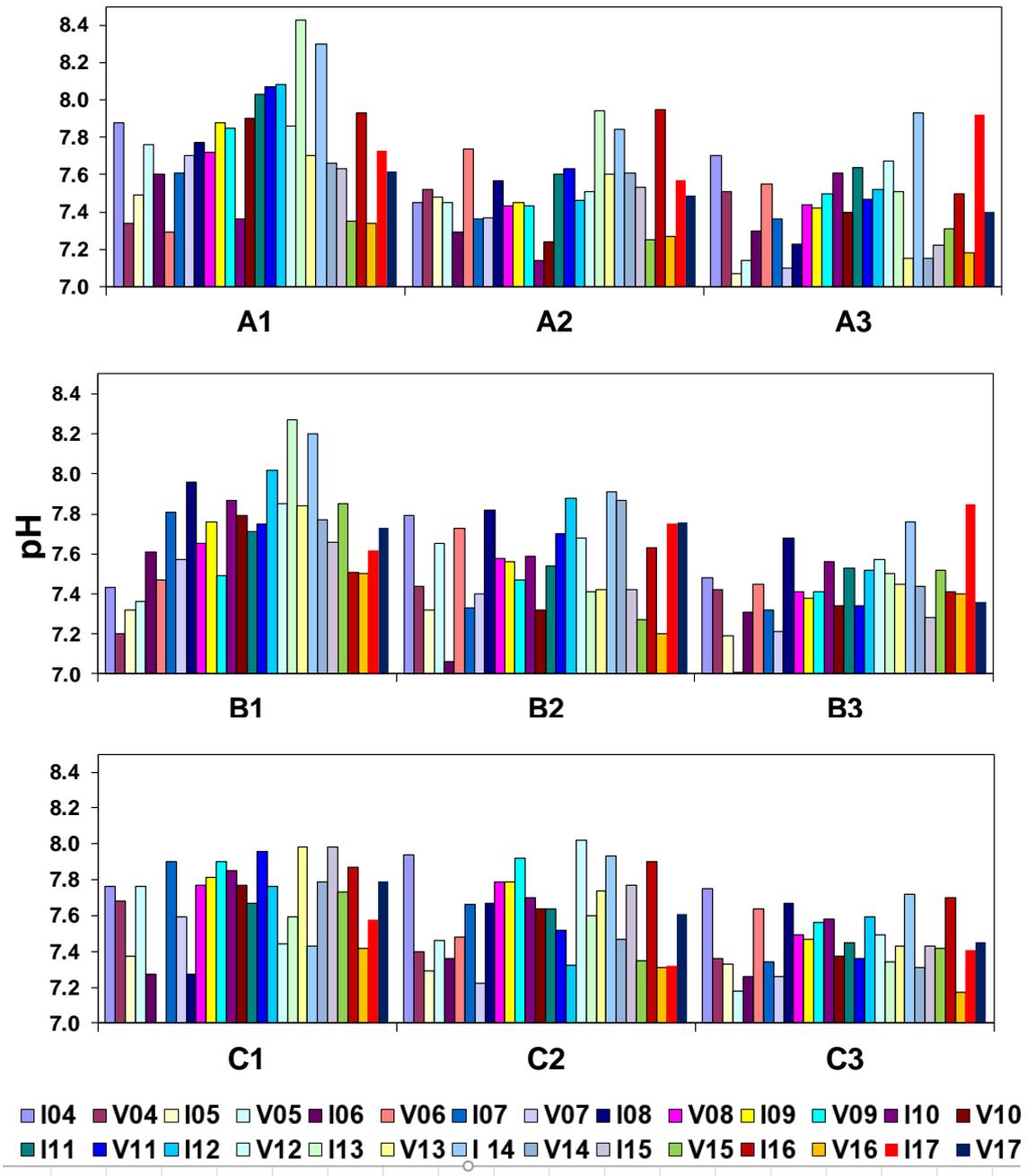


Figura 3.18. Valores de pH en las estaciones de muestreo en las campañas realizadas el 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 y 2017.

3.5.2. – Estructura de la infauna asociada a fondos blandos

Se han identificado un total de 4092 individuos pertenecientes a 23 grupos taxonómicos. La comunidad está dominada por poliquetos (67.77%) y bivalvos (14.9%), detectándose también altas abundancias de nematodos (3.89%) y anfípodos (2.79%) (tabla 3.21).

Tabla 3.21 Abundancia relativa (individuos/m²) de la infauna en cada estación de muestreo.

Grupo Taxonómico	A			B			C		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Nematoda	19.8	164.6	138.3	144.9	92.2	144.9	0.0	131.7	210.7
Annelida Polychaeta	289.7	5122.6	2620.6	441.2	2403.3	3410.7	289.7	632.1	3048.6
Platyhelminthes	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Nemertea	0.0	131.7	52.7	0.0	92.2	184.4	65.8	52.7	46.1
Sipunculida	13.2	0.0	13.2	0.0	0.0	26.3	0.0	0.0	19.8
Crustacea Ostracoda	6.6	13.2	6.6	0.0	0.0	0.0	32.9	6.6	6.6
Copepoda	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0
Malacostraca Cumacea	6.6	39.5	13.2	13.2	26.3	26.3	6.6	59.3	13.2
Mysidacea	6.6	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6	13.2	0.0	13.2
Tanaidacea	0.0	0.0	13.2	0.0	6.6	13.2	13.2	0.0	0.0
Isopoda	0.0	98.8	6.6	6.6	19.8	32.9	0.0	0.0	46.1
Amphipoda	0.0	79.0	158.0	52.7	210.7	72.4	125.1	32.9	19.8
Decapoda	0.0	210.7	118.5	19.8	79.0	144.9	6.6	13.2	105.3
Pycnogonida	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	6.6
Mollusca Scaphopoda	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gastropoda	0.0	59.3	65.8	0.0	13.2	39.5	0.0	26.3	59.3
Bivalvia	217.3	737.4	428.0	72.4	493.8	559.7	381.9	421.4	704.5
Echinodermata Asteroidea	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ophiuroidea	0.0	32.9	6.6	0.0	19.8	0.0	0.0	0.0	13.2
Echinoidea	0.0	19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0
Holothuroidea	0.0	6.6	6.6	0.0	6.6	13.2	0.0	0.0	13.2
Ascidiacea	0.0	13.2	52.7	6.6	164.6	13.2	0.0	6.6	0.0
Cephalochordata	0.0	0.0	0.0	177.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

3.5.2.1.- Análisis univariante

Para el estudio de la estructura de la infauna asociada a fondos blandos se analiza la abundancia y la riqueza de los distintos grupos taxonómicos, y su variabilidad para los factores transecto y profundidad.

En cuanto a las abundancias, se detectan diferencias significativas para la interacción de los factores profundidad y transecto ($p < 0.001$). Estas diferencias fueron debidas a las menores abundancias detectadas en el transecto C respecto a A y B a 10 metros de profundidad. En los transectos A y B se detectaron menores abundancias en las estaciones más someras respecto a las estaciones situadas a 10 y 15 metros, detectándose un descenso en A3. Mientras que en el transecto C, las abundancias a 4 metros y 10 metros de profundidad fueron significativamente menores respecto a 15 metro (figura 3.19).

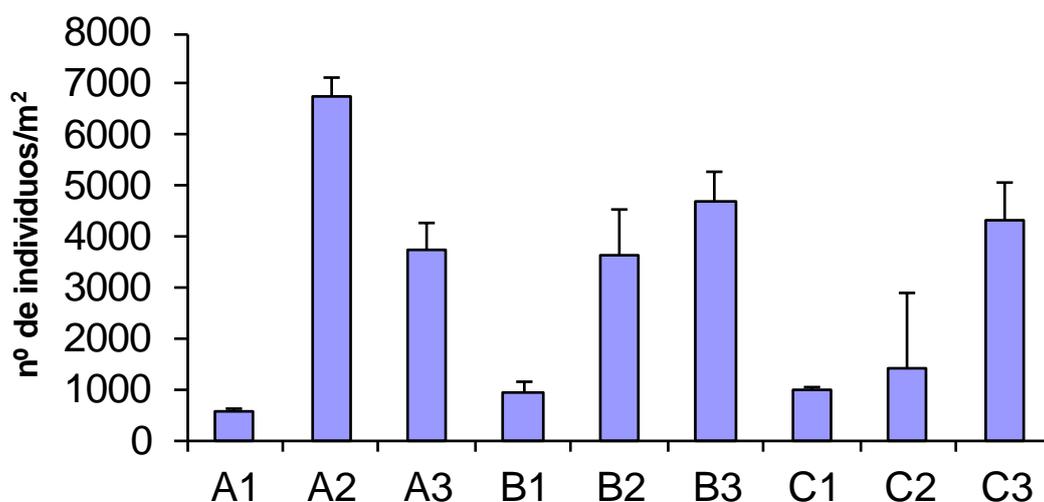


Figura 3.19. Abundancia media en las distintas estaciones.

En el caso de la riqueza taxonómica se detectan diferencias significativas para el factor profundidad ($p < 0.001$). Estas diferencias, fueron debidas a los menores valores de riqueza detectados a 4 metros de profundidad respecto a 10 y 15 metros (figura 3.20)

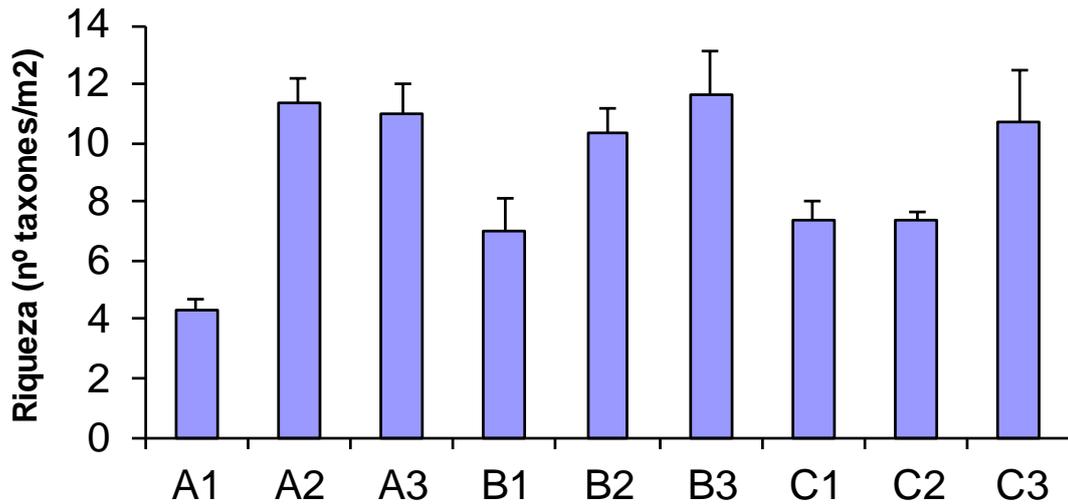


Figura 3.20. N° grupos taxonómicos presentes en las distintas estaciones

3.5.2.2. – Análisis multivariante

El dendrograma muestra como las estaciones situadas a 10 y 15 metros de profundidad, excepto C2, se agrupan con una similitud superior al 70%. Mientras que las estaciones someras y C2 presentan una similitud superior al 50%. De esta forma se establece las estaciones someras y C2 como grupo I; las estaciones situadas a 10 y 15 metros de profundidad como grupo II (figura 3.21).

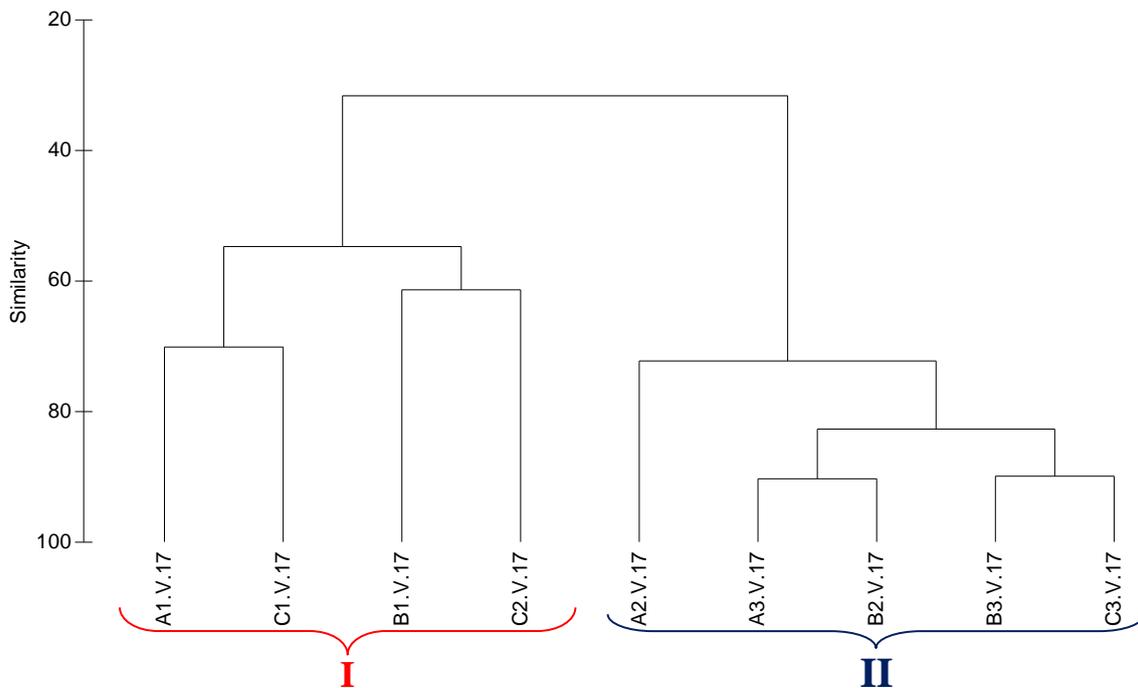


Figura 3.21. Representación del cluster respecto a los grupos taxonómicos de cada estación.

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) se aprecia la distribución de las estaciones (figura 3.22).

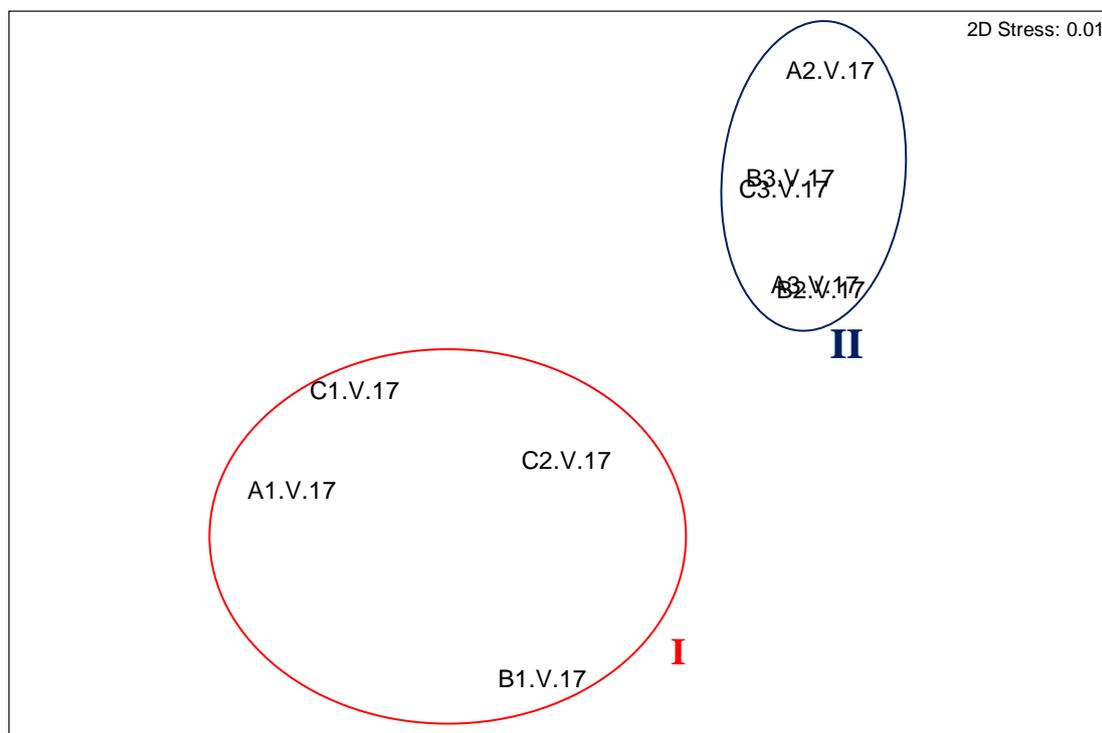


Figura 3.22. Representación bidimensional del MDS para los grupos taxonómicos en cada una de las estaciones muestrales.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se han detectado diferencias significativas entre los transectos ($R = -0.218$, con un nivel de significación de 0.95) pero sí entre profundidades ($R = 0.51$, con un nivel de significación de 0.029).

Se aplica el Análisis de porcentaje de similitud, con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a la similitud dentro de los grupos establecidos en el cluster y MDS.

Tanto en el grupo I como en el grupo II, poliquetos, bivalvos y nematodos fueron los taxones que más contribuyeron a la similitud entre las estaciones que los forman (tabla 3.22).

Tabla 3.22. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. SM: Similitud media entre cada estación. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Grupo	Organismo	AM	PA
I			
SM: 58.40%			
	Polychaeta	413.17	57.06
	Bivalvia	273.25	87.62
	Nematoda	74.07	92.19
II			
SM: 80.01%			
	Polychaeta	3321.15	73.73
	Bivalvia	584.69	87.40
	Nematoda	150.12	90.77

La disimilitud del entre ambos grupos fue debida a las menores abundancias detectadas en el grupo I respecto a II de poliquetos, bivalvos, decápodos, anfípodos y nematodos.

Tabla 3.23. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. Amx: abundancia media en el grupo x. Amy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

Grupo	Organismo	AM x	AM y	PA
x & y				
I & II				
DM 68.37%:				
	Polychaeta	413.17	3321.15	74.87
	Bivalvia	273.25	584.69	83.01
	Decapoda	9.88	131.69	86.14
	Amphipoda	52.67	107.98	88.49
	Nematoda	74.07	150.12	90.84

Al análisis biótico se introducen los resultados obtenidos de los parámetros ambientales (granulometría, potencial redox, salinidad, materia orgánica y pH). La correlación entre las variables ambientales y la comunidad de infauna se contrastó con el procedimiento RELATE. Este procedimiento refleja que de las variables estudiadas las fracciones granulométricas arenas gruesas, arenas medias, arenas finas y fangos, así como los valores de potencial redox y materia orgánica presentan una correlación significativa con la comunidad de infauna (tabla 3.24). En el caso de las fracciones granulométricas se observa como el mayor contenido de arenas medias y gruesas de B1 y las estaciones profundas determinan las variaciones de comunidad de infauna respecto a las estaciones más someras y C2 donde dominan las arenas finas. En lo referente al potencial redox y porcentaje de materia orgánica se observa como en las estaciones que formaban el grupo I se detecta un potencial redox menos negativo y un menor contenido de materia orgánica, mientras que en las estaciones del grupo II, se detectan valores de potencial más negativos y un mayor enriquecimiento orgánico (Figuras 3.23, 3.24 y 3.25).

Tabla 3.24. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

Factores ambientales	Rho	P
Total	0.67	0.003
Granulometría	0.693	0.001
% gravas	0.302	0.08
%arenas gruesas	0.39	0.03
%arenas medias	0.427	0.03
%arenas finas	0.665	0.003
% fangos	0.708	0.006
Potencial Redox	0.748	0.001
Salinidad	0.005	0.417
Materia orgánica	0.539	0.017
pH	0.257	0.077

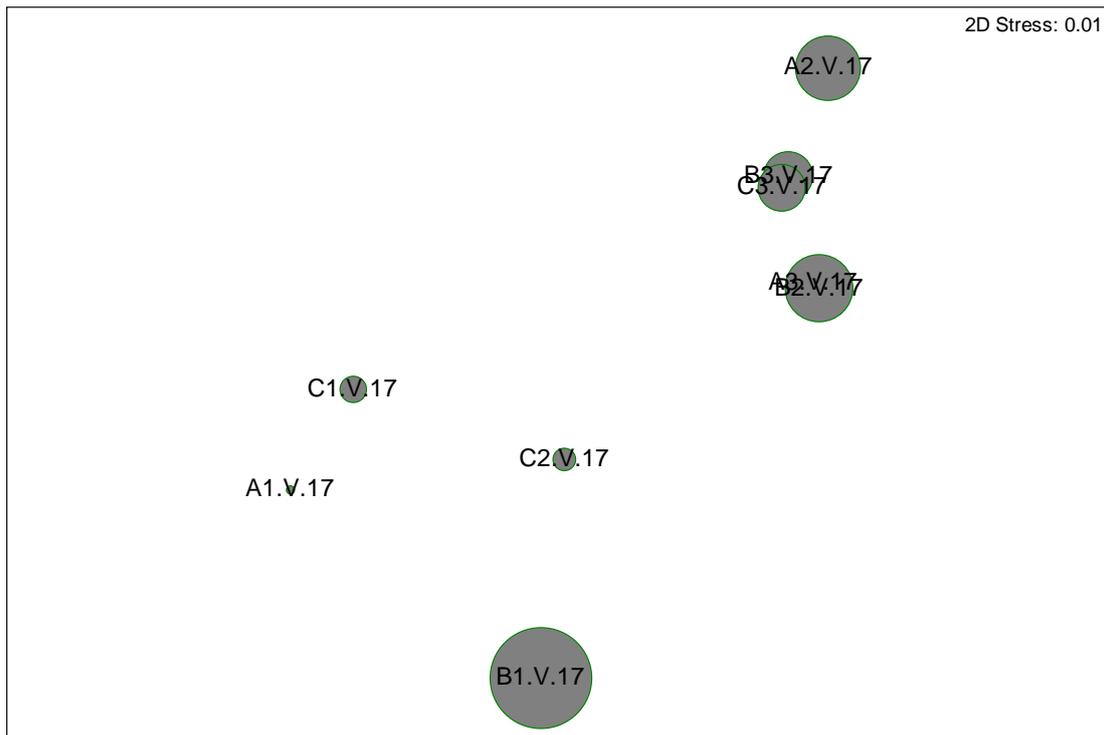


Figura 3.23. Representación bidimensional MDS para las abundancias de grupos taxonómicos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de arenas gruesas.

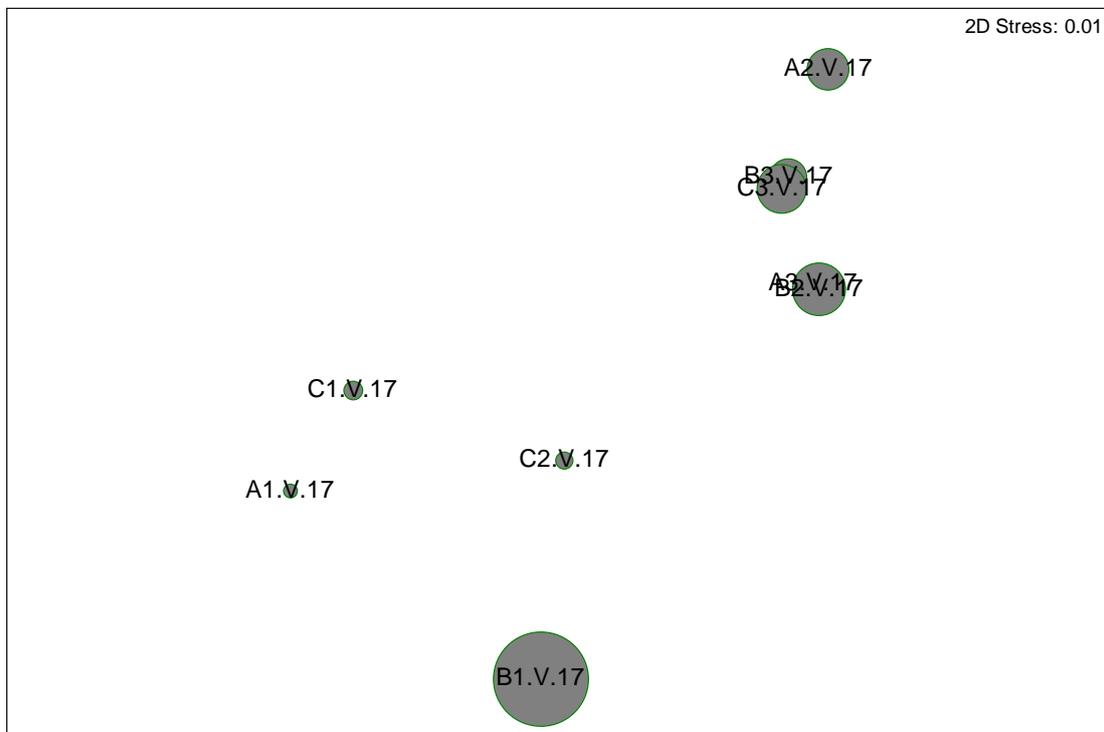


Figura 3.24. Representación bidimensional MDS para las abundancias de grupos taxonómicos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de arenas medias.

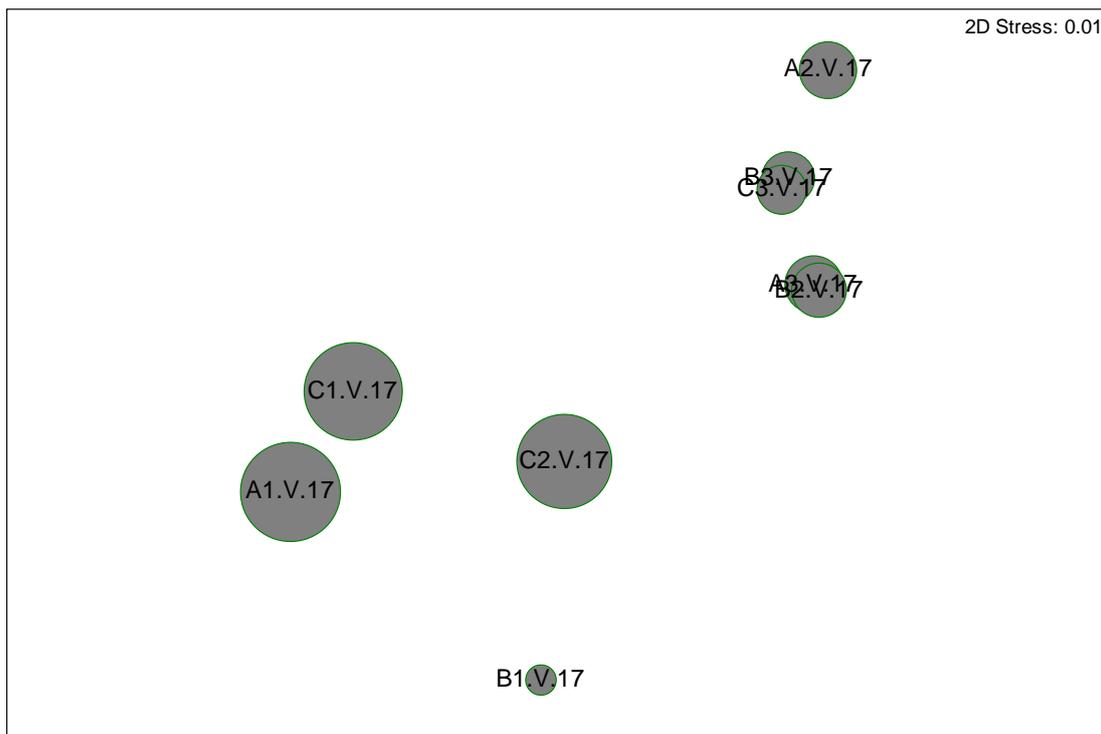


Figura 3.25. Representación bidimensional MDS para las abundancias de grupos taxonómicos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de arenas finas.

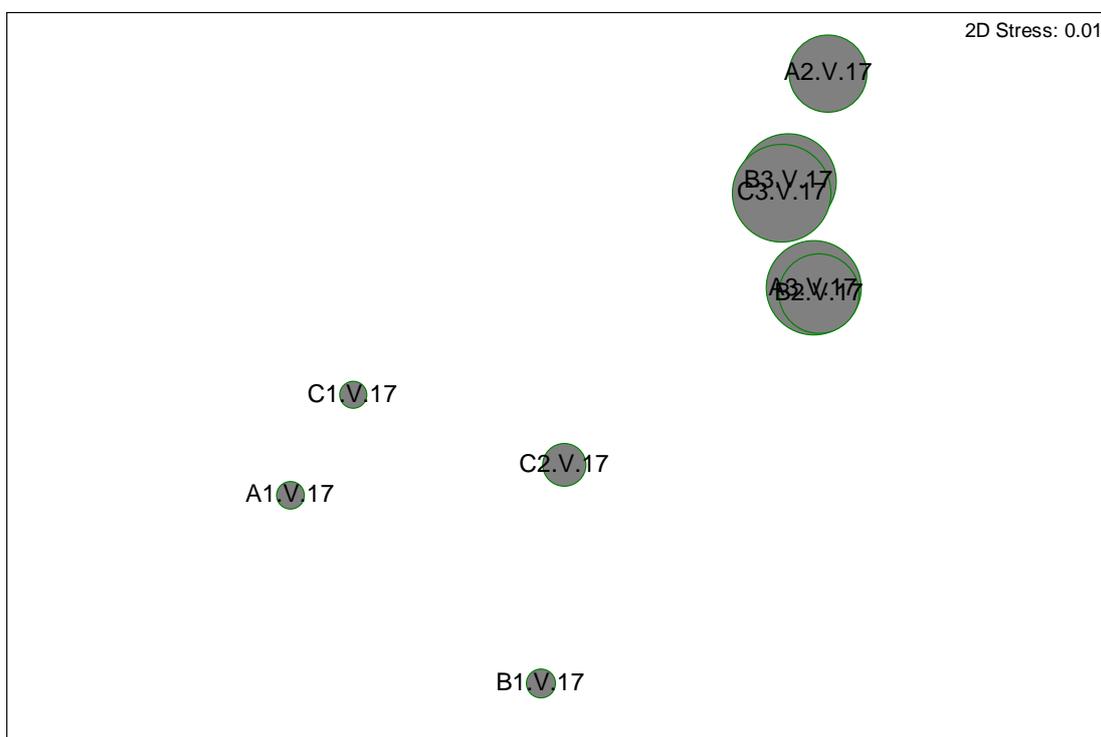


Figura 3.26. Representación bidimensional MDS para las abundancias de grupos taxonómicos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de fangos.

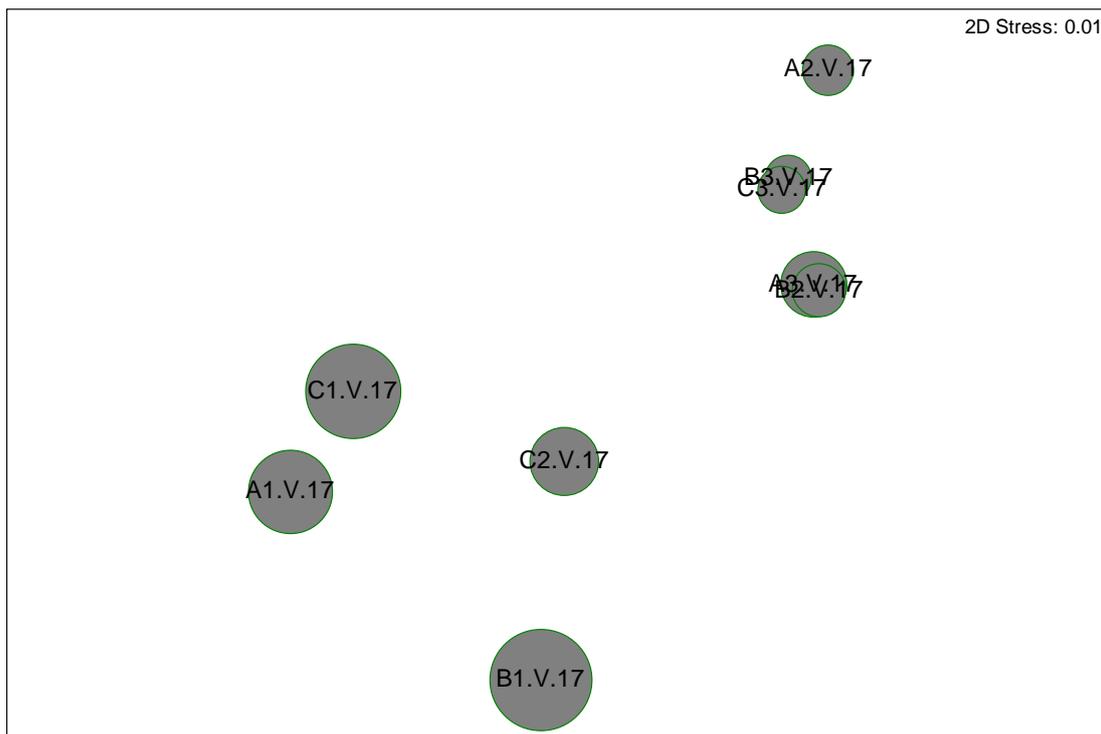


Figura 3.27. Representación bidimensional MDS para las abundancias de grupos taxonómicos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de potencial redox.

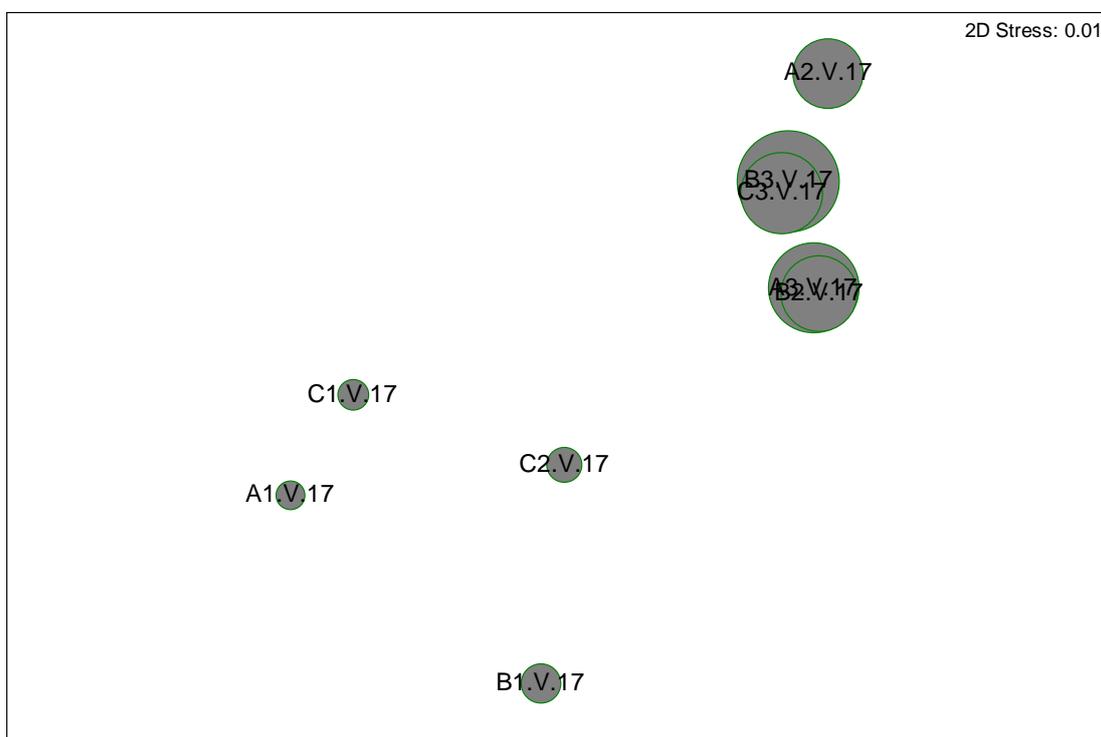


Figura 3.28. Representación bidimensional MDS para las abundancias de grupos taxonómicos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de materia orgánica.

Para comparar la situación actual de la comunidad con los veranos anteriores se realiza un análisis multivariante con las estaciones de los veranos del 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. En la representación del dendrograma se observa como la estación B1 de este año es similar a la situación obtenida durante los veranos del 2011 y 2014.

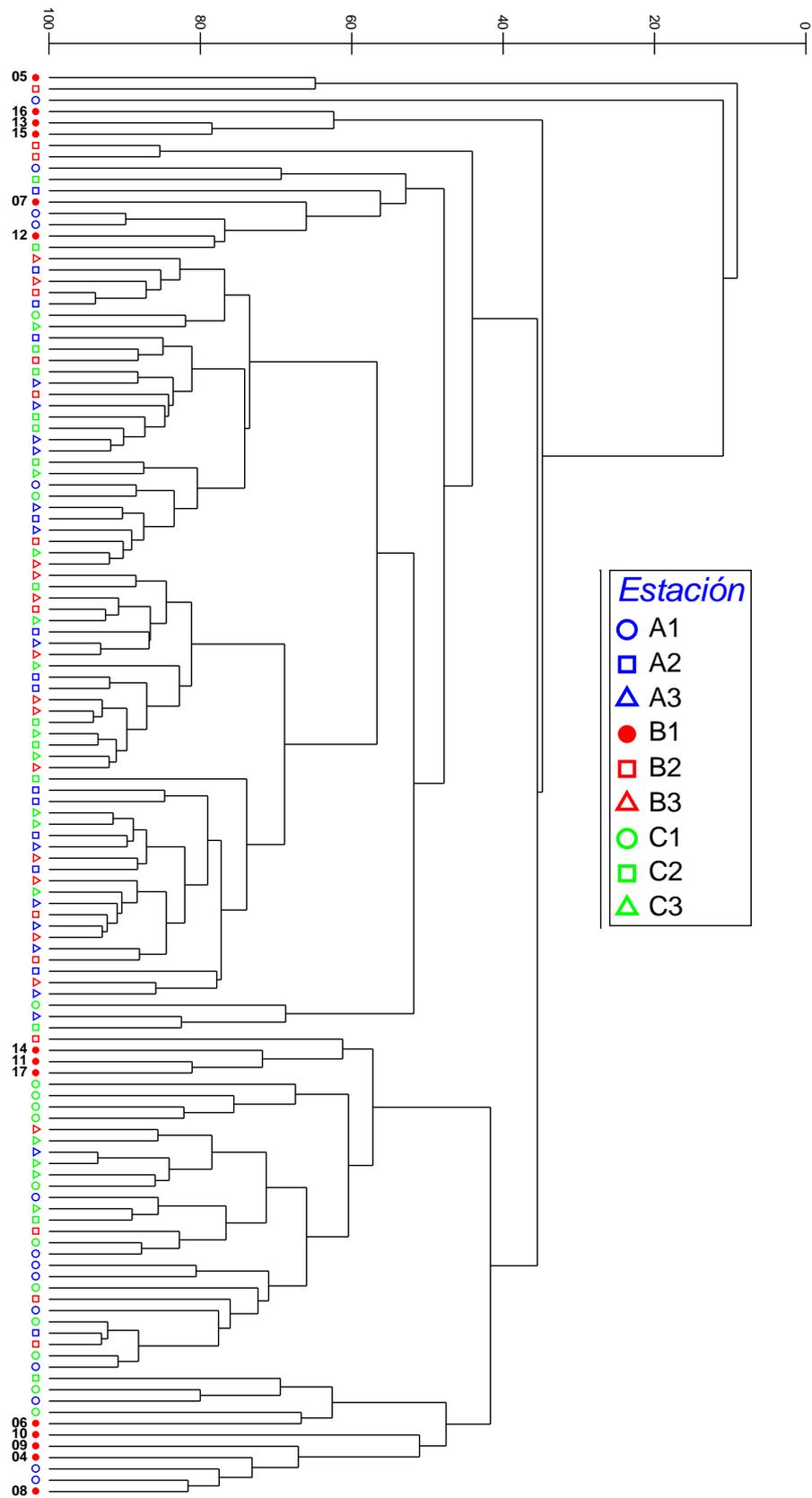


Figura 3.29. Representación del cluster respecto a los grupos taxonómicos de cada estación correspondiente a las campañas de verano del 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

En la representación multiescalar se observa cómo, la estación del vertido mantiene una situación muy similar a la detectada en las campañas anteriores al 2015, presentando una comunidad de infauna parecida a la del resto estaciones de la zona de estudio. De modo que, si comparamos la situación actual con la obtenida durante el año 2005, no se observa la alta diferenciación de la estación cercana al vertido respecto a las estaciones de referencia que ese detectó durante esa campaña.

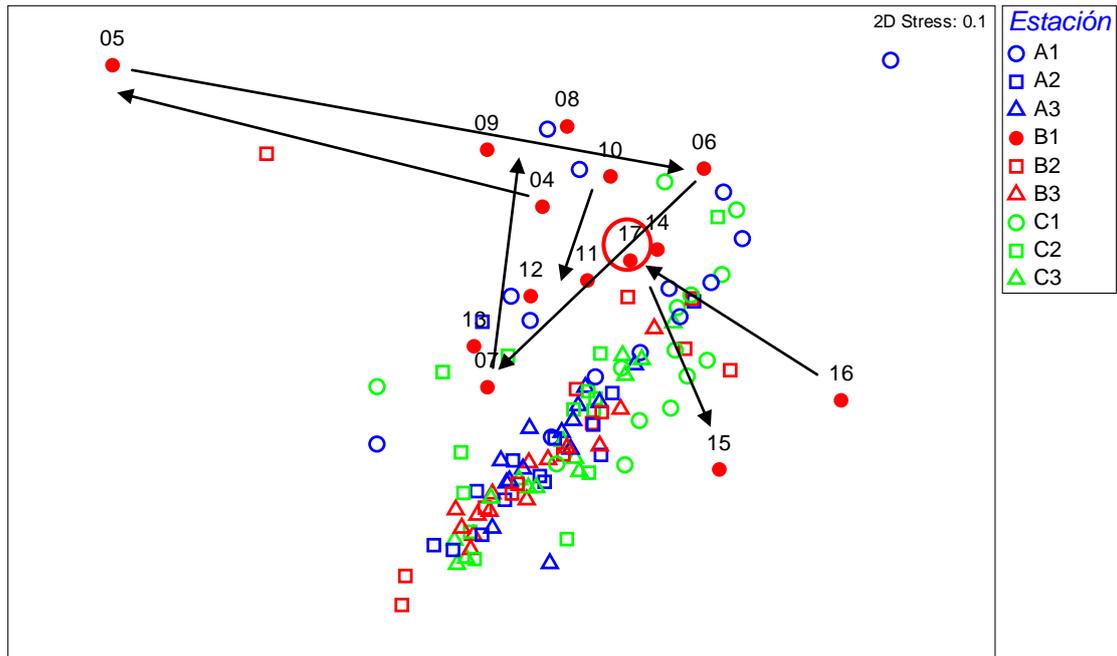


Figura 3.30. Representación bidimensional del MDS para los grupos taxonómicos de cada estación correspondientes a las campañas de verano del 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

3.5.3. – Comunidad de poliquetos de fondos blandos en verano de 2017

Tabla 3.25. Abundancias medias (n° ind / m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
	A1.V.17	A2.V.17	A3.V.17	B1.V.17	B2.V.17	B3.V.17	C1.V.17	C2.V.17	C3.V.17
Ampharetidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.51	0.00	0.00	0.00
Aphroditidae	0.00	6.58	6.58	0.00	0.00	19.75	0.00	0.00	0.00
Capitellidae	111.93	395.06	513.58	19.75	125.10	427.98	46.09	65.84	401.65
Chaetopteridae	0.00	434.57	79.01	0.00	414.81	296.30	13.17	0.00	204.12
Cirratulidae	0.00	65.84	98.77	0.00	26.34	177.78	0.00	0.00	177.78
Dorvilleidae	0.00	72.43	19.75	39.51	26.34	72.43	0.00	0.00	39.51
Eunicidae	0.00	158.02	118.52	0.00	144.86	138.27	6.58	0.00	158.02
Flabelligeridae	0.00	177.78	289.71	0.00	39.51	125.10	0.00	0.00	85.60
Glyceridae	6.58	65.84	92.18	32.92	65.84	85.60	26.34	19.75	85.60
Goniadidae	0.00	13.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hesionidae	0.00	6.58	19.75	151.44	0.00	6.58	0.00	0.00	19.75
Lacydoniidae	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lumbrineridae	0.00	6.58	0.00	0.00	6.58	13.17	0.00	0.00	6.58
Magelonidae	6.58	32.92	39.51	0.00	13.17	65.84	0.00	0.00	46.09
Maldanidae	0.00	171.19	46.09	0.00	276.54	59.26	0.00	79.01	79.01
Nepthyidae	13.17	13.17	32.92	0.00	13.17	13.17	32.92	32.92	32.92
Nereididae	0.00	276.54	19.75	0.00	13.17	6.58	0.00	0.00	125.10
Oeonidae	0.00	0.00	0.00	0.00	6.58	6.58	0.00	0.00	0.00
Onuphidae	46.09	0.00	144.86	0.00	59.26	52.67	39.51	177.78	204.12
Opheliidae	0.00	19.75	13.17	19.75	0.00	6.58	19.75	6.58	26.34
Orbiniidae	32.92	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	13.17	13.17	6.58
Oweniidae	0.00	65.84	46.09	0.00	52.67	39.51	6.58	13.17	85.60
Paralacydoniidae	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Paraonidae	19.75	513.58	177.78	0.00	92.18	237.04	0.00	39.51	92.18
Pectinariidae	0.00	92.18	72.43	0.00	39.51	72.43	0.00	6.58	52.67
Phyllodocidae	6.58	72.43	0.00	0.00	6.58	6.58	6.58	13.17	26.34
Pilargidae	0.00	19.75	79.01	0.00	65.84	111.93	0.00	0.00	79.01
Poecilochaetidae	0.00	0.00	26.34	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	6.58
Polygordiidae	0.00	0.00	0.00	85.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polynoidae	0.00	32.92	13.17	0.00	32.92	13.17	0.00	0.00	0.00
Sabellidae	0.00	26.34	19.75	0.00	98.77	52.67	6.58	0.00	39.51
Sabellariidae	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Scalibregmatidae	0.00	954.73	6.58	0.00	144.86	381.89	0.00	0.00	381.89
Sigalionidae	13.17	0.00	0.00	0.00	0.00	6.58	52.67	0.00	6.58
Serpulidae	0.00	263.37	6.58	13.17	92.18	65.84	6.58	0.00	144.86
Spionidae	32.92	243.62	230.45	13.17	92.18	158.02	13.17	144.86	111.93
Syllidae	0.00	849.38	230.45	59.26	388.48	507.00	0.00	19.75	243.62

Se han analizado un total de 2773 individuos pertenecientes a 38 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Syllidae, con 349 individuos, representando el 12.59% de todos los individuos analizados, seguido de las familias Capitellidae con 320 individuos (11.54%), Scalibregmatidae, de las que se analizaron 284 individuos (10.24%), la familia Chaetopteridae (7.9%; 219 individuos) y por último, las familias Paraonidae y Spionidae, de los que se identificaron 178 y 158 individuos, respectivamente (6.42 y 5.7%). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos que el 5 % del total analizado. Durante esta campaña de muestreo las familias Capitellidae, Glyceridae y Spionidae aparece en todas las estaciones estudiadas. Las familias Paraonidae y Syllidae están presentes en 7 de las 9 estaciones; la familia Chaetopteridae en 6 de ellas y Scalibregmatidae en 5.

3.5.3.1. – Análisis univariante

Para el estudio de la comunidad de poliquetos asociados a fondos blandos se aplicó un análisis univariante, tanto a la abundancia como a la riqueza, para los dos factores analizados (transecto y profundidad).

Al analizar la abundancia de poliquetos se han detectado diferencias significativas para la interacción de ambos factores (transecto x profundidad) ($p=5.146 \cdot 10^{-5}$). Dichas diferencias vienen marcadas, principalmente, por un descenso de la abundancia de poliquetos en las estaciones someras, así como en la estación localizada a 10 m en el transecto C y al aumento de dichos valores en la estación localizada a 10 m en el transecto A, respecto a las localizadas a 4 y 15 metros.

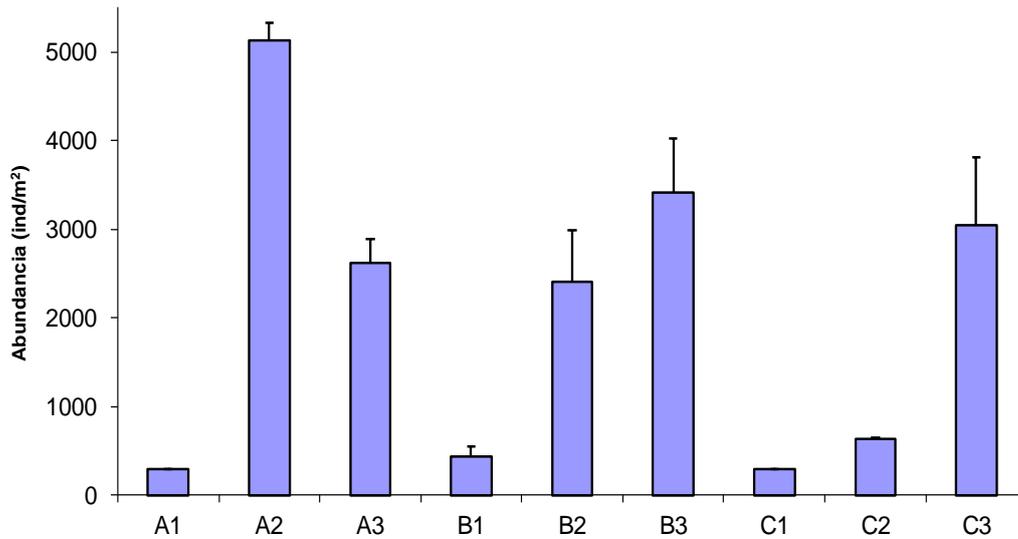


Figura 3.31. Abundancia media de poliquetos en cada una de las estaciones.

Al analizar la riqueza se detectan diferencias significativas entre la interacción de ambos factores (transecto y profundidad) ($p=5.639 \cdot 10^{-6}$). Para determinar que muestras están marcando tales diferencias se aplica el test de comparaciones múltiples (SNK). Se observa un descenso significativo de la riqueza a 4 metros respecto a las estaciones localizadas a 10 y 15 m, en todos los transectos, excepto en el transecto C, donde también se detecta un descenso acusado en la estación localizada a 10 m (C2).

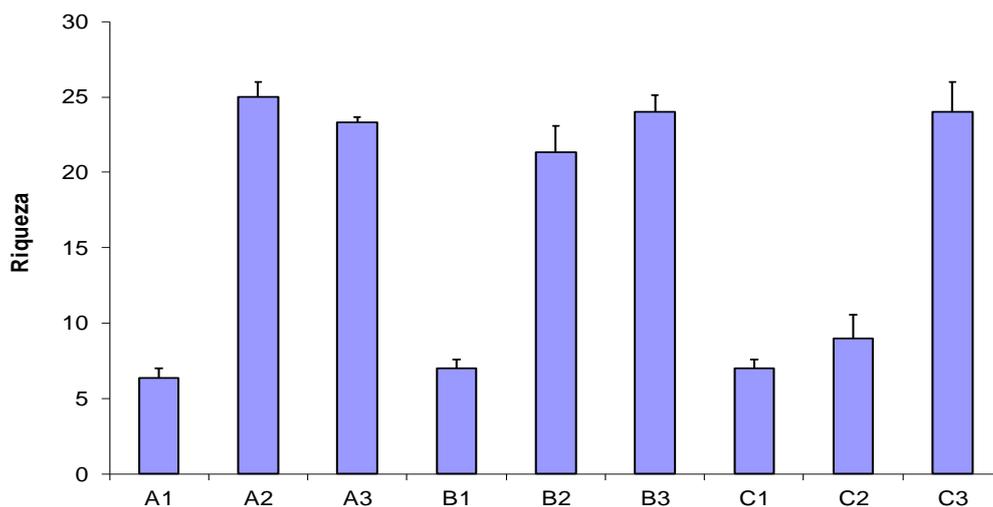


Figura 3.32. Número de familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

3.5.3.2. – Análisis multivariante

Se observa un patrón similar al detectado en campañas anteriores, en la que se mantiene una cierta segregación de las estaciones de muestreo en función de la profundidad, con la excepción de la estación C2, que durante esta campaña se asemeja más al grupo establecido por las estaciones más someras. Siendo estas estaciones las que presentan mayor heterogeneidad. Se forman dos grupos principales; el grupo B, establecido por dos de las estaciones someras (A1 y C1), junto a la estación C2 (45% similitud) y el grupo C, constituido por la mayoría de las estaciones más profundas (A2, A3, B2, B3 y C3) con un 63% de similitud. La estación B1 se disgrega del resto, mostrando mayor disimilitud, tanto con el resto de las estaciones someras, así como con las profundadas.

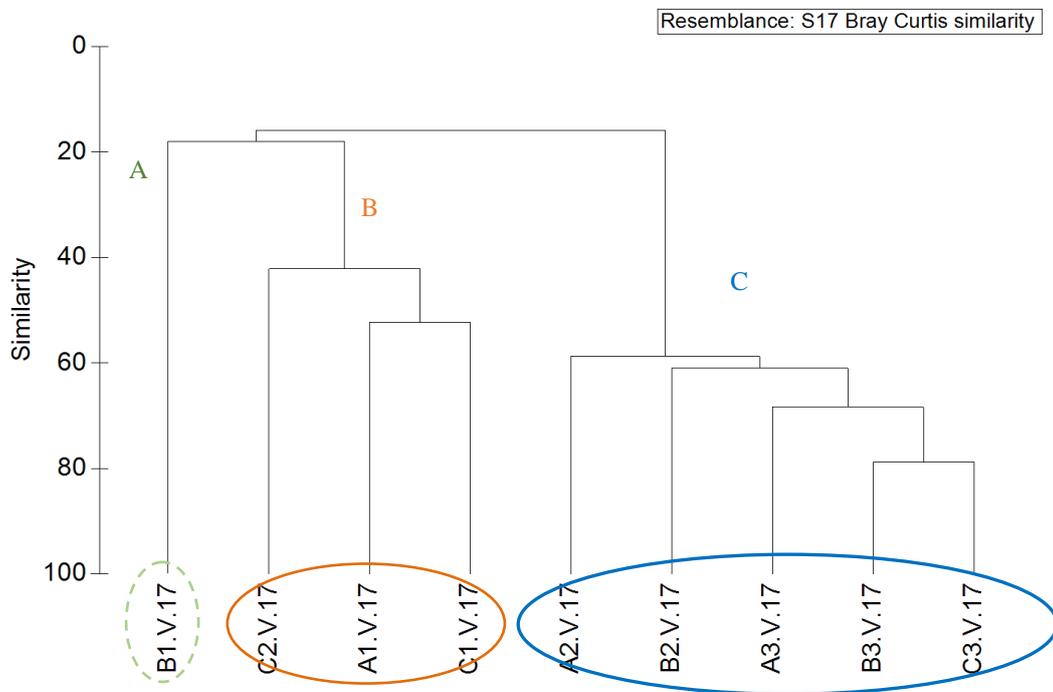


Figura 3.33. Representación del Cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) se puede apreciar, de forma visual, la segregación de las estaciones en función de los grupos establecidos mediante el procedimiento CLUSTER. Se detecta una mayor heterogeneidad, en cuanto a la composición de poliquetos, en la estación somera B1, respecto a las otras estaciones someras, así como la localizada a 10 metros de profundidad (C2) respecto a las más profundas.

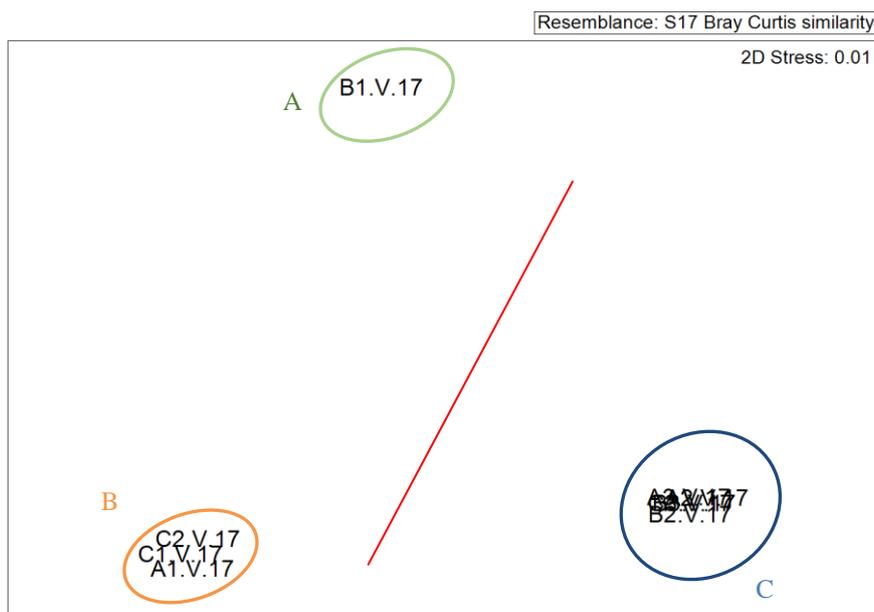


Figura 3.34. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas para el factor profundidad ($R=-0.473$, nivel de significación de 0.011), pero no se detectan para el factor transecto ($R= -0.177$, nivel significación 0.87).

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud, con la finalidad de conocer que familias de poliquetos contribuyen a la similitud dentro de cada grupo establecido a partir del cluster y del MDS, así como las que contribuyen a la disimilitud entre grupos. Las familias Capitellidae, Onuphidae, Nephtyidae, Spionidae, Orbiniidae y Glyceridae son las implicadas en el 87.68% de la similitud entre las estaciones del grupo B. En el caso de las estaciones incluidas en el grupo C, las familias responsables del 63.14% de similitud son Syllidae, Capitellidae, Chaetopteridae, Scalibregmatidae, Eunicidae, Spionidae y Paraonidae.

Tabla 3.26. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Grupo	Familia	AM	PA
B			
SM: 45.52			
	Capitellidae	74.62	29.43
	Onuphidae	87.79	53.02
	Nepthyidae	26.34	63.67
	Spionidae	63.65	74.32
	Orbiniidae	19.75	81.84
	Glyceridae	17.56	87.68
C			
SM: 63.38			
	Syllidae	443.79	14.22
	Capitellidae	372.67	28.19
	Chaetopteridae	285.76	37.37
	Scalibregmatidae	373.99	44.56
	Eunicidae	143.54	51.15
	Spionidae	167.24	57.2
	Paraonidae	222.55	63.14

Las familias Hesionidae, Polygordiidae, Onuphidae, Capitellidae, Syllidae, Spionidae, Dorvilleidae, Scalibregmatidae, Chaetopteridae y Paraonidae son las principales responsables de la mayor diferencia entre los grupos establecidos. Los mayores valores de disimilitud se deben a un descenso de los valores de abundancia y riqueza de la mayoría de las familias anteriormente citadas, en las estaciones someras respecto a las estaciones más profundas, principalmente en B1; exceptuando las familias Hesionidae, Polygordiidae y Dorvilleidae, que presenta mayor valor de abundancia en la estación B1 (Tabla 3.27). Las estaciones del grupo B (C1, C2, A1) se caracteriza por el descenso de la riqueza, así como de la abundancia de la mayoría de las familias; obteniéndose valores intermedios de abundancia de las familias Capitellidae, Spionidae. Las familias Capitellidae, Syllidae, Spionidae, Scalibregmatidae, Chaetopteridae y Paraonidae presentan los mayores valores de abundancia en las estaciones profundas.

Tabla 3.27. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. Amx: abundancia media en el grupo x. Amy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre transectos. PA: Porcentaje acumulado.

Grupos	Familia	AM x	AM y	PA
A / B				
DM: 82.07				
	Hesionidae	151.44	0	22.56
	Polygordiidae	85.6	0	35.32
	Onuphidae	0	87.79	46.8
	Capitellidae	19.75	74.62	55.13
	Syllidae	59.26	6.58	63.21
	Spionidae	13.17	63.65	69.29
	Dorvilleidae	39.51	0	75.18
A / C				
DM: 89.11				
	Capitellidae	19.75	372.67	10.99
	Syllidae	59.26	443.79	21.95
	Scalibregmatidae	0	373.99	31.74
	Chaetopteridae	0	285.76	40.46
	Paraonidae	0	222.55	46.63
B / C				
DM: 82.46				
	Syllidae	6.58	443.79	13.84
	Scalibregmatidae	0	373.99	24.54
	Capitellidae	74.62	372.67	34.64
	Chaetopteridae	4.39	285.76	44.04
	Paraonidae	19.75	222.55	50.11

Mediante el procedimiento RELATE se observan que existe correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz de los factores ambientales estudiados (granulometría (% gravas, % A gruesa, % A media, % A fina y % fangos), materia orgánica, pH, profundidad, potencial redox y salinidad). Se obtiene un nivel de significación de un 0.1 % y con un $Rho = 0.839$ (Tabla 3.28), lo que indica que la composición de la comunidad de poliquetos parece estar influenciada por las características físico-químicas del sedimento presente en cada una de las estaciones. Al analizar cada uno de los factores ambientales por separado se observa que son, principalmente, el tipo de granulometría, la materia orgánica, la profundidad y el potencial redox, los factores que influyen en la composición del poblamiento de poliquetos durante esta última campaña.

Tabla 3.28. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

Factores Ambientales	Rho	p
Factores ambientales	0.805	0.1%
Materia orgánica	0.404	2.8%
pH	0.267	6.8%
% gravas	0.241	9.6%
% A gruesa	0.569	1%
% A media	0.553	1%
% A fina	0.634	0.8%
% lutitas	0.588	0.5%
Profundidad	0.634	0.6%
Potencial redox	0.847	0.1%
Salinidad	0.166	19%

Se realiza un Bubble plot para cada uno de los factores ambientales que muestran correlación en el procedimiento Relate. Se observa como en las estaciones más profundas (grupo C) se caracterizan por un mayor porcentaje de lutitas, materia orgánica, así como por la presencia de sedimentos más reducidos. En la estación B1 aumenta el porcentaje de la fracción gruesa (arenas medias y gruesas). Las estaciones someras (grupo B) se caracteriza por presentar mayor porcentaje de arenas finas.

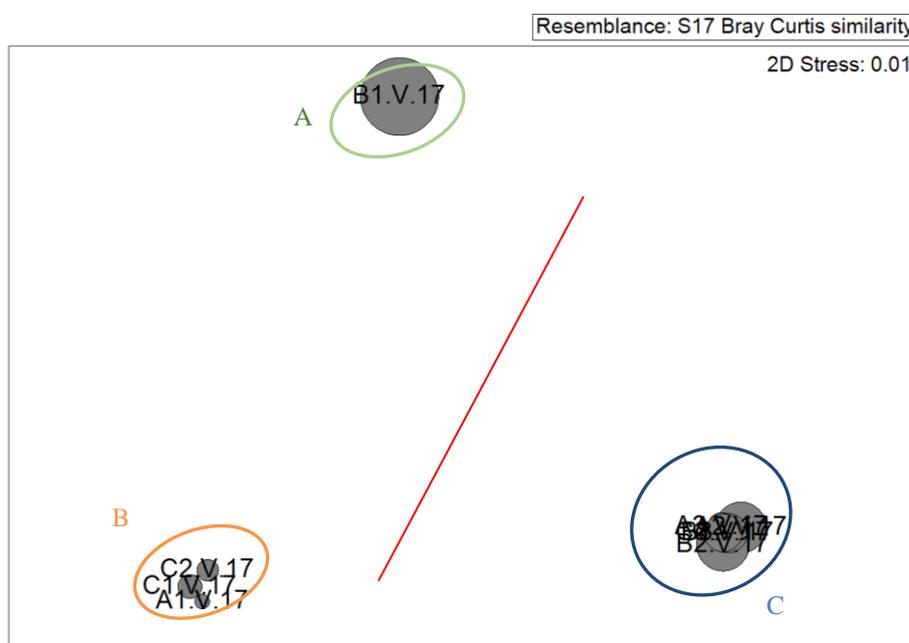


Figura 3.35. Representación bidimensional MDS para las abundancias de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de la arena gruesa.

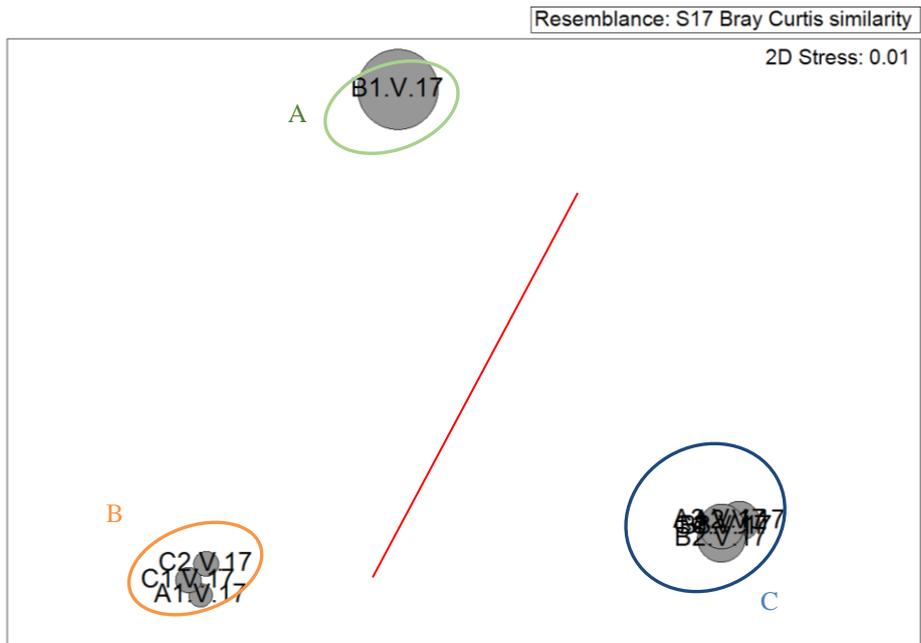


Figura 3.36. Representación bidimensional MDS para las abundancias de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de la arena media.

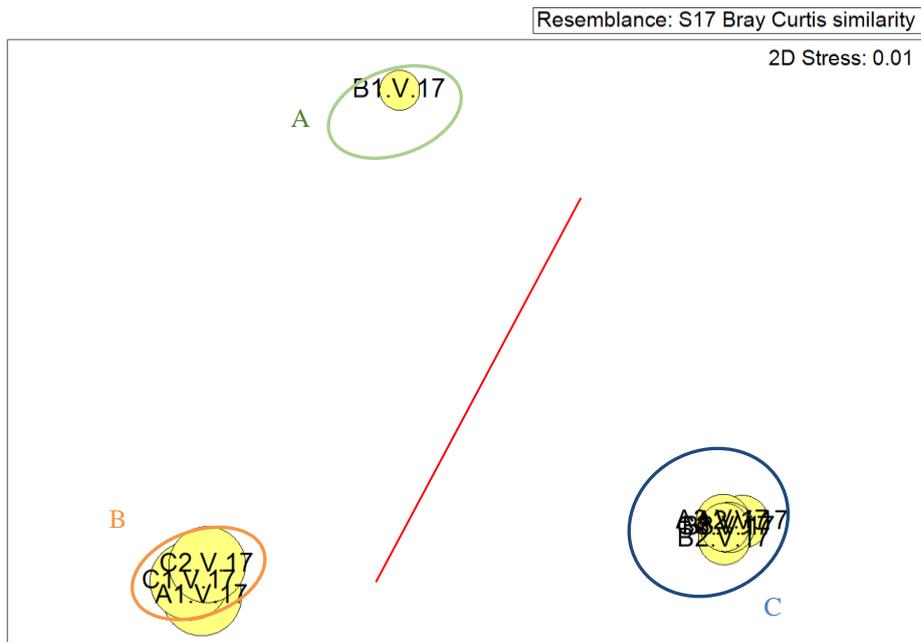


Figura 3.37. Representación bidimensional MDS para las abundancias de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de la arena fina.

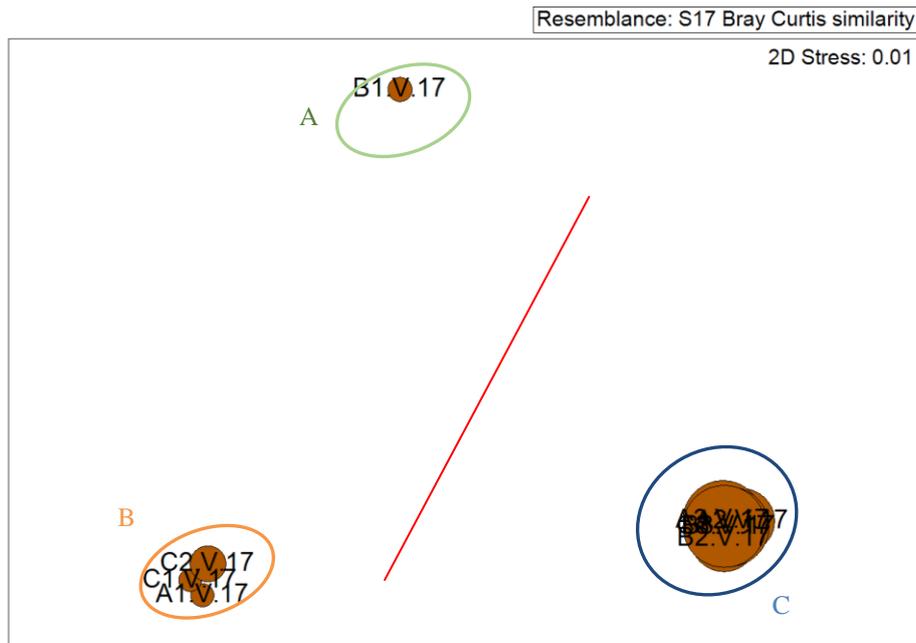


Figura 3.38. Representación bidimensional MDS para las abundancias de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de lutitas

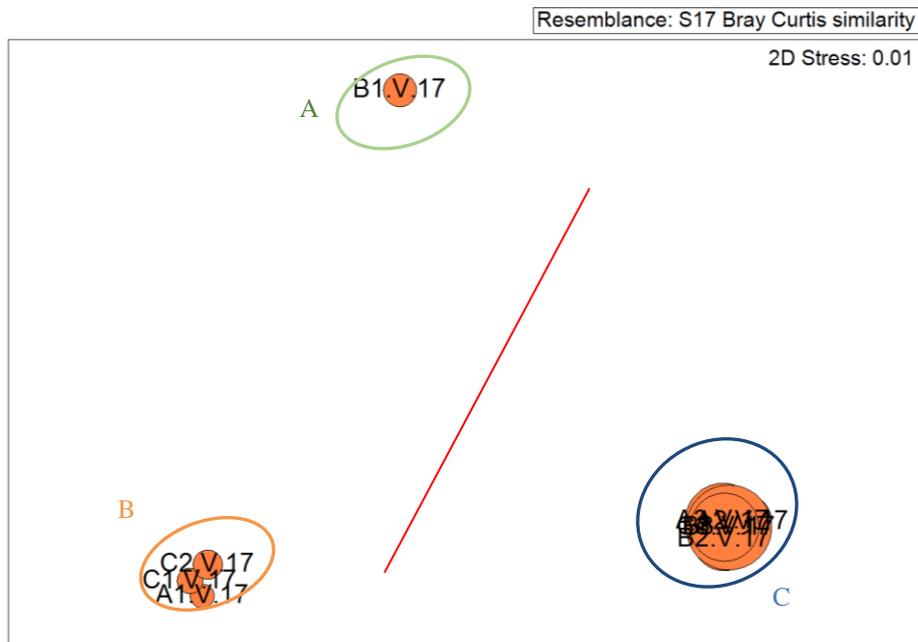


Figura 3.39. Representación bidimensional MDS para las abundancias de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de la materia orgánica.

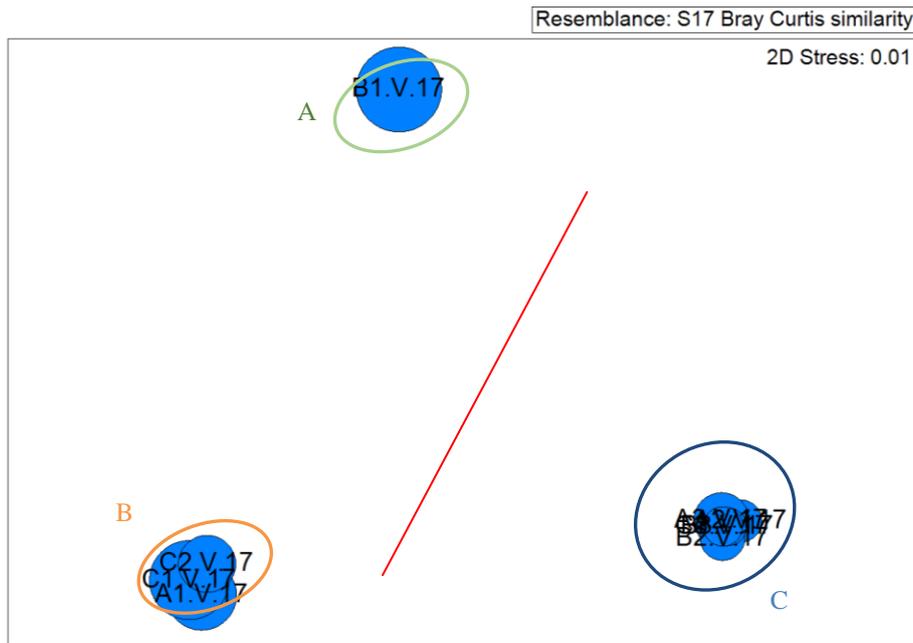


Figura 3.40. Representación bidimensional MDS para las abundancias de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional a los valores de potencial redox.

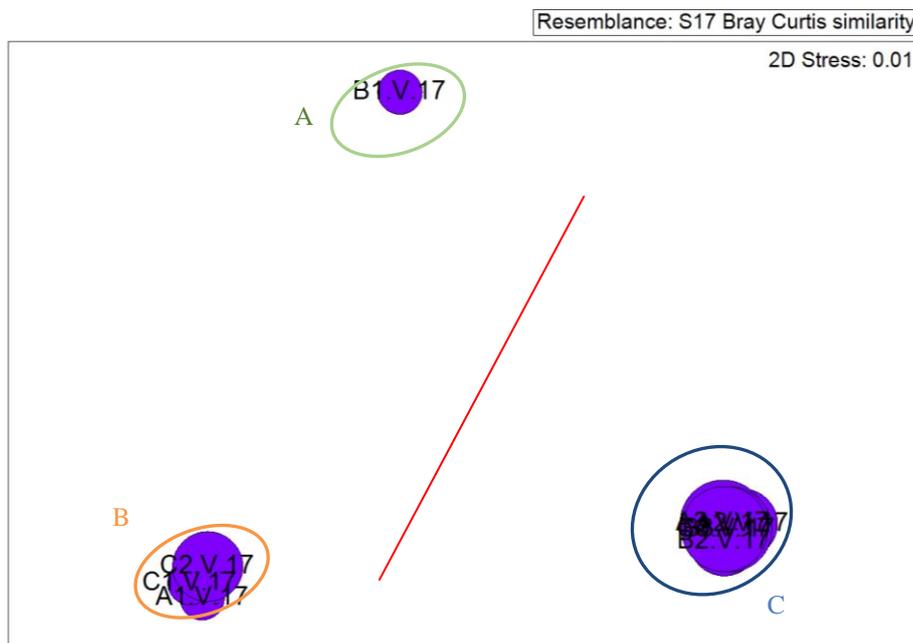


Figura 3.41. Representación bidimensional MDS para las abundancias de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de profundidad.

Con la finalidad de observar la evolución temporal de la comunidad de poliquetos en la zona de estudio se realiza una matriz en la que se incluyen los datos de las campañas realizadas en los veranos del 2004 al 2017. A partir de esta matriz se obtiene un Cluster y un MDS.

A partir del dendrograma se observa una segregación de las estaciones someras con respecto a las más profundas en la mayoría de las campañas de muestreo. Aun así se mantiene la heterogeneidad entre las distintas estaciones someras y los distintos años de muestreo, detectada en campañas anteriores. Heterogeneidad que se mantiene en la estación próxima al vertido (B1) durante las distintas campañas. Sin embargo, la estructura de la comunidad de poliquetos de las zonas más profundas mantiene una mayor homogeneidad.

Resemblance: S17 Bray Curtis similarity

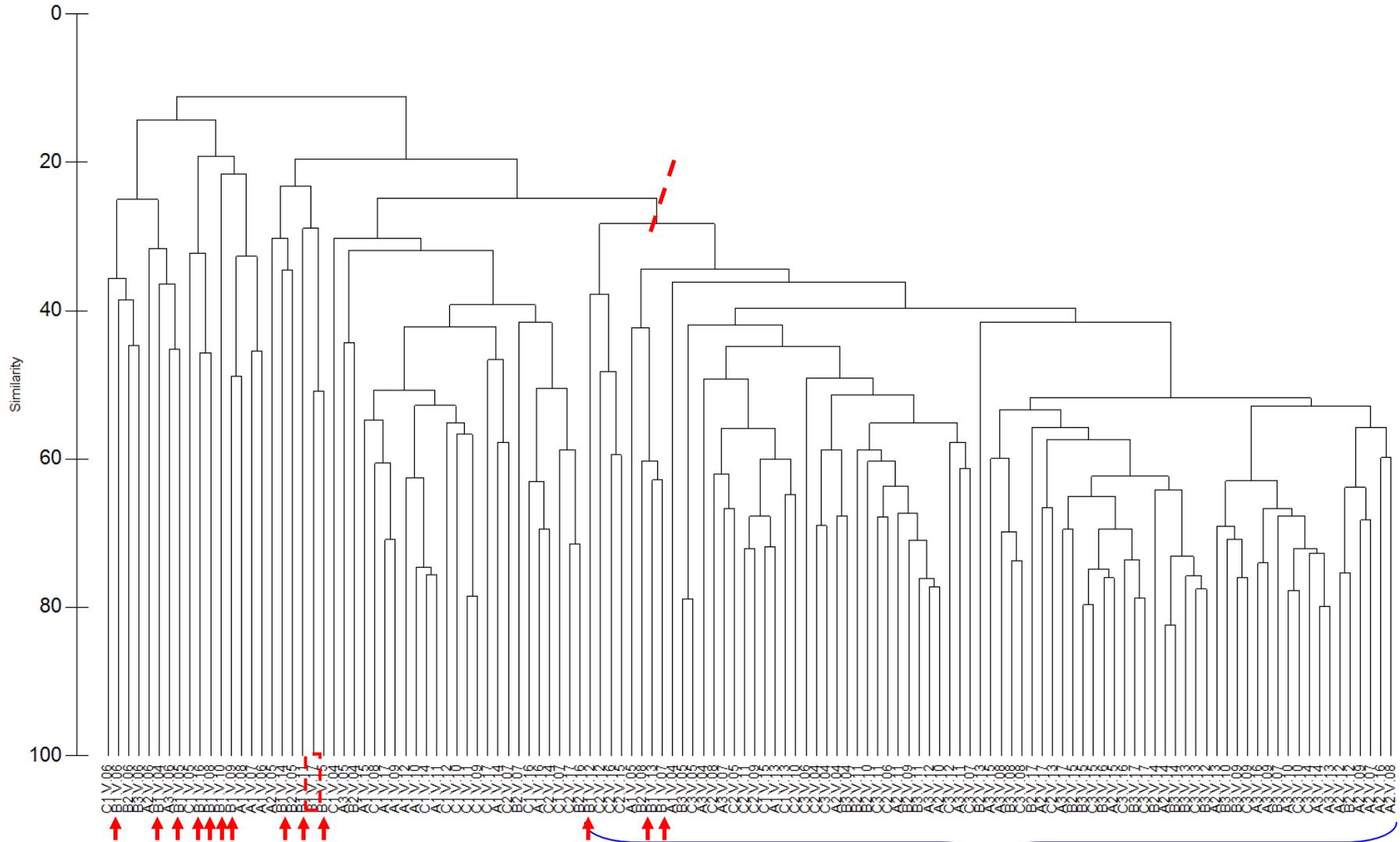


Figura 3.42. Representación del Cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas en las campañas de verano del 2004 al 2017.

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) se puede apreciar, de una forma más visual, como la estructura de la comunidad de poliquetos de las estaciones más someras, en la que se incluye la más próxima al punto de vertido, varía respecto a las estaciones más profundas. La estación B2, mantiene la similitud detectada a partir de la campaña del 2007, siendo más similar a las estaciones más profundas, hecho que no se observó en la campaña del 2016. La estación C2 se segrega de las profundas durante esta campaña, al igual que se detectó en la campaña del 2007; manteniéndose más homogénea durante el resto de las campañas. En cuanto a la estación próxima al vertido, se mantiene la alta heterogeneidad en esta última campaña (2017), en cuanto a la composición de poliquetos, en dicha estación y con respecto a las estaciones someras y profundas, detectada durante las distintas campañas de muestreo; exceptuando las campañas del 2007, 2013 en las que parecen presentar una estructura del poblamiento algo más similar a la mayoría de las estaciones profundas.

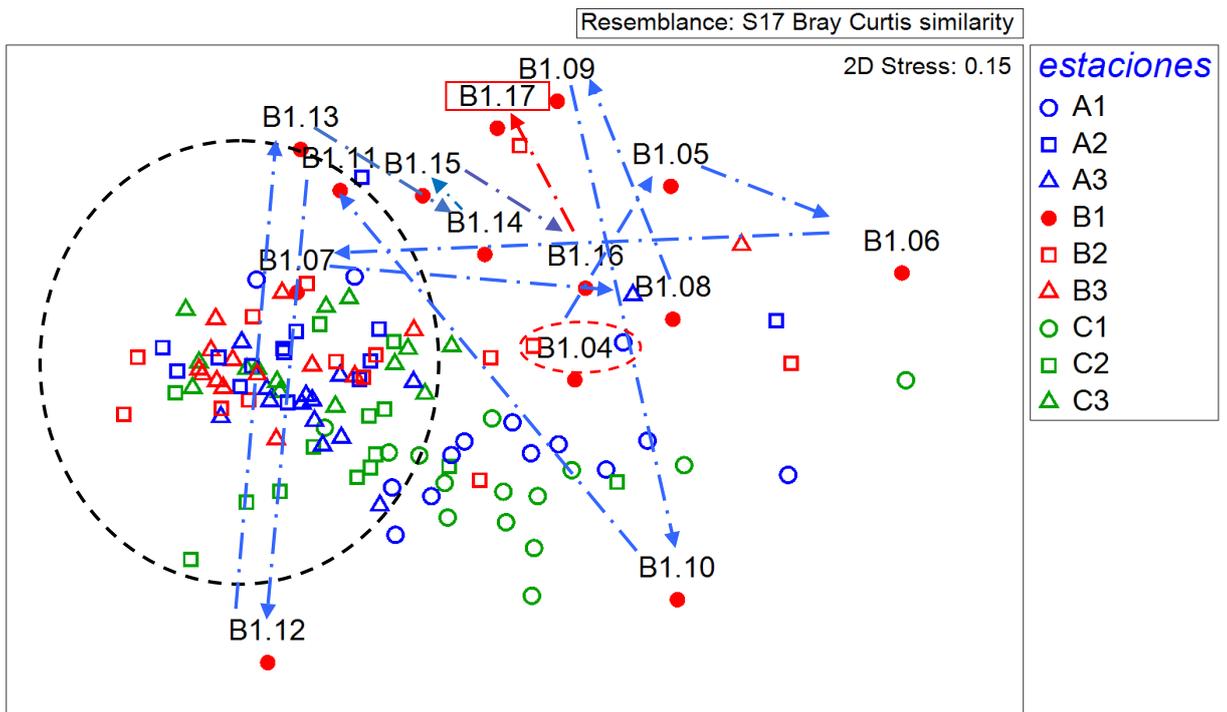


Figura 3.43. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas en las campañas del verano del 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

3.6.- Comunidad nectónica

Durante el año anterior al vertido, las variables descriptivas del poblamiento se caracterizaron por ser inferiores en la localidad impactada (Tabla 3.29; Figura 3.44). Estas diferencias entre la localidad impactada y la control se han mantenido durante el resto de los años estudiados, y han sido significativas tanto para el número de especies como para la abundancia total durante todos los tiempos muestreados (Tabla 3.30). Sin embargo, para la biomasa total se observaron valores significativamente superiores en la localidad control durante la mayoría de los tiempos de muestreo, exceptuando 2005 y 2008 (Tabla 3.30). Tras comenzar el vertido sí se vio una gran disminución en febrero de 2004 en el área afectada por la desaladora. En los años 2005 y 2006, se obtuvieron un número de especies, una abundancia y una biomasa más elevados a los que se encontraron antes del impacto (Figura 3.44). Sin embargo, en el 2007 disminuyeron de nuevo, y desde entonces, durante los siguientes cuatro tiempos de muestreo han ido aumentando paulatinamente hasta alcanzar en verano del 2010, valores similares a los registrados antes del inicio del vertido. Sin embargo, durante los tres siguientes tiempos de muestreo (de invierno 2011 a invierno 2012), los valores del número de especies, abundancia y biomasa total fueron muy bajos en la zona impactada, y a pesar de mostrar una cierta recuperación en verano del 2012, durante los tres siguientes tiempos muestreados (de invierno 2013 a invierno 2014) volvieron a disminuir; especialmente en la zona de vertido. Posteriormente, en verano del 2014 se vuelve a observar cierta recuperación, sin embargo, en invierno de 2015 se detectó una ligera disminución que se ha mantenido hasta el último muestreo realizado durante verano de 2017 para la abundancia y biomasa, mientras que el número de especies muestra un aumento paulatino hasta verano de 2016, disminuyendo ligeramente de nuevo en invierno de 2017, manteniéndose esos niveles hasta el último tiempo demuestro. A pesar de esto, se ha mantenido el patrón observado en todos los años, ya que los valores de estas variables han oscilado conjuntamente en la zona impactada y en la control. Este hecho hace que las oscilaciones no puedan atribuirse al vertido y que, posiblemente, se correspondan a una degradación general de esta franja de litoral.

En el muestreo de verano del 2017 se observaron un total de 14 especies (Tabla 3.31). A pesar de que 11 de estas especies fueron observadas en la localidad control, en la zona impactada sólo aparecieron 6 especies (*Coris julis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Sarpa salpa*, *Serranus scriba* y *Symphodus roissali*). Estos valores son inferiores a los observados en la zona afectada por el vertido justo antes de comenzar la actividad, donde se observaron 10 especies. Durante verano del 2017 la especie más abundante en la zona afectada por el vertido fue *Sarpa salpa*. Por otro lado, *Pomadasis incisus* y *Diplodus vulgaris* fueron las especies que presentaron los valores de abundancia más altos en la localidad control.

Tabla 3.29: Variables del poblamiento de peces (media \pm error estándar) antes y después del vertido.

		Año	Impacto/Control	Nº de especies (spp./125m ²)	Abundancia (ind./125m ²)	Biomasa (g/125m ²)
Antes	Mayo 2003	Impacto		2.8 \pm 0.5	30.4 \pm 10.2	227.8 \pm 131.3
		Control		9.5 \pm 0.5	178.1 \pm 49.0	2854.4 \pm 965.7
Después	Febrero 2004	Impacto		0.9 \pm 0.4	3.1 \pm 2.2	15.8 \pm 8.4
		Control		6.3 \pm 0.5	164.3 \pm 28.4	3595.5 \pm 579.3
	Abril 2005	Impacto		4.4 \pm 0.8	85.4 \pm 43.8	3501.1 \pm 2028.9
		Control		8.8 \pm 0.7	260.0 \pm 123.6	15736.1 \pm 10976.7
	Marzo 2006	Impacto		3.1 \pm 1.0	102.1 \pm 31.5	1894.1 \pm 594.1
		Control		7.9 \pm 1.1	308.3 \pm 50.5	8086.2 \pm 1810.9
	Febrero 2007	Impacto		0.8 \pm 0.3	5.5 \pm 3.6	227.0 \pm 184.3
		Control		1.9 \pm 0.2	19.6 \pm 2.7	430.5 \pm 63.9
	Julio 2008	Impacto		2.1 \pm 0.6	11.9 \pm 4.9	102.6 \pm 37.9
		Control		3.0 \pm 0.7	29.4 \pm 13.5	268.3 \pm 104.6
	Abril 2009	Impacto		1.9 \pm 0.6	10.3 \pm 5.7	224.6 \pm 109.1
		Control		6.4 \pm 0.6	34.3 \pm 8.9	786.1 \pm 104.1
	Marzo 2010	Impacto		2.1 \pm 1.0	7.0 \pm 4.1	186.5 \pm 124.1
		Control		6.9 \pm 0.8	68.0 \pm 9.4	1623.6 \pm 226.9
	Agosto 2010	Impacto		3.0 \pm 1.1	17.8 \pm 10.8	244.0 \pm 127.1
		Control		8.5 \pm 0.8	106.3 \pm 22.1	1 223.5 \pm 234.3
	Febrero 2011	Impacto		0.1 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1	3.3 \pm 3.3
		Control		6.9 \pm 0.4	63.0 \pm 10.2	2 074.3 \pm 315.6
	Julio 2011	Impacto		0.3 \pm 0.2	0.3 \pm 0.2	5.5 \pm 5.2
		Control		6.8 \pm 0.3	64.8 \pm 10.9	1 491.9 \pm 320.9
Marzo 2012	Impacto		1.4 \pm 0.4	1.0 \pm 0.9	26.6 \pm 20.6	
	Control		6.6 \pm 0.4	46.0 \pm 4.6	1 253.8 \pm 109.5	
Agosto 2012	Impacto		2.0 \pm 0.8	12.1 \pm 7.3	78.2 \pm 49.5	
	Control		8.8 \pm 0.5	122.0 \pm 24.9	1 957.9 \pm 491.1	
Marzo 2013	Impacto		0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	
	Control		3.9 \pm 0.4	30.1 \pm 6.4	741.4 \pm 201.1	
Julio 2013	Impacto		0.1 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1	3.9 \pm 3.9	
	Control		6.3 \pm 0.8	85.3 \pm 26.2	2 816.6 \pm 884.0	
Marzo 2014	Impacto		1.3 \pm 0.3	1.0 \pm 1.0	13.6 \pm 13.6	
	Control		7.0 \pm 0.5	76.8 \pm 11.7	1 492.3 \pm 232.5	
Julio 2014	Impacto		3.0 \pm 0.8	43.1 \pm 18.1	355.0 \pm 189.1	
	Control		9.1 \pm 1.0	97.5 \pm 9.6	2 664.0 \pm 380.9	

Marzo 2015	Impacto	1.5 ± 0.5	2.8 ± 2.5	107.7 ± 102.0
	Control	8.6 ± 0.9	82.0 ± 10.2	3 235.7 ± 608.7
Julio 2015	Impacto	1.9 ± 0.6	3.0 ± 2.3	236.9 ± 161.3
	Control	6.6 ± 0.9	86.8 ± 40.0	2 906.7 ± 1 217.3
Marzo 2016	Impacto	2.0 ± 0.7	3.1 ± 2.4	46.7 ± 35.1
	Control	4.6 ± 0.5	23.3 ± 3.4	591.5 ± 81.1
Julio 2016	Impacto	2.9 ± 0.5	8.8 ± 3.1	121.7 ± 38.5
	Control	7.3 ± 1.0	83.3 ± 24.3	1 406.7 ± 435.2
Marzo 2017	Impacto	2.0 ± 0.5	2.1 ± 1.0	64.3 ± 29.0
	Control	4.3 ± 0.5	26.1 ± 3.7	567.8 ± 130.1
Julio 2017	Impacto	1.9 ± 0.6	11.4 ± 9.6	233.7 ± 164.3
	Control	5.3 ± 0.5	32.3 ± 8.8	1 034.8 ± 169.2

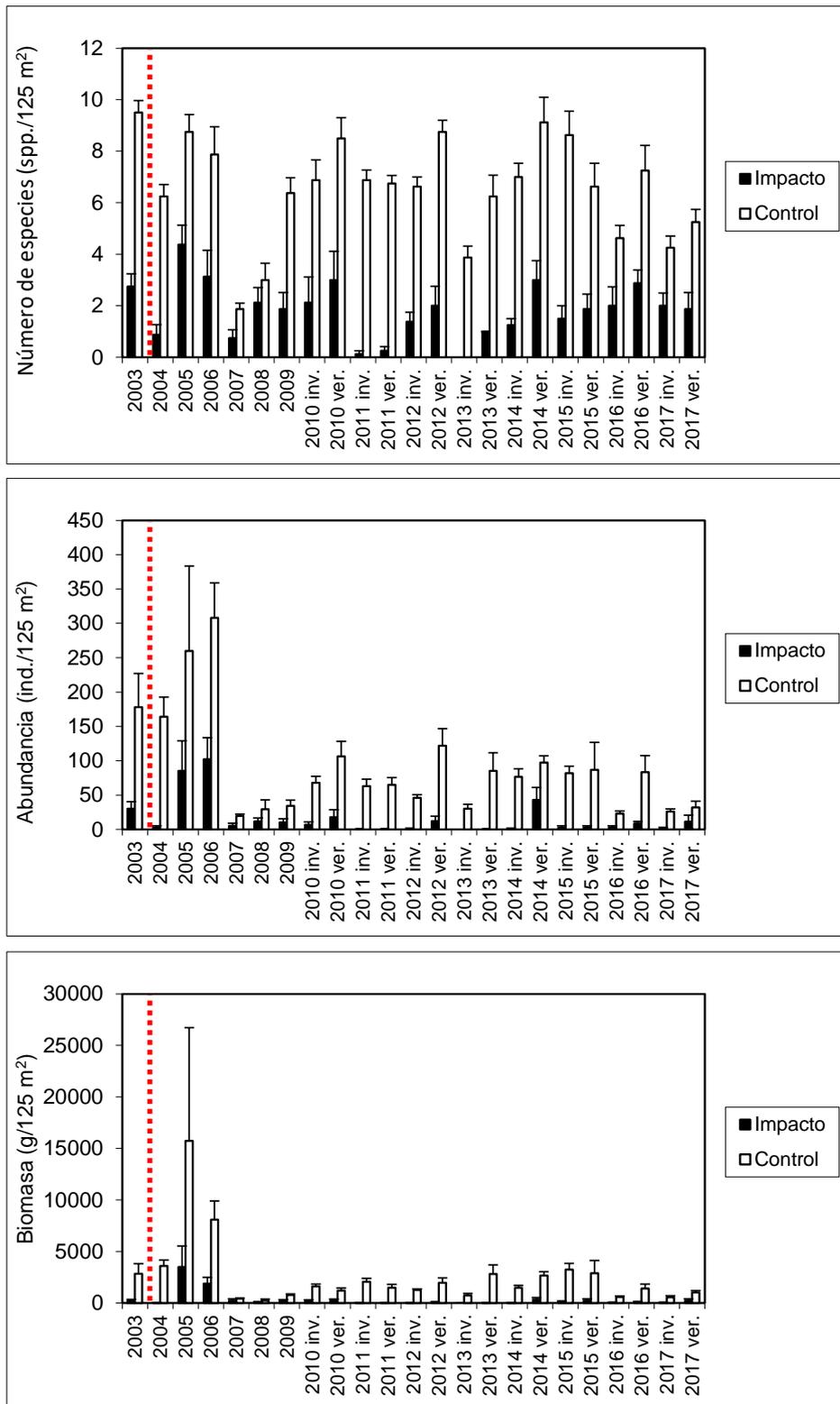


Figura 3.44. Variables del poblamiento de peces (\pm error estándar) antes (2003) y después de iniciarse el vertido (2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 invierno, 2010 verano, 2011 invierno, 2011 verano, 2012 invierno, 2012 verano, 2013 invierno, 2013 verano, 2014 invierno, 2014 verano, 2015 invierno, 2015 verano, 2016 invierno, 2016 verano, 2017 invierno y 2017 verano).

Tabla 3.30. Resultado del análisis de la varianza (ANOVA) con tres factores (Ti: tiempo, IC: Impacto-control, Si: sitio), para las variables del poblamiento de peces. g. l.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F: F real. P: nivel de significación (*=P<0.05; **=P<0.01; ***=P<0.001); ϖ indica que no existe homogeneidad en la varianza, siendo el nivel de significación: *=P<0.01; **=P<0.001.

Fuentes de variación	Nº de especies				Abundancia			Biomasa			F versus
	g.l.	C. M.	F	P	C. M.	F	P	C. M.	F	P	
Ti	22	29.138	4.0	0.000***	38758.3	2.790	0.002*	19.385	3.4	0.000***	Ti×Si(IC)
IC	1	2056.793	6204.0	0.000***	517425.0	223.498	0.004*	1984.561	1744.4	0.001**	Si(IC)
Ti×IC	22	12.174	1.7	0.066	11522.3	0.829	0.676	13.200	2.3	0.009**	Ti×Si(IC)
Si(IC)	2	0.332	0.1	0.882	2315.1	0.607	0.546	1.138	0.4	0.651	Residual
Ti×Si(IC)	44	7.150	2.6	0.000***	13894.0	3.642	0.000**	5.689	2.1	0.000***	Residual
Residual	276	2.649			3815.2			2.643			
Transform.	-				ϖ			Ln(x+1)			

Tabla 3.31. Abundancia media \pm error estándar (ind./125m²) en las localidades muestreadas para el año de antes del vertido y los dos últimos tiempos muestreados.

Especie	Antes del vertido		Después del vertido			
	Mayo 2003		Marzo 2017		Julio 2017	
	Impacto	Control	Impacto	Control	Impacto	Control
<i>Boops boops</i>	0	4.1 \pm 2.6	0	0	0	0
<i>Chromis chromis</i>	0	0	0	2.9 \pm 2.7	0	2.0 \pm 1.2
<i>Coris julis</i>	0.1 \pm 0.1	1.0 \pm 0.5	0.1 \pm 0.1	0.8 \pm 0.5	0.4 \pm 0.4	0
<i>Diplodus annularis</i>	4.6 \pm 3.5	44.9 \pm 19.4	0.1 \pm 0.1	3.4 \pm 1.0	0	1.0 \pm 0.3
<i>Diplodus sargus</i>	0.9 \pm 0.5	7.3 \pm 2.8	0.4 \pm 0.2	5.4 \pm 2.4	1.1 \pm 0.6	3.8 \pm 0.9
<i>Diplodus vulgaris</i>	19.9 \pm 7.2	64.0 \pm 22.6	1.0 \pm 0.5	12.5 \pm 3.8	2.4 \pm 1.6	8.1 \pm 1.6
<i>Gobius bucchichi</i>	0.1 \pm 0.1	0.5 \pm 0.5	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	0	0	0	0.1 \pm 0.1	0	0.3 \pm 0.2
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0	0.3 \pm 0.3	0	0	0	0
<i>Mullus surmuletus</i>	0	0.1 \pm 0.1	0	0	0	0.3 \pm 0.3
<i>Oblada melanura</i>	0	2.8 \pm 0.6	0	0	0	7.9 \pm 7.0
<i>Pagrus auriga</i>	0	0.1 \pm 0.1	0	0	0	0
<i>Pomadasys incisus</i>	3.1 \pm 3.0	6.0 \pm 1.8	0	0	0	8.3 \pm 3.3
<i>Sarpa salpa</i>	0	38.1 \pm 21.4	0	0.1 \pm 0.1	7.1 \pm 7.1	0
<i>Scorpaena porcus</i>	0	0.1 \pm 0.1	0	0	0	0
<i>Serranus scriba</i>	0	0.3 \pm 0.2	0.3 \pm 0.2	0.1 \pm 0.1	0.3 \pm 0.2	0.3 \pm 0.2
<i>Symphodus cinereus</i>	0.1 \pm 0.1	0	0.3 \pm 0.2	0	0	0
<i>Symphodus mediterraneus</i>	0	0.1 \pm 0.1	0	0	0	0
<i>Symphodus ocellatus</i>	1.1 \pm 0.7	3.0 \pm 1.7	0	0	0	0.1 \pm 0.1
<i>Symphodus roissali</i>	0.3 \pm 0.2	0.6 \pm 0.3	0	0.1 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1	0
<i>Symphodus rostratus</i>	0	0	0	0.1 \pm 0.1	0	0
<i>Symphodus tinca</i>	0.1 \pm 0.1	2.8 \pm 0.8	0	0.6 \pm 0.4	0	0.4 \pm 0.2
<i>Thalassoma pavo</i>	0	1.0 \pm 0.4	0	0	0	0
<i>Trachinus draco</i>	0	0.1 \pm 0.1	0	0	0	0
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0	1.0 \pm 1.0	0	0	0	0

Al incluir toda la serie temporal estudiada, fueron ocho especies las responsables de las disimilitudes entre la localidad impactada y la control, de entre las cuales destacaron *Diplodus vulgaris*, *Oblada melanura*, *Diplodus sargus* y *Sarpa salpa* por ser las más importantes (Tablas 3.32 y 3.33). Sólo estas cuatro especies representaron el 72.05% de la disimilitud observada entre la localidad impactada y la control.

Tabla 3.32. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los dos tratamientos. SM: similitud media entre cada tratamiento; AM: abundancia media; %: porcentaje (aportación de cada especie en la similitud entre muestras); %acu: porcentaje acumulado.

	AM	%	%acu		AM	%	%acu
Impacto				Control			
SM=4.29				SM=30.31			
<i>D. vulgaris</i>	2.80	45.74	45.74	<i>D. vulgaris</i>	19.20	38.28	38.28
<i>D. sargus</i>	2.84	25.70	71.43	<i>D. sargus</i>	10.97	21.74	60.02
<i>D. annularis</i>	0.87	7.59	79.02	<i>O. melanura</i>	14.89	14.59	74.61
<i>S. scribea</i>	0.18	6.67	85.69	<i>S. salpa</i>	20.67	10.82	85.43
<i>C. julis</i>	0.33	4.73	90.42	<i>D. annularis</i>	5.40	8.02	93.45

Tabla 3.33. Resumen del análisis del porcentaje de similitud (SIMPER) con referencia a la diferencia entre impacto y control respecto a la abundancia de las especies. DM: disimilitud media entre tratamientos; Porcentaje: importancia de cada especie en la diferencia entre comunidades.

Impacto ↔ Control (DM=92.66)	Abundancia	Abundancia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
	media Impacto	media Control		
<i>D. vulgaris</i>	2.80	19.20	23.06	23.06
<i>O. melanura</i>	1.15	14.89	16.56	39.62
<i>D. sargus</i>	2.84	10.97	16.26	55.88
<i>S. salpa</i>	3.77	20.67	16.17	72.05
<i>D. annularis</i>	0.87	5.40	7.75	79.81
<i>B. boops</i>	2.36	6.43	5.52	85.33
<i>S. tinca</i>	0.08	2.13	3.52	88.85
<i>P. incisus</i>	0.17	1.30	2.25	91.10

Aunque las ocho especies fueron más abundantes en la localidad control, al realizar los análisis de la varianza, sólo *Diplodus vulgaris*, *Sarpa salpa*, *Oblada melanura* y *Symphodus tinca* mostraron diferencias significativas entre las localidades (Tabla 3.34). Mientras que *Oblada melanura* mostró una abundancia significativamente superior en el control durante todos los tiempos muestreados, *Diplodus vulgaris*, *Sarpa salpa* y *Symphodus tinca* tuvieron abundancias significativamente superiores en la localidad control sólo durante algunos tiempos de muestreo. En el caso de *Symphodus tinca*, se

observaron abundancias significativamente superiores en la localidad control durante los tiempos 2003, 2004, 2005, 2006, 2009, e invierno y verano del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 e invierno del 2015. Por otro lado, para *Sarpa salpa*, las diferencias significativas se detectaron en 2003, 2004, 2006, y veranos de 2012 y 2015. Finalmente, la abundancia de *Diplodus vulgaris* fue significativamente mayor en el control únicamente durante 2003, 2006, y veranos de 2011 y 2014.

Tabla 3.34. Resultado del análisis de la varianza (ANOVA) con tres factores (Ti: tiempo, IC: Impacto-control, Si: sitio), para la abundancia de las especies seleccionadas. g. l.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F: F real. P: nivel de significación (*= $P<0.05$; **= $P<0.01$; ***= $P<0.001$); ϖ indica que no existe homogeneidad en la varianza, siendo el nivel de significación: *= $P<0.01$; **= $P<0.001$.

Fuentes de variación	<i>D. sargus</i>				<i>D. vulgaris</i>			<i>S. salpa</i>			F versus
	g.l.	C. M.	F	P	C. M.	F	P	C. M.	F	P	
Ti	22	1405.823	2.912	0.001*	2552.86	6.028	0.000**	5276.11	5.176	0.000**	Ti×Si(IC)
IC	1	6073.438	36.996	0.026	24734.48	56.698	0.017	26282.88	59.675	0.016	Si(IC)
Ti×IC	22	346.682	0.718	0.797	1487.66	3.513	0.000**	2478.91	2.432	0.006*	Ti×Si(IC)
Si(IC)	2	164.166	0.800	0.450	436.25	2.227	0.110	440.43	0.717	0.489	Residual
Ti×Si(IC)	44	482.706	2.352	0.000**	423.51	2.162	0.000**	1019.27	1.660	0.008*	Residual
Residual	276	205.195			195.86			614.10			
Transform.		$-\varpi$			$-\varpi$			$-\varpi$			

Fuentes de variación	<i>O. melanura</i>			<i>D. annularis</i>			<i>B. boops</i>			F versus	
	g.l.	C. M.	F	P	C. M.	F	P	C. M.	F		P
Ti	22	4.194	2.121	0.017*	432.752	1.776	0.052	667.782	1.890	0.036	Ti×Si(IC)
IC	1	189.332	71.617	0.014*	1885.568	15.301	0.060	1520.391	7.316	0.114	Si(IC)
Ti×IC	22	2.969	1.502	0.124	278.159	1.142	0.345	343.295	0.971	0.515	Ti×Si(IC)
Si(IC)	2	2.644	2.516	0.083	123.231	2.379	0.095	207.810	0.670	0.512	Residual
Ti×Si(IC)	44	1.977	1.882	0.001**	243.640	4.704	0.000**	353.395	1.140	0.263	Residual
Residual	276	1.051			51.798			309.953			
Transform.		Ln(x+1)			$-\varpi$			$-\varpi$			

Fuentes de variación	<i>S. tinca</i>				<i>P. incisus</i>			F versus
	g.l.	C. M.	F	P	C. M.	F	P	
Ti	22	1.320	6.9	0.000***	30.869	3.004	0.001*	Ti×Si(IC)
IC	1	54.064	1555.0	0.001**	118.698	39.819	0.024	Si(IC)
Ti×IC	22	1.205	6.3	0.000***	20.693	2.014	0.024	Ti×Si(IC)
Si(IC)	2	0.035	0.1	0.840	2.981	0.462	0.631	Residual
Ti×Si(IC)	44	0.191	0.9	0.554	10.276	1.591	0.014	Residual
Residual	276	0.199			6.457			
Transform.		Ln(x+1)			$-\varpi$			

El análisis de escalamiento multidimensional ha mostrado que una de las estructuras del poblamiento que más difiere del resto ha sido la registrada en la zona impactada en el invierno de 2013 (Figura 3.45). Esto es lógico teniendo en cuenta que no se observó ningún individuo. Observando con más detalle el dendrograma (Figura 3.46), se evidencia que el poblamiento íctico censado en la zona impactada durante el último tiempo de muestreo, al observarse muy pocas especies, se asemeja al poblamiento observado justo después del vertido (2004), al igual que ocurrió en invierno de 2010, 2012, 2014, 2015, 2016 y 2017, y en verano de 2015 y 2016. Por el contrario, en la zona control, el poblamiento íctico actual es semejante al observado en los últimos tiempos de muestreo, manteniéndose muy estable desde el inicio del estudio (Figura 3.46).

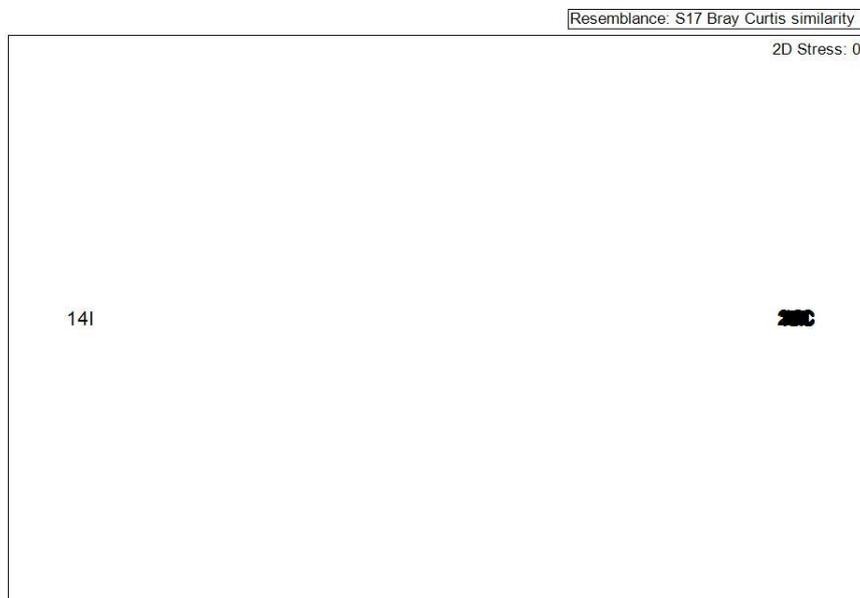


Figura 3.45. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la abundancia de las especies observadas para cada uno de los tiempos estudiados (1: 2003, 2: 2004, 3: 2005, 4: 2006, 5: 2007, 6: 2008, 7: 2009, 8: 2010 invierno, 9: 2010 verano, 10: 2011 invierno, 11: 2011 verano, 12: 2012 invierno, 13: 2012 verano, 14: 2013 invierno, 15: 2013 verano, 16: 2014 invierno, 17: 2014 verano, 18: 2015 invierno, 19: 2015 verano, 20: 2016 invierno, 21: 2016 verano, 22: 2017 invierno y 23: 2017 verano) en el área impacto (I) y control (C).

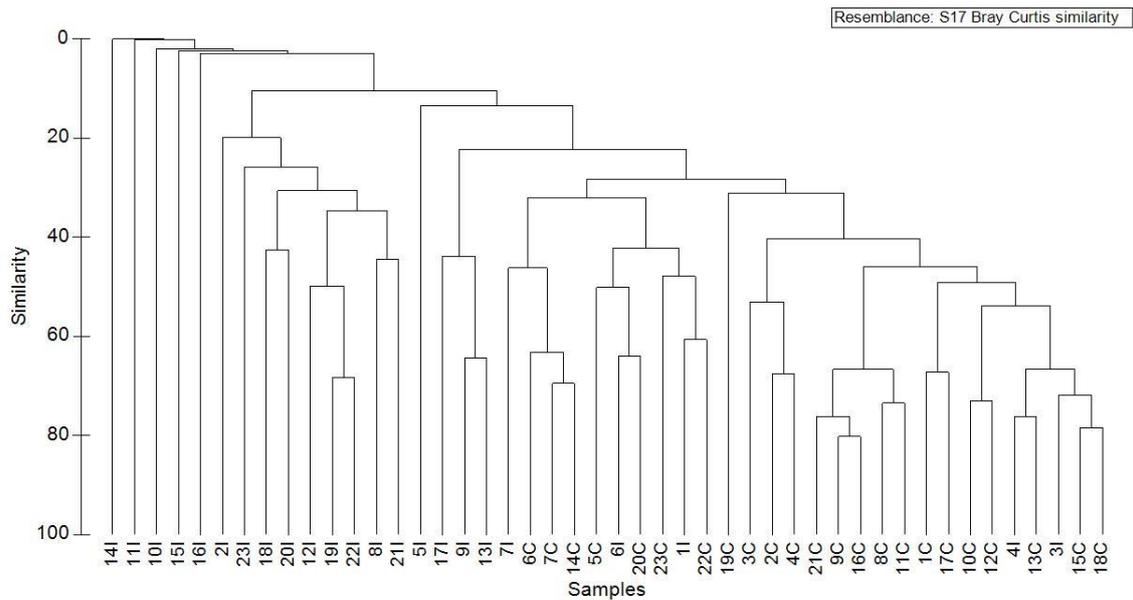


Figura 3.46. Dendrograma de similitud realizado con la abundancia de las especies observadas para cada uno de los tiempos estudiados (1: 2003, 2: 2004, 3: 2005, 4: 2006, 5: 2007, 6: 2008, 7: 2009, 8: 2010 invierno, 9: 2010 verano, 10: 2011 invierno, 11: 2011 verano, 12: 2012 invierno, 13: 2012 verano, 14: 2013 invierno, 15: 2013 verano, 16: 2014 invierno, 17: 2014 verano, 18: 2015 invierno, 19: 2015 verano, 20: 2016 invierno, 21: 2016 verano, 22: 2017 invierno y 23: 2017 verano) en el área impacto (I) y control (C).

4.- VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS COMUNIDADES MARINAS EN LA BAHÍA DE ALICANTE

Los resultados del seguimiento de la pradera de *Posidonia oceanica* indican que en la zona de estudio esta comunidad no presenta regresión durante 2017 excepto en la estación del Postiguet. Aunque los valores de Arenales también son negativos este año están próximos a cero por lo que no se puede asegurar una regresión de esta estación que normalmente ha presentado el mejor estado de conservación. Las estaciones más próximas al vertido de la desaladora presentan balances positivos por lo que se están recuperando. Además, la abundancia de equinodermos en todas las estaciones indica que no ha habido cambios bruscos de salinidades en la zona próxima al vértido.

Por otra parte, se observa una recuperación de la fauna en el área de influencia del vertido desde el inicio de la dilución del vertido de las desalinizadoras. Como se ha comentado anteriormente, los equinodermos están presentes en todos los muestreos de los últimos años, la ictiofauna es similar a la observada antes del inicio del vertido y la fauna de fondos blandos, que presentó la mayor segregación en el 2005 y 2006 en las estaciones con una mayor influencia del vertido, es más similar entre las diferentes estaciones. De hecho, desde que empezó la dilución del vertido la estación B1, la más próxima al mismo, se asemeja más a los controles.

5.- CONCLUSIONES

5.1.- Control de la salinidad en el medio receptor

- Durante el año 2017 las superaciones del valor de referencia de 38.5 siguen siendo muy bajas. Asimismo, los valores promedio anuales han descendido, siendo inferiores a 37.8 en todas las estaciones. En ninguna estación se sobrepasa el porcentaje anual de superaciones recomendado.

5.2.- Pradera de *Posidonia oceanica*

- Durante el año 2017 solo se observa la regresión de la pradera de *Posidonia* en la zona norte (Postiguet) y en menor medida en el sur (Arenales) de la bahía.
- La regresión observada no se puede atribuir al vertido de la desalinizadora puesto que en las localidades situadas más próximas al mismo (Desaladora y Urbanova 16) se ha estimado un aumento en la división de haces y en el balance total de haces.

5.3.- Comunidad bentónica

Equinodermos y otras especies de interés

- Se siguen detectando equinodermos en todas las estaciones de pradera superficial estudiadas, con densidades similares a las observadas antes de la puesta en marcha de la desalinizadora. La presencia de equinodermos en todas las estaciones indica que las poblaciones de estos organismos están recuperadas y bien establecidas, y que la influencia de los cambios de salinidad producidos por la desalinizadora en estas poblaciones es pequeña o nula.

Fondos blandos

- El análisis de la comunidad de infauna muestra como las diferencias detectadas entre estaciones están relacionadas con la interacción de los factores profundidad y transecto, detectándose un descenso de abundancia en las estaciones más someras y en la estación situada a 10 metros en el transecto C; así como una menor riqueza en las estaciones más someras. Al analizar la estructura de la comunidad se detecta un descenso en la abundancia de los grupos poliquetos, bivalvos, decápodos, anfípodos y nematodos en las estaciones situadas a 4 metros de profundidad y en C2. Estas variaciones en la estructura de la comunidad están relacionadas con cambios en la

granulometría, porcentaje de materia orgánica y valores de potencial redox determinados por la profundidad de las distintas estaciones.

- Con respecto a campañas anteriores, la situación actual de la estación más cercana al vertido es similar a la obtenida durante los años 2011 y 2014. De modo que mantiene una comunidad parecida a la detectada en el resto de estaciones y no se registra la situación detectada en el año 2005, durante el cual se observaron grandes cambios en la comunidad bentónica de la estación del vertido.
- En cuanto a la composición del poblamiento de poliquetos en la zona de estudio se detecta heterogeneidad entre las estaciones someras y las profundas. Mientras que en la mayoría de las estaciones localizadas a 10 y 15 metros se obtienen mayores abundancias de las familias Capitellidae, Syllidae, Spionidae, Scalibregmatidae, Chaetopteridae y Paraonidae. Las estaciones someras se caracterizan por presentar bajos valores de abundancia y riqueza. Así mismo, se detecta heterogeneidad entre las estaciones someras. Se observa como la estación B1 se segrega de las estaciones A1 y C1 siendo las familias Hesionidae, Polygordiidae y Dorvilleidae las dominantes en la estación cercana al vertido, durante esta campaña de muestreo.

5.4.- Comunidades nectónicas

- El estudio de las comunidades nectónicas mantiene la tendencia observada en campañas anteriores. Desde antes desde el estudio preoperacional la abundancia, riqueza y biomasa de peces en la zona más próxima al vertido es más baja que en la estación control por lo que no estas diferencias no pueden deberse al vertido.

6.- REFERENCIAS

Buchanan, J.B. 1984. Sediment analysis. En: Methods for the study of marine benthos. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117-143.

Clarke, K.R.; Warwick, R.M. 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Natural Environment Research Council, UK, 144 pp.

Cochran, W.G. 1951. Testing a linear relation among variances. *Biometrics*, 7: 17-32.

Didby, P.G.N.; Kempton, R.A. 1987. Chapter 3. Ordination. En: *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman y Hall (Eds.). London. 97-102 pp.

Harmelin-Vivien, M.L. ; Harmelin, J.G. 1975. Présentation d'une méthode d'évaluation "in situ" de la fauna ichthyologique. *Trav. sci. Parc nation. Port Cros*, 1: 47-52.

Hurlbert, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54(2): 187-211.

Hurlbert, S.H.; White, M.D. 1993. Experiments with freshwater invertebrate zooplanktivores: quality of statistical analyses. *Bulletin of Marine Science*, 53(1): 128-153.

Romero, J., 1985. Estudio ecológico de las fanerógamas marinas de la Costa Catalana: Producción primaria de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en las islas Medes. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. 266 pp.

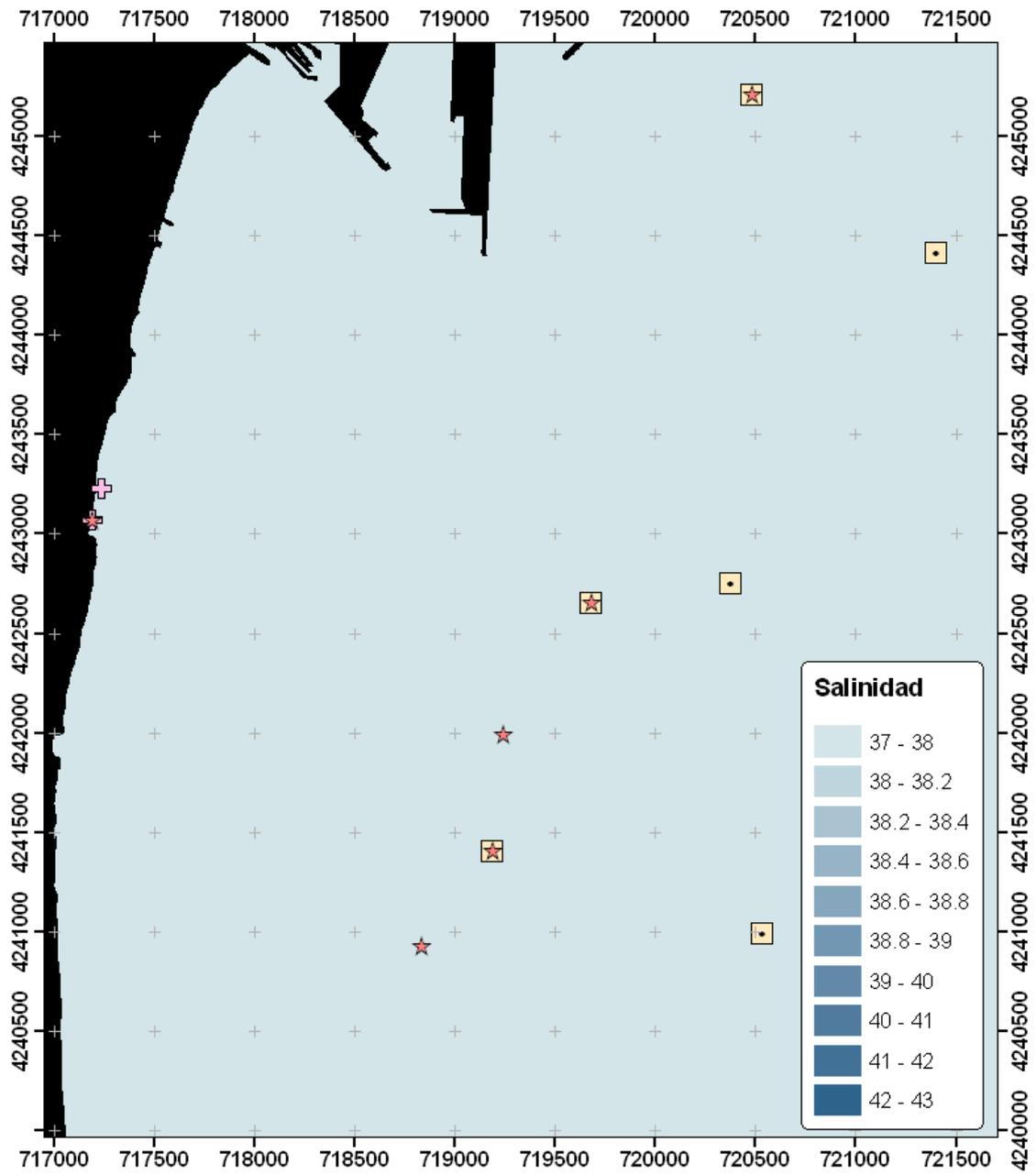
Sale, P.F.; Douglas, W.A. 1981. Precision and accuracy of visual census techniques for fishes assemblages on coral patch reefs. *Environ. Biol. Fish.*, 6: 333-339.

Sánchez-Lizaso, J.L.; Fernández Torquemada, Y.; Forcada Almarcha, A.; Giménez Casalduero, F.; González Correa, J.M.; del Pilar Ruso, Y.; Valle Pérez, C. 2003. Estudio preoperacional de la Planta Desaladora de agua marina del Canal de Alicante. Informe técnico Universidad de Alicante.

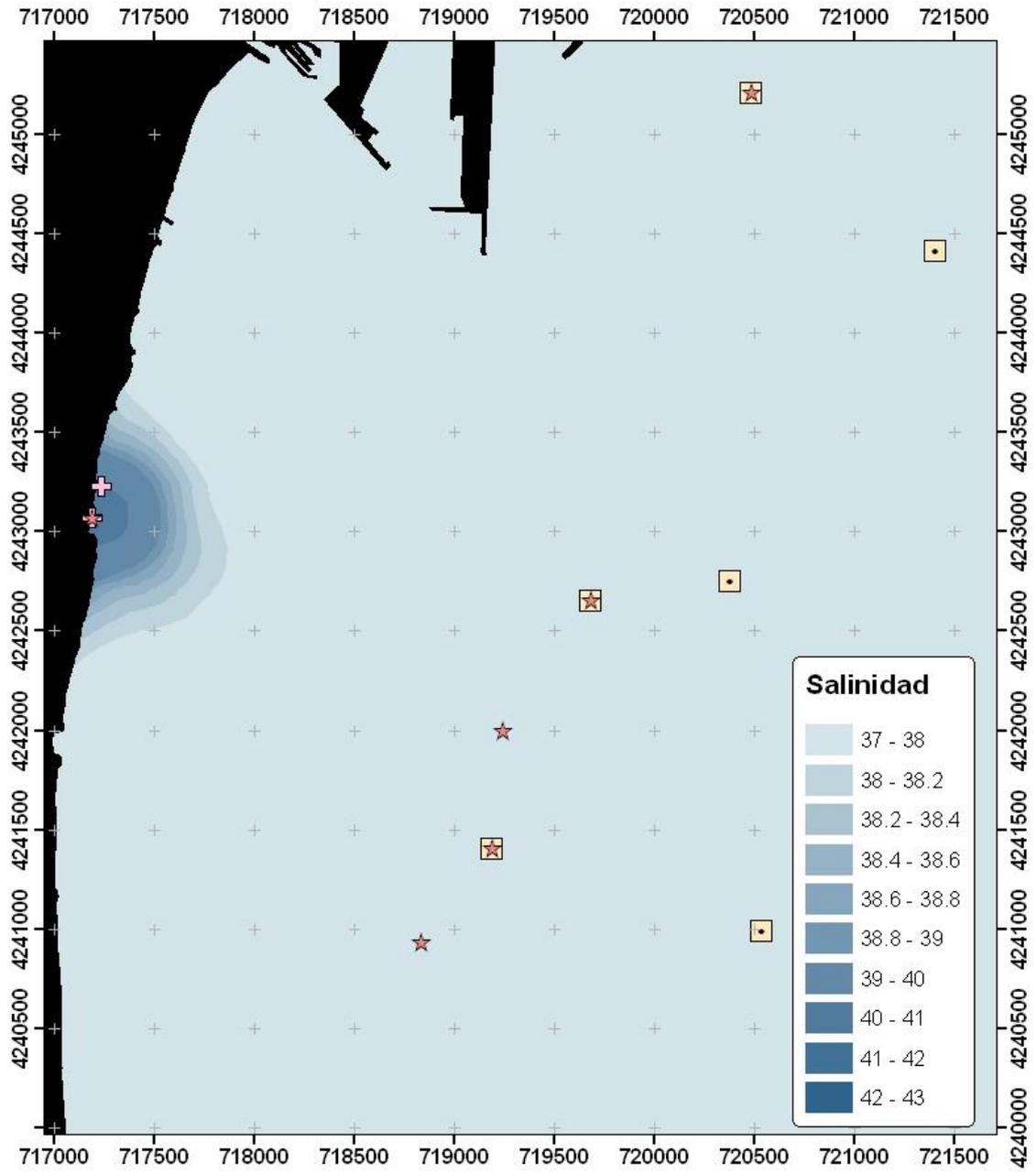
ANEXO 1: Campañas de distribución espacial de la salinidad

Campaña 31 de enero del 2017:

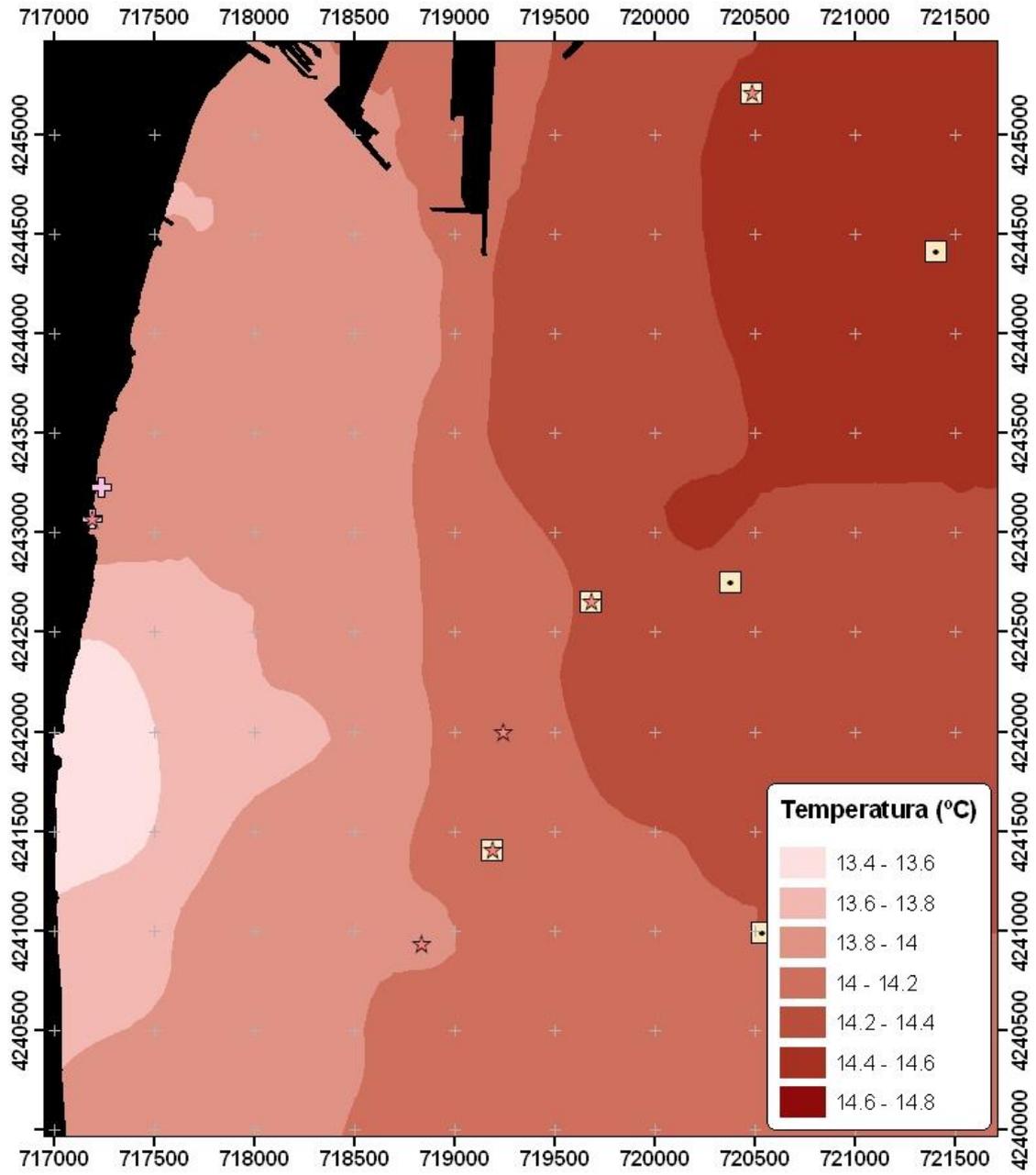
- Salinidad superficial:



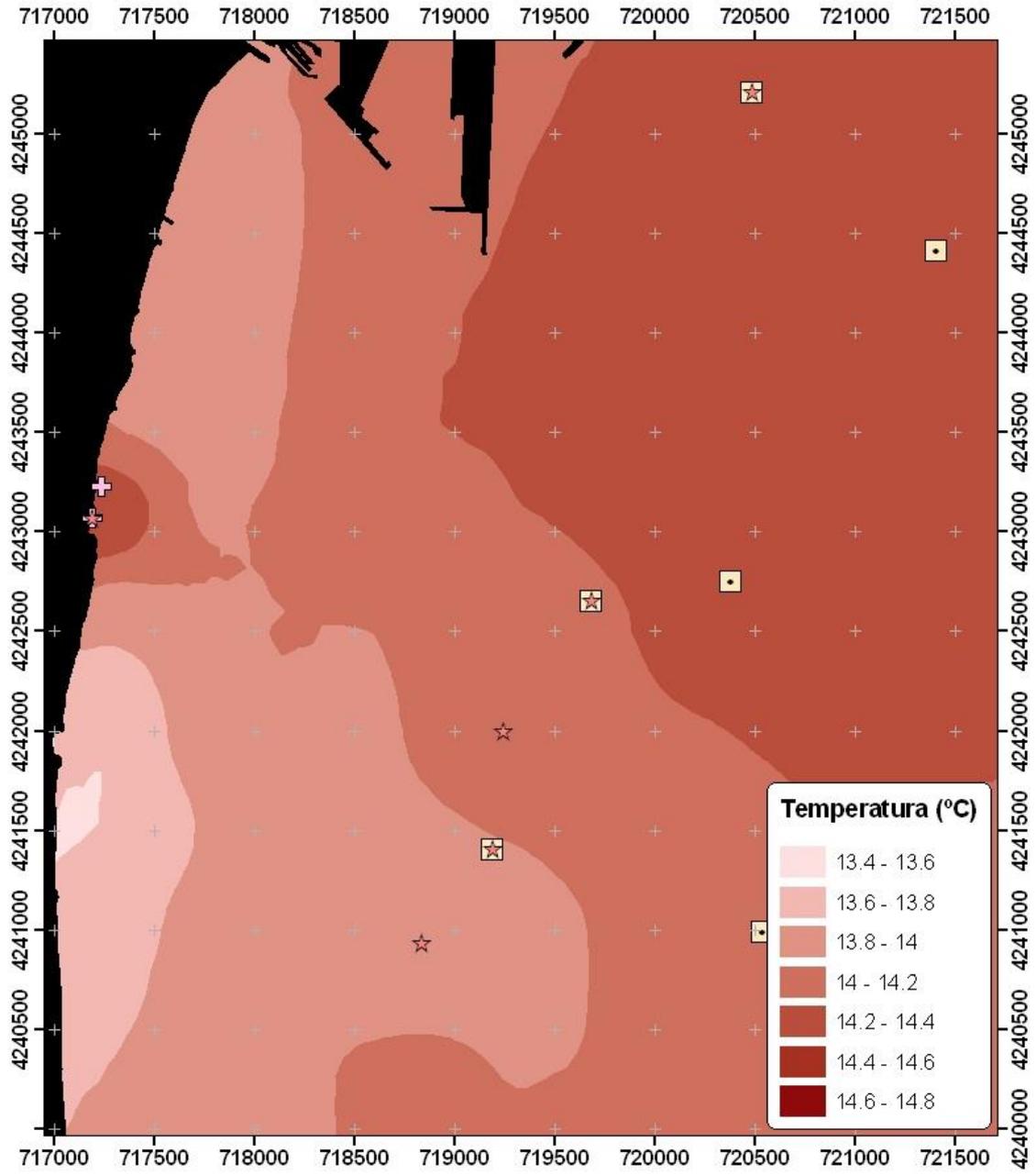
- Salinidad en el fondo:



- Temperatura superficial:

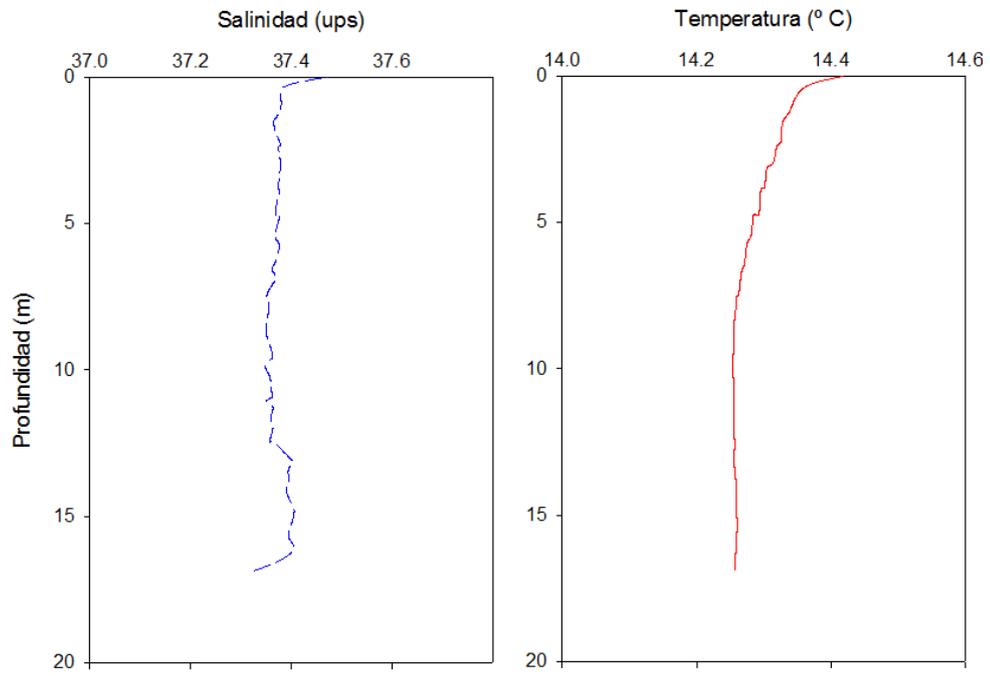


- Temperatura en el fondo:

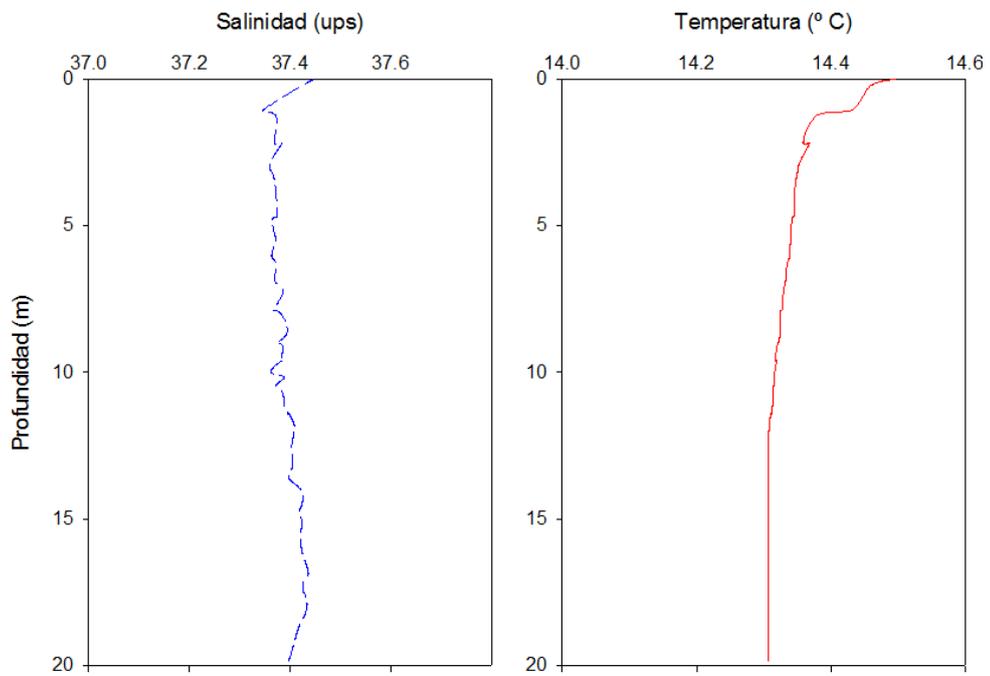


* Perfiles de salinidad y temperatura sobre las parcelas permanentes:

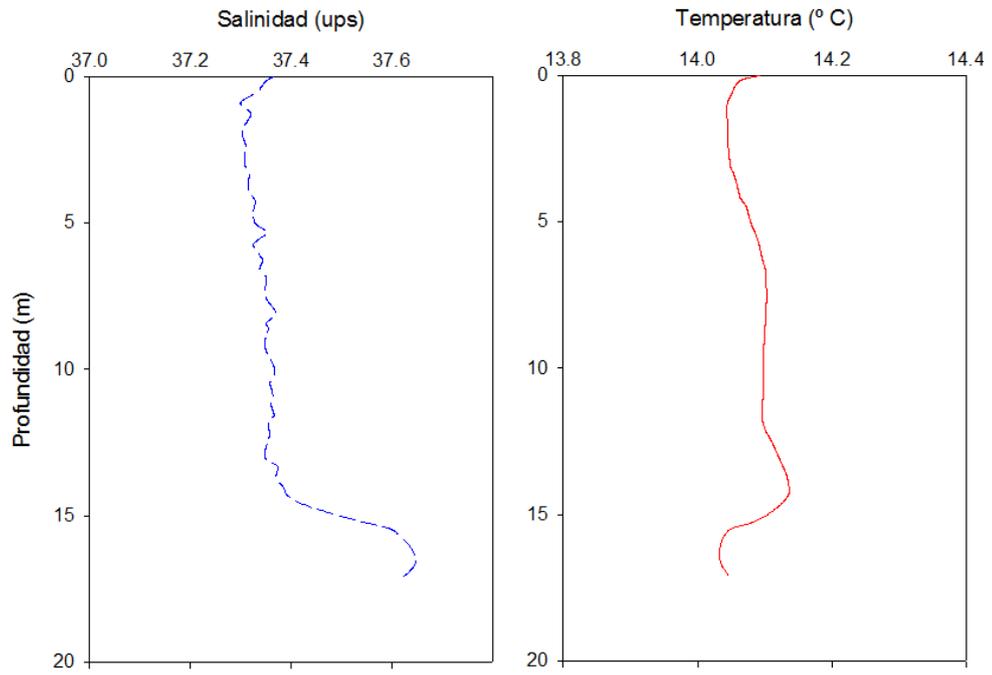
- Puerto 16 m:



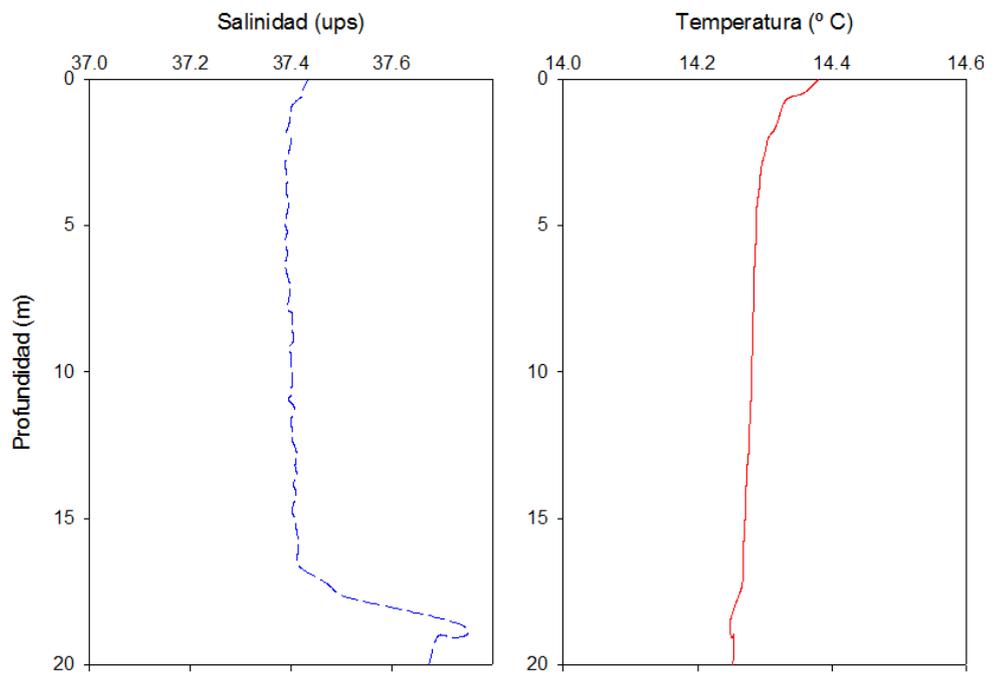
- Puerto 20 m:



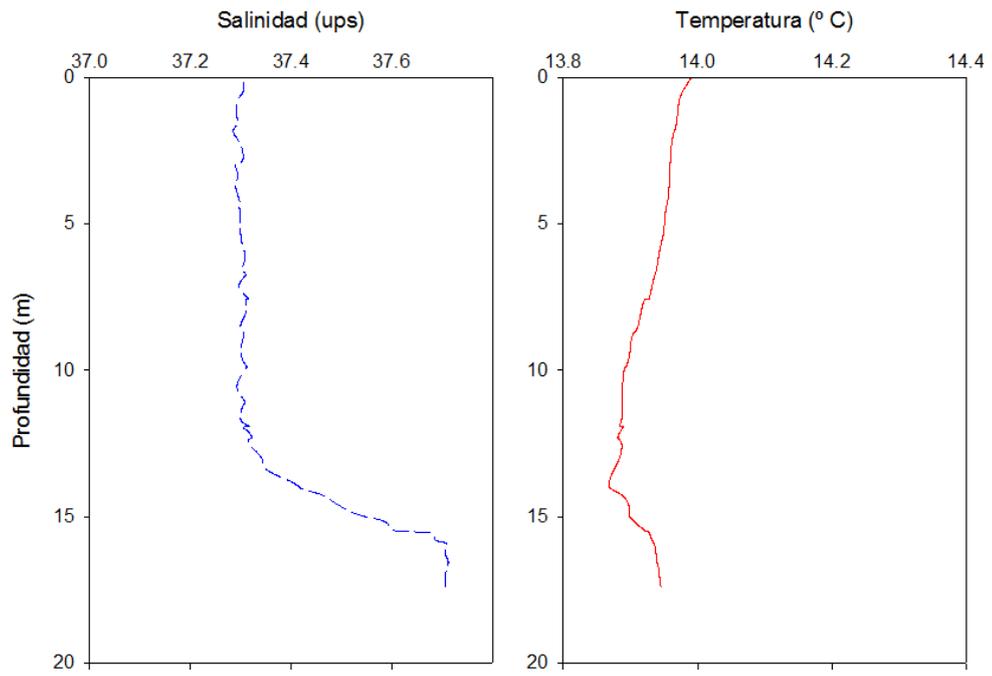
- Desaladora 16 m:



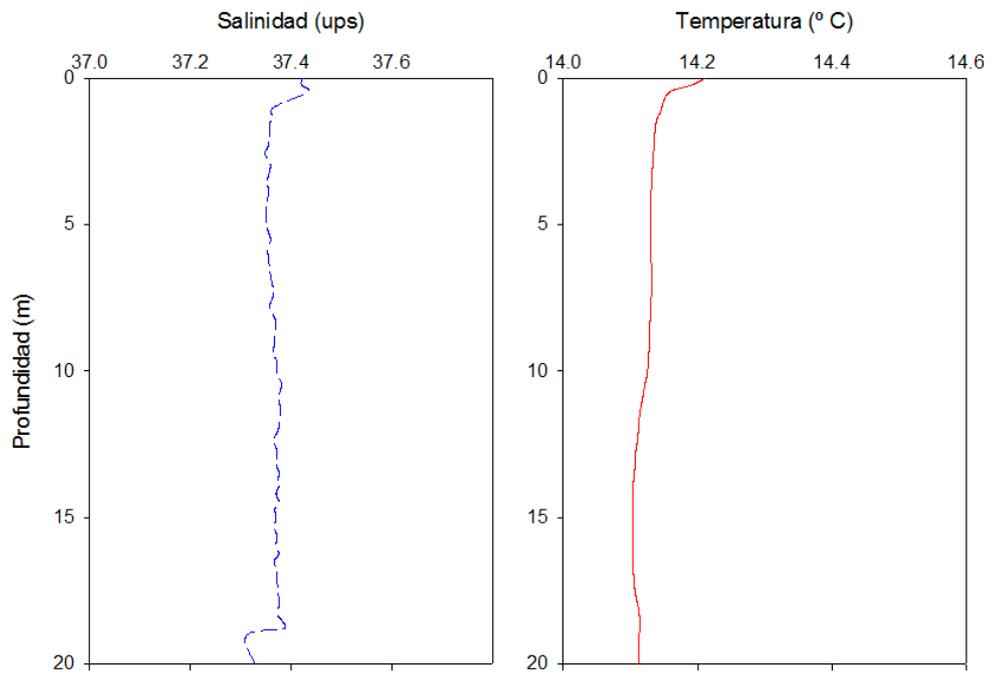
- Desaladora 20 m:



- Urbanova 16 m:

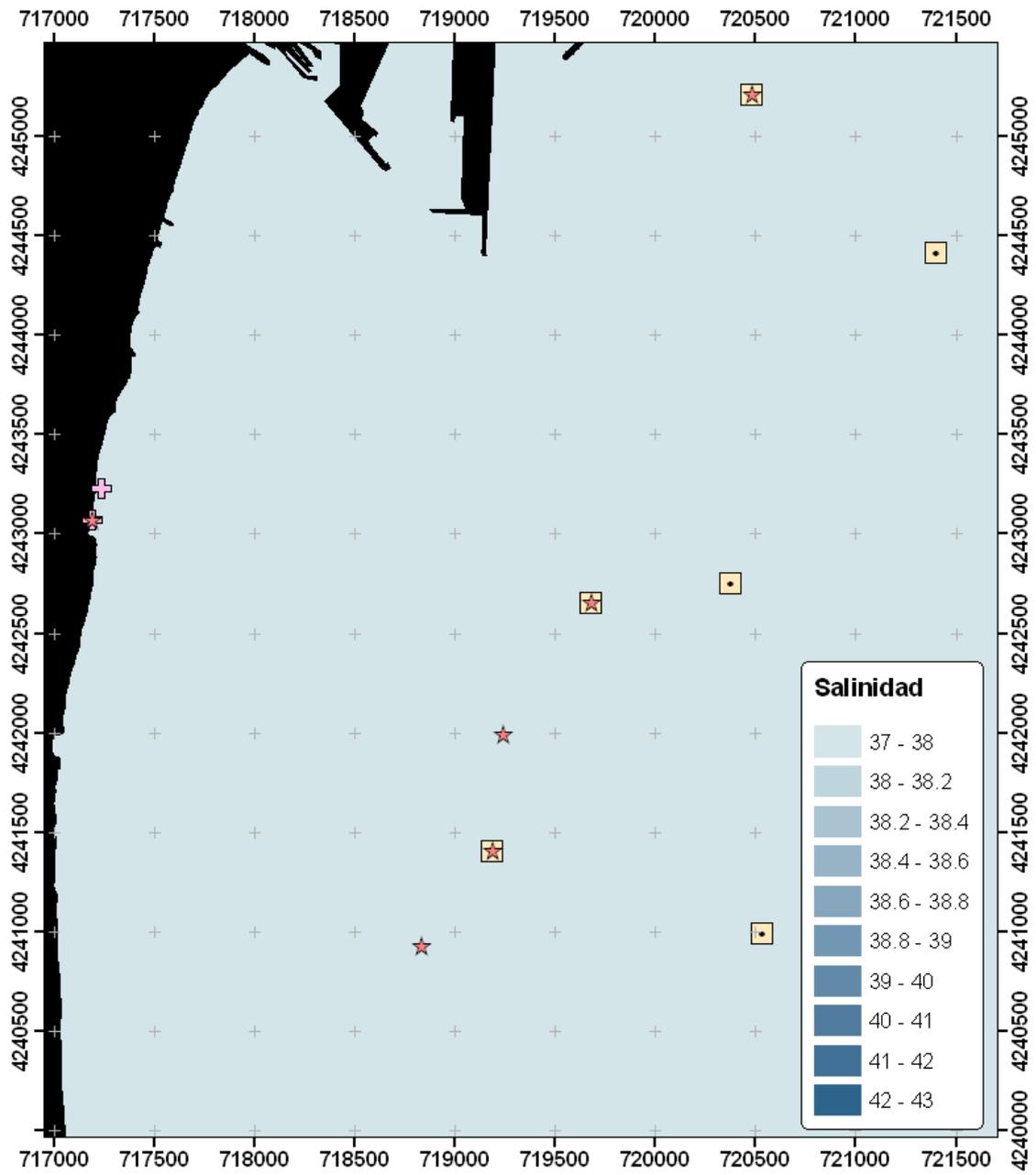


- Urbanova 20 m:

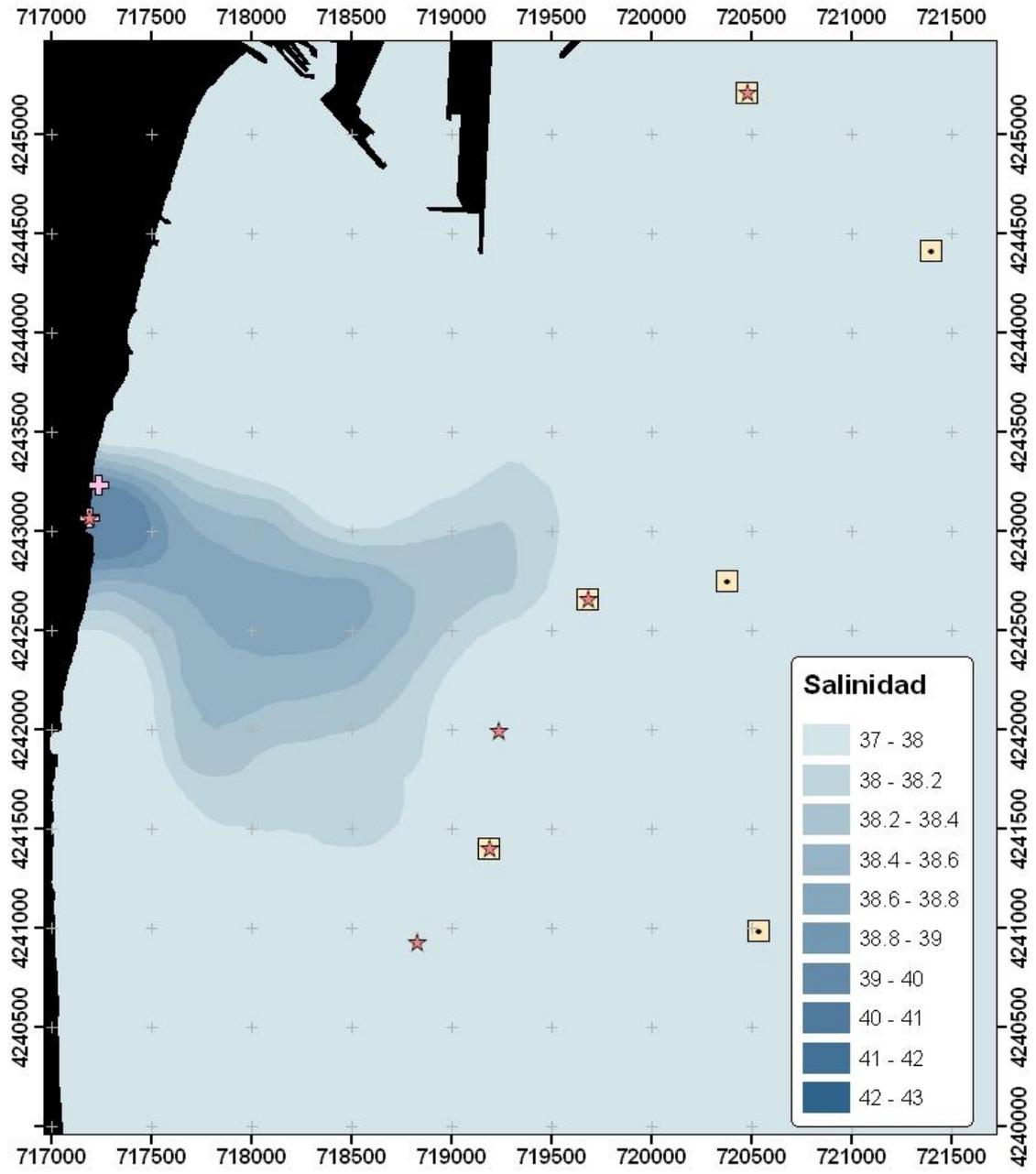


Campaña 13 de junio del 2017:

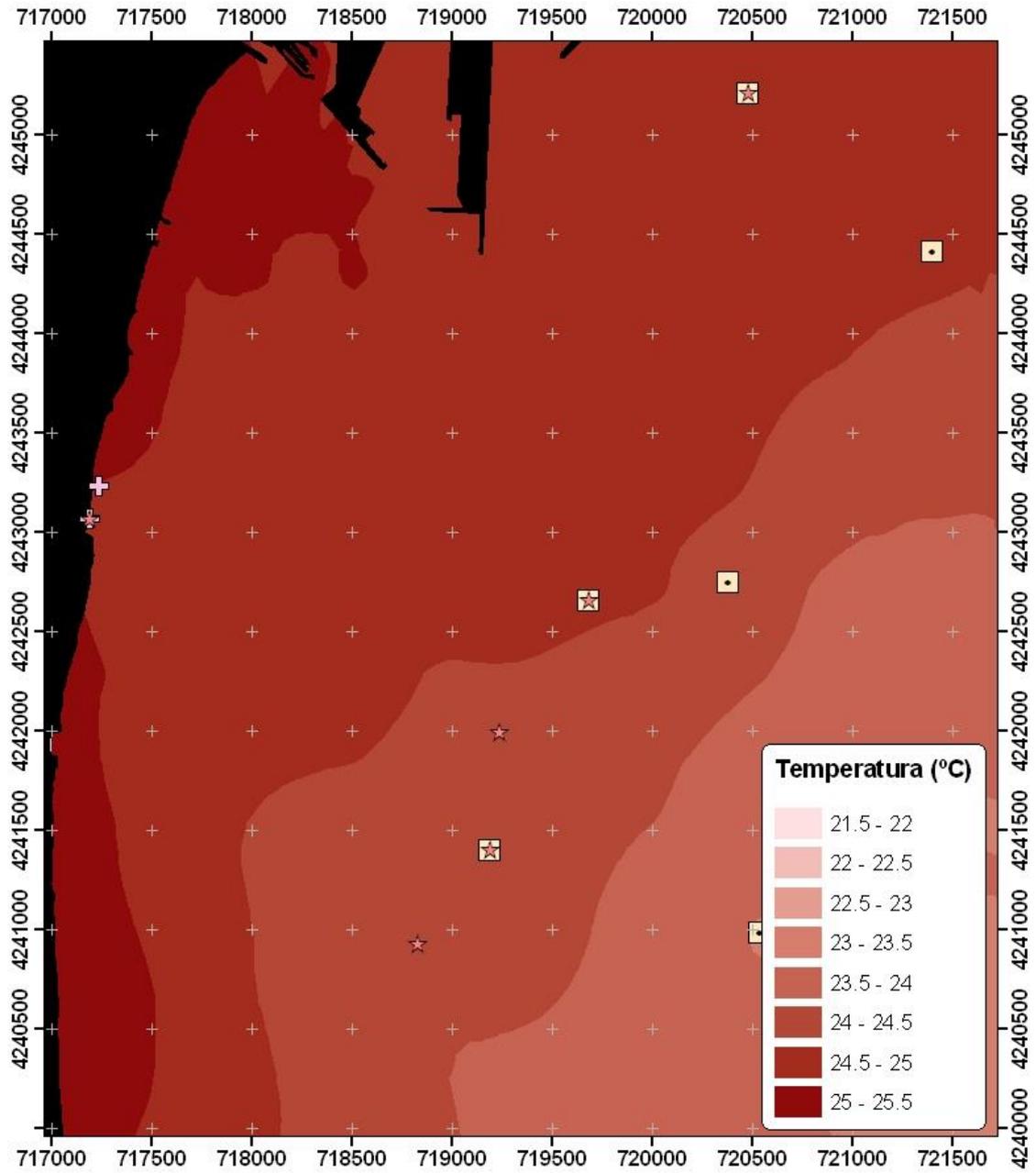
- Salinidad superficial:



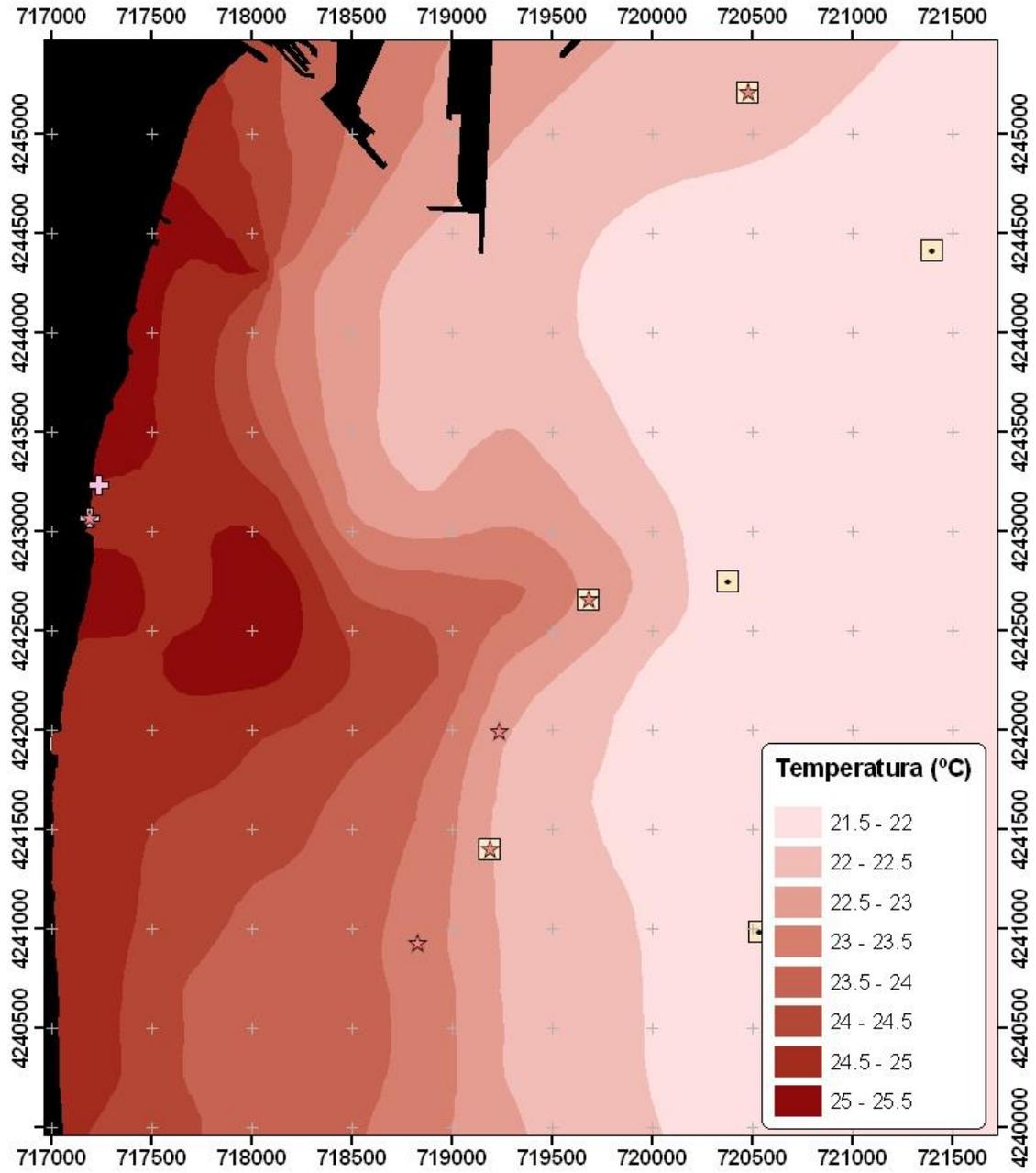
- Salinidad en el fondo:



- Temperatura superficial:

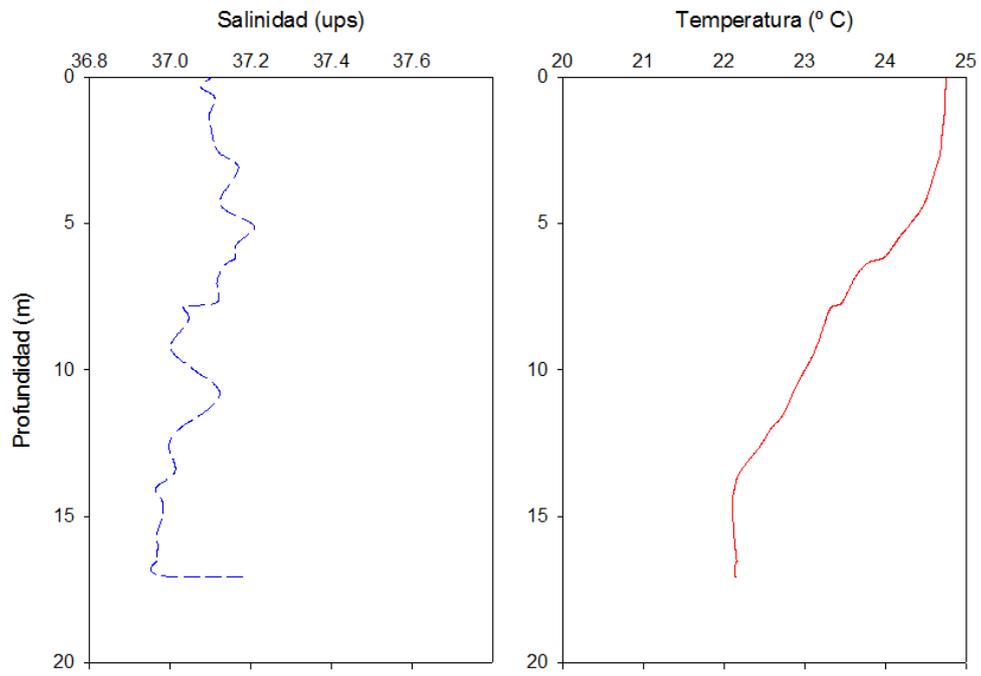


- Temperatura en el fondo:

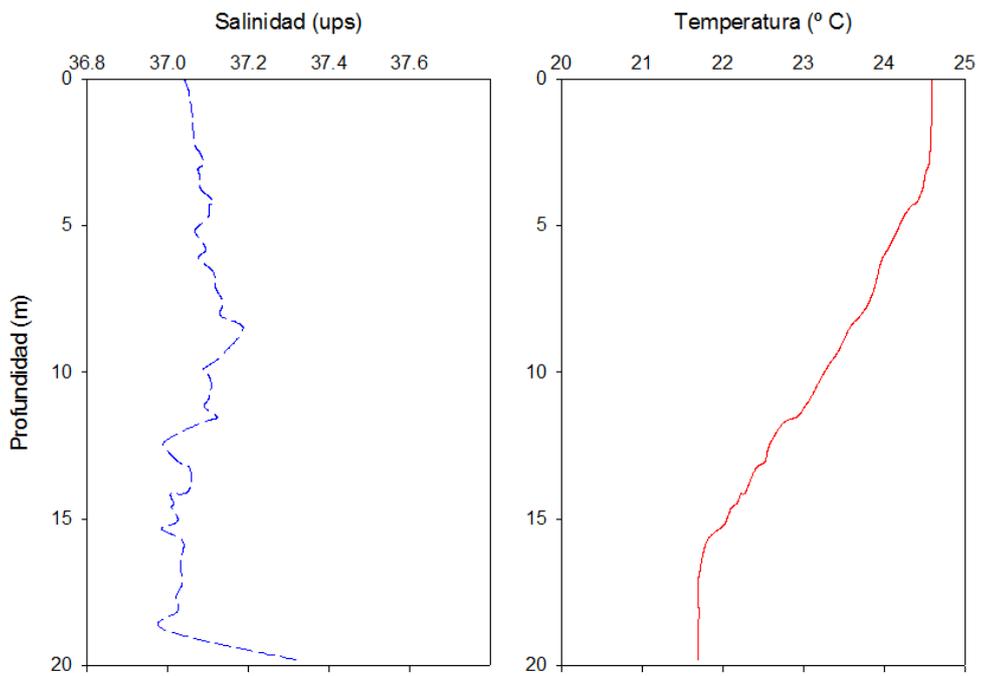


* Perfiles de salinidad y temperatura sobre las parcelas permanentes:

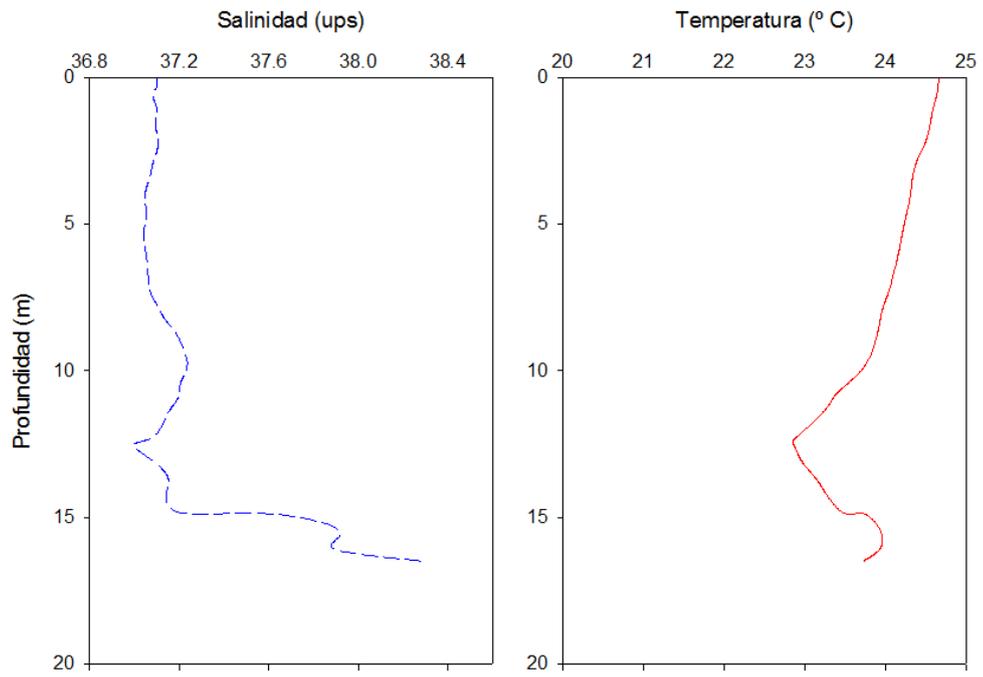
- Puerto 16 m:



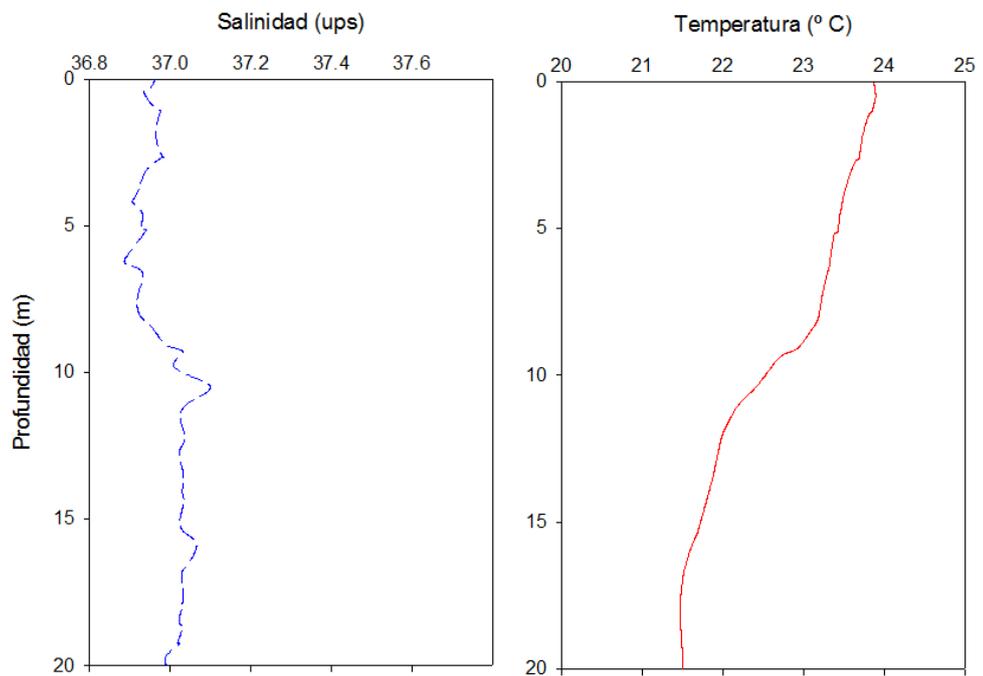
- Puerto 20 m:



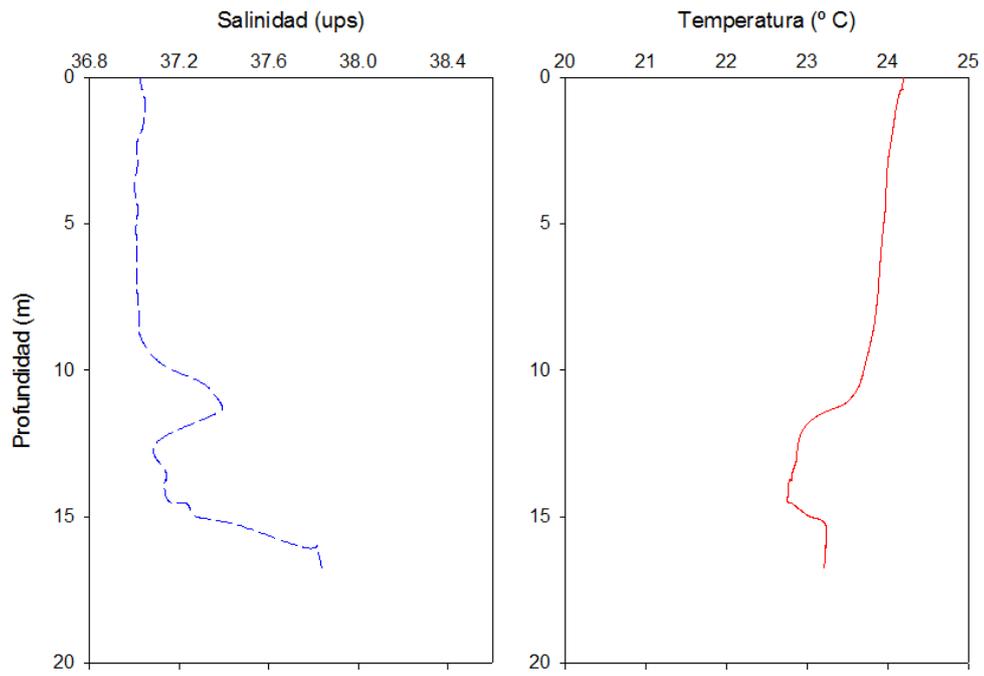
- Desaladora 16 m:



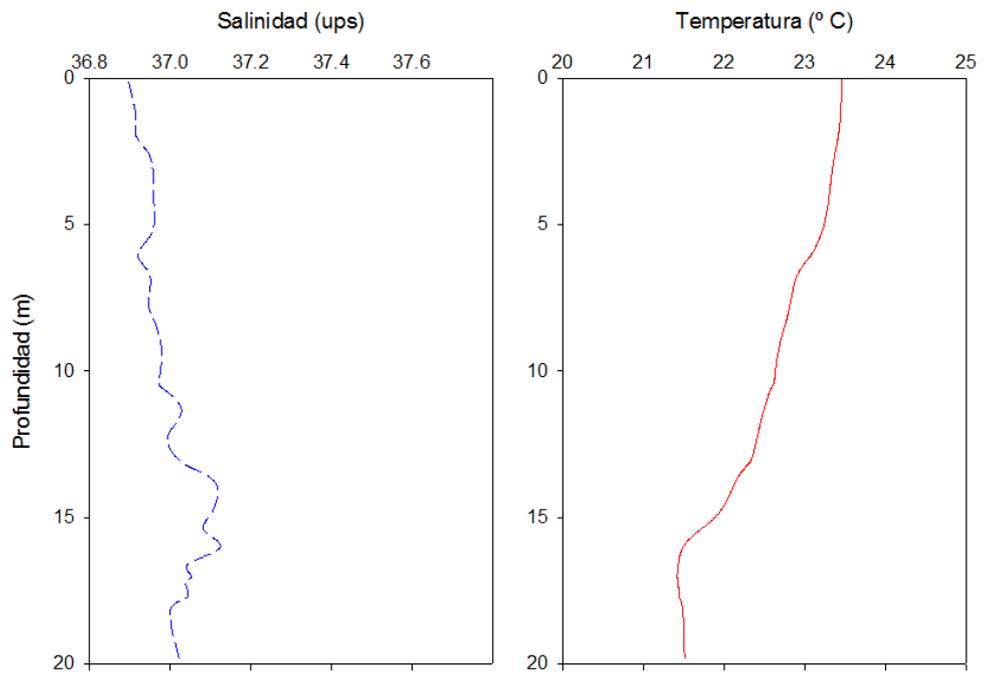
- Desaladora 20 m:



- Urbanova 16 m:

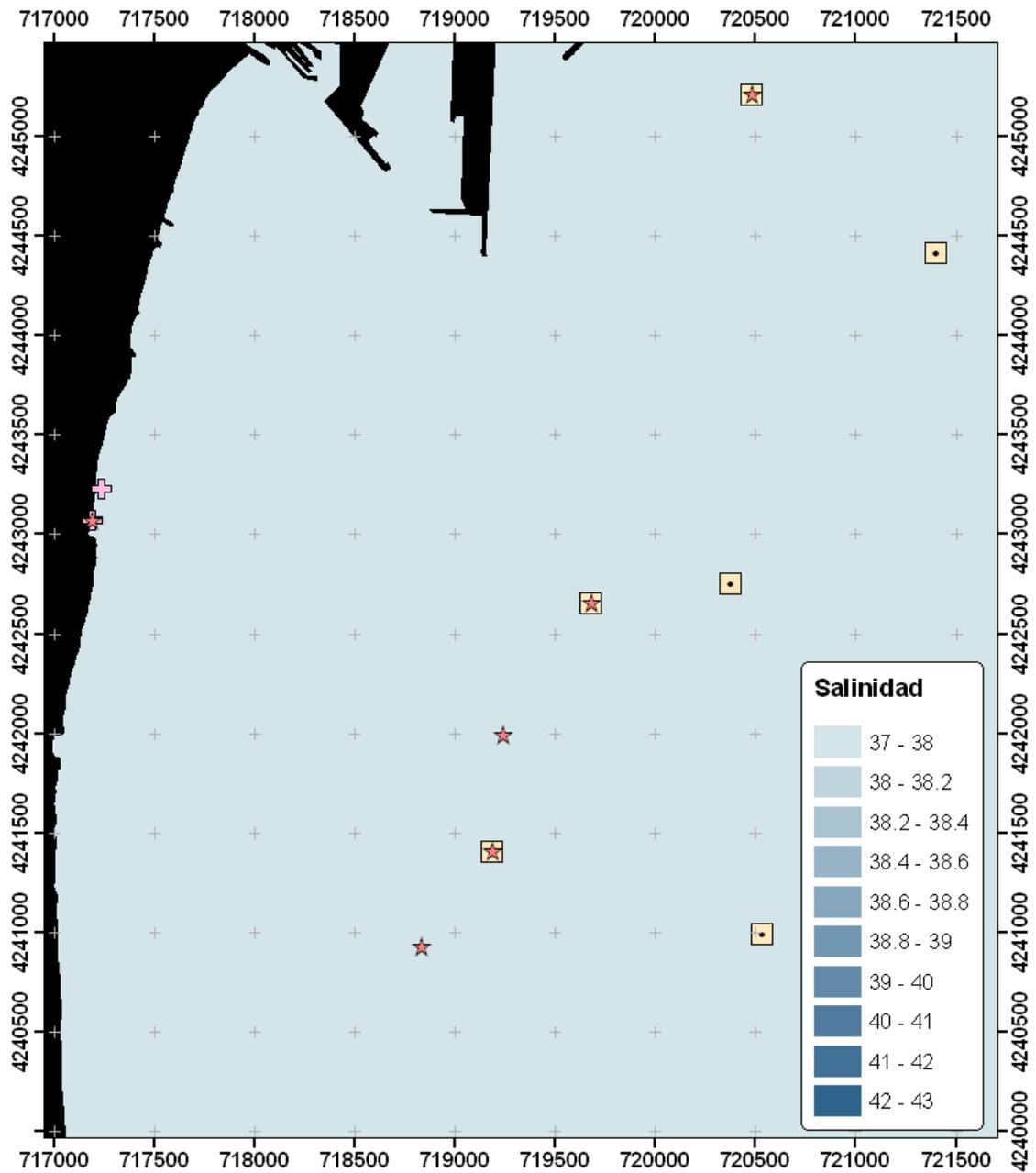


- Urbanova 20 m:

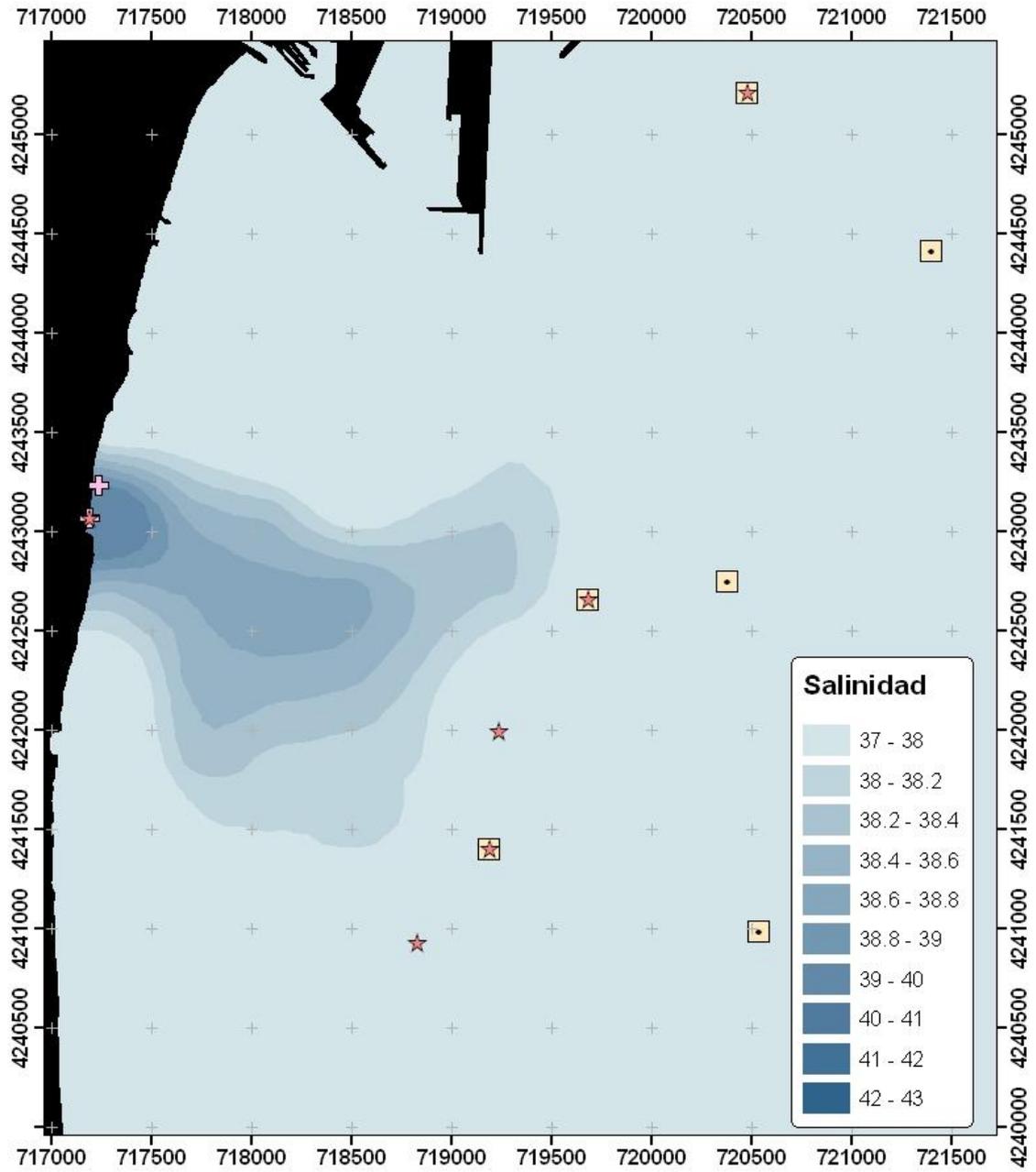


Campaña 21 de septiembre del 2017:

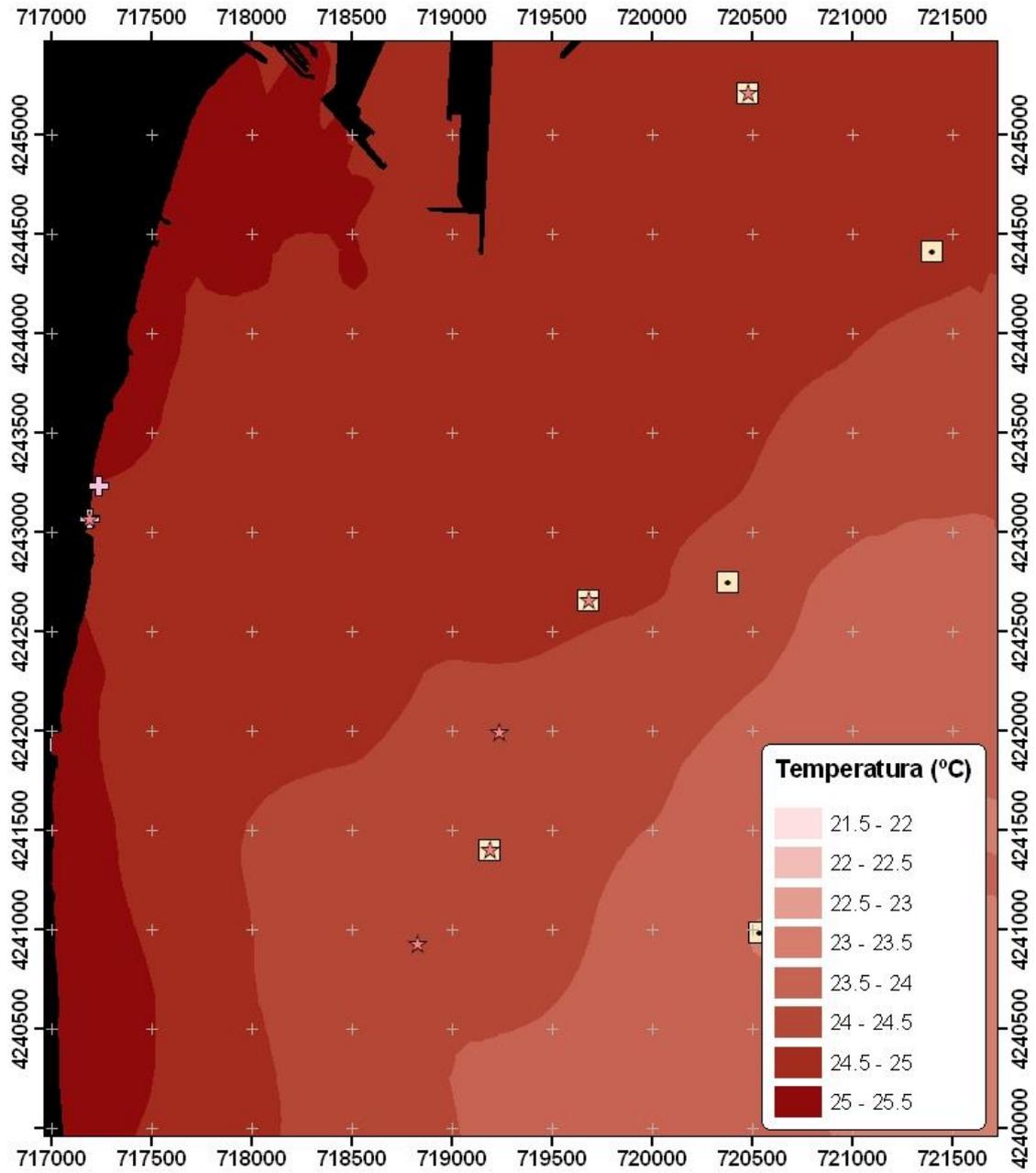
- Salinidad superficial:



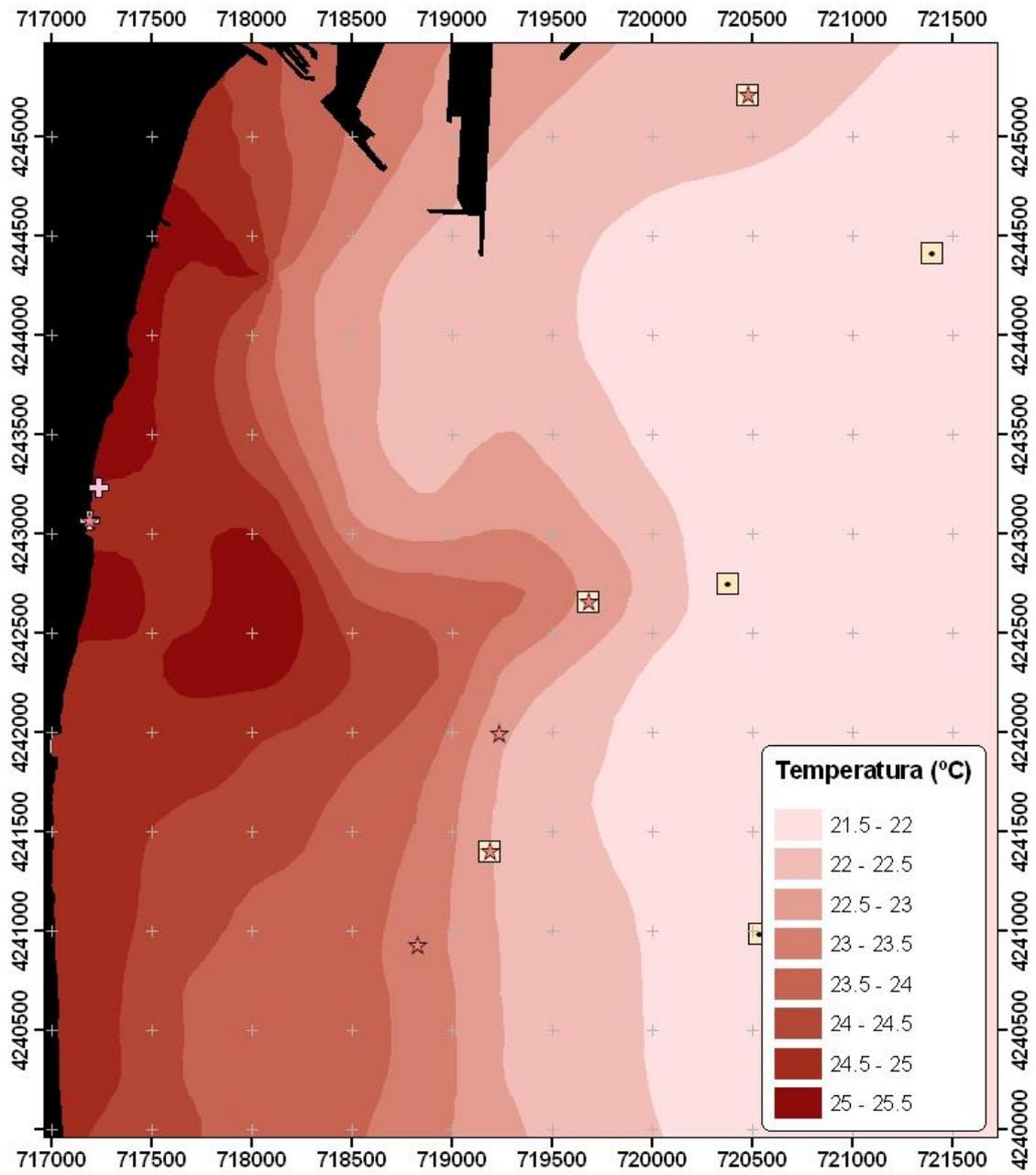
- Salinidad en el fondo:



- Temperatura superficial:

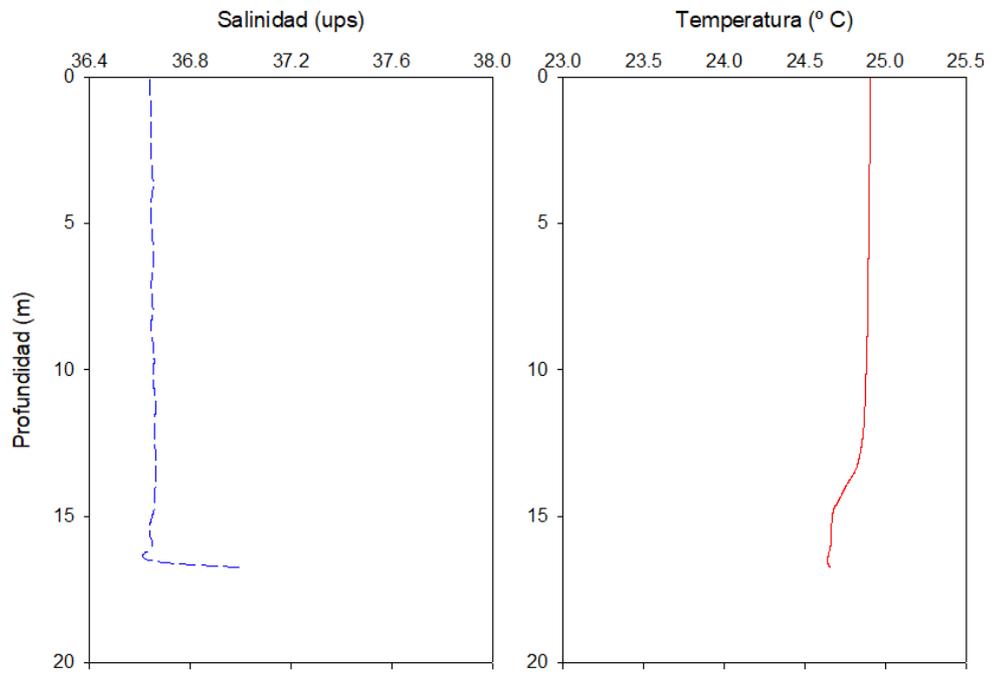


- Temperatura en el fondo:

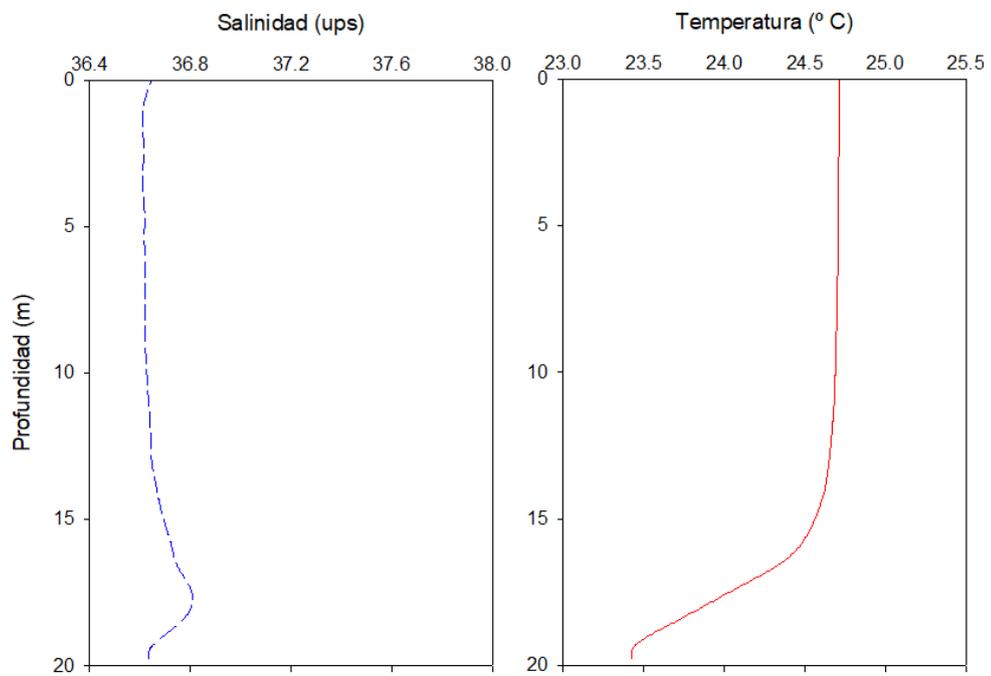


* Perfiles de salinidad y temperatura sobre las parcelas permanentes:

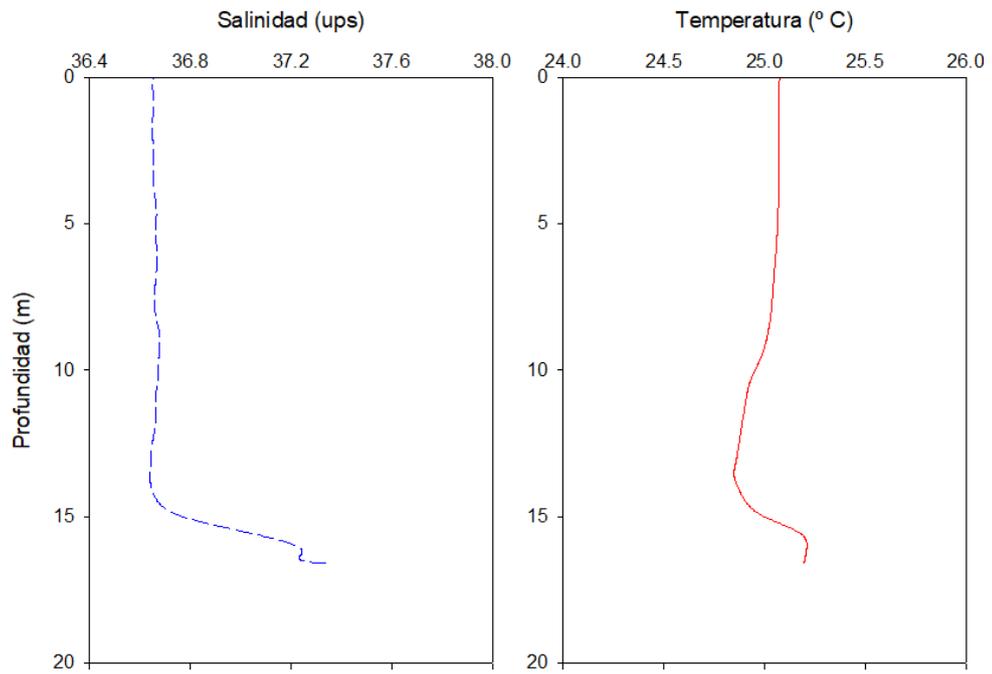
- Puerto 16 m:



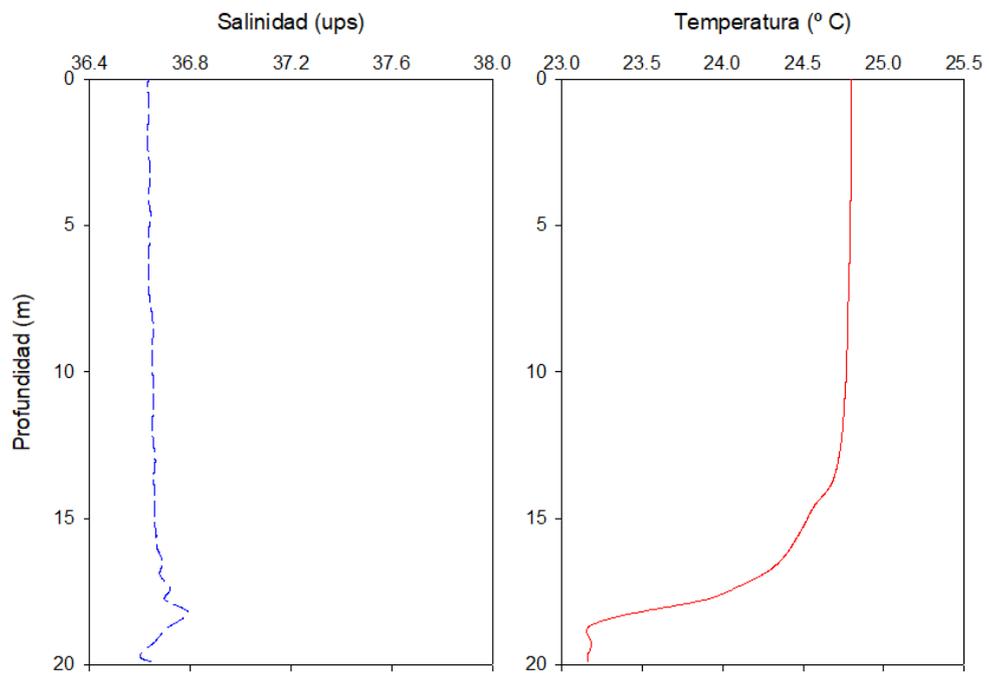
- Puerto 20 m:



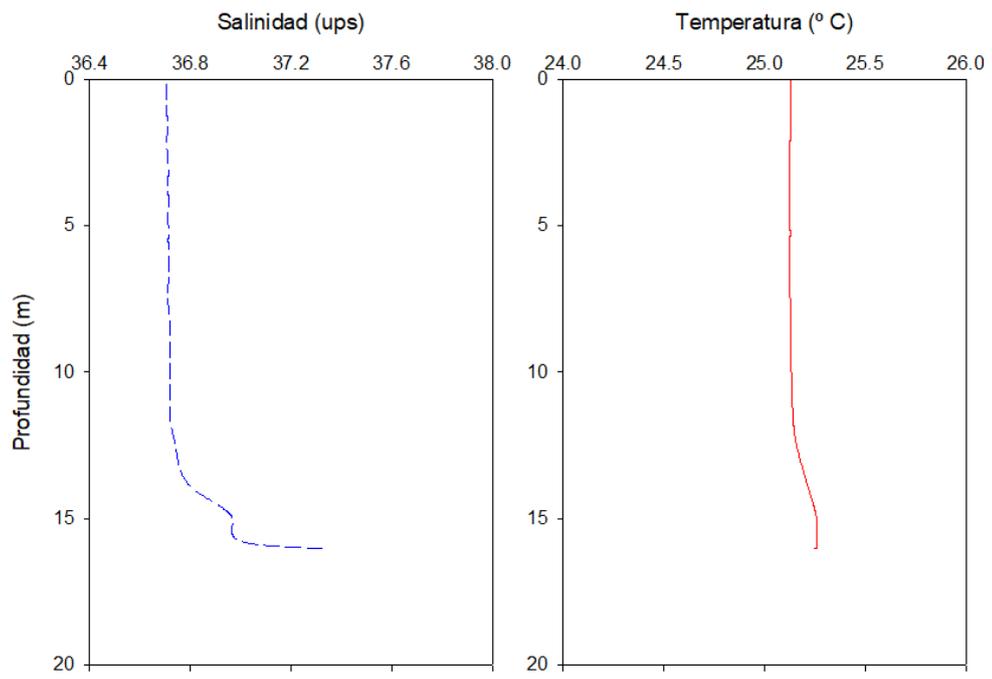
- Desaladora 16 m:



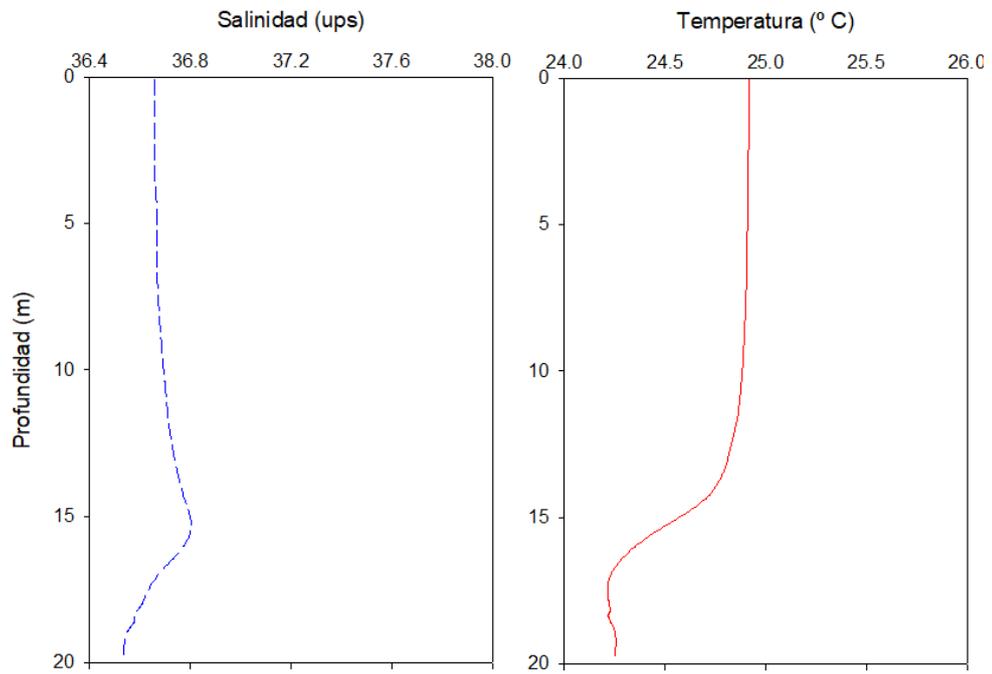
- Desaladora 20 m:



- Urbanova 16 m:

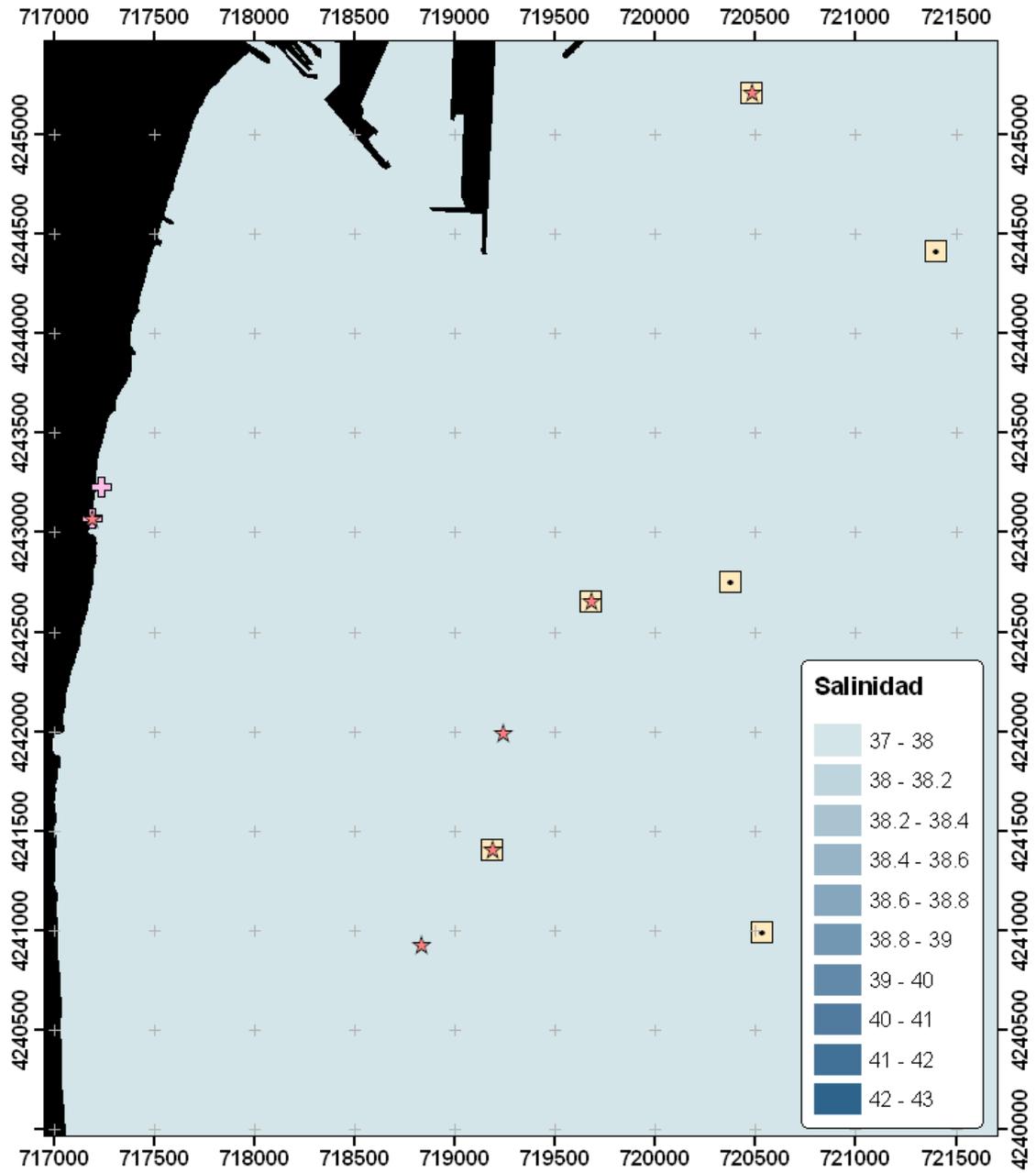


- Urbanova 20 m:

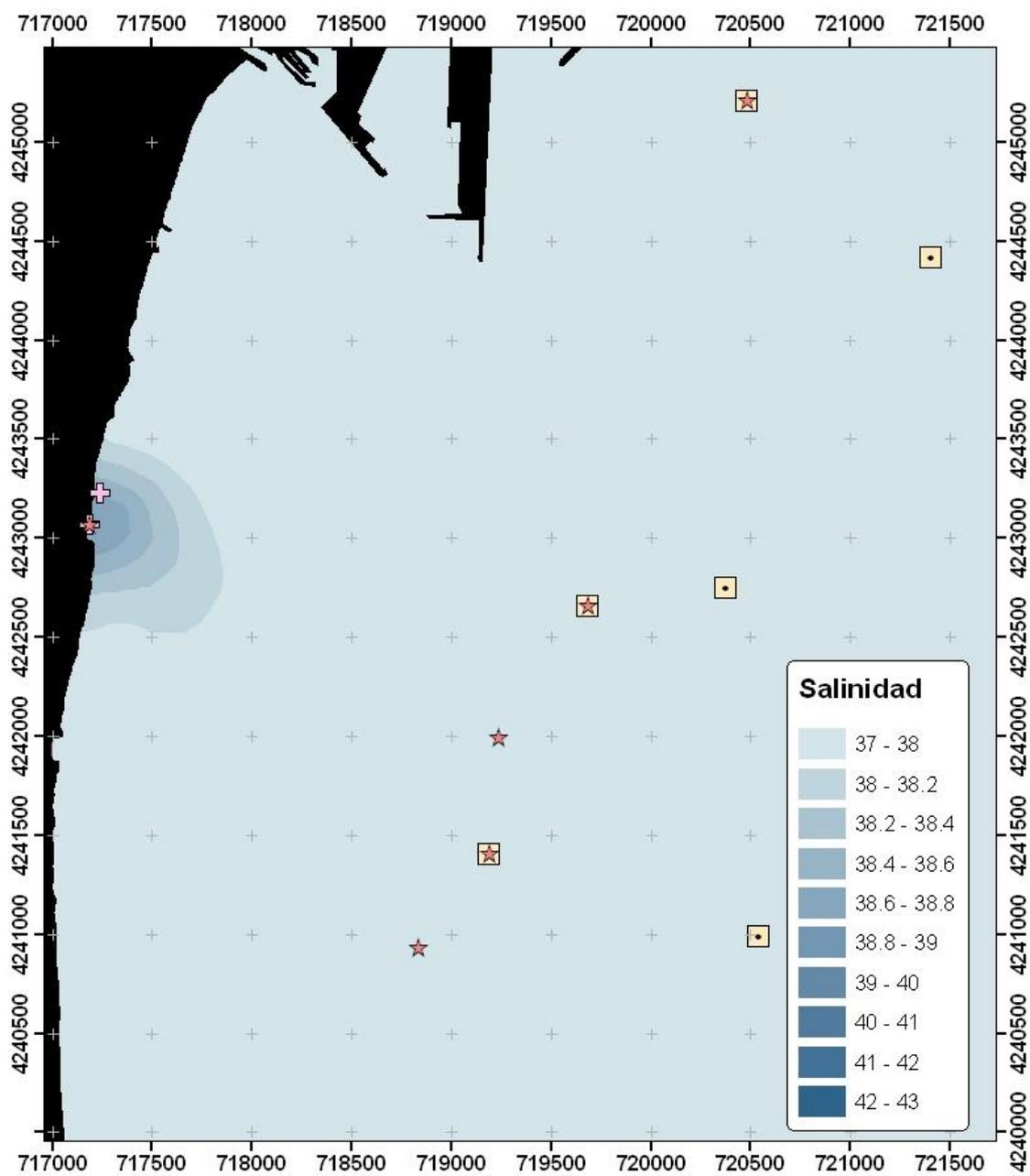


Campaña 9 de noviembre del 2017:

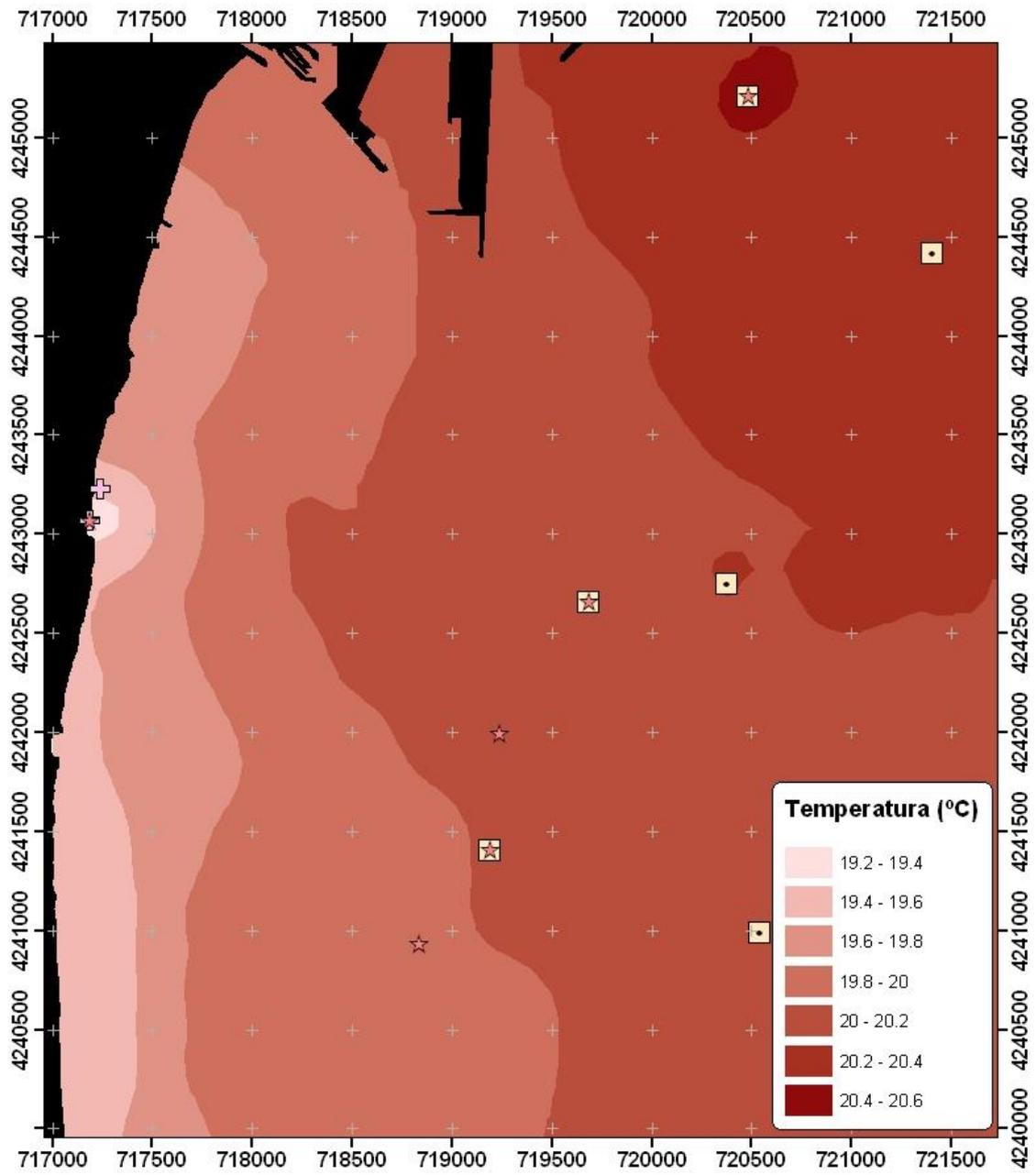
- Salinidad superficial:



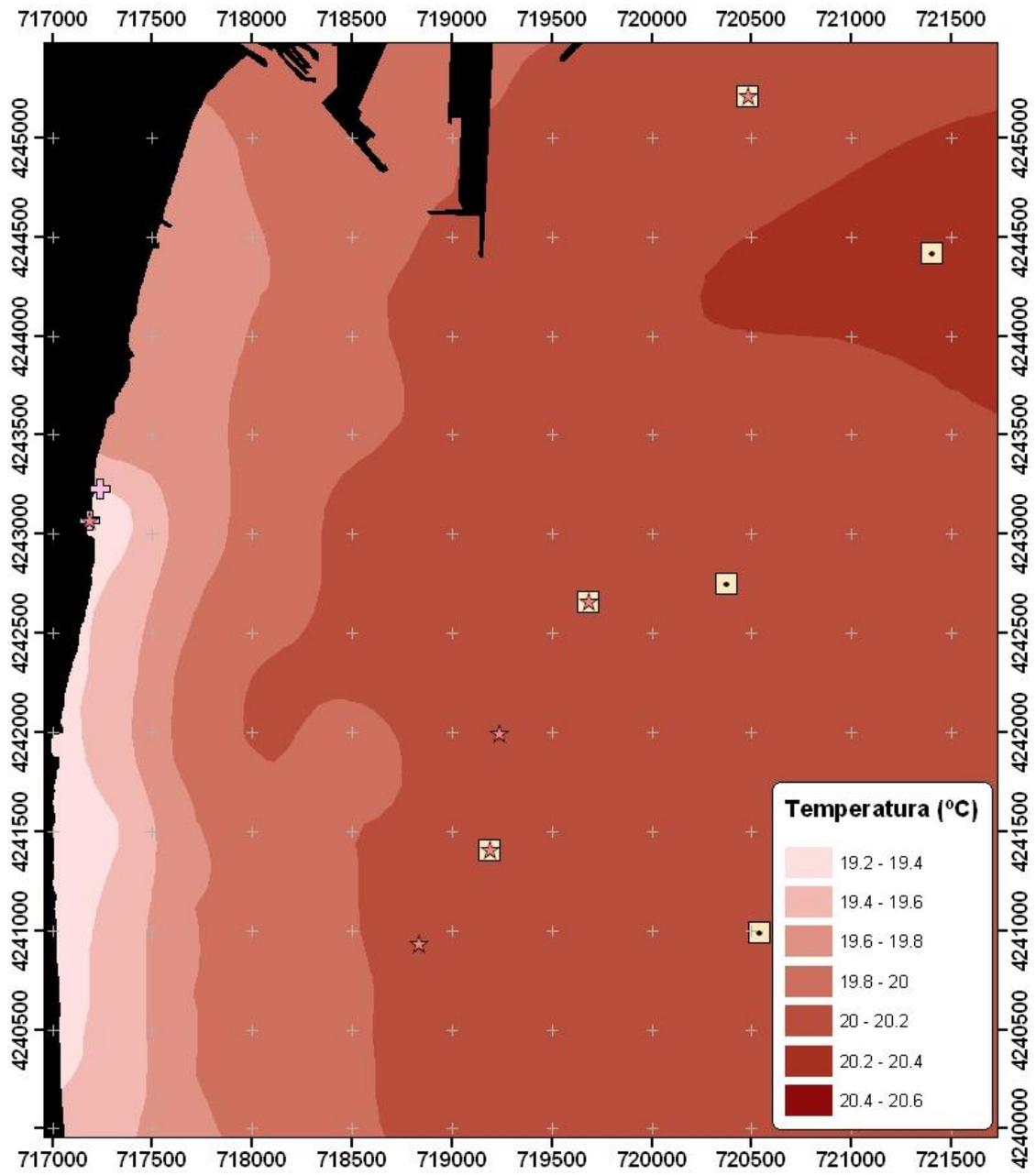
- Salinidad en el fondo:



- Temperatura superficial:

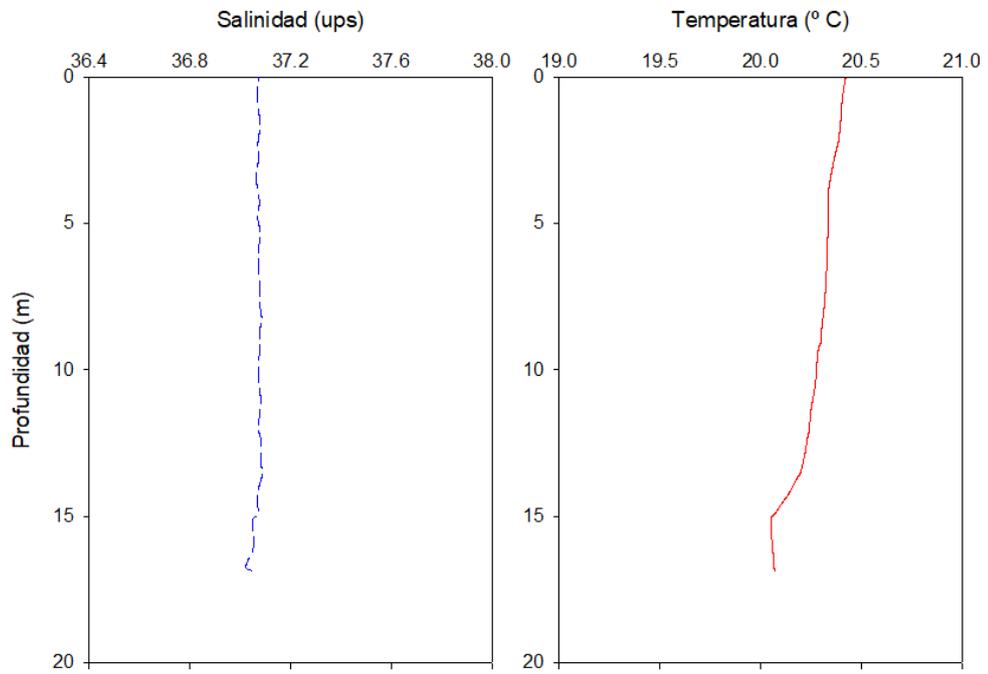


- Temperatura en el fondo:

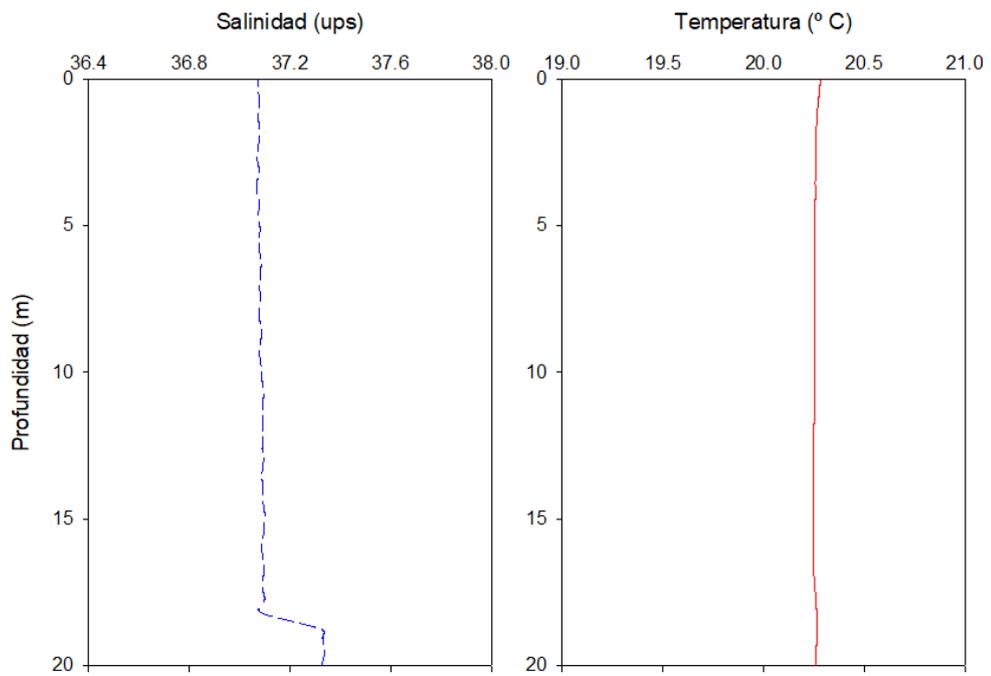


* Perfiles de salinidad y temperatura sobre las parcelas permanentes:

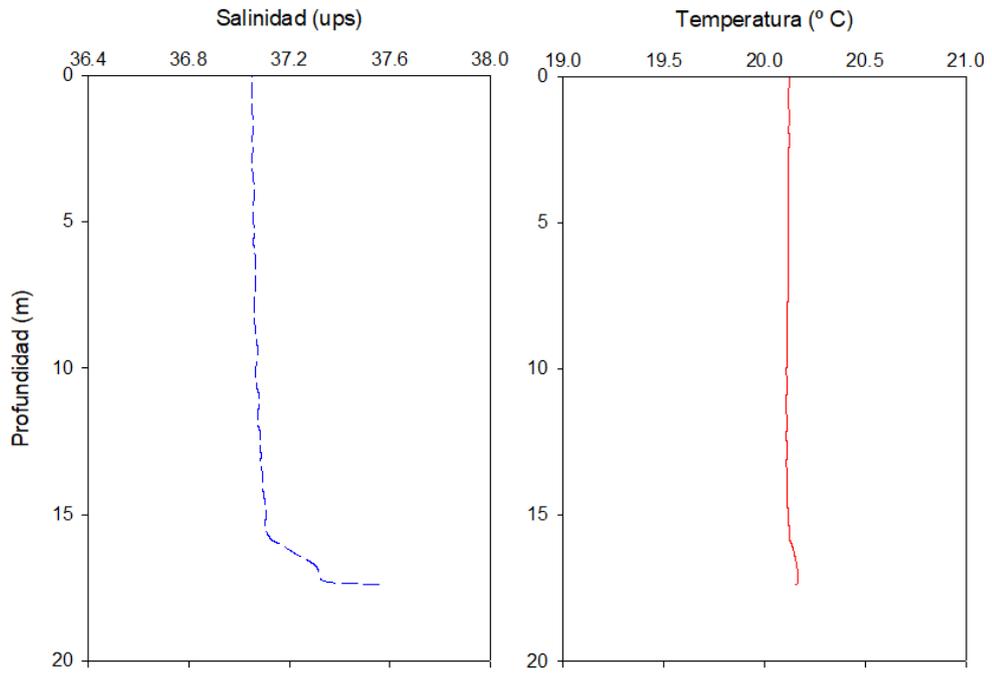
- Puerto 16 m:



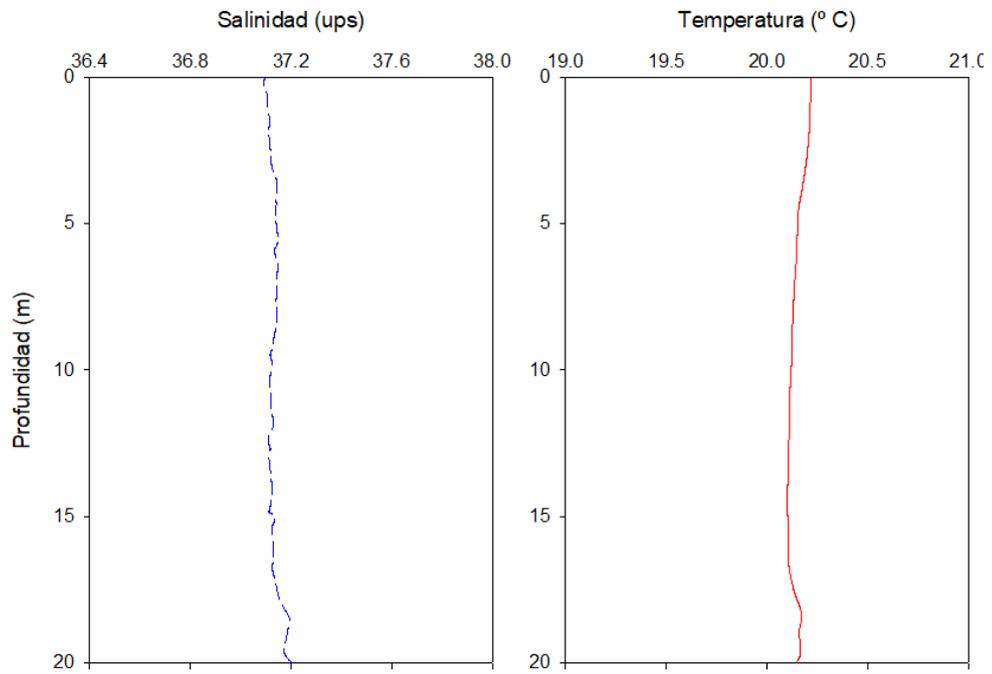
- Puerto 20 m:



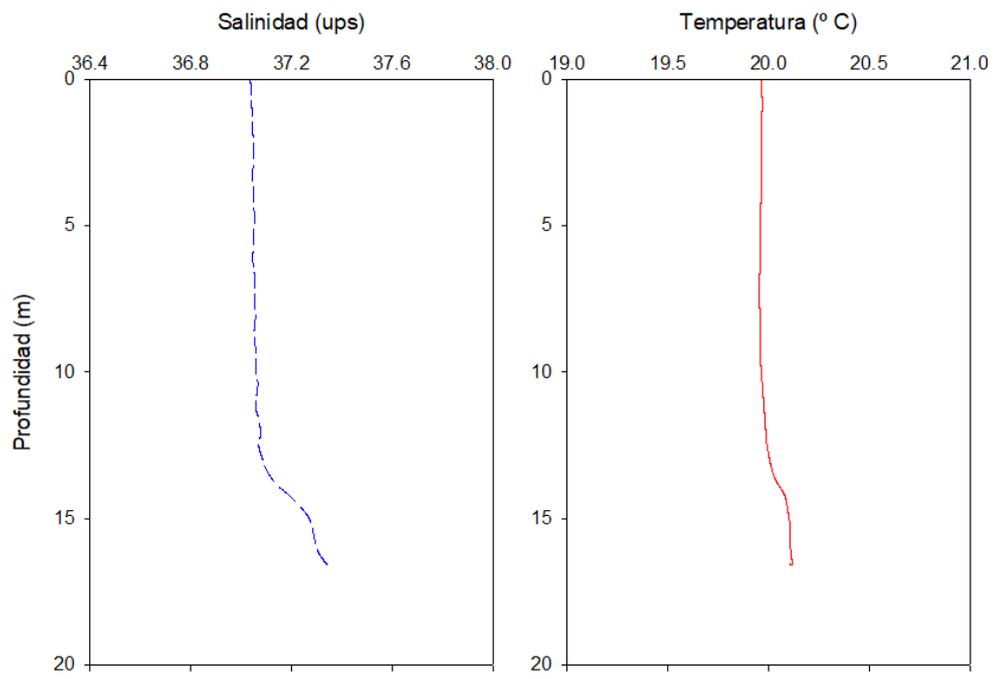
- Desaladora 16 m:



- Desaladora 20 m:



- Urbanova 16 m:



- Urbanova 20 m:

