



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 2019

Alicante, Febrero de 2020

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

Mercedes Varela Diaz de Tuesta

Fabio Blanco

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 17 de febrero de 2020.

Fdo: Dr José Luis Sánchez Lizaso

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	6
2.- MATERIAL Y MÉTODOS	7
2.1.- Control de salinidad del medio receptor	7
2.1.1.- Registro en continuo de la salinidad	7
2.1.2.- Campañas de distribución espacial de la salinidad	8
2.2.- Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>	9
2.2.1.- Parcelas permanentes para el seguimiento de los efectos del vertido	9
2.2.2.- Recogida de muestras	12
2.3.- Equinodermos y otras especies de interés	13
2.4.- Estudio de sedimentos e infauna de fondos blandos	14
2.4.1.- Área de estudio	14
2.4.2.- Método de muestreo y procesado de las muestras	15
2.4.3.- Análisis de datos	16
2.5.- Estudio de la comunidad nectónica	17
2.5.1.- Diseño experimental	18
2.5.2.- Análisis de los datos	19
3.- RESULTADOS	22
3.1.- Régimen de funcionamiento de la planta	22
3.2.- Control de salinidad del medio receptor	22
3.2.1.- Registro en continuo de la salinidad	22
3.2.2.- Campañas de distribución espacial de la salinidad	25
3.3.- Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>	26
3.3.1. Resultados del seguimiento en invierno de 2019	26
3.3.2. Resultados del seguimiento en verano de 2019	34
3.4.- Equinodermos y otras especies de interés	41
3.4.1. Invierno de 2019	41
3.4.2. Verano de 2019	43
3.5.- Sedimentos e infauna de fondos blandos en verano del 2019	47
3.5.1.- Sedimentos	47
3.5.1.1.- Granulometría	47
3.5.1.2.- Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial rédox	50

3.5.2.- Estructura de la infauna asociada a fondos blandos en verano 2019	53
3.5.2.1.- Análisis univariante	54
3.5.2.2.- Análisis multivariante	55
3.5.3.- Comunidad de poliquetos de fondos blandos en verano de 2019	62
3.5.3.1.- Análisis univariante	63
3.5.3.2.- Análisis multivariante	64
3.6.- Comunidad nectónica	73
4.- VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS COMUNIDADES MARINAS EN LA BAHÍA DE ALICANTE	81
5.- CONCLUSIONES	82
5.1.- Control de salinidad del medio receptor	82
5.2.- Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>	82
5.3.- Comunidad bentónica	82
5.4.- Comunidades nectónicas	84
6.- REFERENCIAS	85
ANEXO 1: Campañas de distribución espacial de la salinidad	97
ANEXO 2 (versión digital): Informe de valores de salinidad del primer trimestre de 2019	
ANEXO 3 (versión digital): Informe de valores de salinidad del segundo trimestre de 2019	
ANEXO 4 (versión digital): Informe de valores de salinidad del tercer trimestre de 2019	
ANEXO 5 (versión digital): Informe de valores de salinidad del cuarto trimestre de 2019	

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 2019. 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).

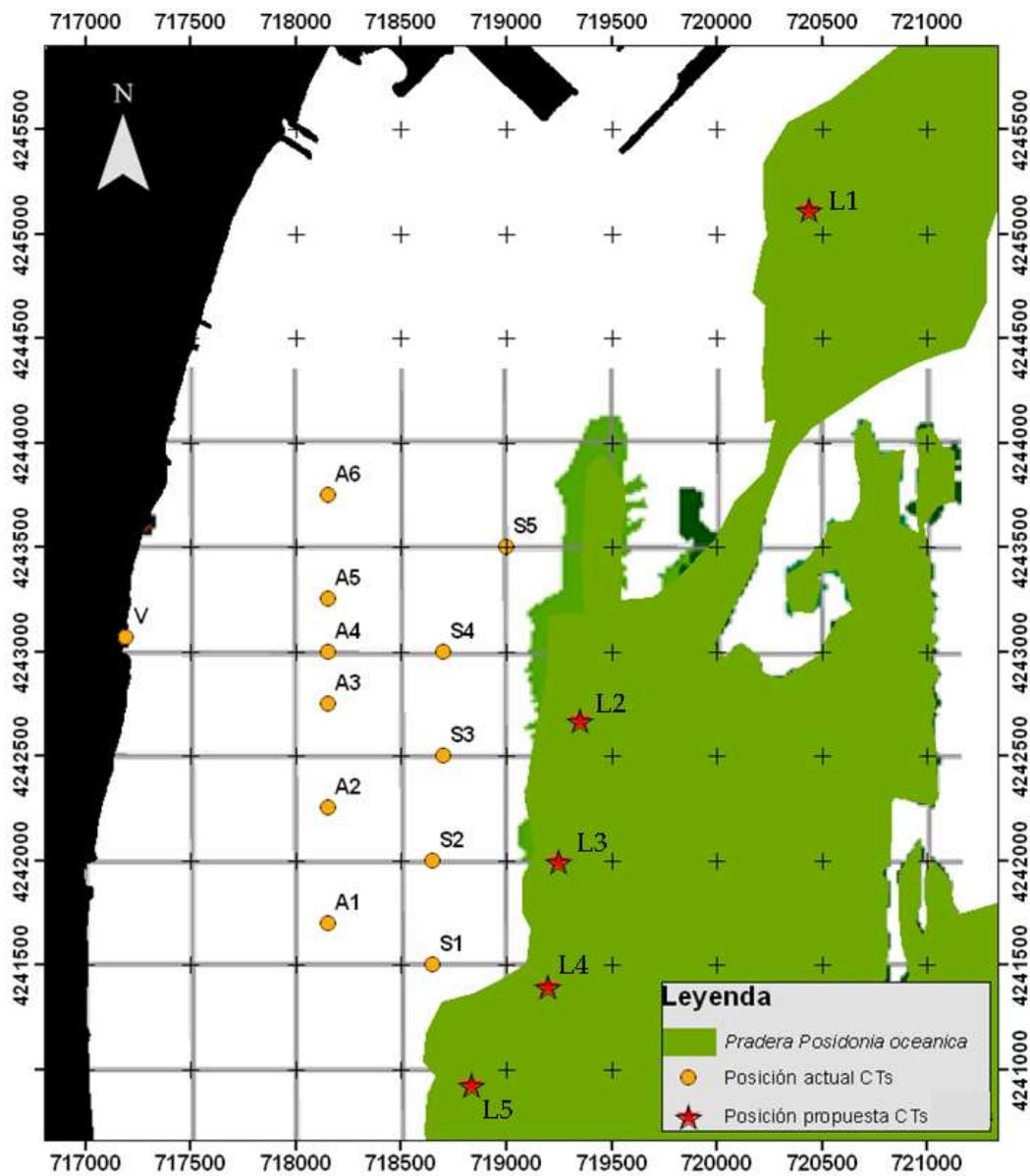


Figura 2.1. Posición de los sensores de salinidad.

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 2019 se han realizado el 2 de abril, el 3 de junio, el 7 de agosto, y el 28 de octubre. 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.

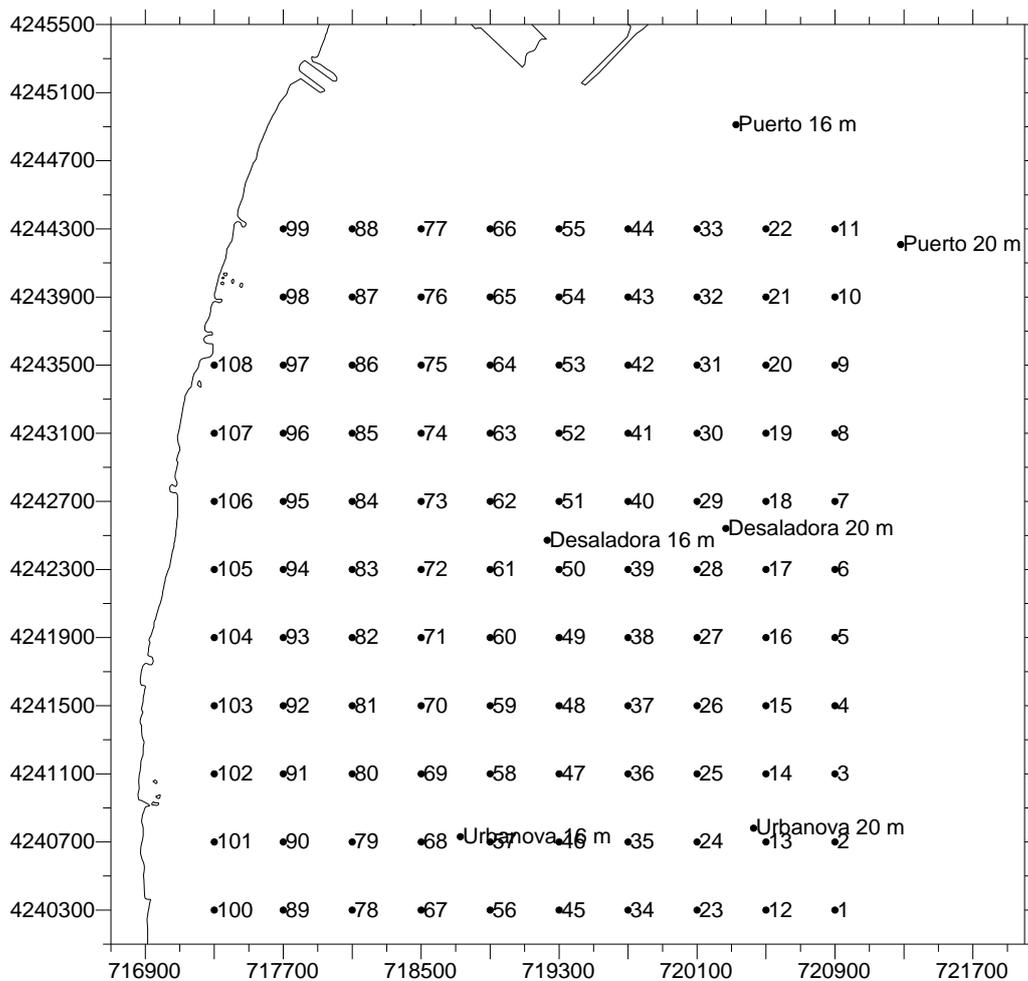


Figura 2.2. Distribución de las estaciones estudiadas en las campañas de distribución espacial de salinidad.

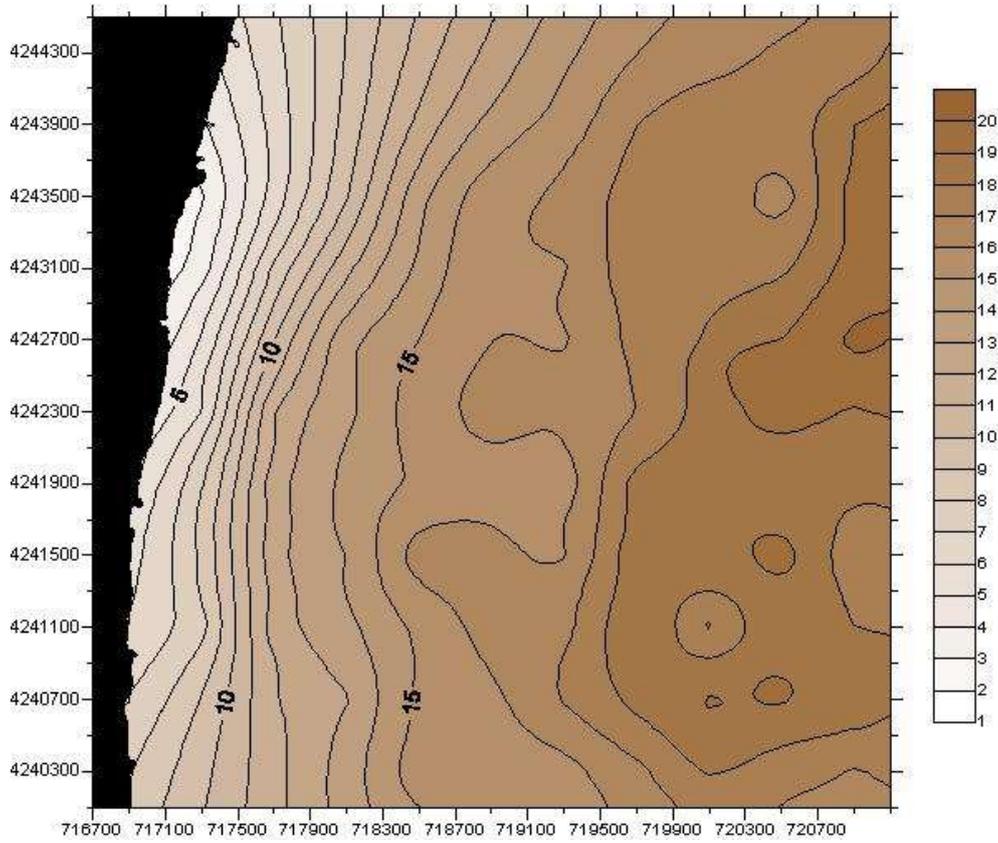


Figura 2.3. Batimetría de la zona de estudio (m).

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

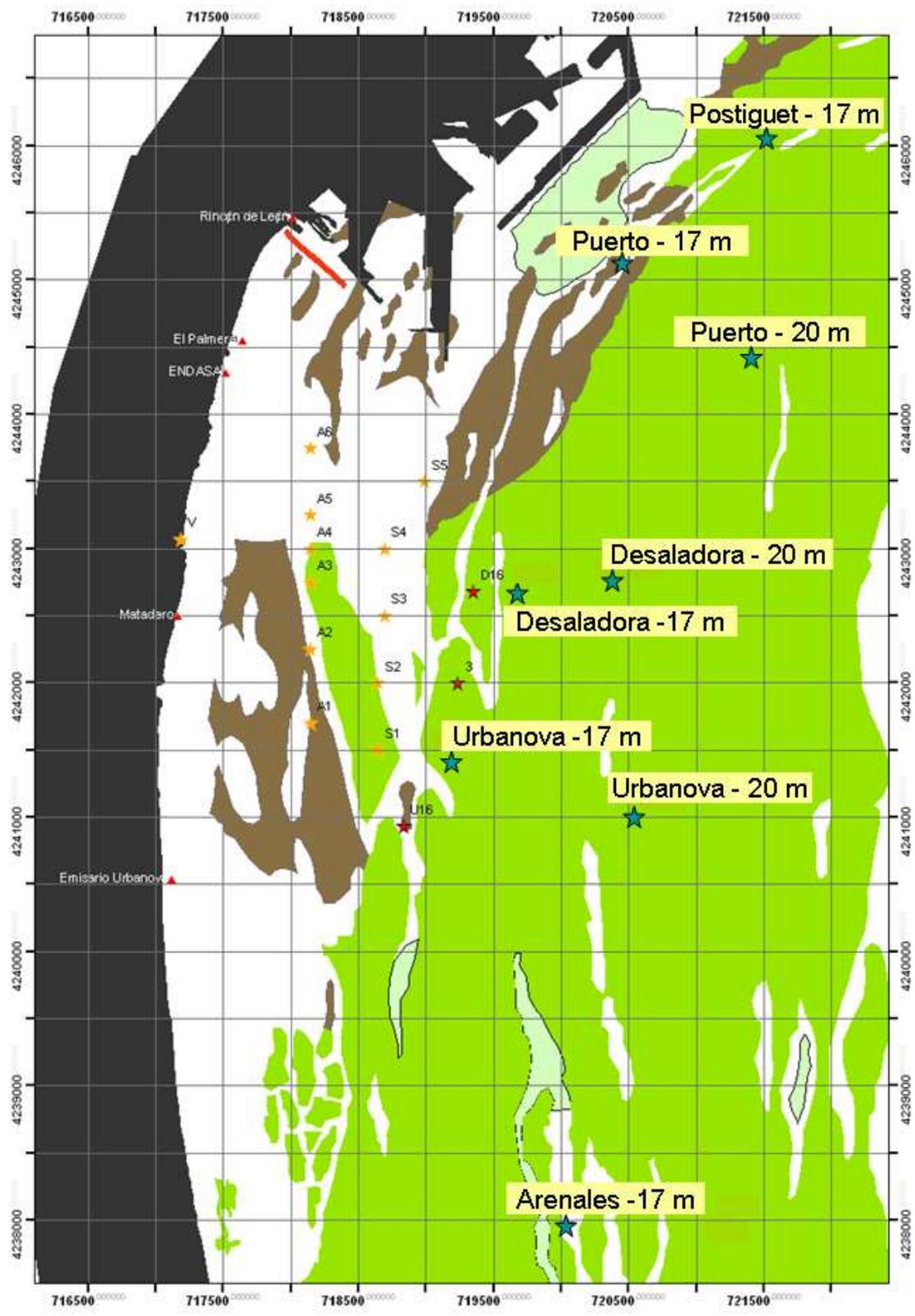


Figura 2.4. Localización de las ocho estaciones con las parcelas permanentes.

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.

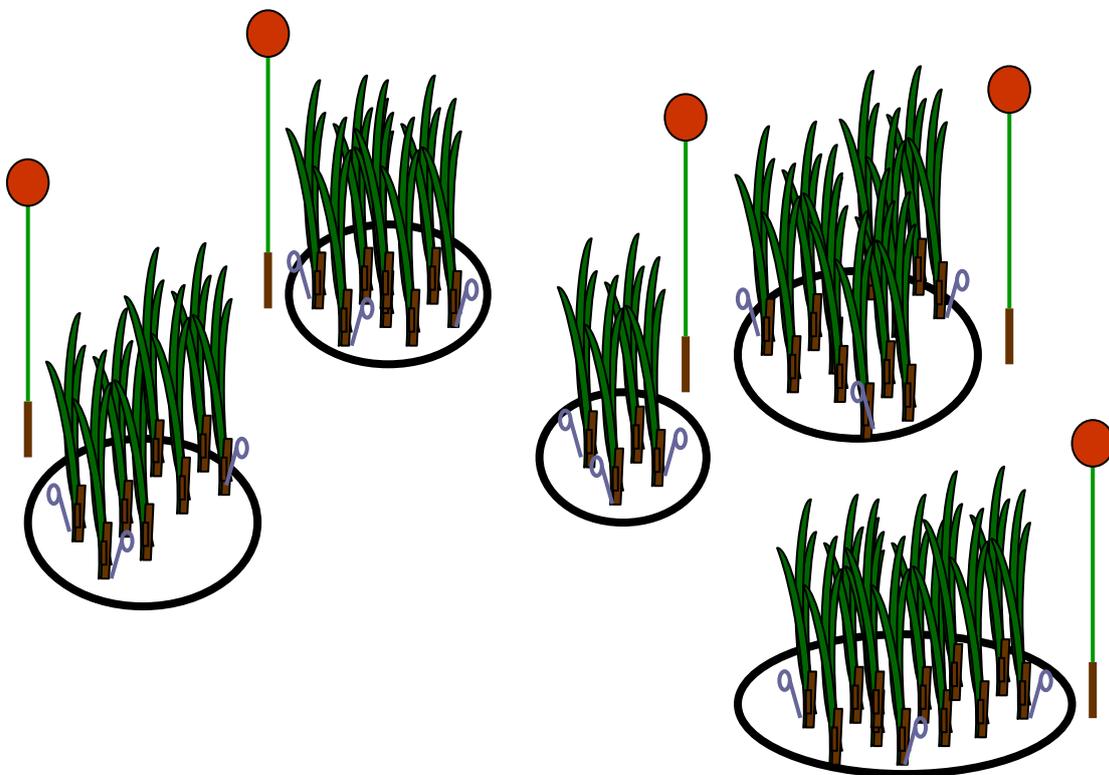


Figura 2.5. Diseño de las parcelas colocadas en las manchas de la pradera superficial, donde todos los haces fueron anillados con bridas de plástico y revisados en invierno y verano.

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

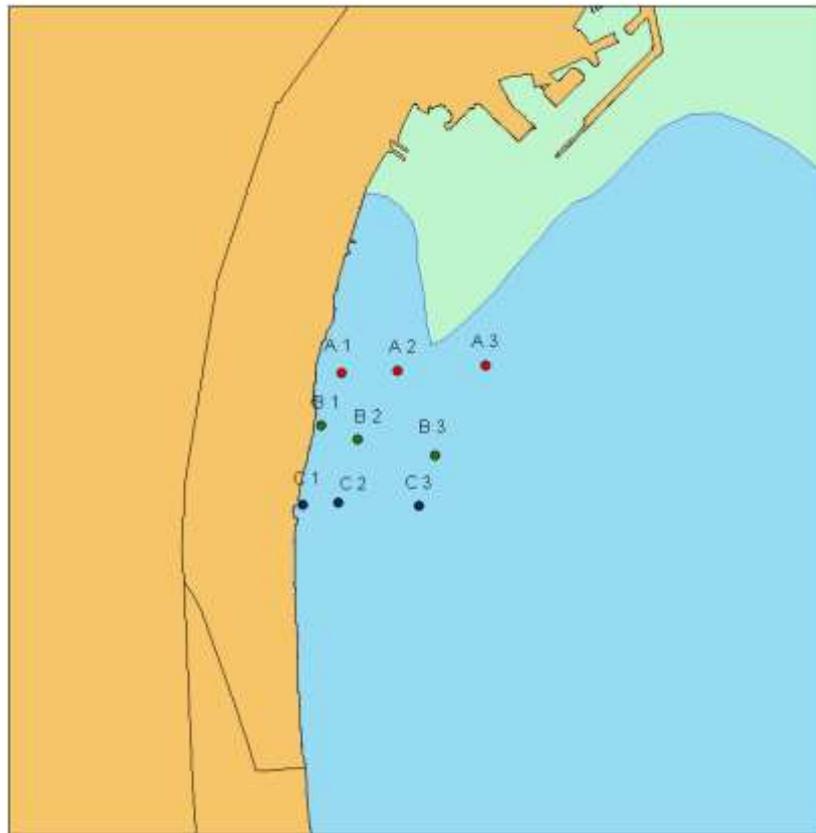


Figura 2.6. Localización de las estaciones en el área de estudio.

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 histofix, 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 veintisiete 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, julio 2017, marzo 2018, julio 2018, febrero 2019 y julio 2019) 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.

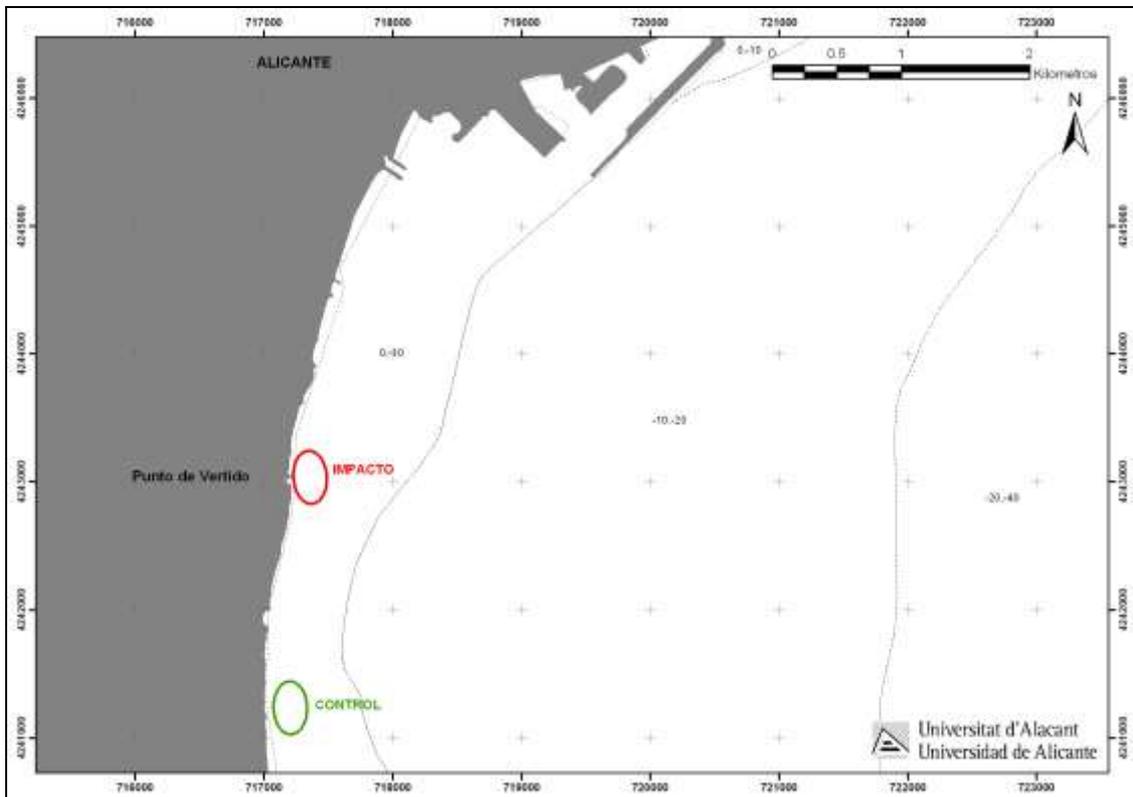


Figura 2.7. Localización del área impactada y el área control.

2.1. 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 veintisiete 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, 2017 verano, 2018 invierno, 2018 verano, 2019 invierno y 2019 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, 2017 verano, 2018 invierno, 2018 verano, 2019 invierno y 2019 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 432 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.

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 veintisiete 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, 2017 verano, 2018 invierno, 2018 verano, 2019 invierno y 2019 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 coincida 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 2019. 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 2019 se han registrado entre 24217 y 46546 datos por cada estación (media = 39881), dependiendo de la pérdida de los datos o de los propios CTs. En total se han recogido y analizado unos 239284 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	37.98	38.38	1.90	0.00	0.00	4059
Febrero	37.80	38.11	0.00	0.00	0.00	3142
Marzo	37.86	38.26	0.00	0.00	0.00	4161
Abril	37.90	38.20	0.00	0.00	0.00	3865
Mayo	37.61	38.02	0.00	0.00	0.00	4294
Junio	37.57	37.84	0.00	0.00	0.00	4297
Julio	37.86	38.83	0.20	0.01	0.00	4460
Agosto	37.61	38.04	0.00	0.00	0.00	4211
Septiembre	37.16	38.21	0.00	0.00	0.00	1712
Octubre	37.27	37.56	0.00	0.00	0.00	3793
Noviembre	37.15	37.43	0.00	0.00	0.00	1701
Diciembre	37.94	38.26	0.00	0.00	0.00	4055
Total anual	37.70	38.83	0.20	0.00	0.00	43870
Media	37.64	38.09	0.18	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	37.99	38.30	0.00	0.00	0.00	4329
Febrero	37.95	38.48	4.30	0.00	0.00	4032
Marzo	38.08	38.47	5.50	0.00	0.00	4458
Abril	37.94	38.25	0.00	0.00	0.00	4194
Mayo	37.8	38.37	37.01	0.00	0.00	4257
Junio	38.02	38.81	12.60	3.80	0.00	4254
Julio	38.05	38.48	3.70	0.00	0.00	4431
Agosto	37.88	38.59	11.00	3.10	0.00	782
Septiembre	37.23	37.64	0.00	0.00	0.00	761
Octubre	37.61	38.14	0.00	0.00	0.00	2191
Noviembre	37.41	37.93	0.00	0.00	0.00	3113
Diciembre	38.56	39.11	94.00	53.20	0.00	3233
Total anual	37.94	39.11	10.70	4.70	0.00	40173
Media	37.88	38.38	14.01	5.01	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	38.02	38.25	0.00	0.00	0.00	4425
Febrero	38.06	38.40	6.40	0.00	0.00	3966
Marzo	38.33	38.94	45.50	29.60	0.00	4393
Abril	38.20	38.91	21.80	6.50	0.00	3788
Mayo	38.22	38.84	31.40	7.20	0.00	3556
Junio	38.04	39.09	25.40	14.00	0.00	4232
Julio	38.05	38.76	44.40	4.00	0.00	4192
Agosto	37.83	38.73	19.20	7.80	0.00	4143
Septiembre	37.20	37.45	0.00	0.00	0.00	1388
Octubre	37.64	38.02	0.00	0.00	0.00	4114
Noviembre	37.78	38.16	0.00	0.00	0.00	3837
Diciembre	38.11	38.63	47.90	17.11	0.00	4376
Total anual	38.00	39.09	21.50	7.81	0.00	46546
Media	37.96	38.51	20.17	7.18	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	37.96	38.27	0.00	0.00	0.00	4431
Febrero	37.87	38.26	0.00	0.00	0.00	4025
Marzo	38.08	38.44	5.30	0.00	0.00	4395
Abril	37.73	38.11	0.00	0.00	0.00	4199
Mayo	38.18	38.56	45.70	2.60	0.00	4405
Junio	37.81	38.99	10.70	7.00	0.00	4303
Julio	37.93	38.70	17.70	1.40	0.00	4371
Agosto	37.98	38.58	28.40	3.20	0.00	686
Septiembre	-	-	-	-	-	-
Octubre	37.44	37.88	0.00	0.00	0.00	3549
Noviembre	37.42	37.87	0.00	0.00	0.00	3010
Diciembre	38.14	38.59	41.20	4.10	0.00	3389
Total anual	37.88	38.99	12.40	1.60	0.00	40753
Media	37.87	38.39	13.55	1.66	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	38.24	38.62	65.70	5.10	0.00	4346
Febrero	37.91	38.45	7.80	0.00	0.00	3956
Marzo	37.85	38.28	0.00	0.00	0.00	3794
Abril	38.03	38.38	2.30	0.00	0.00	4302
Mayo	38.07	38.50	1.40	0.00	0.00	4308
Junio	37.95	38.84	12.40	9.10	0.00	4212
Julio	37.96	38.54	0.90	0.00	0.00	4421
Agosto	37.67	38.36	36.90	0.50	0.00	3450
Septiembre	-	-	-	-	-	-
Octubre	37.66	37.98	0.00	0.00	0.00	4247
Noviembre	37.45	37.89	0.00	0.00	0.00	4284
Diciembre	37.31	37.74	0.00	0.00	0.00	1624
Total anual	37.86	38.84	8.90	1.40	0.00	43725
Media	37.83	38.33	11.58	1.34	0.00	

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

Mes	Media	Máximo	% > 49	Nº Datos
Enero	36.83	63.91	3.20	1052
Febrero	38.27	66.39	7.40	930
Marzo	35.80	44.46	0.00	73
Abril	37.66	61.72	5.00	2616
Mayo	37.28	61.67	4.00	1345
Junio	38.95	65.15	2.00	1924
Julio	39.83	61.86	13.10	1739
Agosto	41.76	62.92	20.20	610
Septiembre	40.48	62.89	10.40	1919
Octubre	38.55	62.60	0.50	3890
Noviembre	39.66	62.66	1.30	3323
Diciembre	37.80	64.50	5.00	2820
Total anual	38.65	66.39	4.50	24217
Media	38.57	61.73	6.01	

Datos medios anuales (2019)

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 2019 las superaciones del valor de referencia de 38.5 han sido bajas (< 5 %). Además, este año los valores promedio anuales de salinidad han sido similares a las de años previos 37.70 – 38.00, siendo la estación con un promedio más alto, desaladora sur con 38.00.

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

Punto	Media	Máximo	Mínimo	% > 38.3	% > 38.5	% > 40
Puerto 16	37.70	38.83	37.00	0.20	0.00	0.00
Desal. 16	37.94	39.11	37.00	10.70	4.70	0.00
Desal. S 16	38.00	39.09	37.00	21.50	1.81	0.00
Urban. N 16	37.88	38.99	37.00	12.40	1.60	0.00
Urban. 16	37.86	38.84	36.90	8.90	1.40	0.00
Vertido	38.65	66.39	35.00	%>49	4.50	

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

Punto	Media	Máximo	Mínimo
Puerto 16	18.82	27.93	13.86
Desal. 16	18.97	28.39	13.71
Desal. S 16	19.14	28.38	13.63
Urban. N 16	19.18	28.14	13.52
Urban. 16	19.23	28.39	13.52
Vertido	20.71	29.99	11.42

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.

Como es habitual, la máxima extensión de la pluma se observa a nivel de la termoclina en verano sin llegar a alcanzar al fondo puesto que en verano la termoclina separa la pluma salina de las comunidades bentónicas a partir de una cierta profundidad.

3.3.- Pradera de *Posidonia oceanica*

3.3.1.- Resultados del seguimiento en invierno de 2019

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 obtenidas en este muestreo son similares en todas las localidades, no detectándose diferencias significativas entre ellas (Tabla 3.9). Tampoco se detectan diferencias significativas en las tasas de mortalidad y balance total de los haces, probablemente por la alta variabilidad de los datos obtenidos. Sin embargo, se observa una menor mortalidad y un mayor balance total de haces en la localidad de Urbanova a 20 m.

En la figura 3.3 se incluyen los datos de las nuevas estaciones superficiales situadas en el Postiguet y Arenales. Cabe destacar que en este muestreo se detecta una división de haces significativamente mayor en la localidad de la Desaladora aunque, debido a tasas de mortalidad elevadas, se observan balances negativos en todas las estaciones muestreadas a 17 m de profundidad.

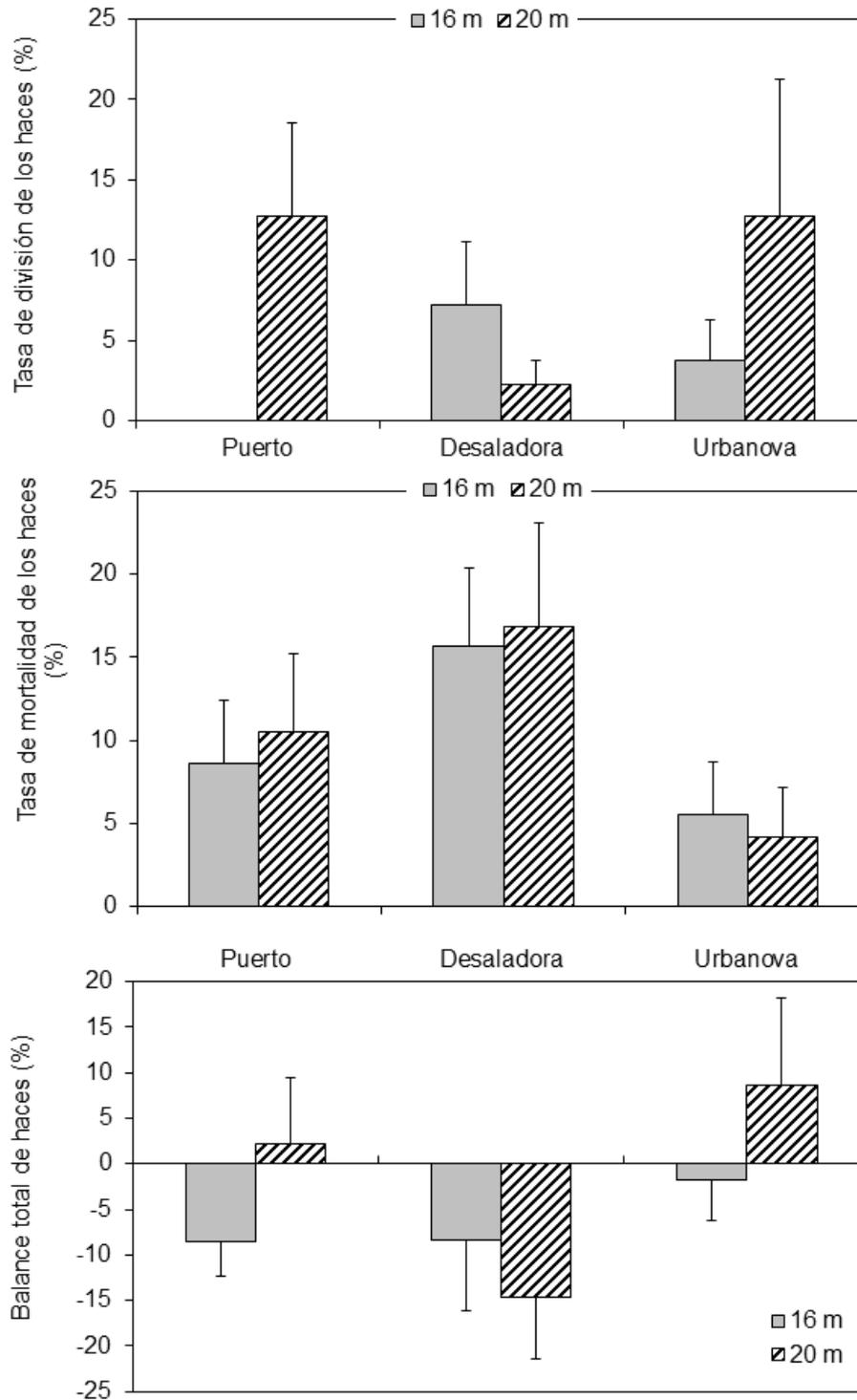


Figura 3.1 Tasas de división, mortalidad y balance, expresado como tasa de división – tasa mortalidad, de los haces marcados en las parcelas de las tres localidades (Control Urbanova, C. Puerto y Desaladora) a las dos profundidades de trabajo (-17 y - 20 m). Las barras representan el error típico.

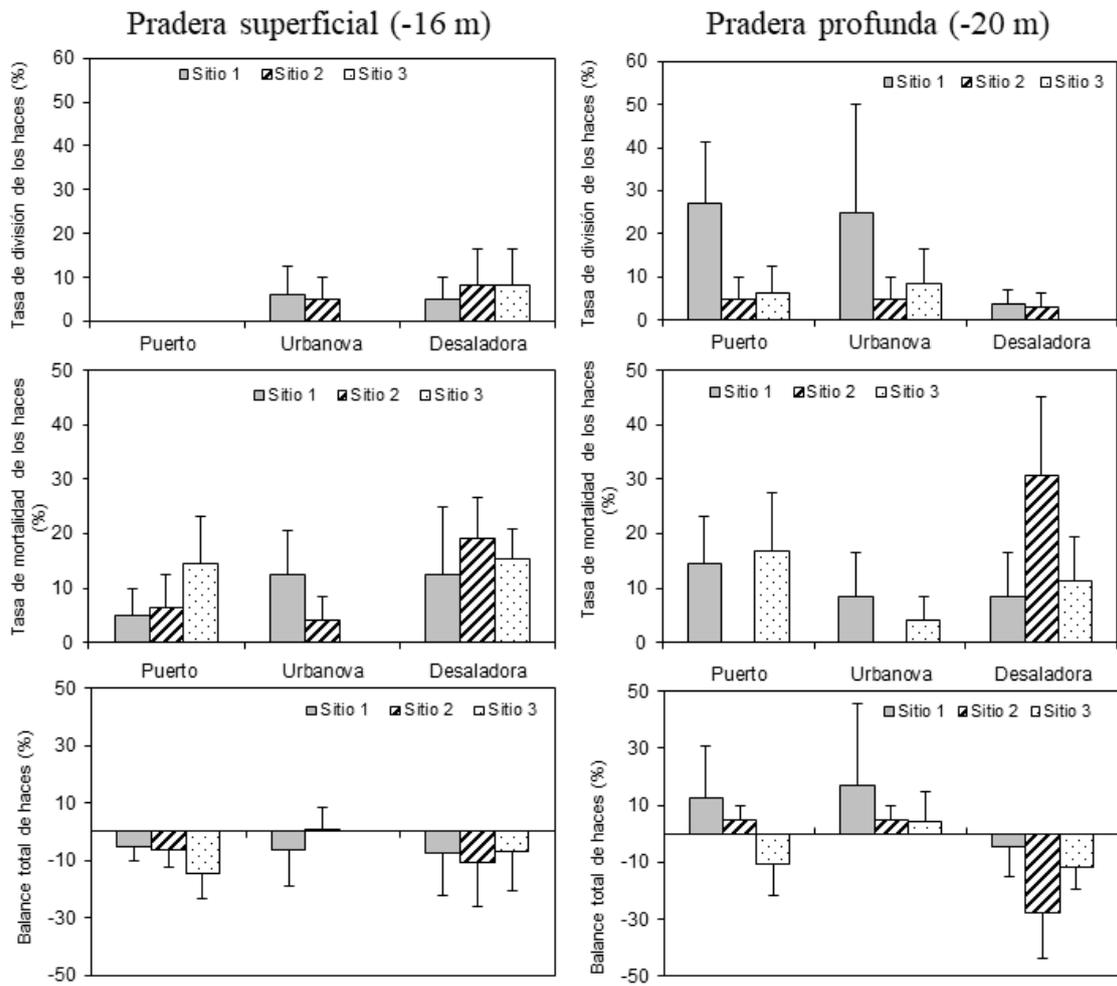


Figura 3.2. Representación gráfica de las tasas de división, mortalidad y balance de los haces marcados en las tres localidades (Control Urbanova, C. Puerto y Desaladora) separadas por sitio y profundidad (las barras representan el error típico).

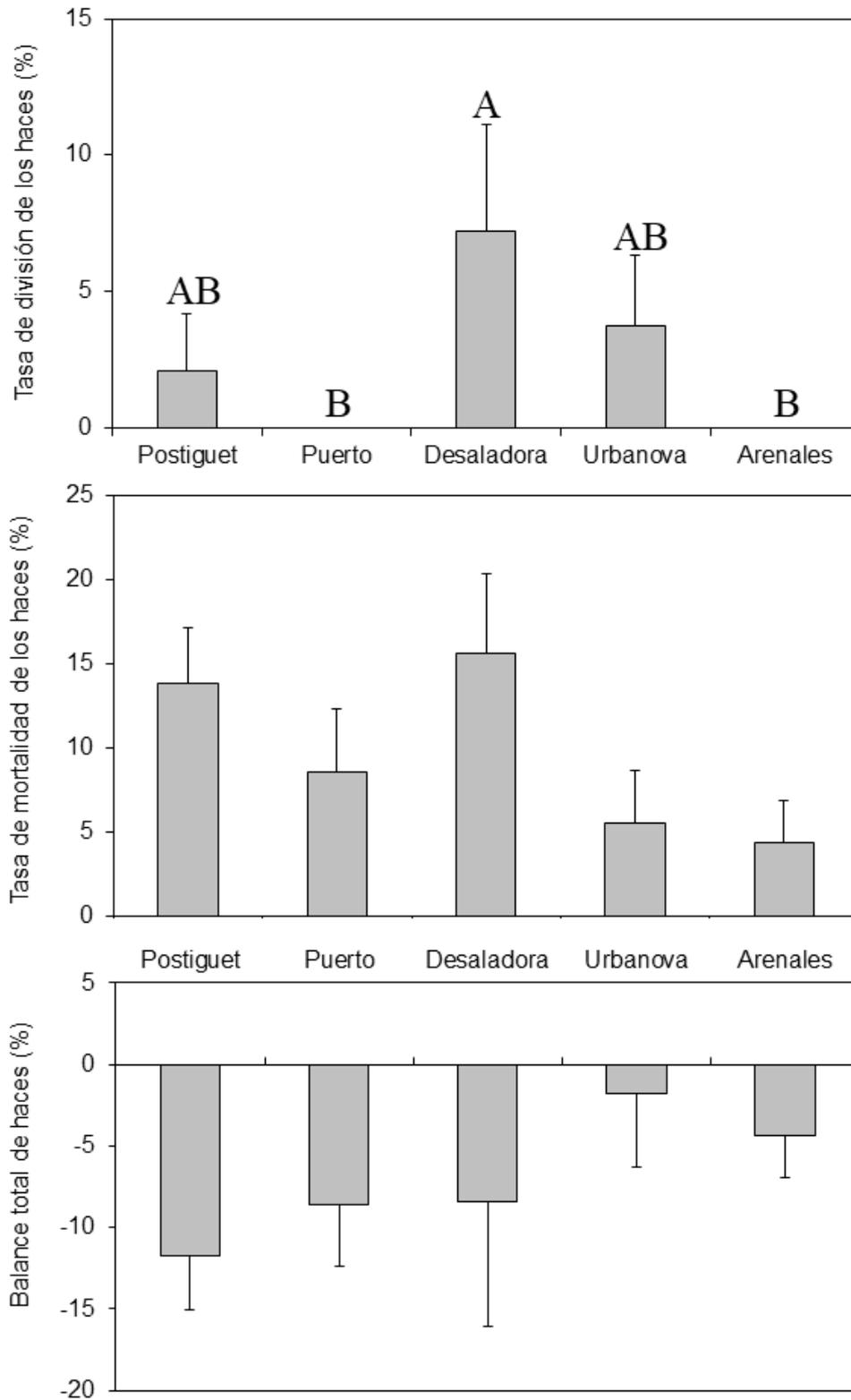


Figura 3.3. Tasas de división, mortalidad y balance, expresado como tasa de división – tasa mortalidad, de los haces marcados en las parcelas de las cinco nuevas localidades (Postiguet, Puerto, Desaladora, Urbanova y Arenales) situadas a -17 m de profundidad (las barras representan el error típico).

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, ns = no significativo).

Parámetro	Fuente de variabilidad	gl	CM	F	p	SNK
Tasa de división (transf. Ln(x+1))	Localidad = Lo	2	0.0443	0.04	ns	
	Profundidad = Pr	1	3.8981	4.01	ns	
	Sitio (Lo)	6	0.9998	0.50	ns	
	Lo*Pr	2	4.8006	4.93	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	0.9733	0.48	ns	
	Residual	54	2.0068			
Tasa de mortalidad	Localidad = Lo	2	783.2483	2.43	ns	
	Profundidad = Pr	1	5.5556	0.05	ns	
	Sitio (Lo)	6	322.7094	1.36	ns	
	Lo*Pr	2	17.8666	0.16	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	111.6920	0.47	ns	
	Residual	54	237.9930			
Balance total	Localidad = Lo	2	1339.221	4.17	ns	
	Profundidad = Pr	1	458.9729	2.63	ns	
	Sitio (Lo)	6	321.4839	0.51	ns	
	Lo*Pr	2	563.8328	3.24	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	174.2522	0.27	ns	
	Residual	54	635.0804			

3.3.1.2.- Morfología de los haces

Se observa (Figura 3.4 y Tabla 3.10) que en el presente muestreo existen diferencias significativas en la mayoría de los descriptores de la morfología foliar de los haces de *Posidonia* entre las distintas localidades de estudio.

Tabla 3.10. Resumen de los ANOVAs realizados a los datos obtenidos en invierno del 2019 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	12.4333	44.46	***	P < U = D
	Profundidad = Pr	1	9.6333	57.38	***	16 m > 20 m
	Lo*Pr	2	1.2333	5.69	**	P ₁₆ < U ₁₆ = D ₁₆
	Residual	24	0.2167			P ₂₀ < D ₂₀ < U ₂₀
Longitud media foliar	Localidad = Lo	2	62.9413	16.34	***	P < U = D
	Profundidad = Pr	1	81.1244	21.06	***	16 m < 20 m
	Lo*Pr	2	47.9298	12.44	***	P ₁₆ = U ₁₆ > D ₁₆
	Residual	24	3.8518			P ₂₀ = D ₂₀ < U ₂₀
Anchura media foliar	Localidad = Lo	2	0.0165	6.49	**	P = U > D
	Profundidad = Pr	1	0.0094	3.69	ns	
	Lo*Pr	2	0.0102	4.03	*	P ₁₆ = U ₁₆ = D ₁₆
	Residual	24	0.0025			P ₂₀ = D ₂₀ < U ₂₀
Superficie foliar	Localidad = Lo	2	8952.8690	43.66	***	P > D > U
	Profundidad = Pr	1	1161.4919	5.66	*	16 m < 20 m
	Lo*Pr	2	4879.0363	23.80	***	P ₁₆ < U ₁₆ < D ₁₆
	Residual	24	205.0421			P ₂₀ < D ₂₀ < U ₂₀
Biomasa foliar	Localidad = Lo	2	0.0719	3.54	ns	
	Profundidad = Pr	1	0.0168	0.83	ns	
	Lo*Pr	2	0.1471	7.25	**	P ₁₆ = U ₁₆ = D ₁₆
	Residual	24	0.0203			P ₂₀ = D ₂₀ > U ₂₀
Carga de epífitos	Localidad = Lo	2	0.3099	4.70	*	P = U < D
	Profundidad = Pr	1	0.6013	9.11	**	16 m > 20 m
	Lo*Pr	2	0.3765	5.71	**	P ₁₆ = U ₁₆ < D ₁₆
	Residual	24	0.0660			P ₂₀ = D ₂₀ = U ₂₀
Necrosis (%) (transf. Ln(x+1))	Localidad = Lo	2	2.7484	1.48	ns	
	Profundidad = Pr	1	1.2170	0.65	ns	
	Lo*Pr	2	1.3115	0.70	ns	
	Residual	24	1.8612			
Herbivorismo (%)	Localidad = Lo	2	21.2703	1.00	ns	
	Profundidad = Pr	1	11.3497	0.53	ns	
	Lo*Pr	2	5.3973	0.25	ns	
	Residual	24	21.2703			

Cabe destacar que los haces de la localidad de Urbanova, a 20 m de profundidad, presentan una mayor longitud, anchura, superficie y biomasa foliar. También se detecta una mayor carga de epifitos en los haces de la pradera de la localidad Desaladora a 17 m de profundidad.

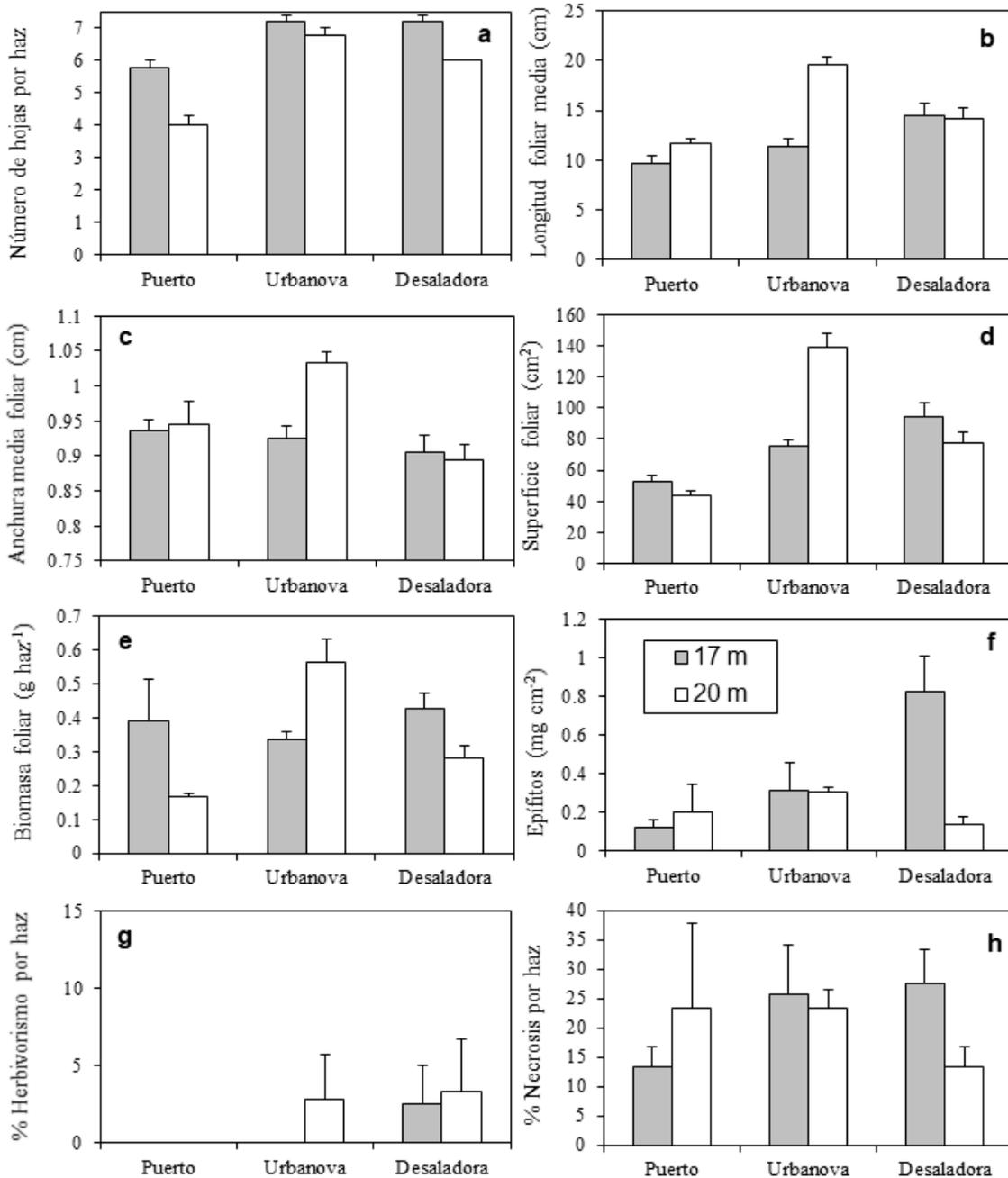


Figura 3.4. Representación de los datos de fenología obtenidos de los haces pertenecientes a la pradera superficial (-17 m) y a la pradera profunda (- 20 m) de las tres localidades (Puerto, Urbanova y Desaladora; las barras representan el error típico).

Al comparar con las nuevas estaciones (Figura 3.5) se puede observar cómo, en general y de nuevo, la estación de Arenales presenta haces más grandes, con mayor longitud y superficie foliar. Mientras que en la Desaladora los haces presentan mayor número de hojas, y una mayor carga de epífitos, como ya se ha mencionado.

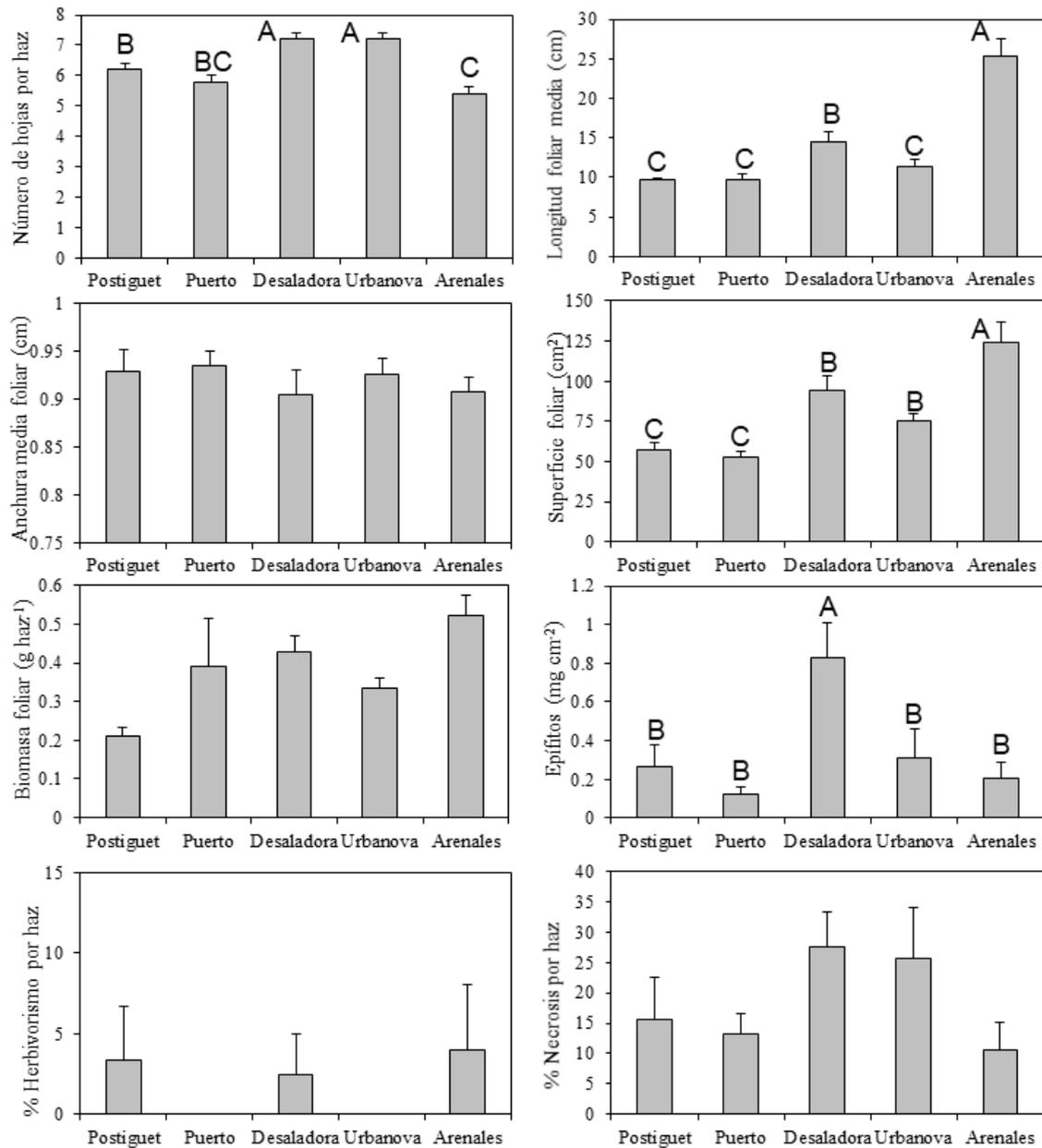


Figura 3.5. Representación de los datos de fenología obtenidos de los haces pertenecientes a las cinco nuevas localidades (Postiguet, Puerto, Desaladora, Urbanova y Arenales) situadas a -17 m de profundidad. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan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

3.3.2.- Resultados del seguimiento en verano de 2019

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 el presente muestreo se detectaron diferencias significativas en la tasa de mortalidad y en el balance total de haces respecto a la localidad de estudio, pero no respecto a la localidad y su interacción con la profundidad (Tabla 3.11). Tal y como se puede observar en la figura 3.6 las tasas de mortalidad son significativamente más elevadas para la localidad próxima a la Desaladora (tanto a 16 como a 20 m de profundidad), siendo el balance total de haces más reducido en estas mismas localidades. Al incluir las nuevas localidades de muestreo, únicamente se detectan diferencias significativas para la tasa de división, ya que la localidad de Urbanova presenta valores significativamente superiores a la localidad del Puerto (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, ns = no significativo).

Parámetro	Fuente de variabilidad	gl	CM	F	p	SNK
Tasa de división	Localidad = Lo	2	210.2003	1.43	ns	
	Profundidad = Pr	1	113.4943	0.35	ns	
	Sitio (Lo)	6	146.4920	0.79	ns	
	Lo*Pr	2	324.5465	1.19	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	273.3843	1.48	ns	
	Residual	54	184.8631			
Tasa de mortalidad (pooled)	Localidad = Lo	2	1114.311	4.83	*	D > P = U
	Profundidad = Pr	1	82.142	0.49	ns	
	Sitio (Lo)	6	298.456		ns	
	Lo*Pr	2	168.364	1.01	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	167.124	0.72	ns	
	Residual	54	223.255			
Balance total	Localidad = Lo	2	1579.318	7.77	*	U = P > P = D
	Profundidad = Pr	1	388.745	1.43	ns	
	Sitio (Lo)	6	203.282	0.36	ns	
	Lo*Pr	2	816.061	3.01	ns	
	Pr*Sitio (Lo)	6	271.410	0.48	ns	
	Residual	54	567.599			

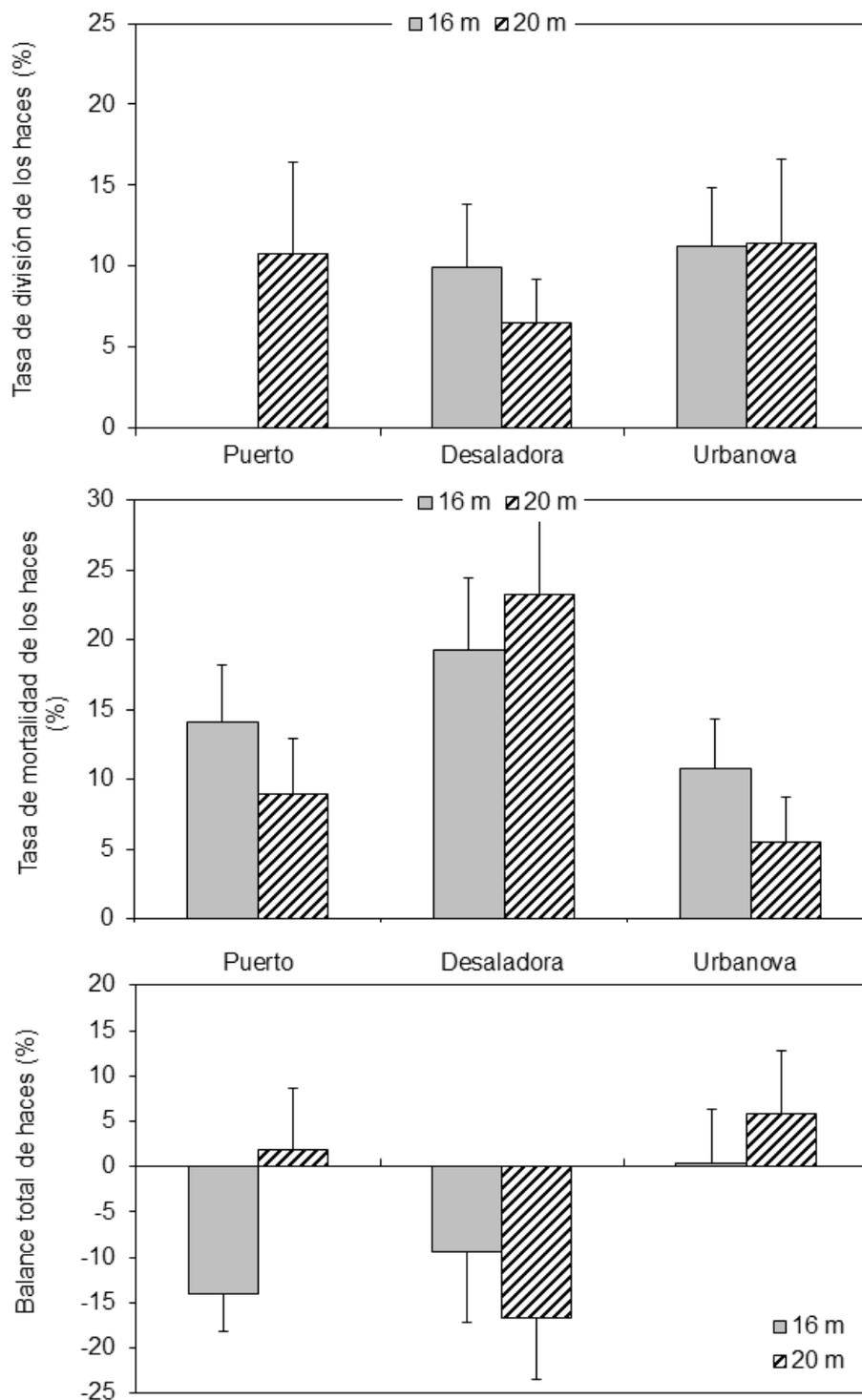


Figura 3.6. Tasas de división, mortalidad y balance, expresado como tasa de división – tasa mortalidad, de los haces marcados en las parcelas de las tres localidades (Control Urbanova, C. Puerto y Desaladora) a las dos profundidades de trabajo (-16 y - 20 m). Las barras representan el error típico.

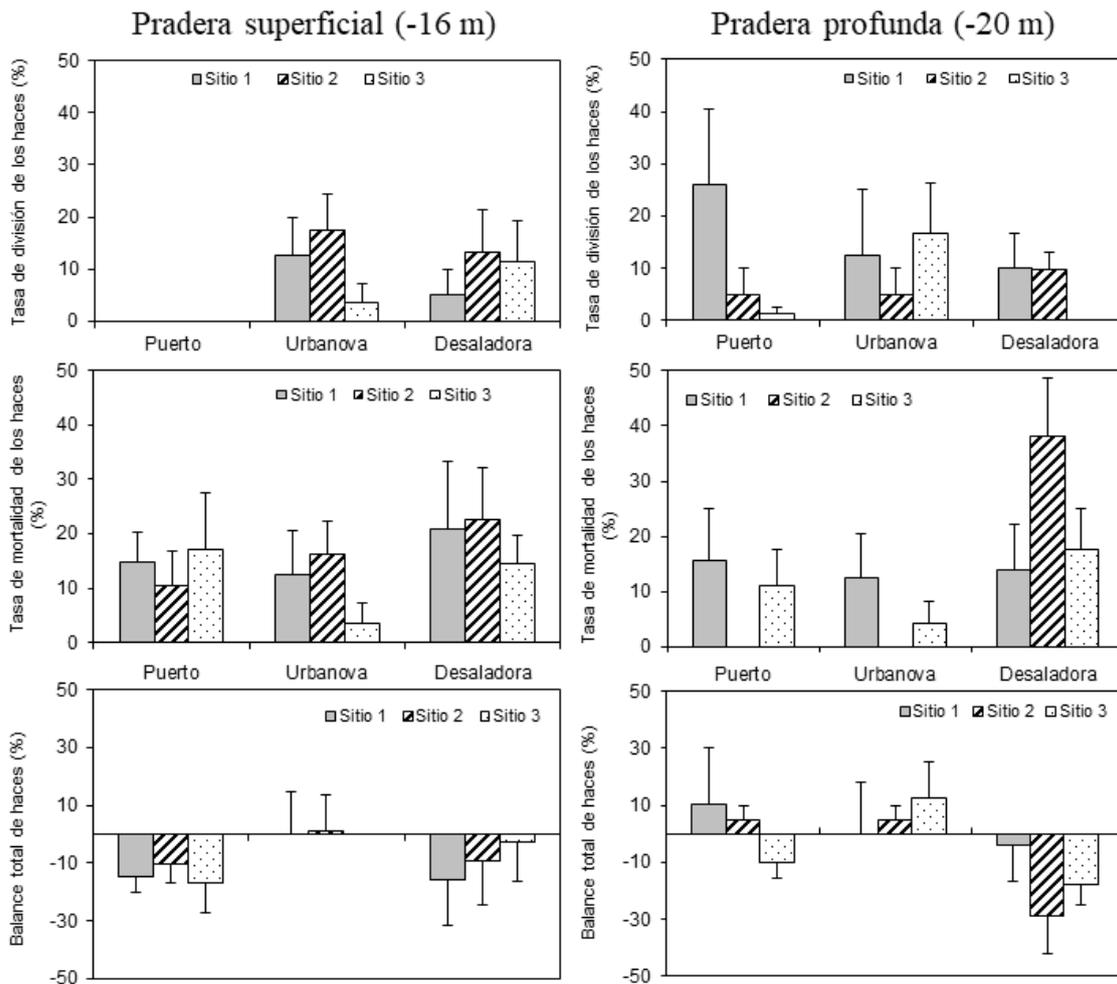


Figura 3.7. Representación gráfica de las tasas de división, mortalidad y balance de los haces marcados en las tres localidades (Control Urbanova, C. Puerto y Desaladora) separadas por sitio y profundidad (las barras representan el error típico).

3.3.2.2.- Morfología de los haces

Se observa (Figura 3.9 y Tabla 3.12) que únicamente existen diferencias significativas en los descriptores relacionados con el herbivorismo y la carga de epífitos en los haces de *P. oceanica*. Así, detectamos una mayor carga de epífitos en las localidades situadas a 16 m de profundidad, y haces que muestran más marcas de herbivorismo en las localidades próximas al puerto. Al incluir en la comparación las nuevas estaciones (Figura 3.10) se puede observar que las localidades de Arenales y Postiguet presentan haces con mayor longitud y anchura foliar. Las tasas de herbivorismo también son más elevadas en la localidad del Postiguet.

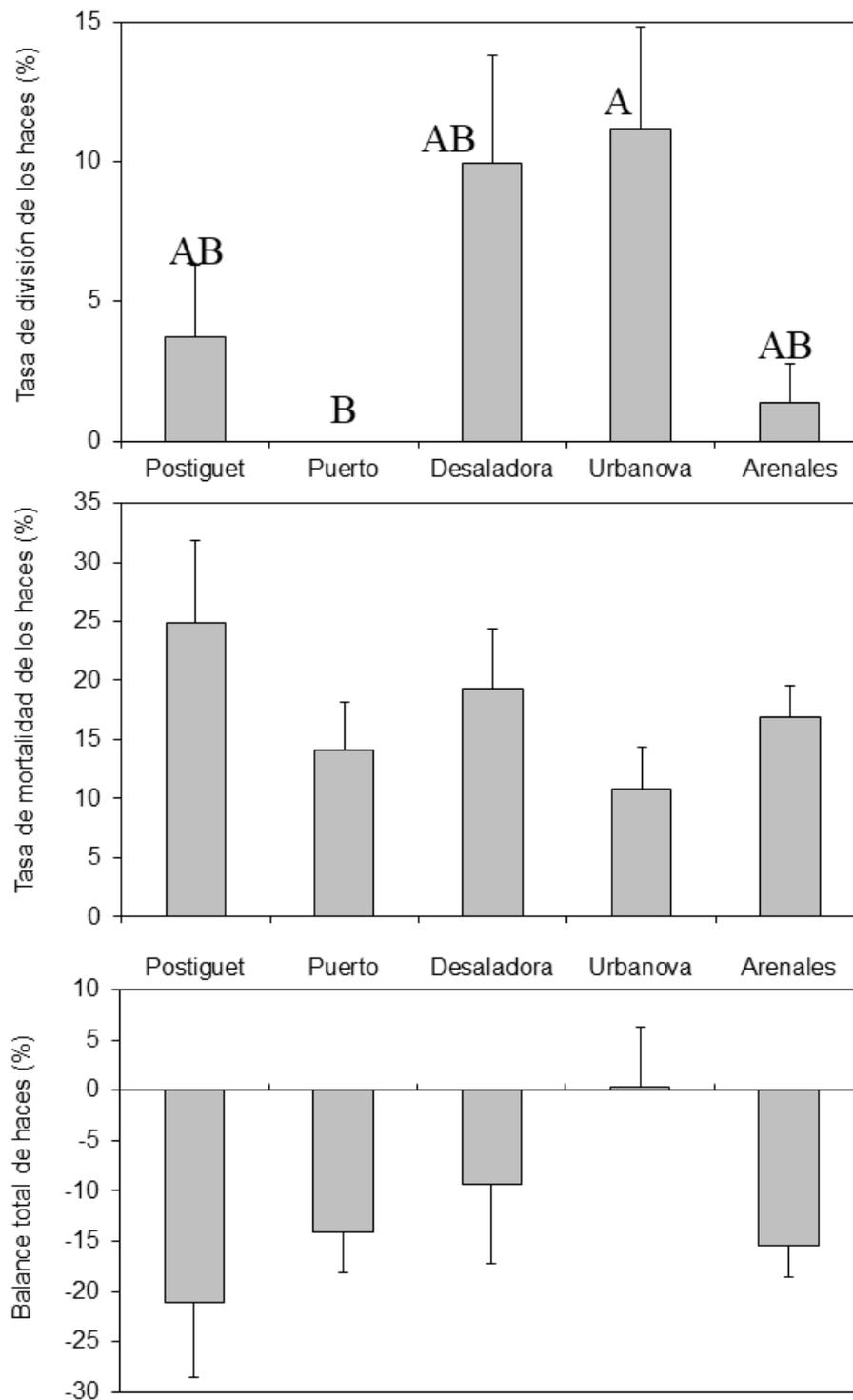


Figura 3.8. Tasas de división, mortalidad y balance, expresado como tasa de división – tasa mortalidad, de los haces marcados en las parcelas de las cinco nuevas localidades (Postiguet, Puerto, Desaladora, Urbanova y Arenales) situadas a -16.5 m de profundidad (las barras representan el error típico).

Tabla 3.12. Resumen de los ANOVAs realizados a los datos obtenidos en verano del 2019 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	2.6333	3.10	ns	
	Profundidad = Pr	1	2.1333	2.51	ns	
	Lo*Pr	2	0.4333	0.51	ns	
	Residual	24	0.8500			
Longitud media foliar	Localidad = Lo	2	7.7754	0.20	ns	
	Profundidad = Pr	1	15.8670	0.40	ns	
	Lo*Pr	2	91.4957	2.33	ns	
	Residual	24	39.2619			
Anchura media foliar	Localidad = Lo	2	0.0040	2.44	ns	
	Profundidad = Pr	1	0.0060	3.68	ns	
	Lo*Pr	2	0.0067	4.11	ns	
	Residual	24	0.0016			
Superficie foliar	Localidad = Lo	2	3520.8676	1.48	ns	
	Profundidad = Pr	1	1922.9611	0.81	ns	
	Lo*Pr	2	2881.2912	1.21	ns	
	Residual	24	2379.7266			
Biomasa foliar	Localidad = Lo	2	0.0237	0.49	ns	
	Profundidad = Pr	1	0.0484	1.00	ns	
	Lo*Pr	2	0.0744	1.53	ns	
	Residual	24	0.0486			
Carga de epífitos	Localidad = Lo	2	0.4507	3.00	ns	
	Profundidad = Pr	1	2.4741	16.47	**	16 m > 20 m
	Lo*Pr	2	0.1917	1.28	ns	
	Residual	24	0.1502			
Necrosis (%)	Localidad = Lo	2	1.3837	1.86	ns	
	Profundidad = Pr	1	3.3116	4.45	ns	
	Lo*Pr	2	1.0239	1.38	ns	
	Residual	24	0.7444			
Herbivorismo (%)	Localidad = Lo	2	17.1714	21.50	***	P > U = D
	Profundidad = Pr	1	2.6857	3.36	ns	
	Lo*Pr	2	0.9810	1.23	ns	
	Residual	24	0.7988			

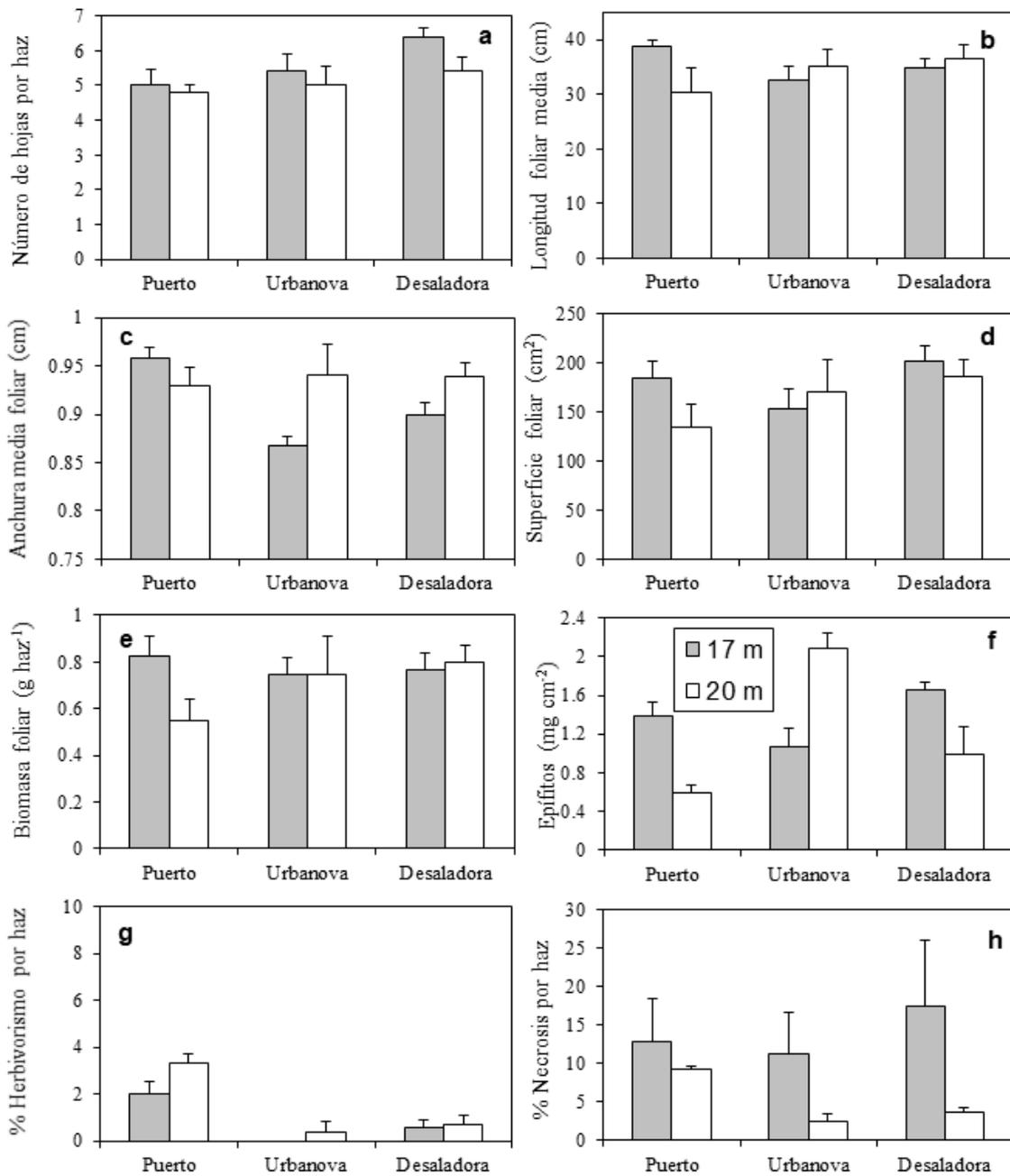


Figura 3.9. Representación de los datos de fenología obtenidos de los haces pertenecientes a la pradera superficial (-17 m) y a la pradera profunda (- 20 m) de las tres localidades (Puerto, Urbanova y Desaladora; las barras representan el error típico).

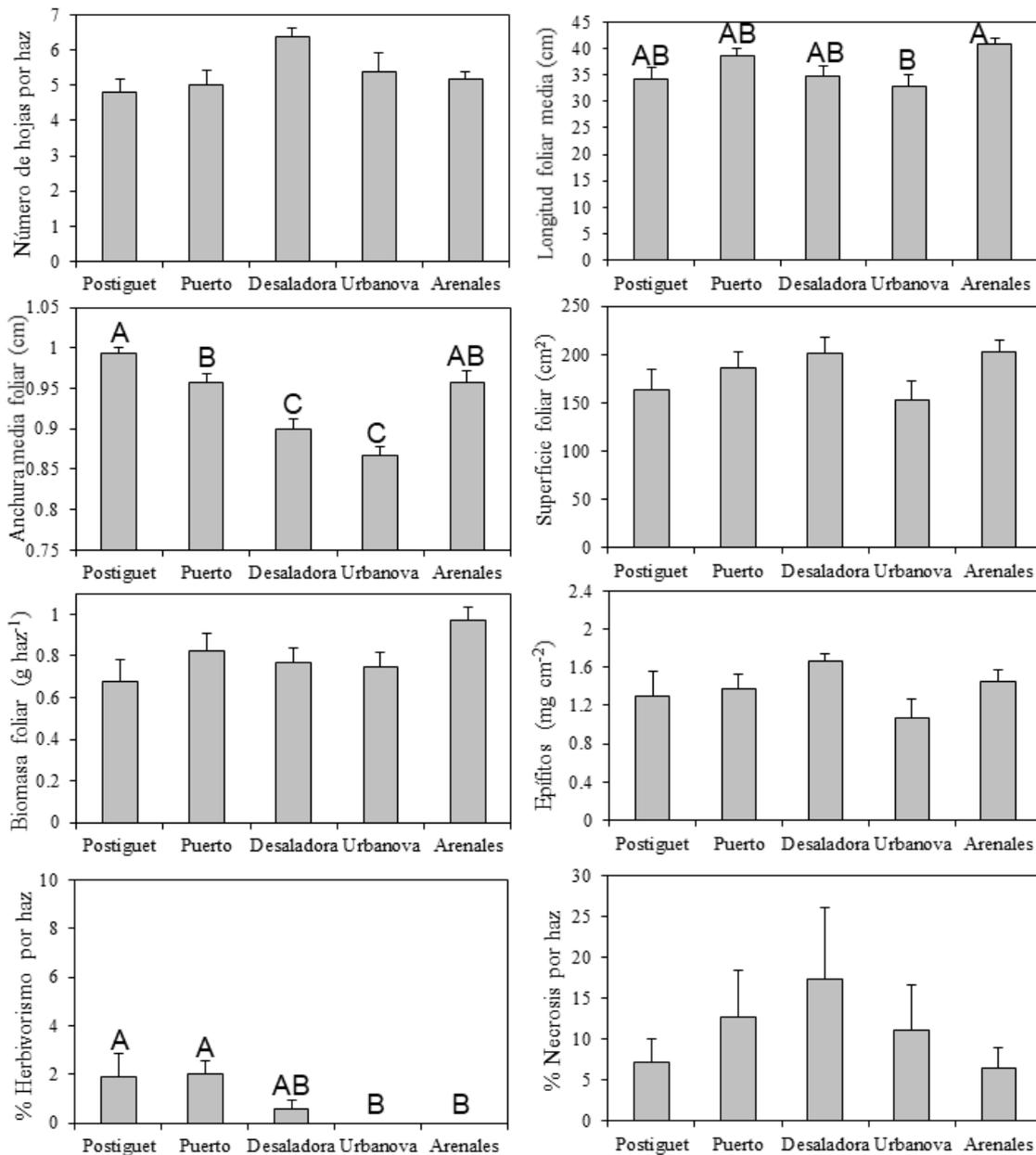


Figura 3.10. Representación de los datos de fenología obtenidos de los haces pertenecientes a las cinco nuevas localidades (Postiguet, Puerto, Desaladora, Urbanova y Arenales) situadas a -17 m de profundidad. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras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

3.4.- Equinodermos y otras especies de interés

3.4.1.- Invierno 2019

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 (*Pinna nobilis*) y sabélidos (*Sabella spallanzanii*). Lo más destacable del muestreo de invierno del 2019 es que sólo siguen detectándose restos de ejemplares de *Pinna nobilis* muertos, no observándose ejemplares vivos de esta especie en ninguna de las localidades de estudio. Entre los equinodermos las especies más abundantes siguen siendo las holoturias y la estrella de mar *Echinaster sepositus*, y en menor cantidad *Paracentrotus lividus* y *Astropecten arancianus*. 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 ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria</i> sp.
Puerto ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria</i> sp.
Desaladora ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria</i> sp..
Desaladora ₁₆ S	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria</i> sp.
Urbanova ₁₆ N	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>Astropecten arancianus</i> <i>E. sepositus</i> <i>Holothuria</i> sp.
Urbanova ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria</i> sp.
Arenales ₁₆	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria</i> sp. <i>Paracentrotus lividus</i>
Puerto ₂₀	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria</i> sp.
Desaladora ₂₀	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria</i> sp.
Urbanova ₂₀	<i>P. oceanica</i>	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria</i> sp.

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	+	+	

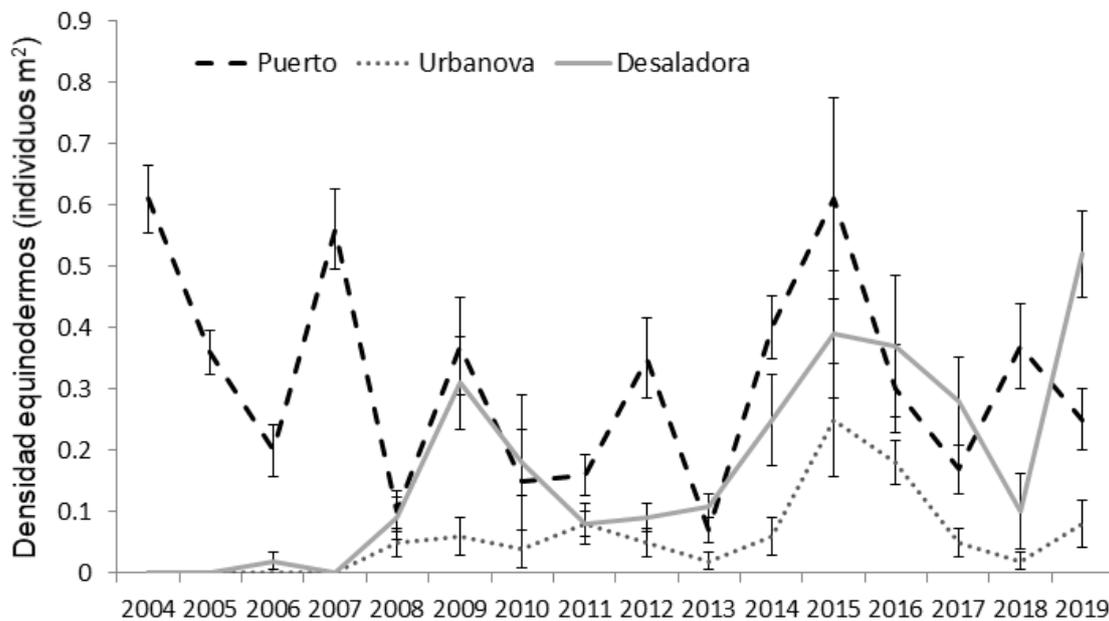


Figura 3.11. Evolución de la densidad media de equinodermos (número de individuos por m²) en tres localidades sobre pradera de *Posidonia oceanica* en invierno de los distintos años de estudio (2004-2019). Las barras representan el error típico.

En cuanto a la abundancia de equinodermos en este muestreo se siguen detectando diferencias significativas entre las distintas localidades, observándose una mayor densidad en la localidad Desaladora (Figura 3.11 y 3.12; Tabla 3.15).

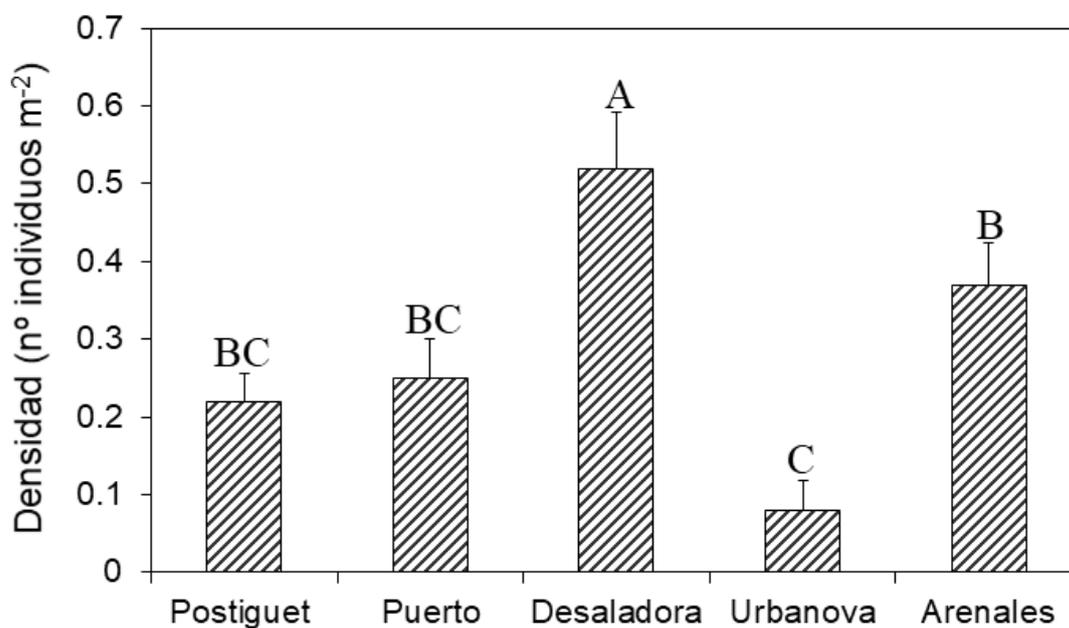


Figura 3.12. Densidad media de equinodermos (número de individuos por m²) en las cinco localidades de estudio sobre pradera de *Posidonia oceanica*. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico).

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 2019) 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	0.8245	51.09	***	2003 < 2019
	Localidad	2	0.3240	20.08	***	D > P > U
	AD*Localidad	2	0.1796	11.13	***	P _A = U _A = D _A
	Residual	54	0.0161			D _D > P _D > U _D

3.4.2.- Verano 2019

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 los muestreos del año anterior no se

encuentra ningún ejemplar vivo de *Pinna nobilis*. Sí se observan ejemplares de *Sabella spallanzani*, que aparecen en seis de las estaciones muestreadas. Entre los equinodermos las especies más abundantes son las holoturias, la estrella de mar *Echinaster sepositus* y los erizos *Paracentrotus lividus* y *Sphaerechinus granularis*. En este muestreo, como en los últimos realizados, siguen apareciendo equinodermos en todas las estaciones estudiadas.

En cuanto a las abundancias de equinodermos, en este muestreo detectamos una mayor densidad en las localidades de Arenales y del Puerto (Figura 3.14). Y, al comparar con años previos, en este muestreo se ha detectado una reducción en la abundancia de estos individuos en las localidades de Urbanova y la Desaladora (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 2019.

Localidad	Tipo de fondo	Especies
Postiguet ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i>
Puerto ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</i> <i>Sphaerechinus granularis</i>
Desaladora ₁₆	<i>P. oceanica</i> y mata muerta	<i>E. sepositus</i> <i>Holothuria sp.</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> <i>Paracentrotus lividus</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	+		

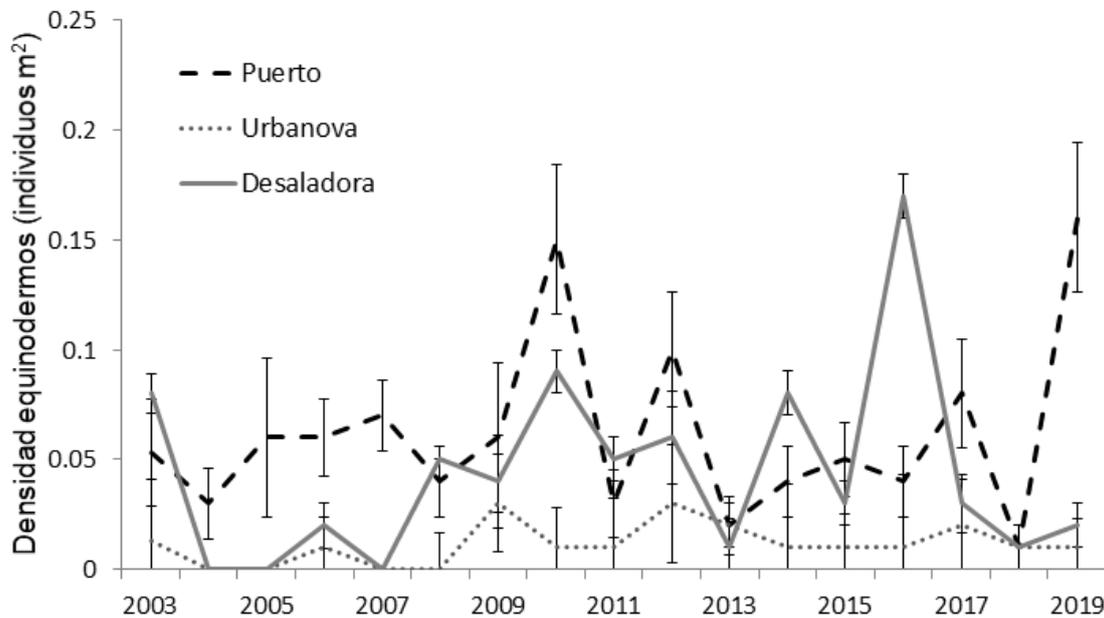


Figura 3.13. Evolución de la densidad media de equinodermos (número de individuos por m²) en tres localidades sobre pradera de *Posidonia oceanica* en verano de los distintos años de estudio (2003-2019). Las barras representan el error típico.

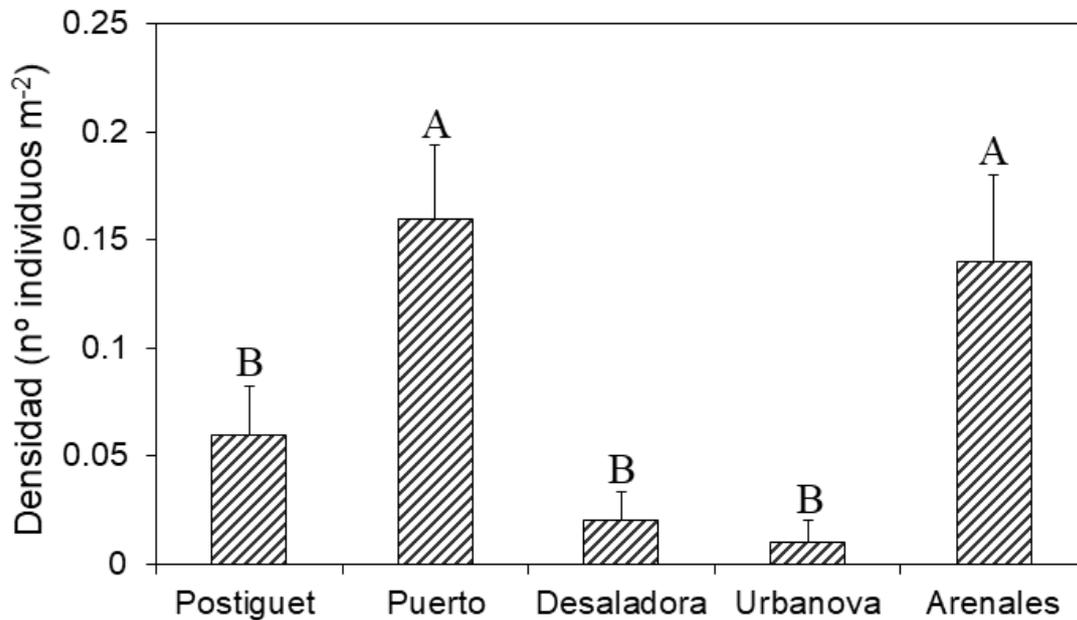


Figura 3.14. Densidad media de equinodermos (número de individuos por m²) en las cinco localidades de estudio sobre pradera de *Posidonia oceanica*. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico).

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 2019) 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	0.0031	0.92	ns	
	Localidad	2	0.0457	13.45	***	$P > D > U$
	AD*Localidad	2	0.0359	10.57	***	$P_A = U_A = D_A$
	Residual	54	0.0034			$P_D > D_D = U_D$

3.5.- Sedimentos e infauna de fondos blandos en verano del 2019

3.5.1. – Sedimentos

3.5.1.1.- Granulometría

El sedimento presenta una granulometría formada principalmente por arenas finas en las estaciones A1, B2, C1, C2 y C3, de las cuales B2 y C3 presentan también un alto contenido en fangos. Mientras que en A2, A3 y B3 los fangos es la fracción más representada y en B1 se detecta un mayor contenido de arenas medias (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, detectándose un ligero incremento de la fracción más gruesa en las estaciones B1, A1 y A2 (figura 3.13).

Esta estabilidad queda reflejada en los diagramas triangulares (figura 3.14). 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, B2 y C3 como arenas con fangos; y las estaciones A3 y B3 como fangos con arenas.

Tabla 3.19. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo en el verano del 2019.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Grava	3.4	41.2	5.9	45	5.9	13.1	0.4	7.6	19.5
Arena Gruesa	12	10.6	8.2	18.5	15	9	0.8	11.7	24.7
Arena Media	28.9	5.6	6.4	25.7	10.2	8.3	0.8	8.1	12.1
Arena Fina	44.2	15.8	33.3	7.6	24.5	26.7	86.3	44.3	18.2
Fango	11.5	26.7	46.1	3.1	44.3	42.9	11.8	28.3	25.5



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, 2017, 2018 y 2019.

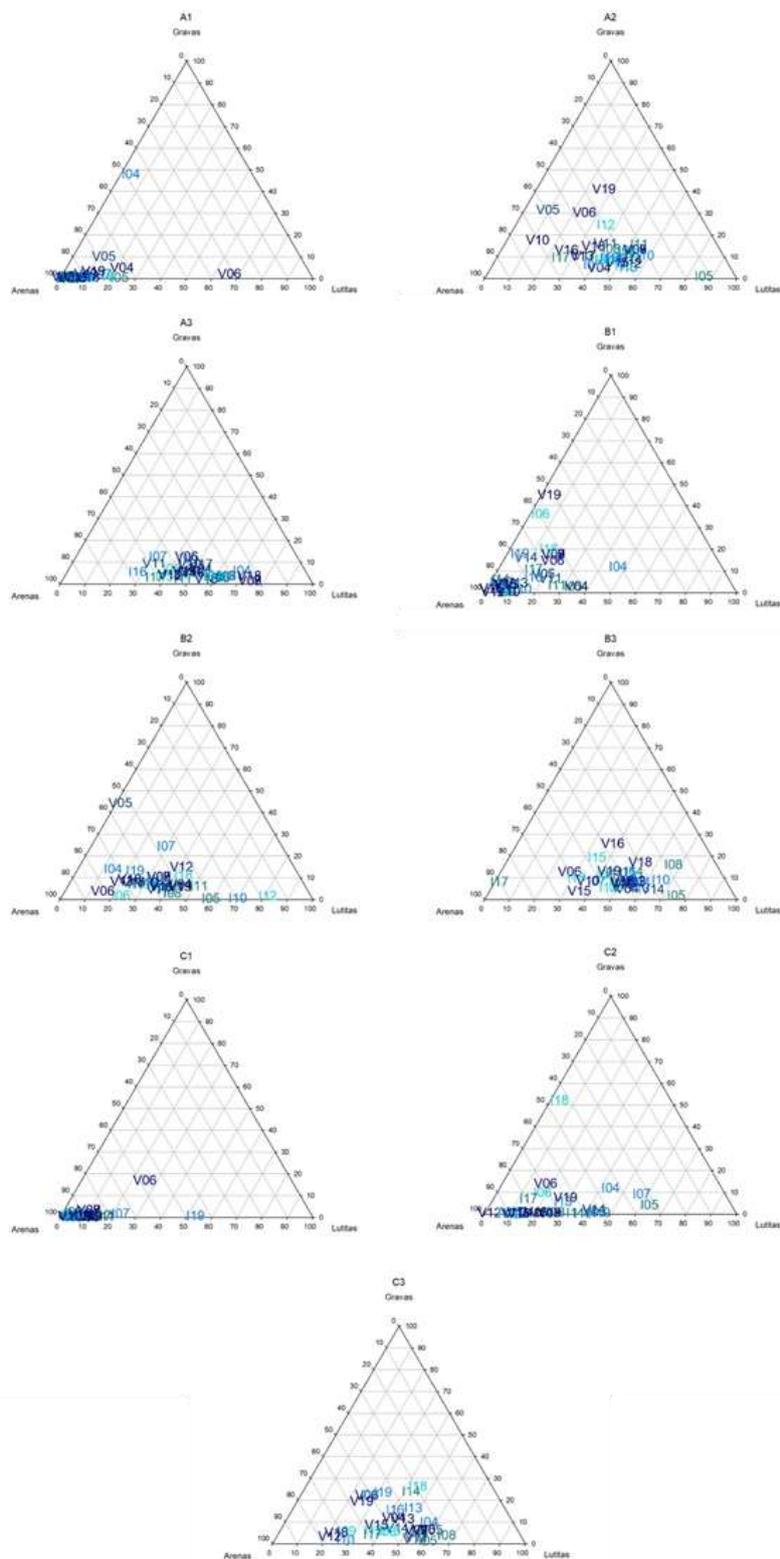


Figura 3.16. Diagramas triangulares de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en las campañas realizadas en el 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019.

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 situadas a 10 y 15 metros de profundidad, mientras que los valores más bajos se detectan en las estaciones más someras (tabla 3.20). Se obtienen los valores máximos en la estación B3, detectándose el menor porcentaje en la estación C1. Esta tendencia es similar a la obtenida en las campañas realizadas en los últimos años (figura 3.17).

Los valores más altos de pH se obtienen en las estaciones más someras, mientras que en las estaciones más profundas se obtienen los valores más bajos (tabla 3.20). Con respecto a la campaña anterior se detectan algunos cambios estacionales, como un ligero descenso C3 y un aumento en la estación C1 (figura 3.18).

Por lo que se refiere al potencial redox, el valor más negativo se obtiene en las estaciones más profundas y en A2, mientras que el valor más alto corresponde a la estación C1.

Tabla 3.20. Valores de % de materia orgánica, pH y potencial redox de cada una de las estaciones en el verano del 2019.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
% mat.org.	2.1	8.63	5.42	1.62	6.33	9.04	0.99	3.74	4.82
pH	7.96	7.52	7.4	8.37	7.58	7.66	8.5	7.54	7.56
Potencial Redox	-60.2	-251	-308	61.5	-251	-271	83	-128.6	-239.1

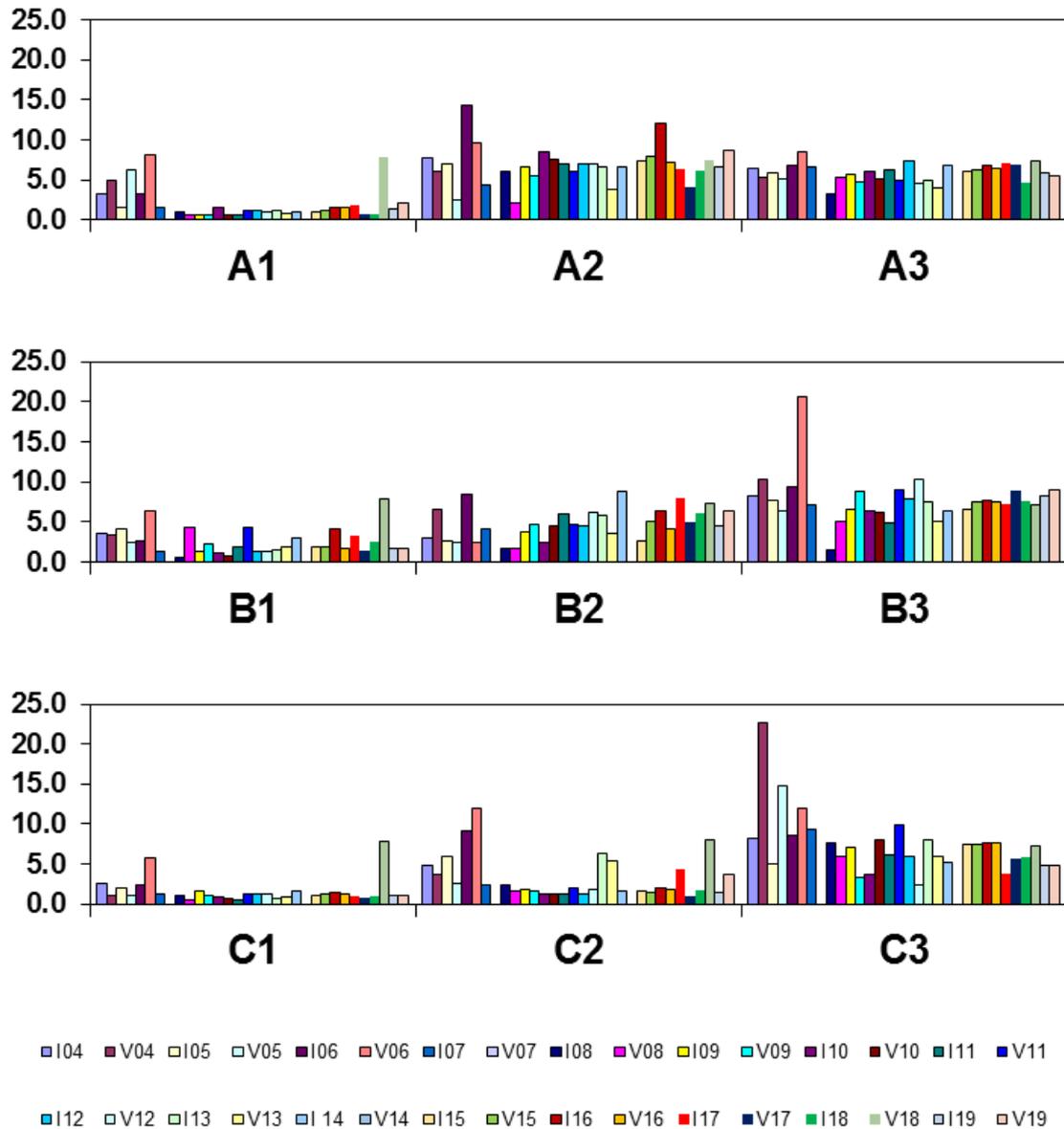


Figura 3.17. Valores de porcentaje de materia orgánica en las estaciones de muestreo en las campañas realizadas en el 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019.

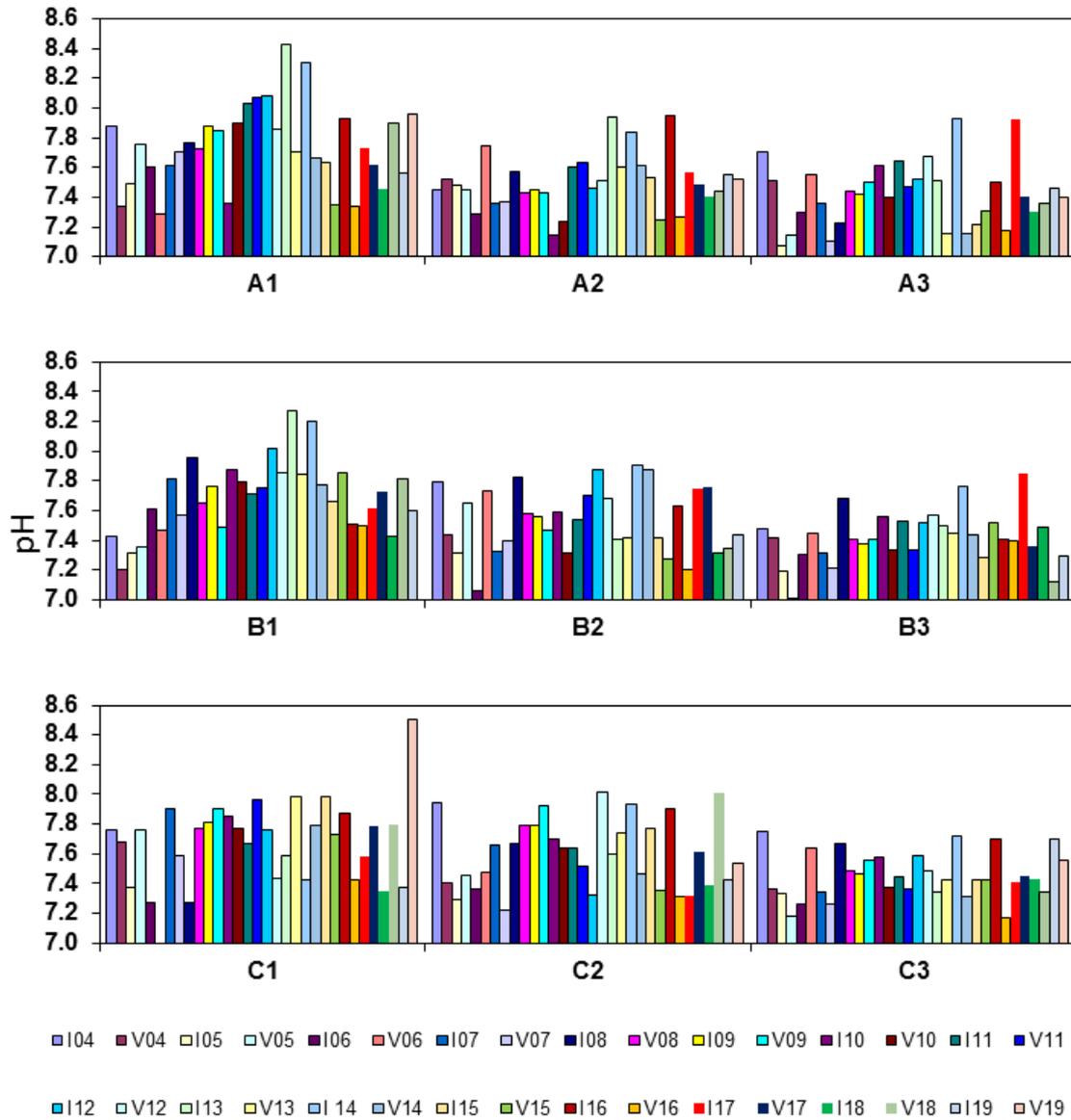


Figura 3.18. Valores de pH en las estaciones de muestreo en las campañas realizadas el 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019.

3.5.2. – Estructura de la infauna asociada a fondos blandos

Se han identificado un total de 7692 individuos pertenecientes a 24 grupos taxonómicos. La comunidad está dominada por poliquetos (41.67%) y bivalvos (31.20%), detectándose también altas abundancias de nematodos (8.59%) (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	0.0	0.0	19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Annelida Polychaeta	6.6	19.8	6.6	6.6	26.3	19.8	6.6	0.0	0.0
Platyhelminthes	32.9	777.0	513.6	316.0	744.0	125.1	26.3	237.0	125.1
Nemertea	322.6	3522.6	3845.3	1962.1	4069.1	2028.0	184.4	1718.5	2093.8
Sipunculida	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Crustacea Ostracoda	0.0	92.2	65.8	0.0	32.9	111.9	0.0	125.1	158.0
Copepoda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Malacostraca Cumacea	13.2	6.6	19.8	0.0	0.0	0.0	131.7	19.8	0.0
Mysidacea	0.0	651.9	158.0	19.8	0.0	19.8	79.0	46.1	19.8
Tanaidacea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Isopoda	6.6	138.3	72.4	6.6	52.7	46.1	13.2	39.5	19.8
Amphipoda	0.0	13.2	6.6	105.3	26.3	0.0	19.8	46.1	32.9
Decapoda	0.0	46.1	26.3	98.8	0.0	105.3	46.1	59.3	6.6
Pycnogonida	0.0	26.3	0.0	32.9	0.0	0.0	6.6	26.3	52.7
Mollusca Scaphopoda	19.8	138.3	190.9	421.4	111.9	79.0	217.3	138.3	72.4
Gastropoda	32.9	131.7	85.6	39.5	52.7	46.1	0.0	79.0	85.6
Bivalvia	0.0	65.8	32.9	6.6	6.6	0.0	0.0	6.6	13.2
Polyplacophora	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
Echinodermata Asteroidea	6.6	770.4	434.6	79.0	105.3	125.1	13.2	223.9	322.6
Ophiuroidea	553.1	2864.2	757.2	612.3	2330.9	539.9	678.2	329.2	164.6
Echinoidea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Holothuroidea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	6.6	0.0	0.0
Ascidiacea	0.0	26.3	13.2	19.8	6.6	0.0	0.0	0.0	6.6
Cephalochordata	0.0	6.6	0.0	13.2	0.0	0.0	6.6	6.6	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, no se detectan diferencias entre los factores transecto y profundidad, aunque en este último factor muestra diferencias marginalmente significativas ($p < 0.1$). Estas diferencias se deben a una mayor abundancia en las estaciones de 10 metros de profundidad, y una menor densidad de individuos en las estaciones someras (figura 3.19).

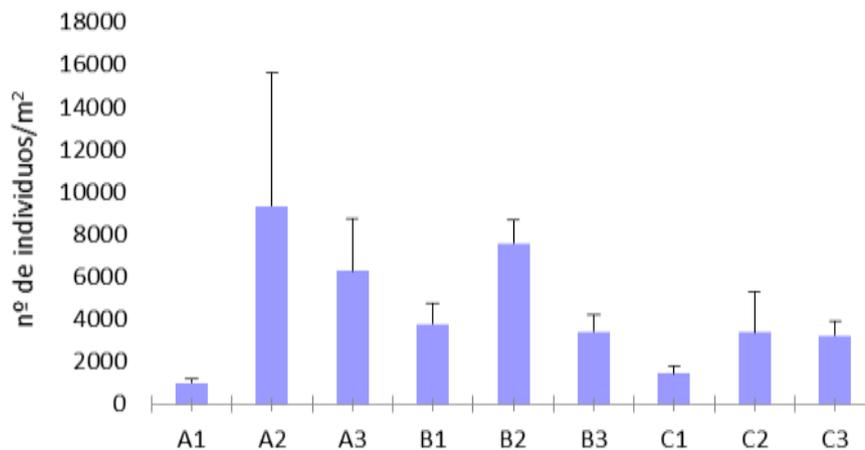


Figura 3.19. Abundancia media en las distintas estaciones.

En el caso de la riqueza taxonómica no se detectan diferencias significativas para ninguno de los dos factores, a pesar de que se puede observar una tendencia a un menor número de taxones en las estaciones someras exceptuando la más próxima al vertido (figura 3.20).

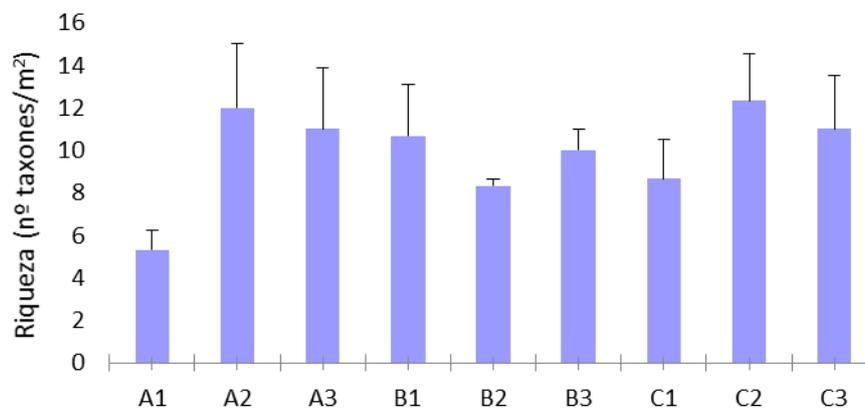


Figura 3.20. Nº grupos taxonómicos presentes en las distintas estaciones

3.5.2.2. – Análisis multivariante

El dendrograma muestra como las estaciones situadas a 10 y 15 metros de profundidad junto con la estación B de 5 metros, se agrupan con una similitud superior al 50%. Dentro de este grupo, las estaciones profundas del transecto A guardan una mayor similitud con la estación B de 10 metros, diferenciándose del resto del grupo. Del mismo modo, las estaciones más someras de los transectos A y C se diferencian del resto y se asemejan en un 60% (figura 3.21).

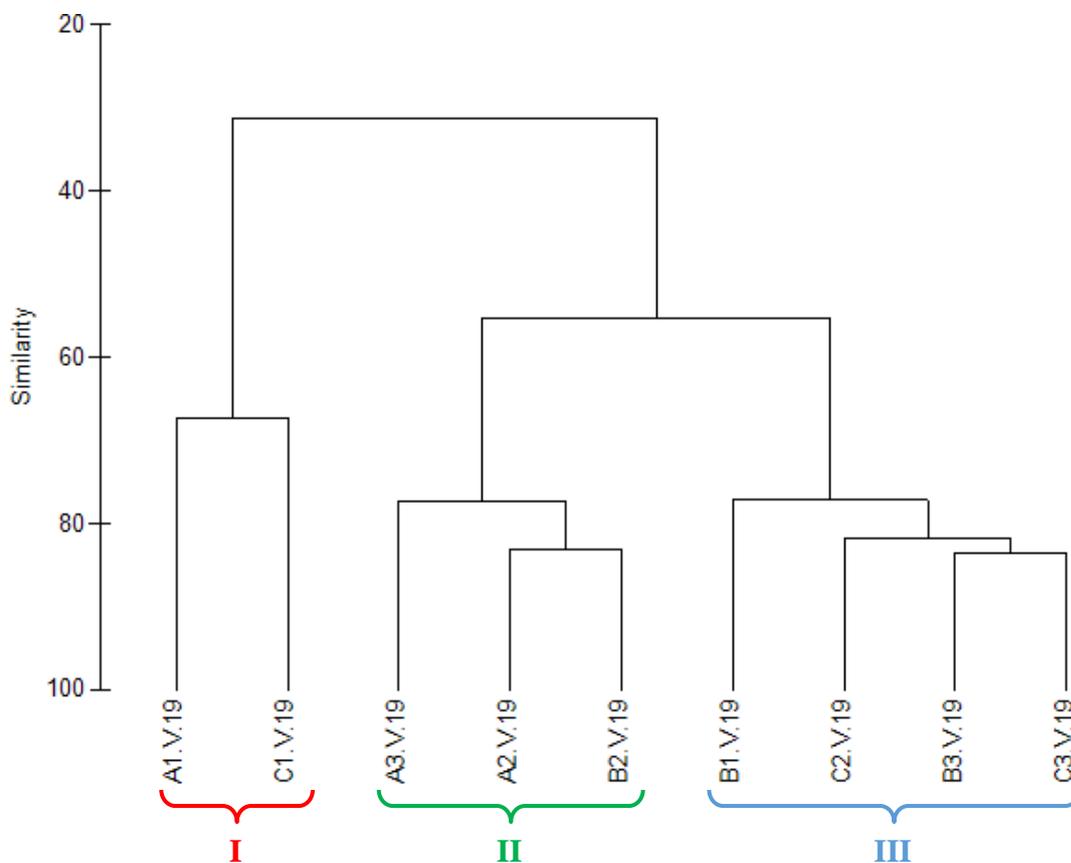


Figura 3.21. Representación del cluster respecto a los grupos taxonómicos de cada estación.

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

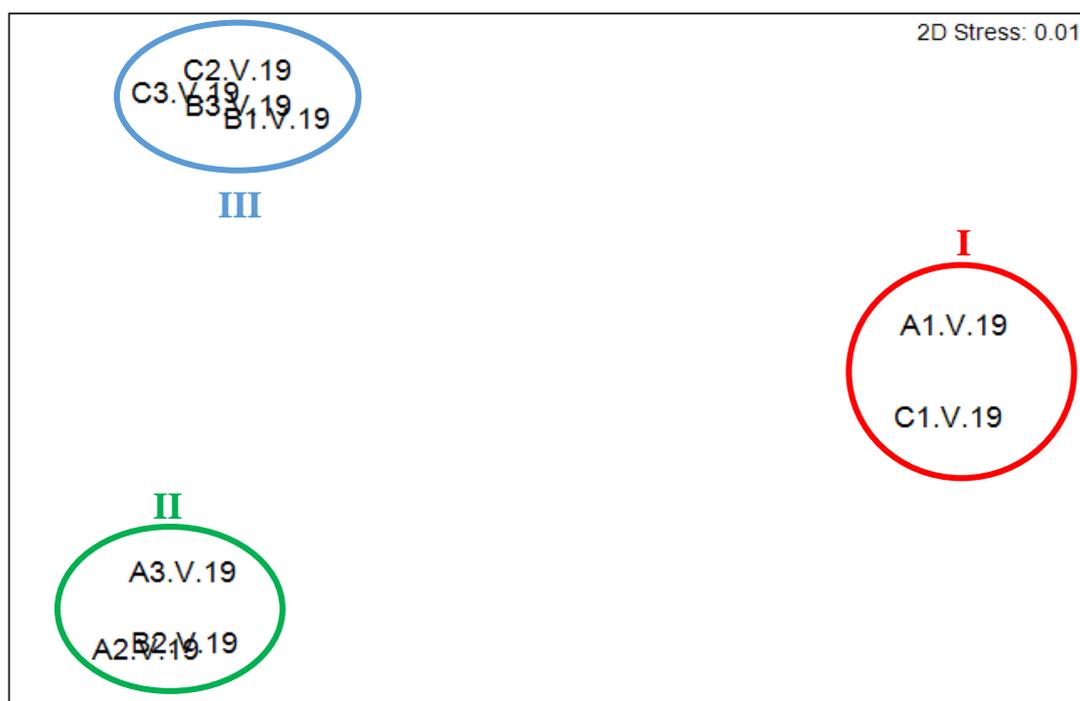


Figura 3.22. Representación bidimensional del MDS para los grupos taxonómicos en cada una de las estaciones muestrales.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se han detectado diferencias significativas entre los transectos ($R = -0.086$, con un nivel de significación de 0.65) pero sí diferencias marginalmente significativas entre profundidades ($R = 0.309$, con un nivel de significación de 0.057).

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.

Las estaciones A1 y C1, conformando el grupo denominado como I, se diferencian por su composición en los grupos de poliquetos y bivalvos. Por otro lado, en el grupo II, poliquetos, bivalvos y nematodos fueron los taxones que más contribuyeron a la similitud entre las estaciones A3, A2 y B2; los mismos grupos fueron los que contribuyeron en mayor medida a la diferenciación de las estaciones que conforman el grupo III (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: 67.21			
	Bivalvia	615.64	67.74
	Polychaeta	253.5	90.32
II			
SM: 79.10 %			
	Polychaeta	3812.35	60.03
	Bivalvia	1984.09	80.36
	Nematoda	678.19	89.98
	Gastropoda	436.76	93.49
III			
SM: 79.68 %			
	Polychaeta	1950.62	67.28
	Bivalvia	411.52	77.41
	Nematoda	200.82	82.61
	Gastropoda	187.65	86.97
	Amphipoda	177.78	90.07

La disimilitud del grupo I frente al resto fue debida principalmente a las bajas abundancias de bivalvos y poliquetos detectadas en esta estación. Entre los grupos II y III, las diferencias fueron debidas a que en el grupo formado por A2, A3 y B2, grupo II, se detectaron mayores abundancias de poliquetos, bivalvos, nematodos y gasterópodos; mientras que en el grupo III hubo una abundancia intermedia de poliquetos, bivalvos y nematodos, distanciándose de los valores de los otros grupos, además de una mayor abundancia de anfípodos (Tabla 3.23).

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: 75.38				
	Polychaeta	253.5	3812.35	54.14
	Bivalvia	615.64	1984.09	73.09
	Nematoda	29.63	678.19	82.69
	Gastropoda	9.88	436.76	88.87
	Copepoda	39.51	269.96	92.35

I & III				
DM: 63.95				
	Polychaeta	253.5	1950.62	56.96
	Bivalvia	615.64	411.52	64.43
	Gastropoda	9.88	187.65	70.53
	Nematoda	29.63	200.82	76.18
	Amphipoda	118.52	177.78	81.1
	Ascidiacea	0	103.7	84.64
	Sipuncula	0	98.77	88.04
	Ostracoda	72.43	4.94	90.27
II & III				
DM: 44.84				
	Polychaeta	3812.35	1950.62	37.91
	Bivalvia	1984.09	411.52	67.83
	Nematoda	678.19	200.82	77.27
	Gastropoda	436.76	187.65	83.18
	Copepoda	269.96	26.34	88
	Amphipoda	147.05	177.78	90.24

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, el potencial redox y el pH presentan una correlación significativa con la comunidad de infauna (tabla 3.24). En el caso del potencial redox, se observa como los mayores valores se relacionan con la composición de la comunidad de infauna en A1 y C1. En lo referente al pH se observa como en las estaciones situadas a 10 y 15 metros de profundidad, se detectan menores valores de pH (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	0.411	0.058
Granulometría		
% gravas	-0.002	0.449
% arenas gruesas	-0.001	0.466
% arenas medias	0.343	0.062
% arenas finas	0.411	0.064
% fangos	0.045	0.320
Potencial Redox	0.38	0.034
Salinidad	-0.042	0.520
Materia orgánica	0.269	0.067
pH	0.399	0.046

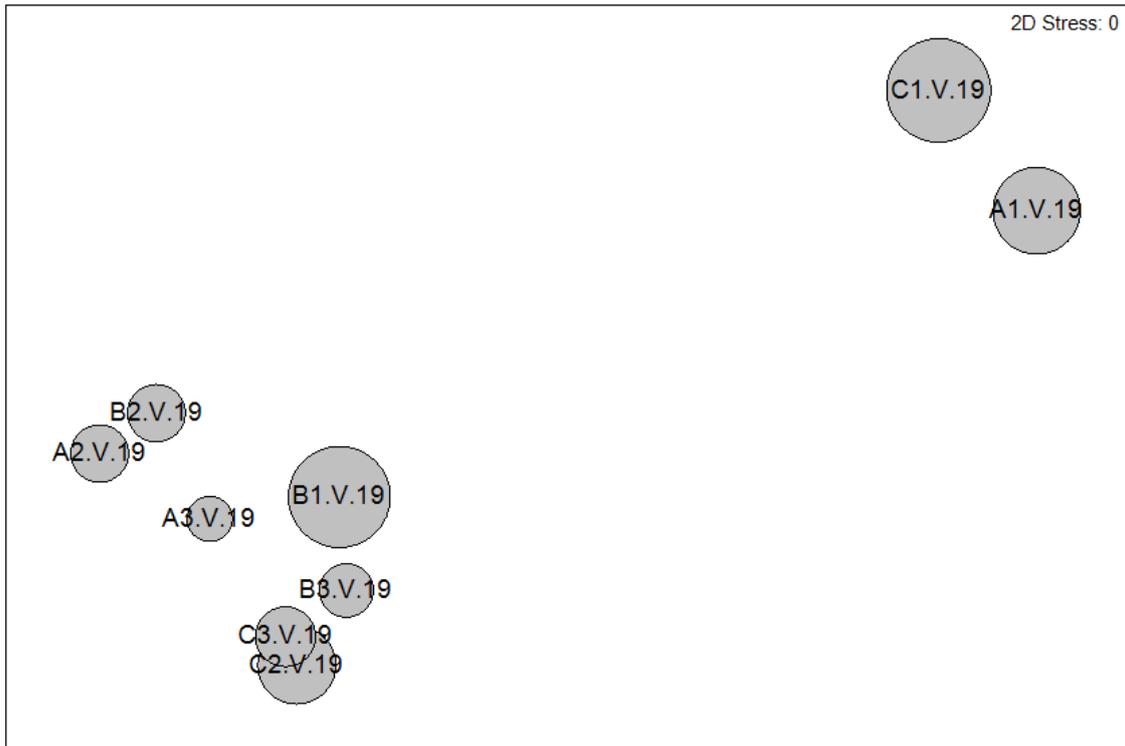


Figura 3.23. Representación bidimensional MDS para las abundancias de grupos taxonómicos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de potencial redox.

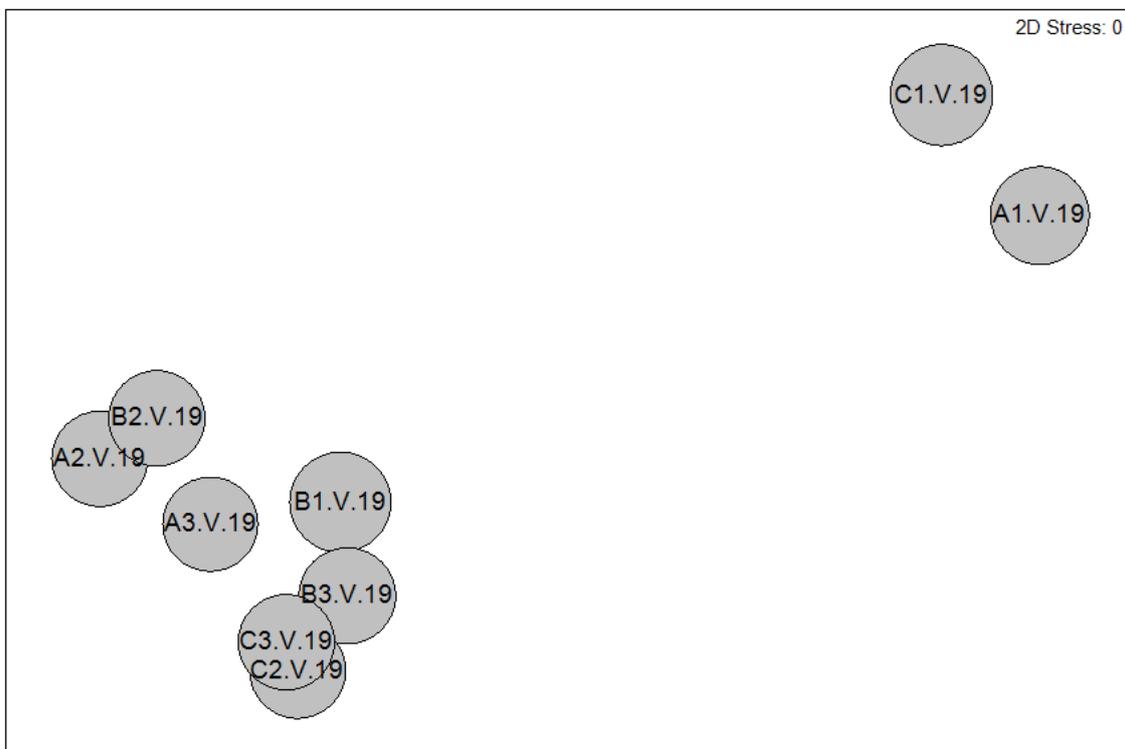


Figura 3.24. Representación bidimensional MDS para las abundancias de grupos taxonómicos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de pH.

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, 2017 y 2018. En la representación del dendrograma se observa como la estación B1 de este año es similar a la situación obtenida durante los veranos del 2007 y 2012.

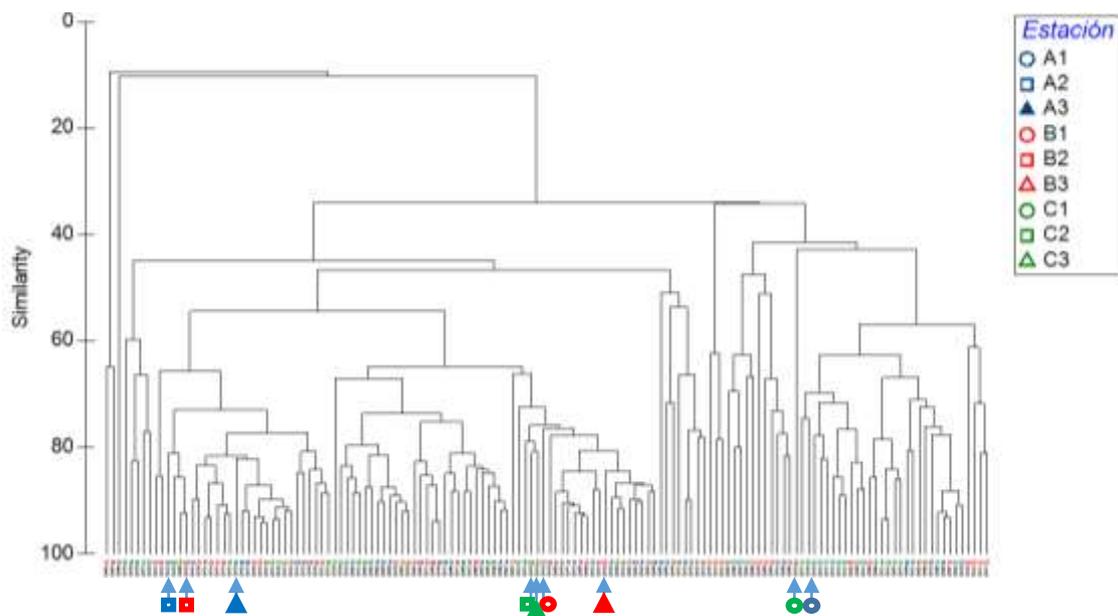


Figura 3.25. Representación del cluster respecto a los grupos taxonómicos de cada estación correspondiente a las campañas de verano del 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019.

En la representación multiescalar se observa cómo, la estación del vertido mantiene una situación similar a la detectada en las campañas anteriores, presentando una comunidad de infauna parecida a la obtenida durante el año 2007, manteniendo una mayor similitud con las estaciones de referencia.

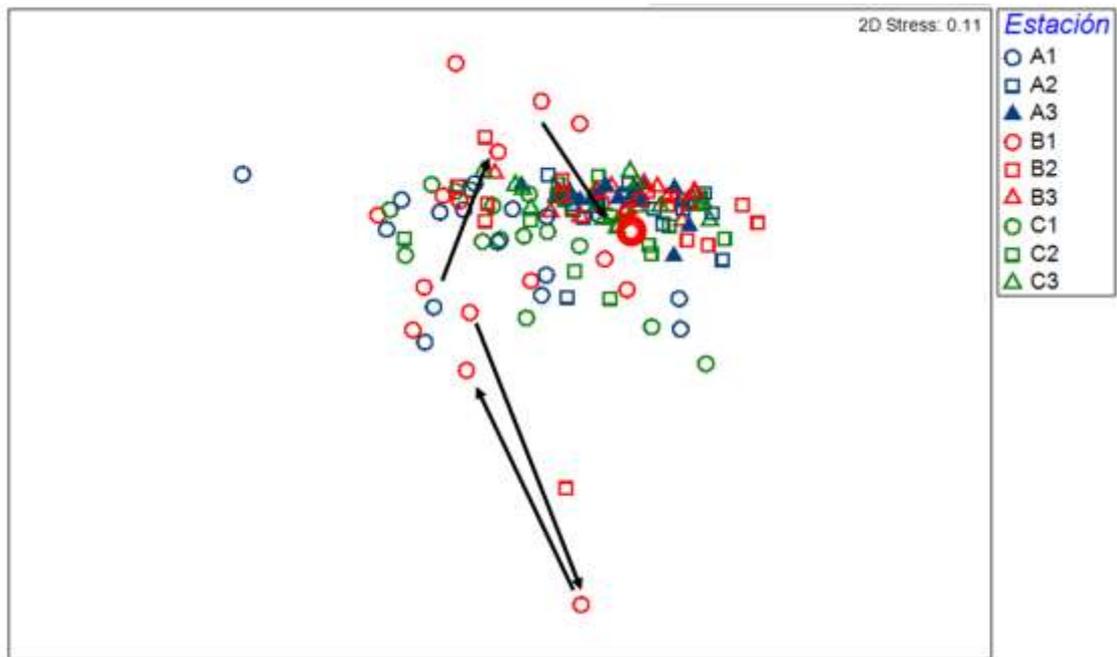


Figura 3.26. Representación bidimensional del MDS para los grupos taxonómicos de cada estación correspondientes a las campañas de verano del 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019.

3.5.3. – Comunidad de poliquetos de fondos blandos en verano de 2019

Tabla 3.25. Abundancias medias (nº ind / m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Ampharetidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.51	0.00	0.00	0.00
Aphroditidae	0.00	6.58	46.09	0.00	0.00	19.75	0.00	32.92	32.92
Arenicolidae	0.00	0.00	0.00	0.00	204.12	0.00	0.00	0.00	0.00
Capitellidae	118.52	717.70	954.73	144.86	546.50	572.84	59.26	125.10	487.24
Chaetopteridae	0.00	230.45	138.27	138.27	553.09	26.34	6.58	13.17	46.09
Cirratulidae	0.00	85.60	210.70	59.26	230.45	52.67	0.00	19.75	52.67
Cossuridae	0.00	0.00	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00
Dorvilleidae	0.00	59.26	131.69	26.34	164.61	118.52	0.00	32.92	98.77
Eunicidae	0.00	144.86	65.84	26.34	118.52	92.18	0.00	138.27	204.12
Flabelligeridae	0.00	26.34	131.69	52.67	39.51	59.26	0.00	85.60	65.84
Glyceridae	0.00	52.67	59.26	19.75	0.00	72.43	0.00	13.17	13.17
Goniadidae	0.00	0.00	0.00	0.00	6.58	6.58	0.00	0.00	0.00
Hesionidae	0.00	6.58	19.75	13.17	19.75	13.17	0.00	0.00	6.58
Lacydoniidae	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lumbrineridae	0.00	26.34	32.92	19.75	6.58	13.17	0.00	32.92	13.17
Magelonidae	0.00	0.00	46.09	0.00	46.09	13.17	6.58	0.00	13.17
Maldanidae	0.00	79.01	26.34	0.00	144.86	19.75	0.00	79.01	19.75
Nepthyidae	13.17	26.34	59.26	6.58	26.34	19.75	32.92	0.00	19.75
Nereididae	0.00	32.92	6.58	111.93	0.00	0.00	0.00	151.44	32.92
Oeonidae	0.00	0.00	0.00	0.00	105.35	0.00	0.00	0.00	6.58
Onuphidae	0.00	46.09	85.60	6.58	197.53	32.92	19.75	52.67	52.67
Opheliidae	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	6.58	0.00	26.34	0.00
Orbiniidae	85.60	0.00	0.00	0.00	6.58	0.00	6.58	0.00	0.00
Oweniidae	0.00	0.00	39.51	0.00	6.58	13.17	0.00	0.00	0.00
Paralacydoniidae	0.00	0.00	6.58	0.00	98.77	0.00	0.00	0.00	0.00
Paraonidae	26.34	316.05	184.36	131.69	427.98	151.44	0.00	98.77	144.86
Pectinariidae	0.00	46.09	0.00	0.00	32.92	26.34	0.00	6.58	13.17
Pholoidae	0.00	6.58	0.00	6.58	13.17	0.00	0.00	6.58	6.58
Phyllodocidae	6.58	46.09	26.34	32.92	6.58	0.00	0.00	32.92	32.92
Pilargidae	0.00	0.00	72.43	0.00	6.58	13.17	0.00	0.00	0.00
Poecilochaetidae	0.00	0.00	39.51	0.00	0.00	13.17	0.00	6.58	0.00
Polynoidae	0.00	6.58	26.34	39.51	0.00	13.17	0.00	13.17	32.92
Protodrilidae	0.00	0.00	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00
Sabellidae	0.00	0.00	6.58	65.84	26.34	13.17	0.00	59.26	13.17
Sabellariidae	0.00	13.17	0.00	0.00	52.67	6.58	0.00	0.00	0.00
Scalibregmatidae	0.00	296.30	59.26	72.43	59.26	32.92	0.00	237.04	26.34
Sigalionidae	13.17	13.17	26.34	6.58	13.17	6.58	26.34	0.00	6.58
Spirorbidae	0.00	0.00	0.00	0.00	177.78	0.00	0.00	0.00	0.00
Serpulidae	0.00	6.58	13.17	13.17	296.30	19.75	0.00	39.51	6.58
Spionidae	52.67	151.44	763.79	26.34	210.70	158.02	26.34	19.75	92.18
Sternaspidae	0.00	0.00	0.00	0.00	39.51	0.00	0.00	0.00	0.00
Syllidae	6.58	1000.82	480.66	697.94	144.86	395.06	0.00	381.89	507.00
Terebellidae	0.00	59.26	65.84	243.62	26.34	19.75	0.00	6.58	46.09

Se han analizado un total de 2999 individuos pertenecientes a 43 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Capitellidae, con 573 individuos, representando el 19.11% de todos los individuos analizados, seguido de las familias Syllidae con 554 individuos (18.5%), Spionidae (256 individuos; 8.5%), Paraonidae (239 individuos; 8%), y por último, la familia Chaetopteridae, de los que se identificaron 165 (5.5%). De las 43 familias identificadas, estas tres corresponden casi al 60% del total de la abundancia. 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, Spionidae aparecen en todas las estaciones estudiadas.

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) ($p=0.0181$). Dichas diferencias vienen marcadas, principalmente, por un descenso de la abundancia de poliquetos en las estaciones someras respecto a las estaciones localizadas a mayor profundidad, principalmente en A1 y C1.

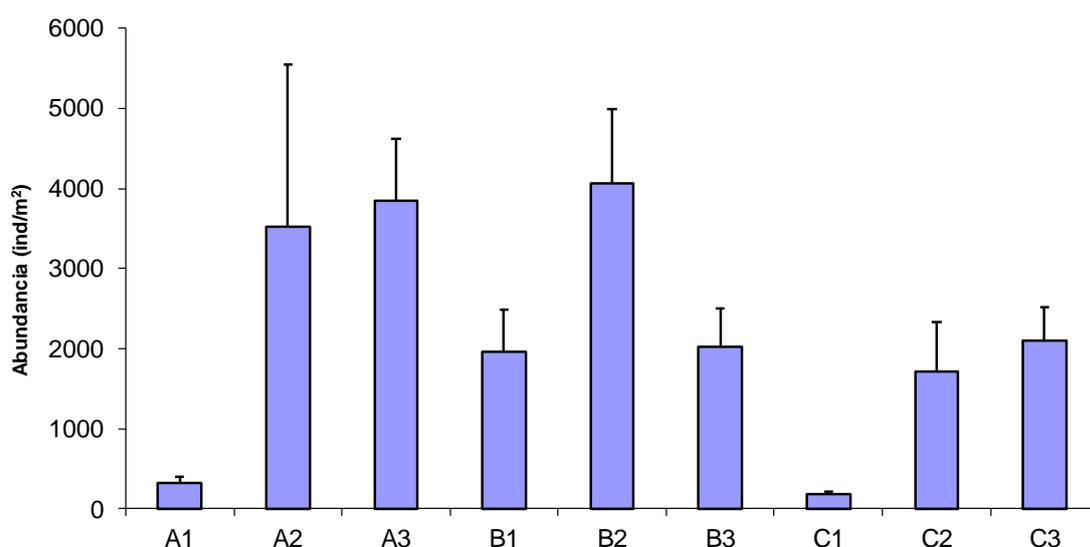


Figura 3.27. Abundancia media de poliquetos en cada una de las estaciones.

Al analizar la riqueza también se detectan diferencias significativas entre la interacción de ambos factores (transecto y profundidad) ($p=0.0024$). Para determinar que muestras están marcando tales diferencias se aplica el test de comparaciones múltiples (SNK). Al igual que ocurre con las abundancias, se observa un descenso significativo de la riqueza a 4 metros respecto a las estaciones localizadas a 10 y 15 m, siendo más acusado en C1 y A1.

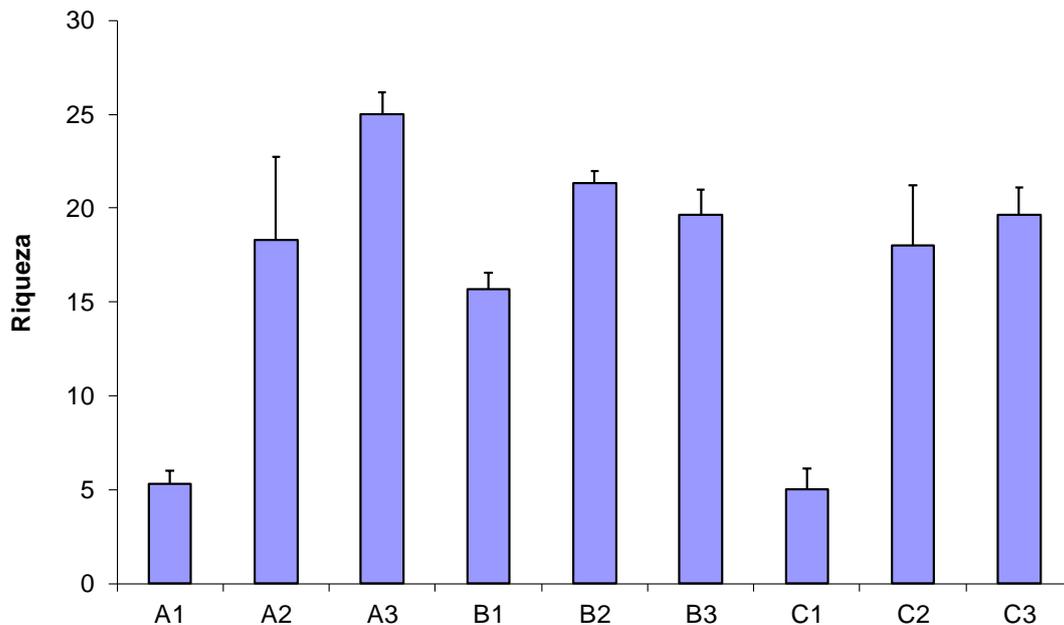


Figura 3.28. Número de familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

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. Se forman dos grupos principales con una disimilitud de un 87%; el grupo A, establecido por dos de las estaciones someras (A1 y C1) y el grupo B, constituido por las estaciones más profundas; junto a la estación somera B1; con un 55% de similitud.

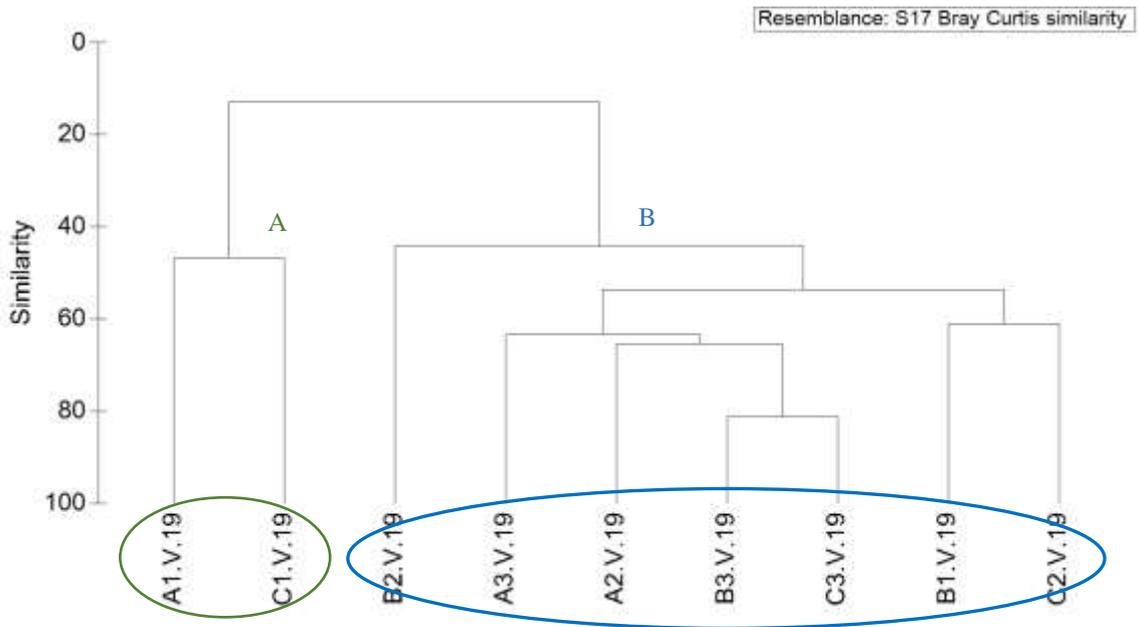


Figura 3.29. Representación del Cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

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 disimilitud, en cuanto a la composición de poliquetos, de las estaciones someras A1 y C1, respecto al resto de las estaciones; incluidas B1.

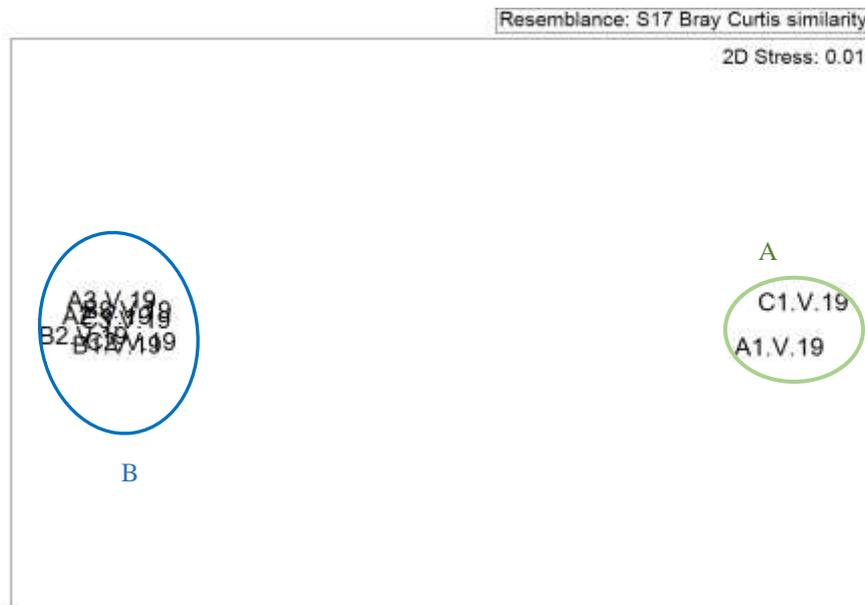


Figura 3.30. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas para el factor profundidad ($R=-0.276$, nivel de significación de 0.029), pero no se detectan para el factor transecto ($R= -0.144$, nivel significación 0.914).

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, Spionidae, Nephtyidae y Sigalionidae son las implicadas en el 94.44% de la similitud entre las estaciones del grupo A. En el caso de las estaciones incluidas en el grupo B, las familias responsables del 66% de similitud son Syllidae, Capitellidae, Paraonidae, Eunicidae, Spionidae.

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
A			
SM: 46.75			
	Capitellidae	88.89	50
	Spionidae	39.51	72.22
	Nephtyidae	23.05	83.33
	Sigalionidae	19.75	94.44
B			
SM: 55.06			
	Syllidae	515.46	25.69
	Capitellidae	507	46.6
	Paraonidae	207.88	55.99
	Eunicidae	112.87	61.32
	Spionidae	203.17	65.98

Las familias Syllidae, Capitellidae, Paraonidae, Spionidae y Chaetopteridae 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, en las estaciones someras (A1 y C1) respecto a las estaciones más profundas, junto a B1.

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: 87.18				
	Syllidae	3.29	515.46	21.4
	Capitellidae	88.89	507	36.31
	Paraonidae	13.17	207.88	43.4
	Spionidae	39.51	203.17	48.91
	Chaetopteridae	3.29	163.67	54.07

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 2.3 % y con un $Rho = 0.597$ (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 (%arena fina), la profundidad, el pH y 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	0.597	2.3%
Materia orgánica	0.239	7.4%
pH	0.518	4.6%
% gravas	-0.05	56%
% A gruesa	0.095	34.8%
% A media	0.404	5.8%
% A fina	0.611	1.8%
% lutitas	0.211	13.6%
Profundidad	0.409	2%
Potencial redox	0.538	2.6%
Salinidad	0.135	28.6%

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 someras (A1 y C1) se caracterizan por un mayor porcentaje de arenas finas y un pH algo más elevado, principalmente en C1, mientras que en las estaciones más profundas se detectan unos sedimentos más reducidos.

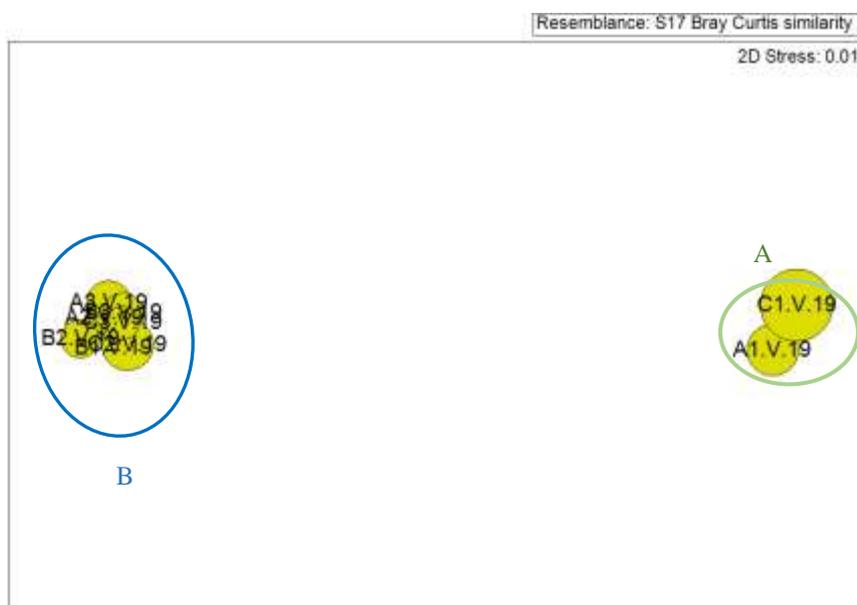


Figura 3.31. Representación bidimensional MDS para las abundancias de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de forma proporcional al incremento de la arena fina.



Figura 3.32. 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 del pH.



Figura 3.33. 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 del potencial redox.



Figura 3.34. 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 2019. 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 la mayoría de las campañas, mostrando mayor homogeneidad, con respecto a las estaciones más profundas, durante esta campaña del 2019. Sin embargo, la estructura de la comunidad de poliquetos de las zonas más profundas mantiene una mayor homogeneidad.

Resemblance: S17 Bray Curtis similarity

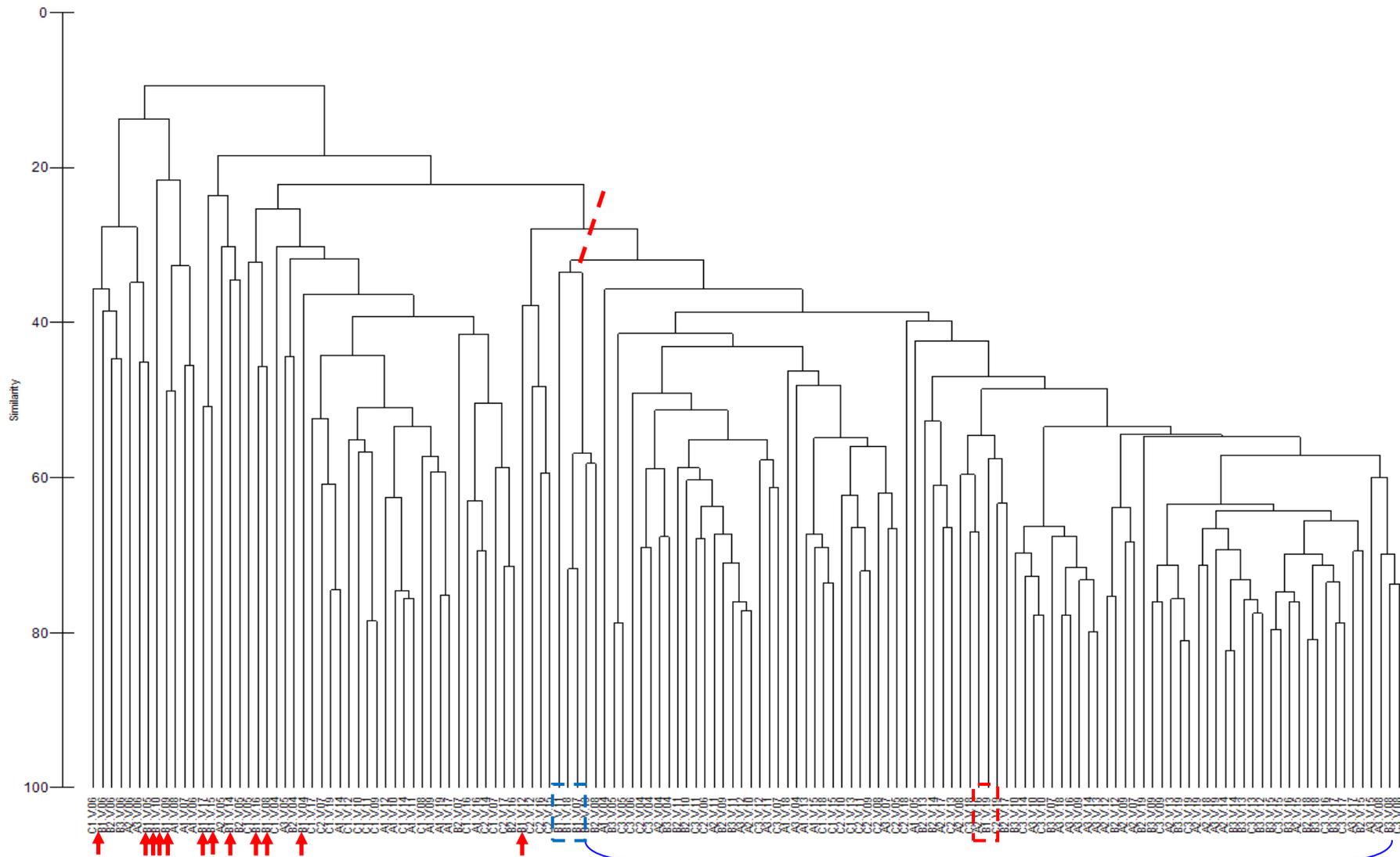


Figura 3.35. Representación del Cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas en las campañas de verano del 2004 al 2018.

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. En cuanto a la estación próxima al vertido, se mantiene la alta heterogeneidad, 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, 2011, 2012, 2013 y 2018 en las que parecen presentar una estructura del poblamiento algo más similar a la mayoría de las estaciones profundas; aumentando esta homogeneidad en la campaña del 2019.

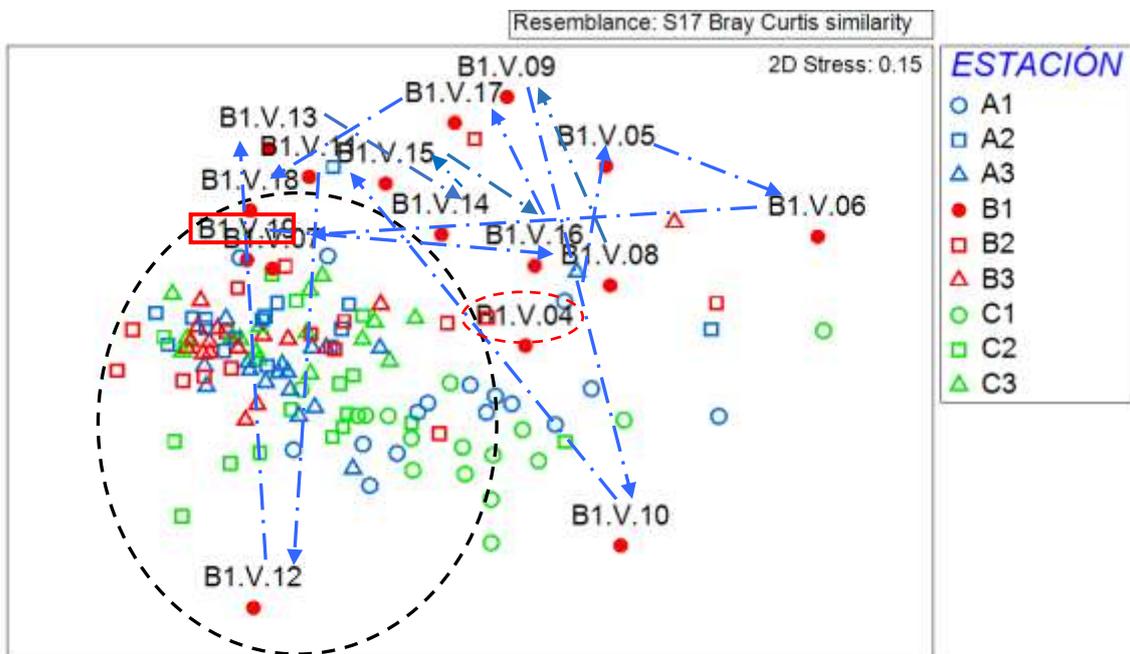


Figura 3.36. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas en las campañas del verano del 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019.

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 3.37). 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, 2008 e invierno de 2019 (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 3.37). 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 valor similar 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 lo que se refiere a la abundancia y biomasa, en verano del 2014 se vuelve a observar cierta recuperación, sin embargo, en invierno de 2015 se detectó una disminución que se mantuvo hasta verano de 2018, mostrando un ligero aumento durante invierno de 2019 que se mantiene en el último muestreo realizado, verano de 2019. Por otro lado, el número de especies en la zona impactada muestra un aumento paulatino hasta verano de 2016, disminuyendo progresivamente a partir de este tiempo hasta que en invierno del 2019 aumenta de nuevo, manteniéndose en el último tiempo de muestro. 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 2019 se observaron un total de 21 especies (Tabla 3.31). 20 de estas especies fueron observadas en la localidad control (todas excepto *Pagrus auriga*), mientras que en la zona impactada sólo aparecieron 12 especies, de entre las que destacaron *Boops boops*, *Diplodus vulgaris* y *Oblada melanura* con valores de abundancia superiores al resto. El número de especies censadas es ligeramente superior al observado en la zona afectada por el vertido justo antes de comenzar la actividad (se observaron 10 especies), y superior al registrado durante el muestreo anterior en invierno del 2019, donde se censaron únicamente 6 especies. Durante verano del 2019, *Sarpa salpa* y *Oblada melanura* 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	1223.5 \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	2074.3 \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	1491.9 \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	1253.8 \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	1957.9 \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	2816.6 \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	1492.3 \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	2664.0 \pm 380.9		
Marzo 2015	Impacto	1.5 \pm 0.5	2.8 \pm 2.5	107.7 \pm 102.0		
	Control	8.6 \pm 0.9	82.0 \pm 10.2	3235.7 \pm 608.7		
Julio 2015	Impacto	1.9 \pm 0.6	3.0 \pm 2.3	236.9 \pm 161.3		
	Control	6.6 \pm 0.9	86.8 \pm 40.0	2906.7 \pm 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	1406.7 ± 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	1034.8 ± 169.2
Marzo 2018	Impacto	1.2 ± 0.2	2.2 ± 2.1	61.4 ± 56.6
	Control	6.2 ± 0.6	60.4 ± 12.7	5503.8 ± 2304.7
Julio 2018	Impacto	1.0 ± 0.0	0.2 ± 0.2	13.0 ± 9.6
	Control	7.2 ± 0.9	72.4 ± 13.3	2140.6 ± 388.0
Febrero 2019	Impacto	3.2 ± 0.6	15.0 ± 4.6	552.4 ± 162.1
	Control	7.1 ± 0.6	53.0 ± 6.5	1894.1 ± 123.1
Julio 2019	Impacto	3.2 ± 1.1	28.6 ± 14.6	705.3 ± 294.0
	Control	7.8 ± 0.7	150.0 ± 25.6	5053.6 ± 588.4

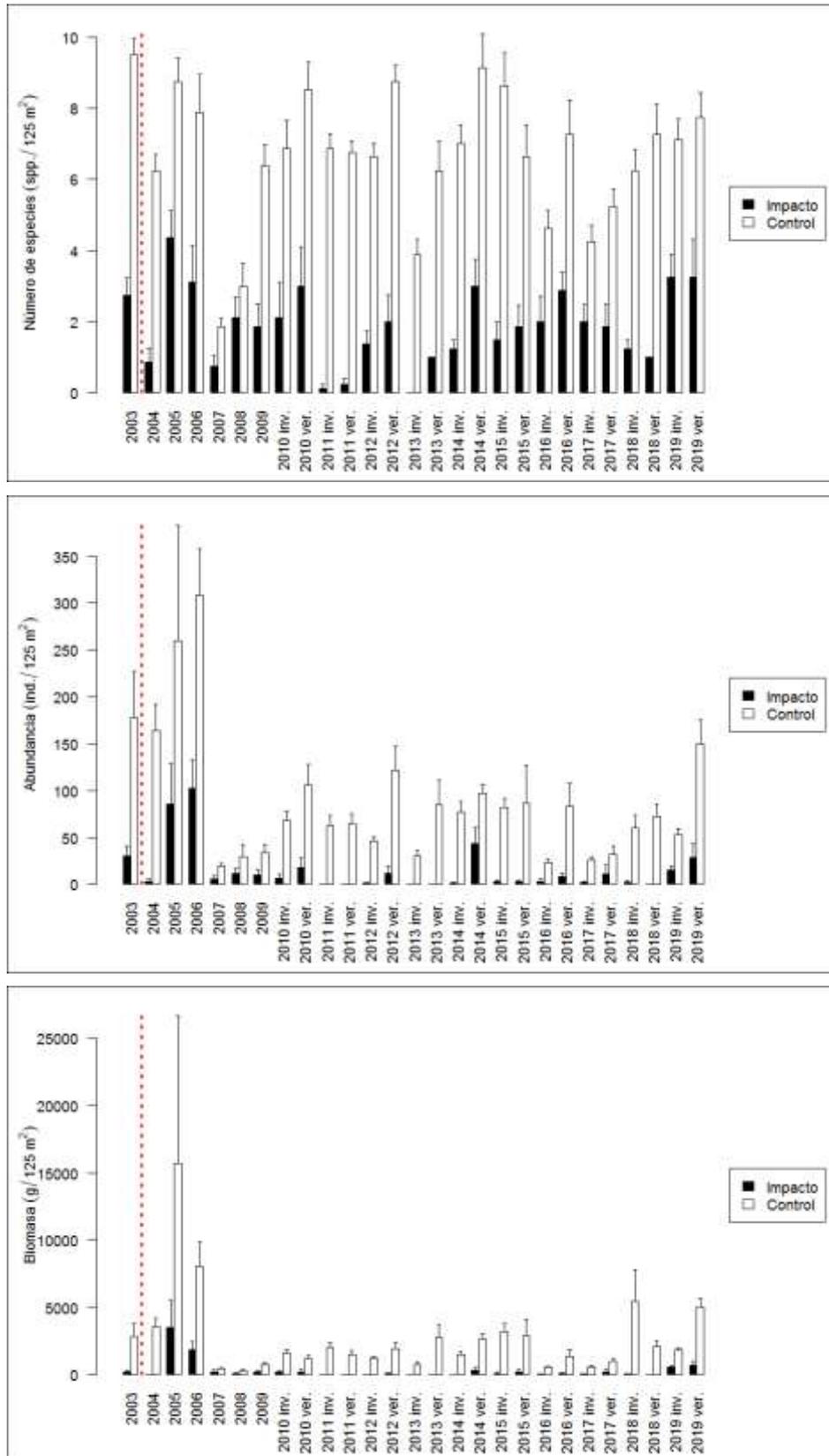


Figura 3.37. Variables del poblamiento de peces (\pm error estándar) antes (2003) y después de iniciarse el vertido (2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 inv., 2010 ver., 2011 inv., 2011 ver., 2012 inv., 2012 ver., 2013 inv., 2013 ver., 2014 inv., 2014 ver., 2015 inv., 2015 ver., 2016 inv., 2016 ver., 2017 inv., 2017 ver., 2018 inv., 2018 ver., 2019 inv. y 2019 ver.).

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	26	26.361	3.47	0.000***	34285.3	2.844	0.001*	20.182	3.60	0.000***	Ti×Si(IC)
IC	1	2441.502	487.17	0.002**	601216.3	502.633	0.002*	2350.149	414.80	0.002**	Si(IC)
Ti×IC	26	10.786	1.42	0.14	10335.5	0.857	0.658	13.577	2.42	0.003**	Ti×Si(IC)
Si(IC)	2	5.012	1.93	0.146	1196.1	0.349	0.706	5.666	2.13	0.12	Residual
Ti×Si(IC)	52	7.593	2.93	0.000***	12054.2	3.515	0.000**	5.592	2.10	0.000***	Residual
Residual	324	2.59			3428.941			2.659			
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		Febrero 2019		Julio 2019	
	Impacto	Control	Impacto	Control	Impacto	Control
<i>Boops boops</i>	0	4.1 \pm 2.6	0	10.2 \pm 6.4	9.8 \pm 6.4	9.4 \pm 5.1
<i>Chromis chromis</i>	0	0	1.0 \pm 0.7	1.6 \pm 0.7	0	1.4 \pm 0.7
<i>Coris julis</i>	0.1 \pm 0.1	1.0 \pm 0.5	0.6 \pm 0.4	0.2 \pm 0.2	0.4 \pm 0.3	0.1 \pm 0.1
<i>Diplodus annularis</i>	4.6 \pm 3.5	44.9 \pm 19.4	0	0.5 \pm 0.3	2.0 \pm 1.1	2.4 \pm 0.8
<i>Diplodus cervinus</i>	0	0	0	0	0	0.1 \pm 0.1
<i>Diplodus puntazzo</i>	0	0	0	0.1 \pm 0.1	0	0.4 \pm 0.3
<i>Diplodus sargus</i>	0.9 \pm 0.5	7.3 \pm 2.8	5.4 \pm 1.8	11.5 \pm 2.1	2.0 \pm 0.8	1.8 \pm 1.0
<i>Diplodus vulgaris</i>	19.9 \pm 7.2	64.0 \pm 22.6	6.6 \pm 2.4	13.0 \pm 2.4	5.8 \pm 2.3	16.8 \pm 1.9
<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	0.4 \pm 0.2	0	0.1 \pm 0.1
<i>Labrus viridis</i>	0	0	0	0	0	0.1 \pm 0.1
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0	0.3 \pm 0.3	0	0	0.1 \pm 0.1	0.2 \pm 0.2
<i>Mullus surmuletus</i>	0	0.1 \pm 0.1	0	0	0	0.1 \pm 0.1
<i>Oblada melanura</i>	0	2.8 \pm 0.6	0	0.1 \pm 0.1	4.9 \pm 4.9	55.4 \pm 22.9
<i>Pagrus auriga</i>	0	0.1 \pm 0.1	0	0	0.1 \pm 0.1	0
<i>Pomadasys incisus</i>	3.1 \pm 3.0	6.0 \pm 1.8	0	0	0	2.4 \pm 1.7
<i>Pomatomus saltator</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Sarpa salpa</i>	0	38.1 \pm 21.4	0	11.4 \pm 2.2	2.2 \pm 2.2	56.5 \pm 11.1
<i>Scorpaena porcus</i>	0	0.1 \pm 0.1	0	0	0	0
<i>Serranus scriba</i>	0	0.3 \pm 0.2	0.9 \pm 0.3	0.8 \pm 0.3	0.2 \pm 0.2	0.9 \pm 0.4
<i>Symphodus cinereus</i>	0.1 \pm 0.1	0	0	0.1 \pm 0.1	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	0.1 \pm 0.1	1.0 \pm 1.0	0.1 \pm 0.1
<i>Symphodus roissali</i>	0.3 \pm 0.2	0.6 \pm 0.3	0	0.2 \pm 0.2	0	0
<i>Symphodus tinca</i>	0.1 \pm 0.1	2.8 \pm 0.8	0.5 \pm 0.3	2.6 \pm 0.8	0.1 \pm 0.1	1.5 \pm 0.6
<i>Thalassoma pavo</i>	0	1.0 \pm 0.4	0	0	0	0.2 \pm 0.2
<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
<i>Trachurus trachurus</i>	0	0	0	0	0	0.1 \pm 0.1

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*, *Sarpa salpa*, *Oblada melanura* y *Diplodus sargus*, por ser las más importantes (Tablas 3.32). Sólo estas cuatro especies representaron el 72.21% de la disimilitud observada entre la localidad impactada y la control.

Tabla 3.32. 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=88.29)	Abundancia	Abundancia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
	media Impacto	media Control		
<i>D. vulgaris</i>	2.85	18.73	22.78	22.78
<i>S. salpa</i>	3.3	21.94	18.75	41.53
<i>O. melanura</i>	1.16	14.79	15.54	57.07
<i>D. sargus</i>	2.72	10.27	15.14	72.21
<i>D. annularis</i>	0.81	4.88	7.03	79.24
<i>B. boops</i>	2.38	6.71	6.25	85.49
<i>S. tinca</i>	0.09	2.12	3.53	89.02
<i>P. incisus</i>	0.14	1.21	1.97	90.98

Aunque las ocho especies fueron más abundantes en la localidad control, al realizar los análisis de la varianza, sólo *Diplodus vulgaris*, *Sarpa salpa* y *Symphodus tinca* mostraron diferencias significativas entre las localidades (Tabla 3.33). Estas especies 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, invierno y verano del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, invierno del 2015 y finalmente invierno y verano del 2018 y 2019. Por otro lado, para *Sarpa salpa*, las diferencias significativas se detectaron en 2003, 2004, 2006, veranos de 2012, 2013 y 2014 e inviernos de 2015 y 2018, y finalmente verano de 2019. Por último, la abundancia de *Diplodus vulgaris* fue significativamente mayor en el control únicamente durante 2003, 2006, y veranos de 2011, 2014 y 2018.

Tabla 3.33. 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	26	1224.223	2.971	0.000**	2190.63	5.997	0.000**	4698.79	5.033	0.000**	Ti×Si(IC)
IC	1	6157.78	49.481	0.020	27249.44	78.597	0.012	37520.08	123.448	0.008*	Si(IC)
Ti×IC	26	307.626	0.747	0.789	1301.04	3.562	0.000**	2351.40	2.518	0.002*	Ti×Si(IC)
Si(IC)	2	124.447	0.705	0.495	346.69	2.008	0.136	303.93	0.525	0.592	Residual
Ti×Si(IC)	52	412.009	2.333	0.000**	365.26	2.115	0.000**	933.68	1.614	0.007*	Residual
Residual	324	176.583			172.69			578.40			
Transform.		ϖ			ϖ			ϖ			

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	26	995.70	1.783	0.038	375.271	1.809	0.035	597.110	1.686	0.055	Ti×Si(IC)
IC	1	20062.81	27.511	0.034	1780.391	16.532	0.056	2032.336	7.465	0.112	Si(IC)
Ti×IC	26	797.12	1.427	0.136	241.117	1.162	0.315	316.062	0.892	0.615	Ti×Si(IC)
Si(IC)	2	729.26	1.877	0.155	107.697	2.414	0.091	272.252	0.942	0.391	Residual
Ti×Si(IC)	52	558.44	1.437	0.033	207.490	4.651	0.000**	354.166	1.225	0.150	Residual
Residual	324	388.58			44.615			289.004			
Transform.		ϖ			ϖ			ϖ			

Fuentes de variación	<i>S. tinca</i>				<i>P. incisus</i>			F versus
	g.l.	C. M.	F	P	C. M.	F	P	
Ti	26	1.174	5.867	0.000***	27.082	3.045	0.000**	Ti×Si(IC)
IC	1	65.868	3069.061	0.000***	122.454	38.613	0.025	Si(IC)
Ti×IC	26	1.039	5.190	0.000***	18.242	2.051	0.014	Ti×Si(IC)
Si(IC)	2	0.021	0.110	0.896	3.171	0.529	0.590	Residual
Ti×Si(IC)	52	0.200	1.023	0.438	8.892	1.483	0.023	Residual
Residual	324	0.196			5.997			
Transform.		Ln(x+1)			ϖ			

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 3.38). Observando con más detalle el dendrograma (Figura 3.39), se evidencia que el poblamiento íctico censado en la zona impactada durante el último tiempo de muestreo, al observarse más especies que años anteriores, se asemeja al poblamiento observado en verano de 2010, 2012 y 2014. 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 3.39).

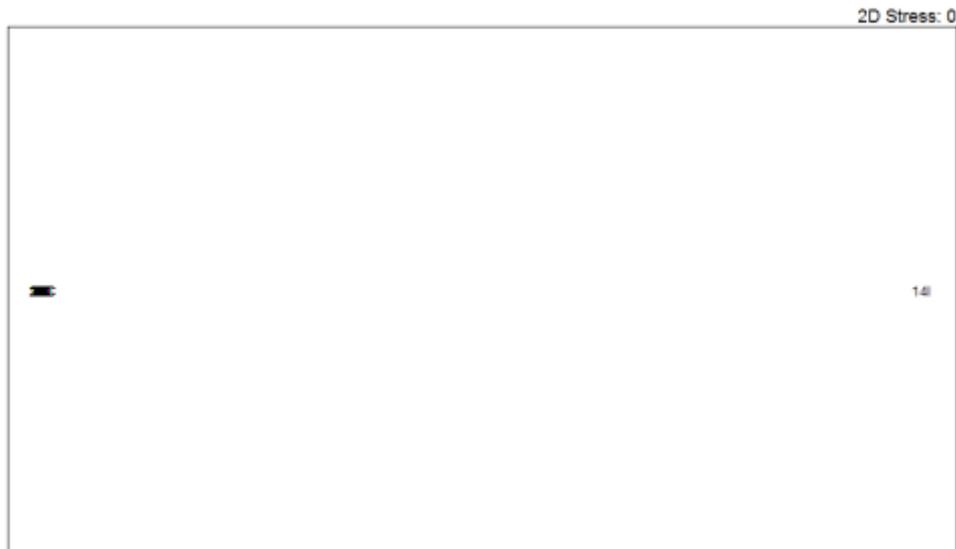


Figura 3.38. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la abundancia de las especies observadas para cada uno de los tiempos estudiados (1: 2003, 2: 2004, 3: 2005, 4: 2006, 5: 2007, 6: 2008, 7: 2009, 8: 2010 inv., 9: 2010 ver., 10: 2011 inv., 11: 2011 ver., 12: 2012 inv., 13: 2012 ver., 14: 2013 inv., 15: 2013 ver., 16: 2014 inv., 17: 2014 ver., 18: 2015 inv., 19: 2015 ver., 20: 2016 inv., 21: 2016 ver., 22: 2017 inv., 23: 2017 ver., 24: 2018 inv., 25: 2018 ver., 26: 2019 inv. y 27: 2019 ver.) en el área impacto (I) y control (C).

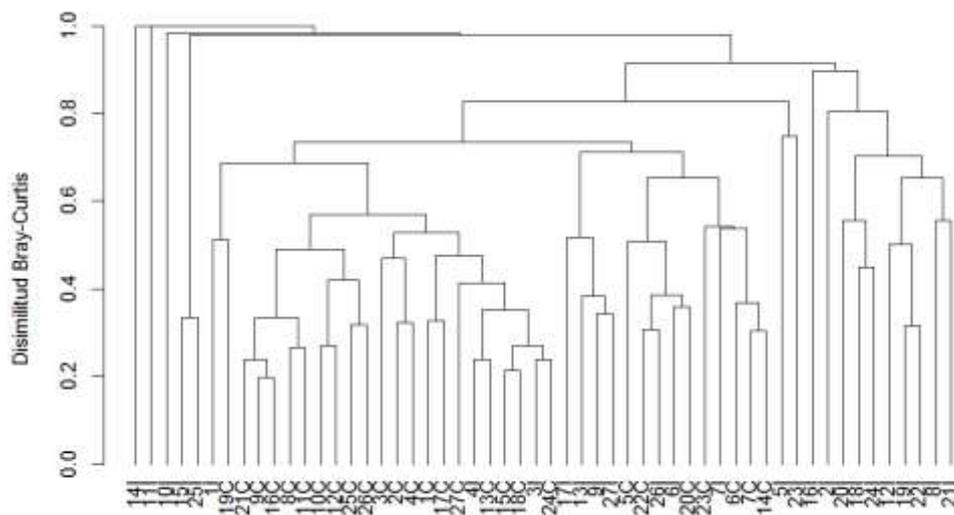


Figura 3.39. Dendrograma de similitud realizado con la abundancia de las especies observadas para cada uno de los tiempos estudiados (1: 2003, 2: 2004, 3: 2005, 4: 2006, 5: 2007, 6: 2008, 7: 2009, 8: 2010 inv., 9: 2010 ver., 10: 2011 inv., 11: 2011 ver., 12: 2012 inv., 13: 2012 ver., 14: 2013 inv., 15: 2013 ver., 16: 2014 inv., 17: 2014 ver., 18: 2015 inv., 19: 2015 ver., 20: 2016 inv., 21: 2016 ver., 22: 2017 inv., 23: 2017 ver., 24: 2018 inv., 25: 2018 ver., 26: 2019 inv. y 27: 2019 ver.) 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 continua en regresión con balances de haces negativos en prácticamente todas las estaciones en ambos tiempos de muestreo. Esta regresión se concentra en las estaciones del Postiguet y el Puerto, y este año parece alcanzar la estación de Arenales. En cualquier caso, la distribución de los impactos observados no puede ser explicada por el vertido de la desaladora puesto que alcanza zonas no influidas por dicho vertido y no se observa una mayor regresión en las estaciones más próximas al vertido (Desaladora y Urbanova). Además, la abundancia de equinodermos en todas las estaciones indica que no ha habido cambios bruscos de salinidades en la zona próxima al vértido.

Los impactos que sufre la pradera de *Posidonia oceanica* en la zona son variados. Entre ellos cabe destacar el vertido de aguas residuales tratadas de la EDAR de Rincón de León, y los blooms de fitoplancton asociados al mismo, la influencia del puerto de Alicante y su ampliación, el fondeo de grandes barcos, la pesca de arrastre o la competencia con especies invasoras. La regresión observada probablemente se deba al efecto acumulado de los distintos impactos sobre la pradera. En la pradera profunda los principales impactos que pueden provocar la regresión son la erosión mecánica provocada por la pesca de arrastre y el anclaje, y la turbidez del agua asociada a las obras de ampliación y mantenimiento del puerto y al vertido de la EDAR de Rincón de León.

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 2018 las superaciones del valor de referencia de 38.5 siguen siendo bajos (< 8 %), exceptuando los meses de Marzo, Abril y Mayo, que se alcanzan superaciones elevadas en la mayoría de las estaciones (exceptuando puerto). En la estación Urbanova se supera el 25% en Marzo y Abril; la Desaladora, en abril y Mayo; Urbanoba N en Abril; y en la Desaladora S, en Abril y Mayo; Asimismo, los valores promedio anuales han descendido, siendo inferiores a 37.93 en todas las estaciones. En ninguna estación se sobrepasa el porcentaje anual de superaciones recomendado.

5.2.- Pradera de *Posidonia oceanica*

- Durante el año 2019 se sigue observando la regresión de la pradera de *Posidonia* situada en esta zona de la Bahía de Alicante, pero en esta ocasión en casi todas las localidades estudiadas, incluyendo la zona sur (Arenales) y la zona norte (Postiguets) de la bahía.
- La regresión observada no se puede atribuir al vertido de la desalinizadora puesto que es muy generalizada y es menor en las estaciones más cercanas al vertido (desaladora, Urbanova).

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.

Fondos blandos

- Las características físicas del sedimento mantienen la variabilidad espacial detectada años anteriores. Los cambios detectados en granulometría, porcentaje de materia orgánica o potencial redox están relacionados principalmente con la profundidad. De modo que las estaciones situadas a 15 metros se caracterizan por un mayor contenido de fangos y porcentajes más altos de materia orgánica, al igual que las estaciones situadas a 10 metros de los transectos A y B. Mientras que en caso de las estaciones someras se detecta un mayor contenido de arenas finas en las estaciones A1 y C1, así como en C2, y un mayor contenido de arenas medias y gruesas en la estación del vertido.
- El análisis de la comunidad de infauna muestra no muestra diferencias significativas ni en la abundancia total ni en la riqueza, aunque en el caso de la primera variable se observa un incremento en las estaciones a 10 metros de profundidad con respecto a las estaciones más someras. Estas variaciones en la estructura de la comunidad están relacionadas principalmente con cambios en el pH y valores de potencial redox, parámetros que están determinados principalmente 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 2007 y 2018. De modo que mantiene una comunidad muy parecida a las estaciones control durante las campañas de muestreo realizadas en los últimos años.
- Al analizar la comunidad de poliquetos se mantiene el patrón detectado a lo largo de las distintas campañas de muestreo con menores valores de abundancia y riqueza en todas las estaciones someras. Descenso no tan acusado en la estación B1 durante esta campaña del 2019. Las familias Capitellidae, Syllidae, Spionidae, Paraonidae y

Chaetopteridae, siguen siendo las dominantes en la zona de estudio, representando casi el 60% del total de la abundancia analizada.

- La composición de la comunidad de poliquetos parece estar influenciada por las características físico-químicas del sedimento presente en cada una de las estaciones.
- 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, Paraonidae, Syllidae, Spionidae y Chaetopteridae. Las estaciones someras se caracterizan por presentar menores 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 más similar, en cuanto a su composición de familias de poliquetos, a las estaciones más profundas durante esta última campaña.
- En cuanto a la evolución temporal se mantiene el patrón de distribución detectado a lo largo de las distintas campañas. Patrón en el que se observa cómo se mantiene la segregación de las estaciones más someras respecto a las profundas. Entre las estaciones someras, la estación próxima al vertido presenta una alta heterogeneidad respecto al resto de las estaciones, así como en la propia estación, a lo largo de las distintas campañas de muestreo. Cabe destacar las campañas del 2007, 2011, 2012, 2013 y 2018, en las que parece presentar una composición algo más similar a las estaciones más profundas. Aumentando dicha similitud en la campaña 2019.

5.4.- Comunidades nectónicas

- El estudio de las comunidades nectónicas ha mostrado que la estructura del poblamiento que más difiere del resto se registró en la zona impactada justo después del vertido, y con el tiempo se ha ido retomando la estructura del poblamiento original censada en el año previo al vertido. En la zona control, el poblamiento íctico es más similar entre distintos tiempos de muestreo que en la zona impactada.

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.

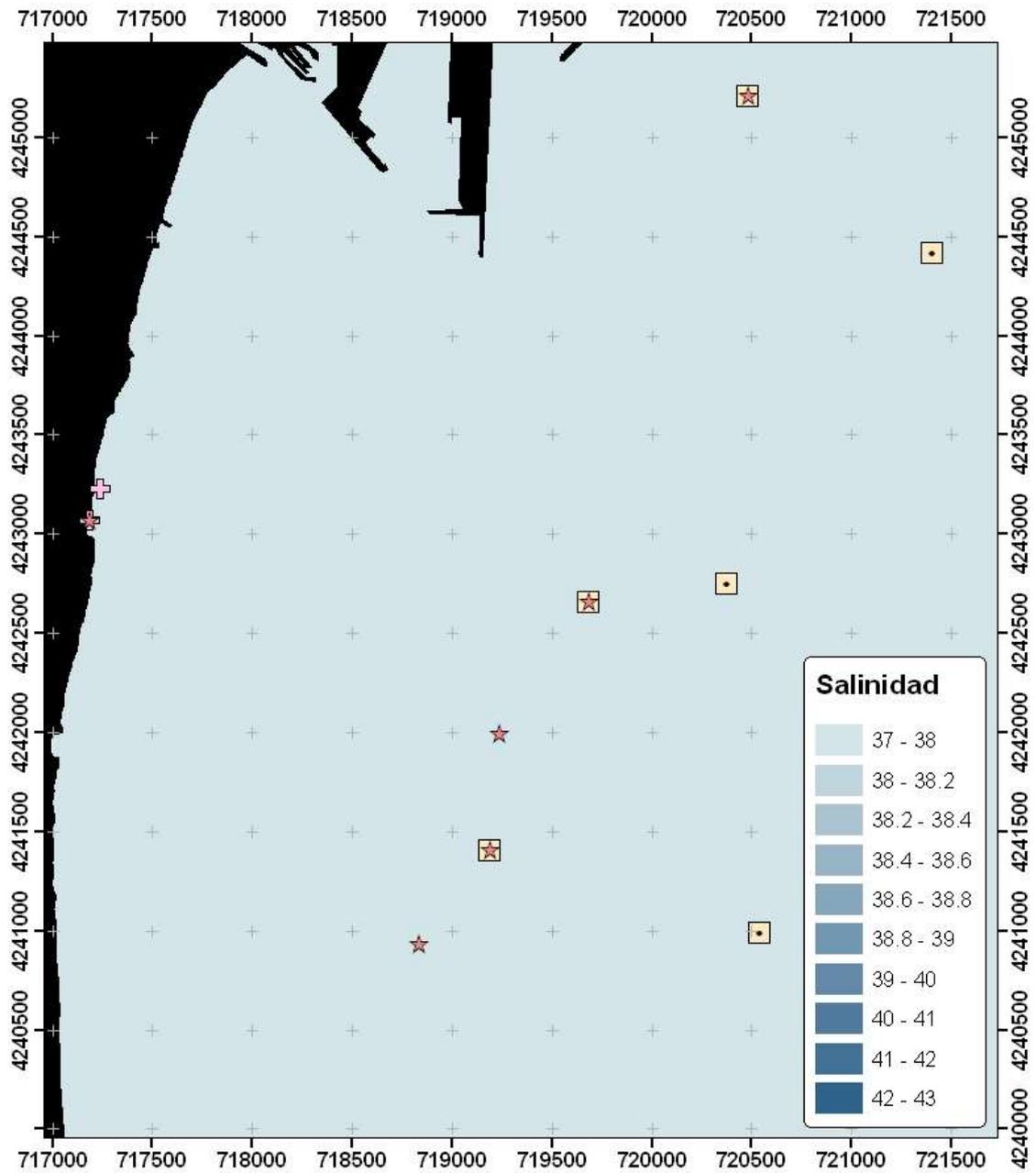
Sale, P.F.; Douglas, W.A. 1981. Precision and accuracy of visual census techniques for fishes assemblages on coral patch reefs. *Environ. Biol. Fish.*, 6: 333-339.

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.

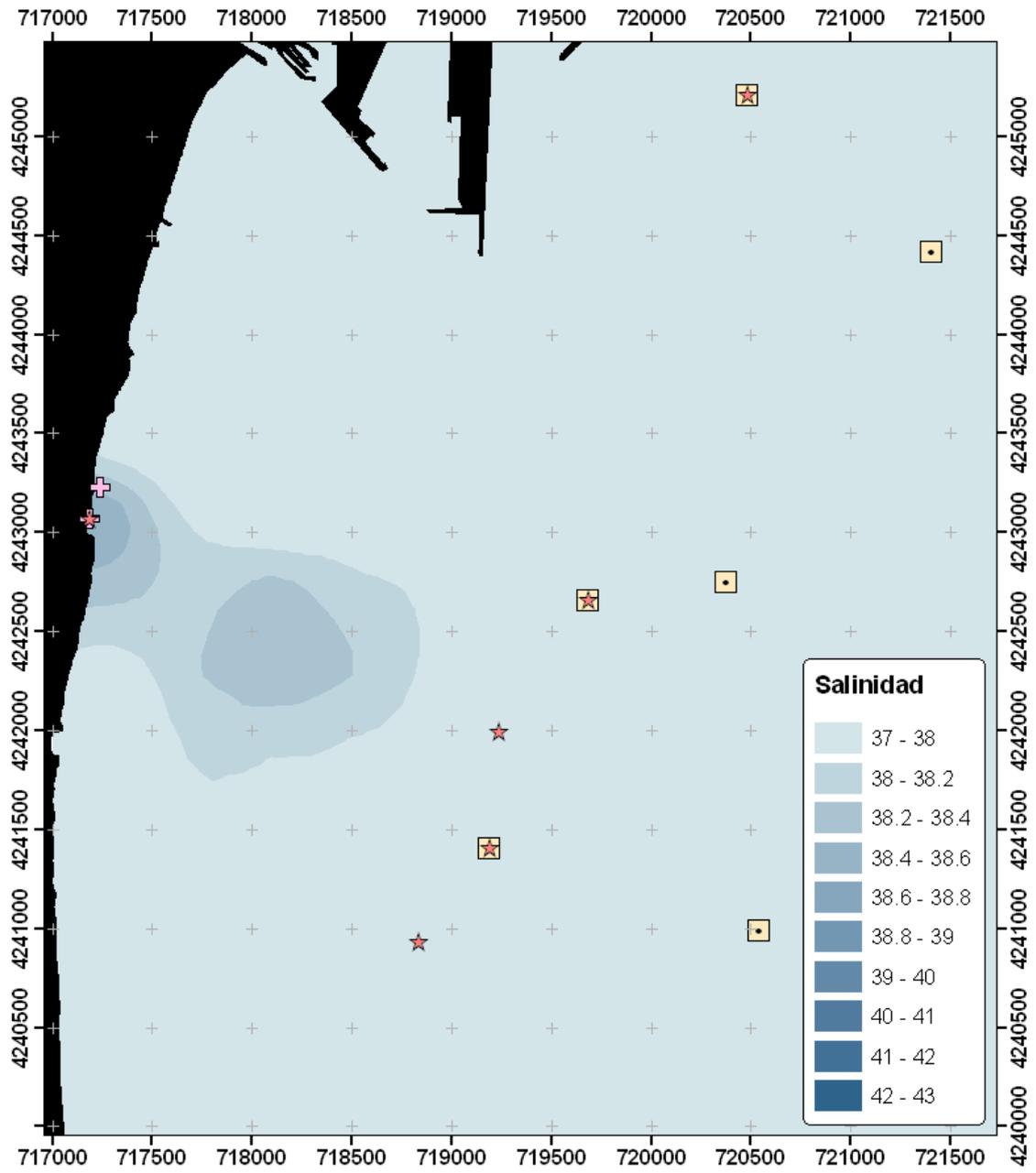
ANEXO 1: Campañas de distribución espacial de la salinidad

Campaña 2 abril del 2019:

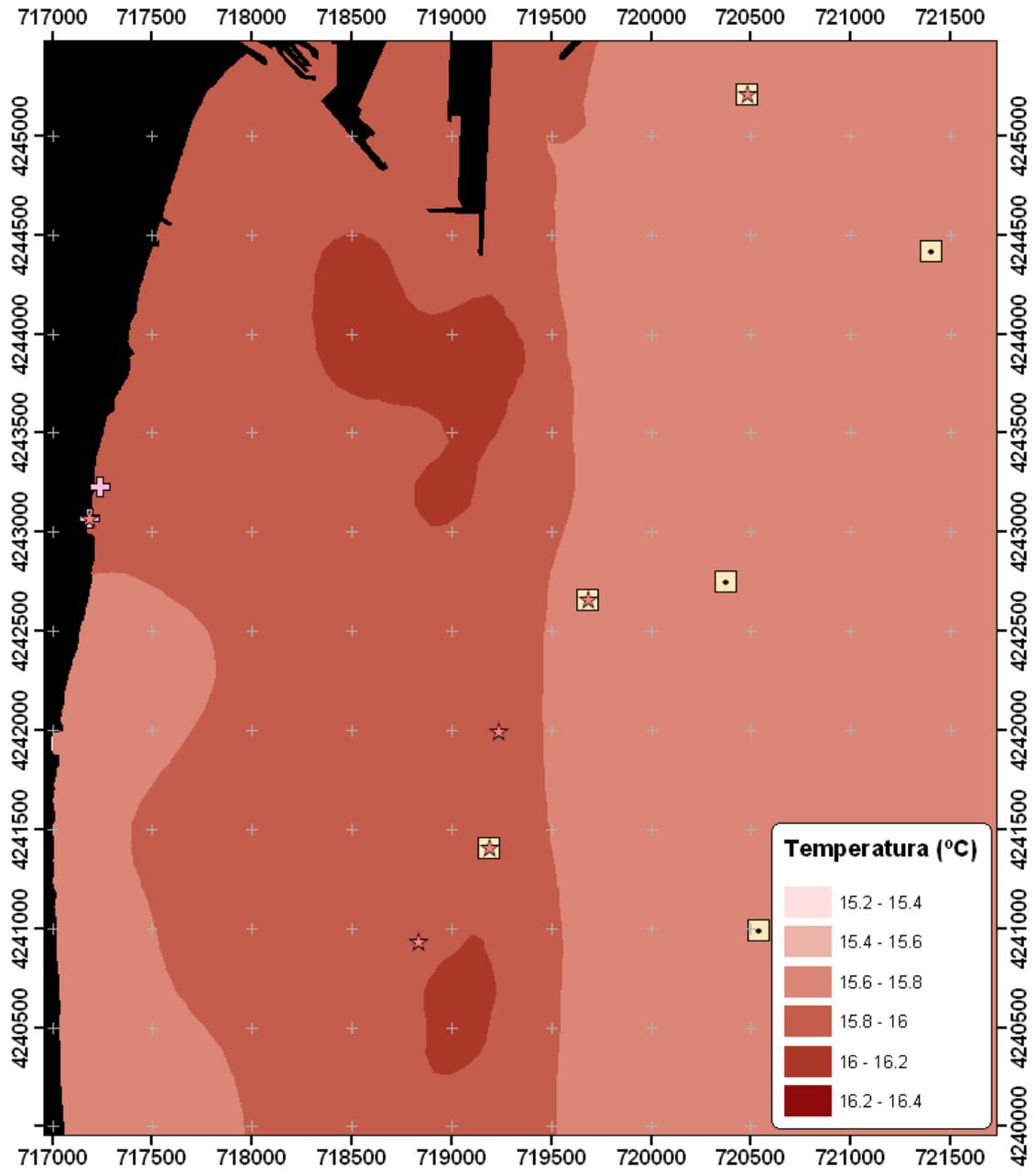
- Salinidad superficial:



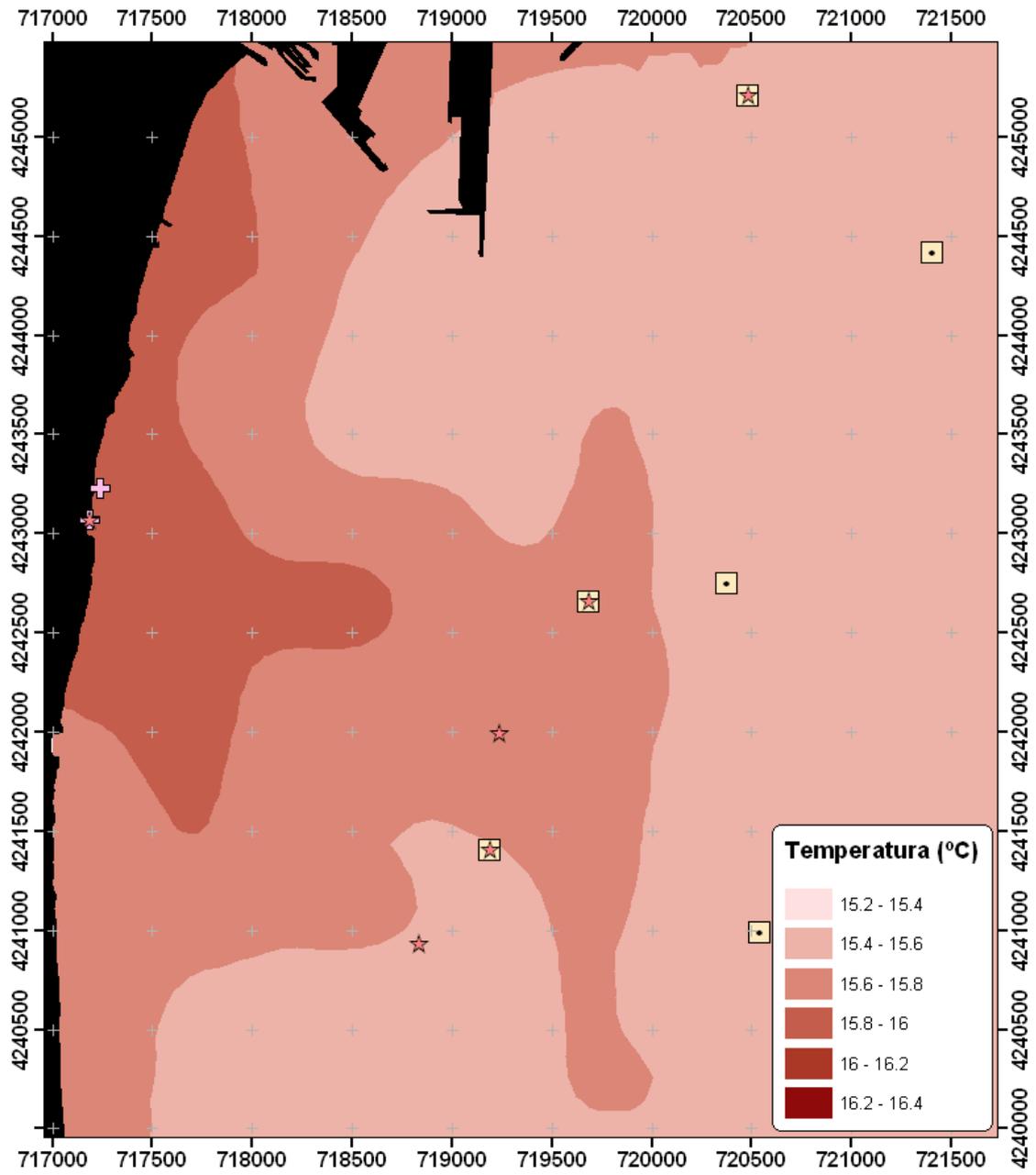
- Salinidad en el fondo:



- Temperatura superficial:

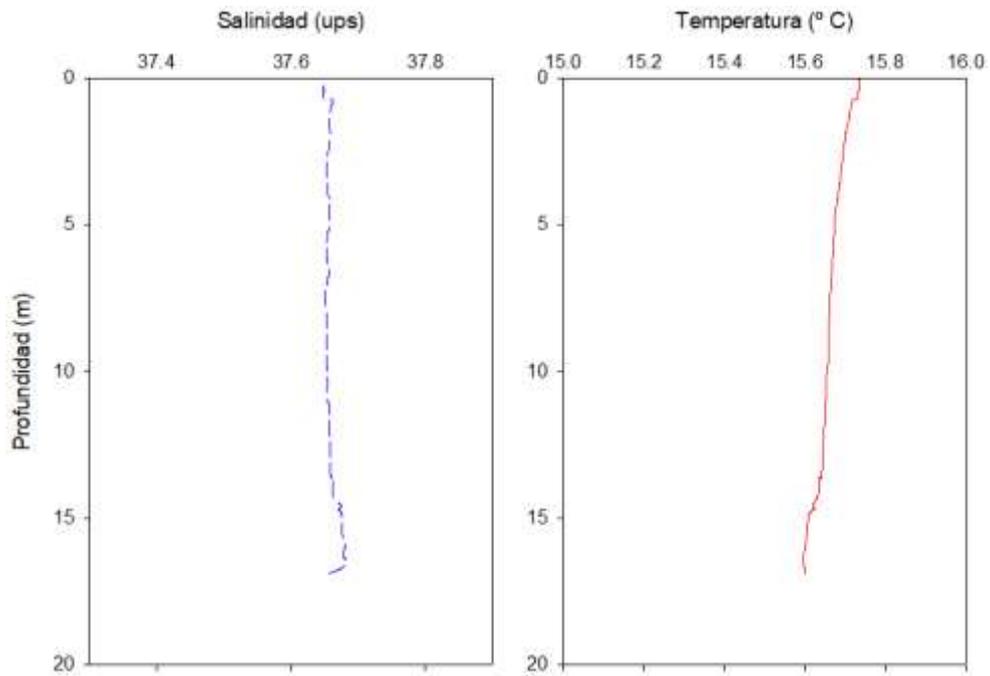


- Temperatura en el fondo:

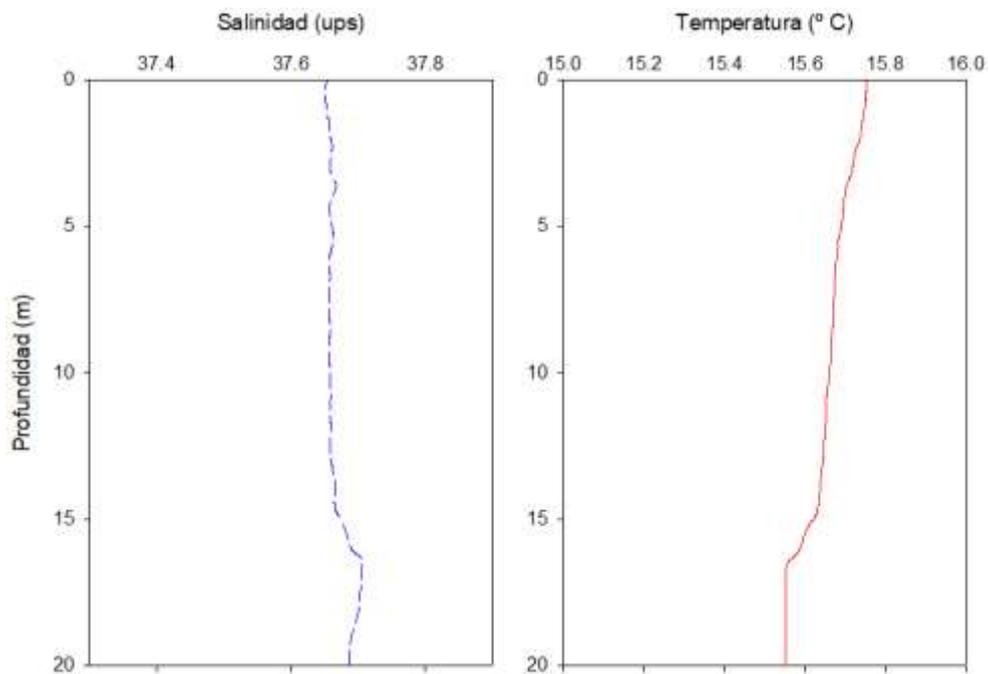


* Perfiles de salinidad y temperatura sobre las parcelas permanentes:

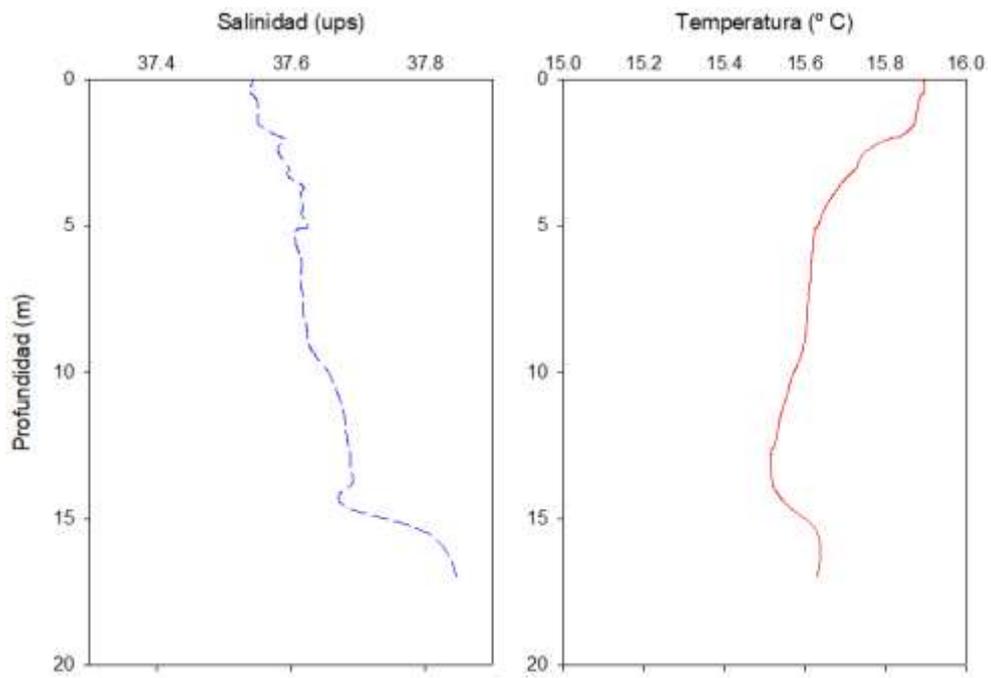
- Puerto 16 m:



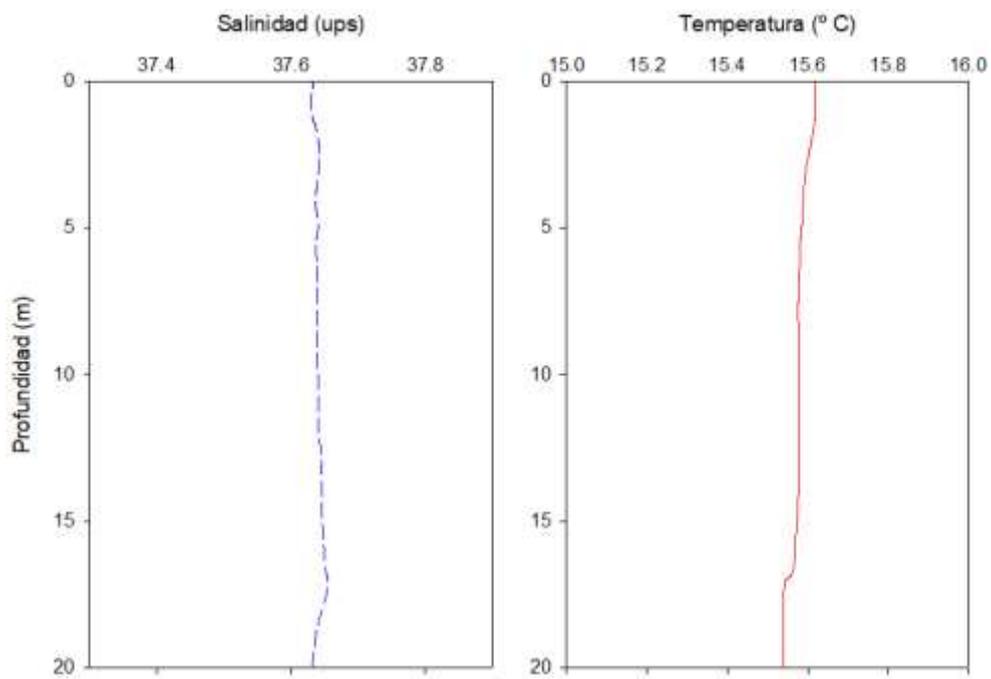
- Puerto 20 m:



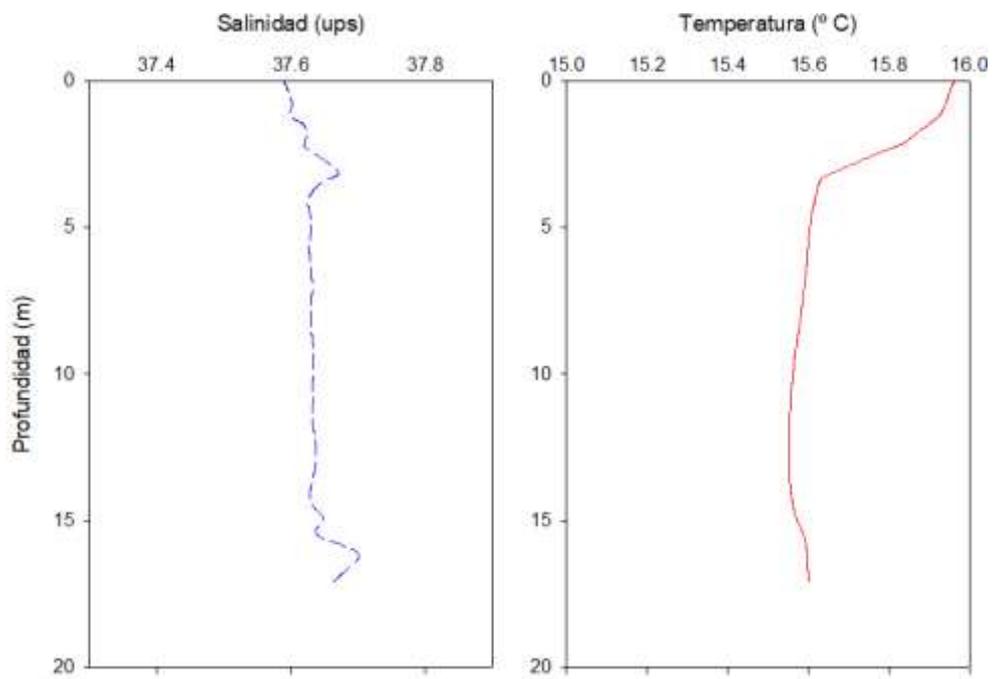
- Desaladora 16 m:



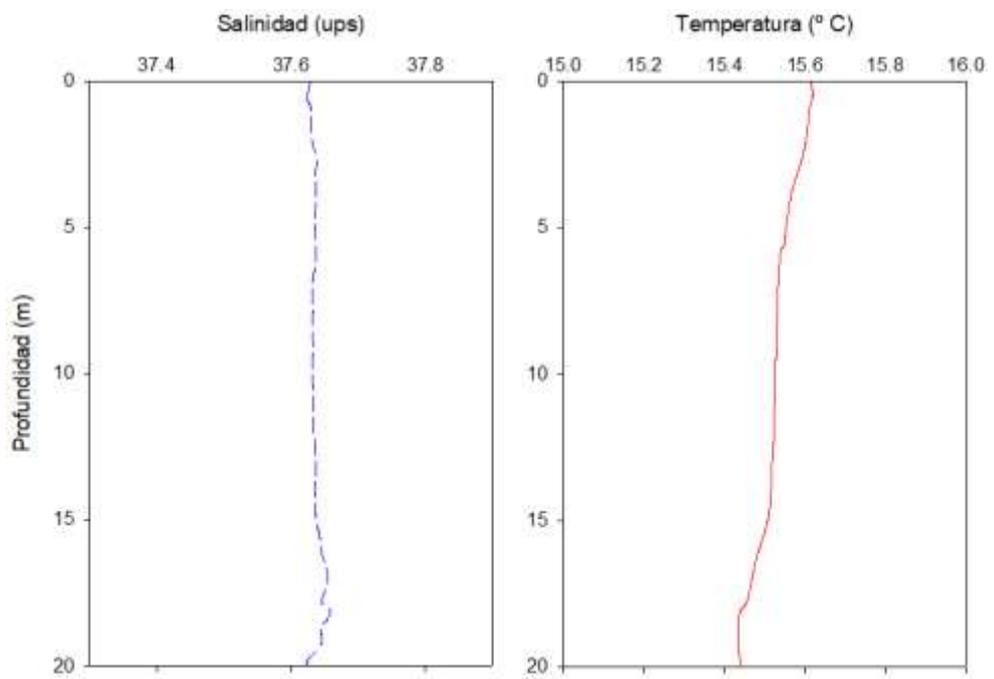
- Desaladora 20 m:



- Urbanova 16 m:

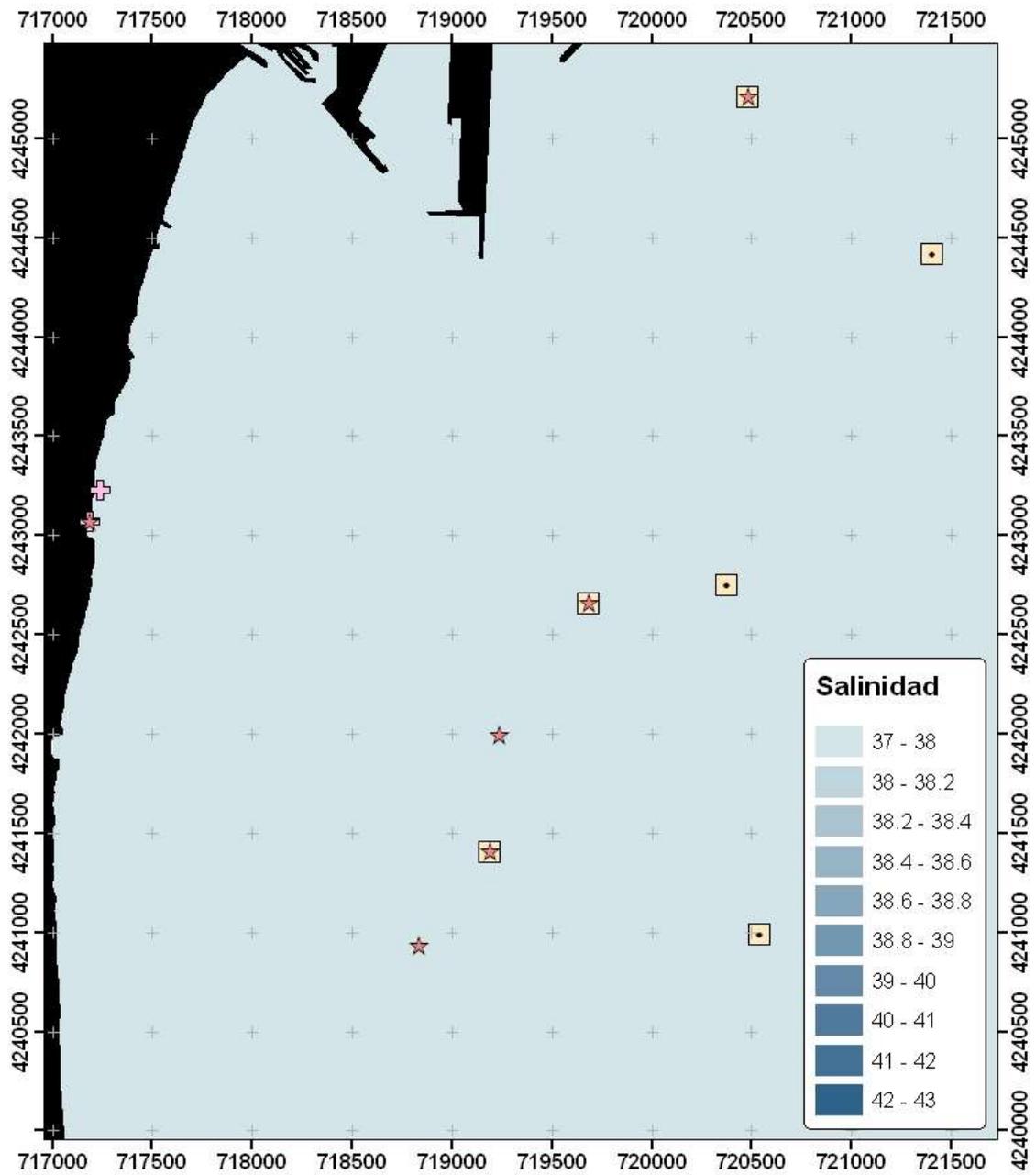


- Urbanova 20 m:

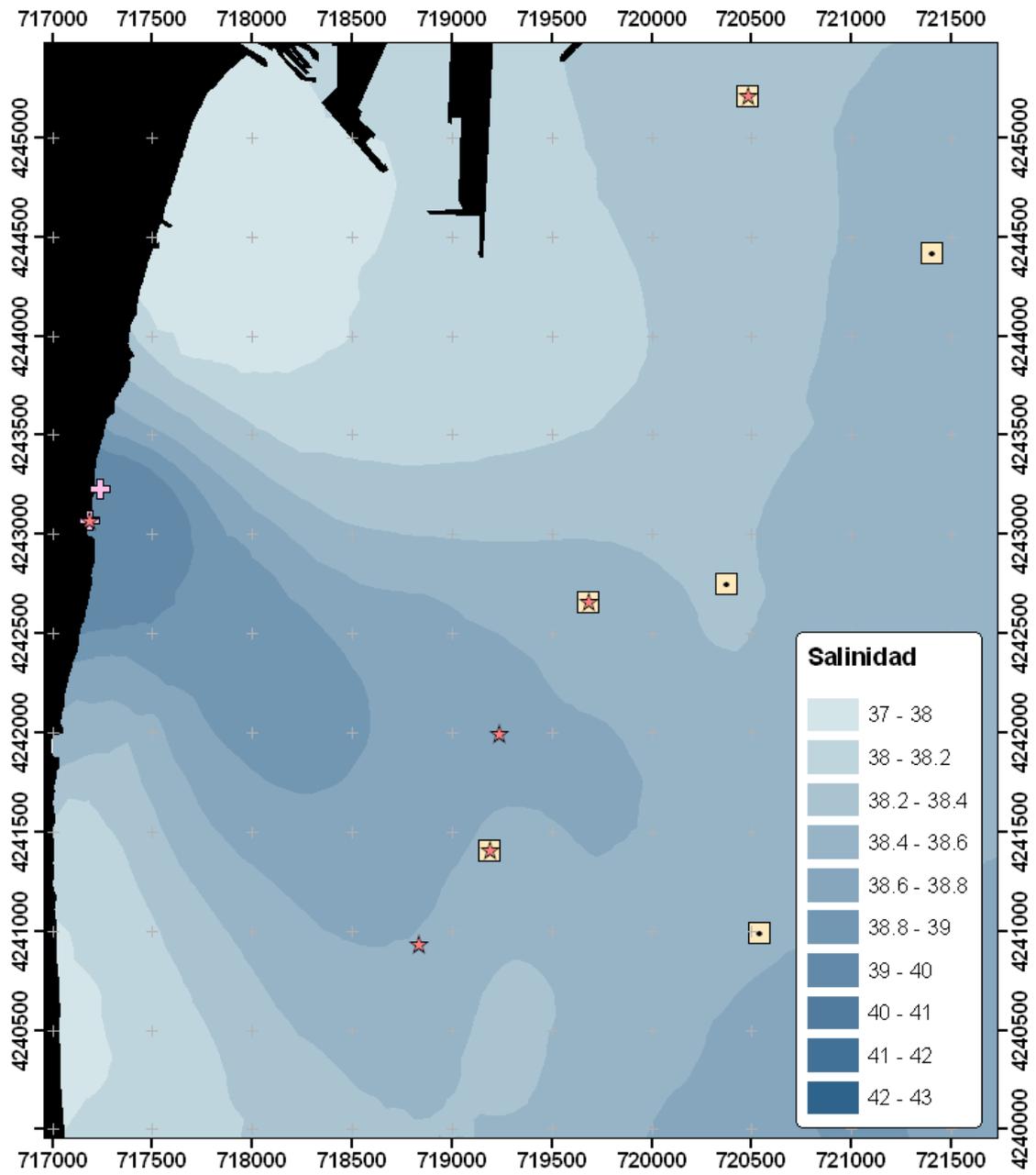


Campaña 3 de junio del 2019:

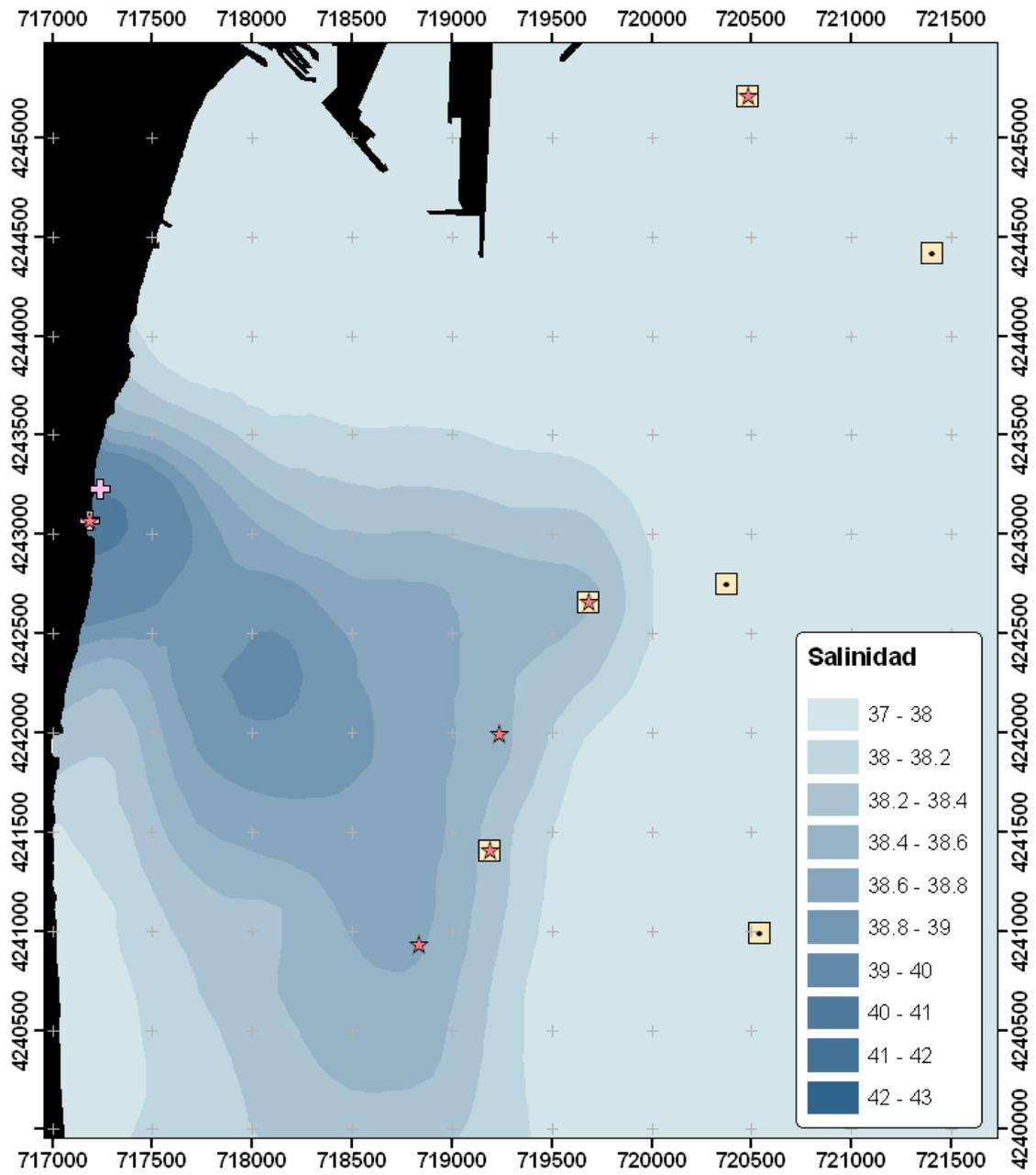
- Salinidad superficial:



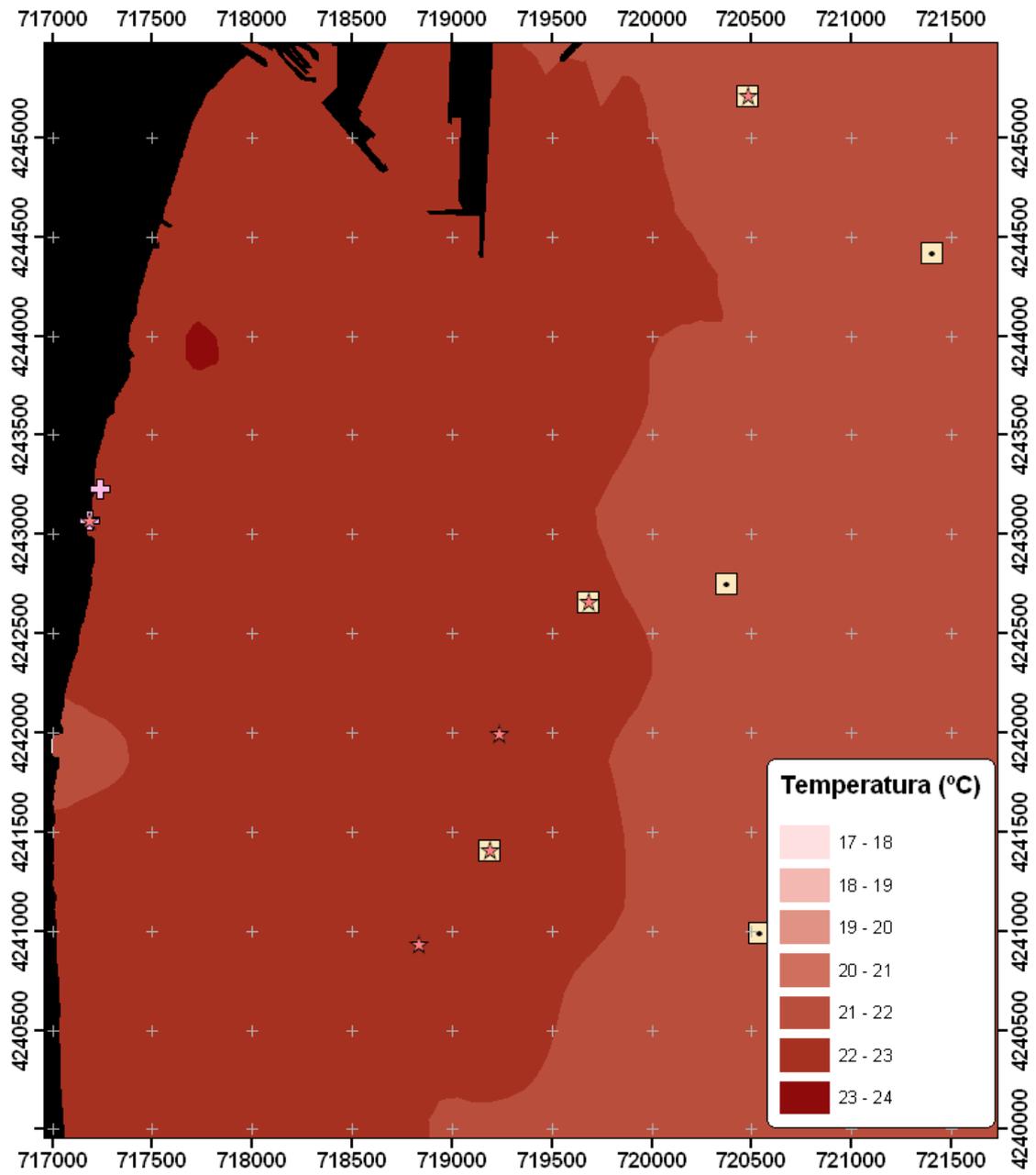
- Salinidad en la capa de la termoclina:



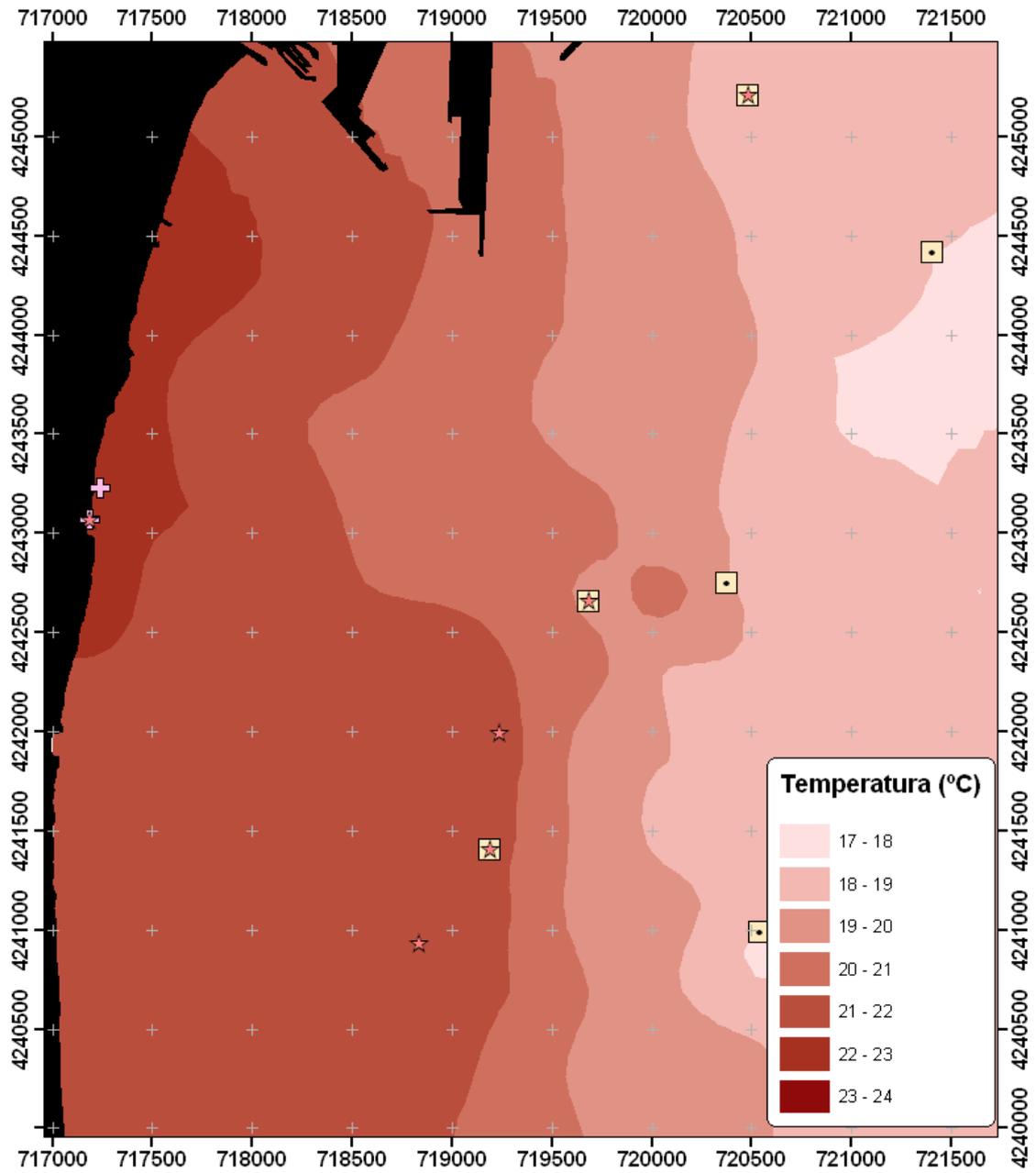
- Salinidad en el fondo:



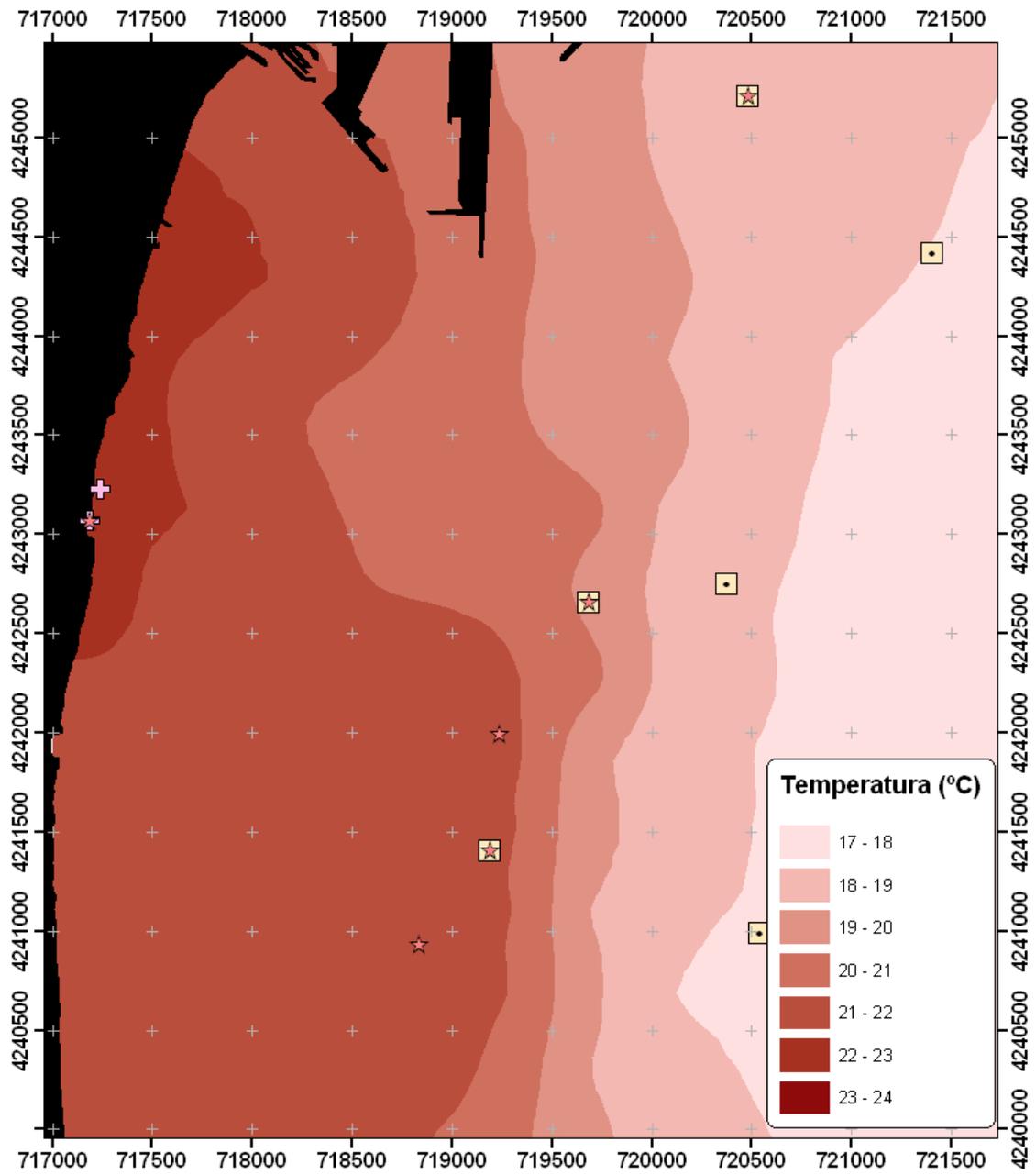
- Temperatura superficial:



- Temperatura en la capa de máxima salinidad:

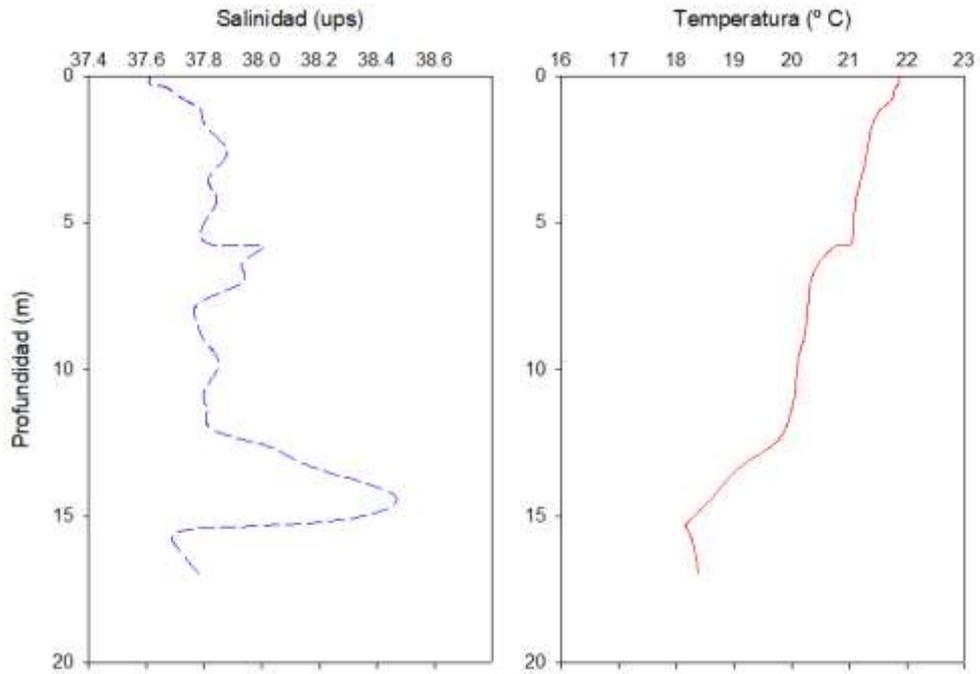


- Temperatura en el fondo:

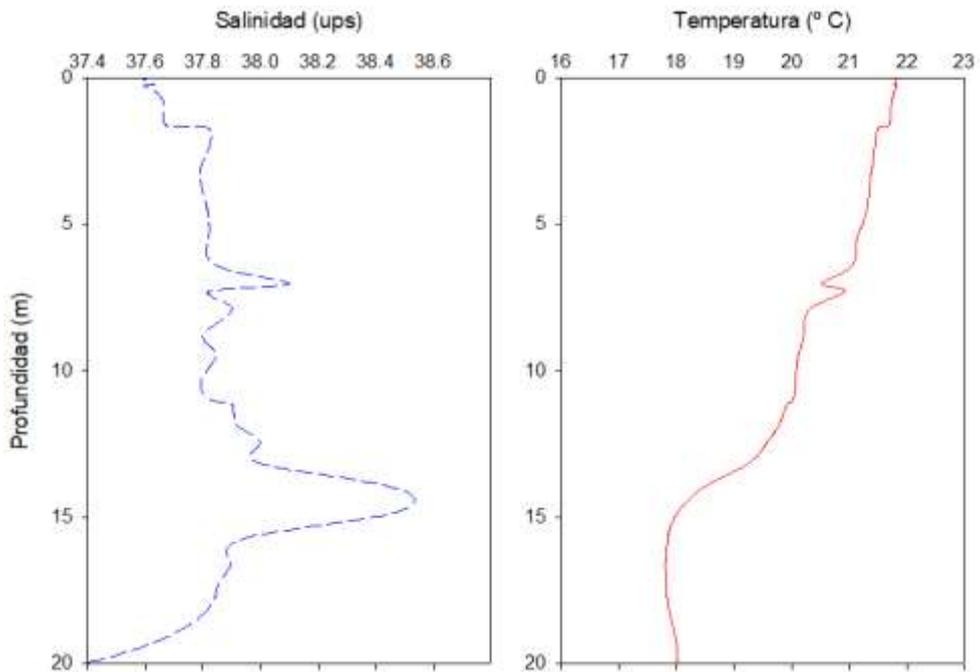


* Perfiles de salinidad y temperatura sobre las parcelas permanentes:

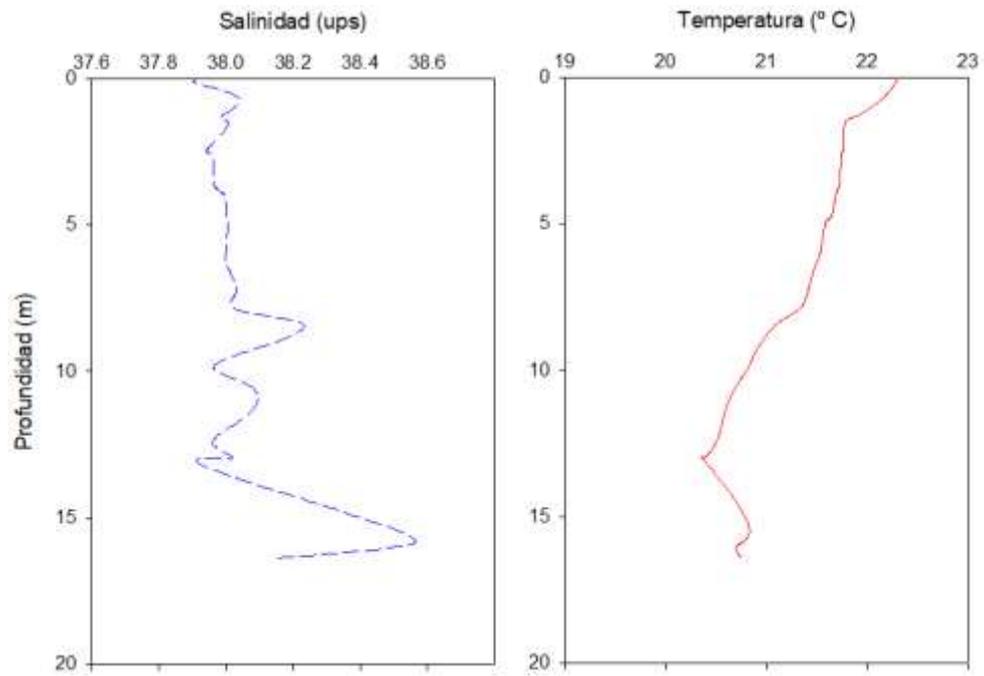
- Puerto 16 m:



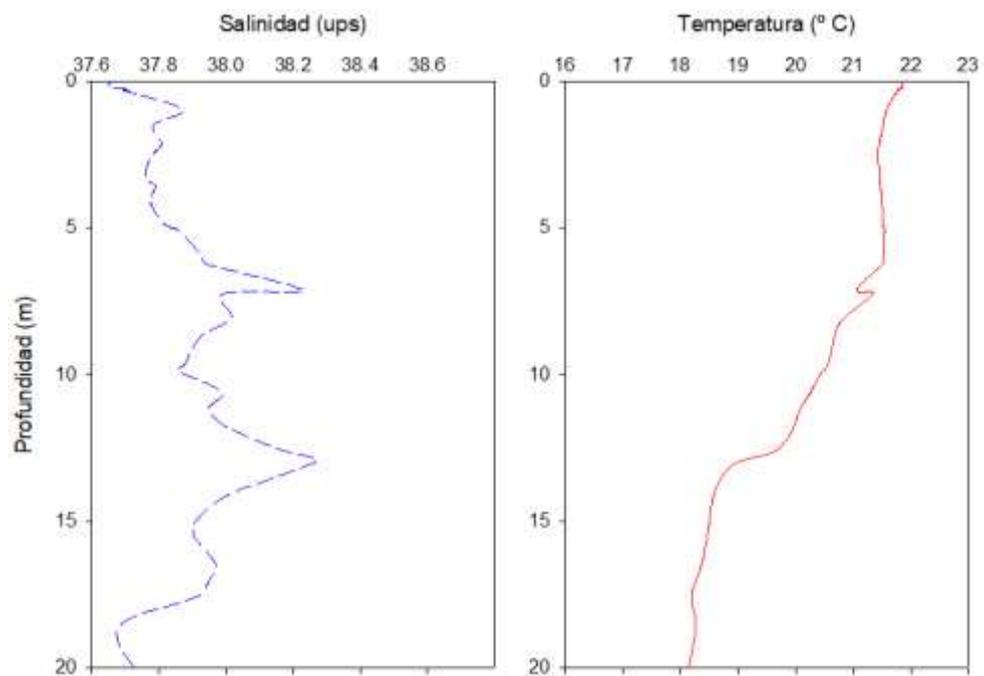
- Puerto 20 m:



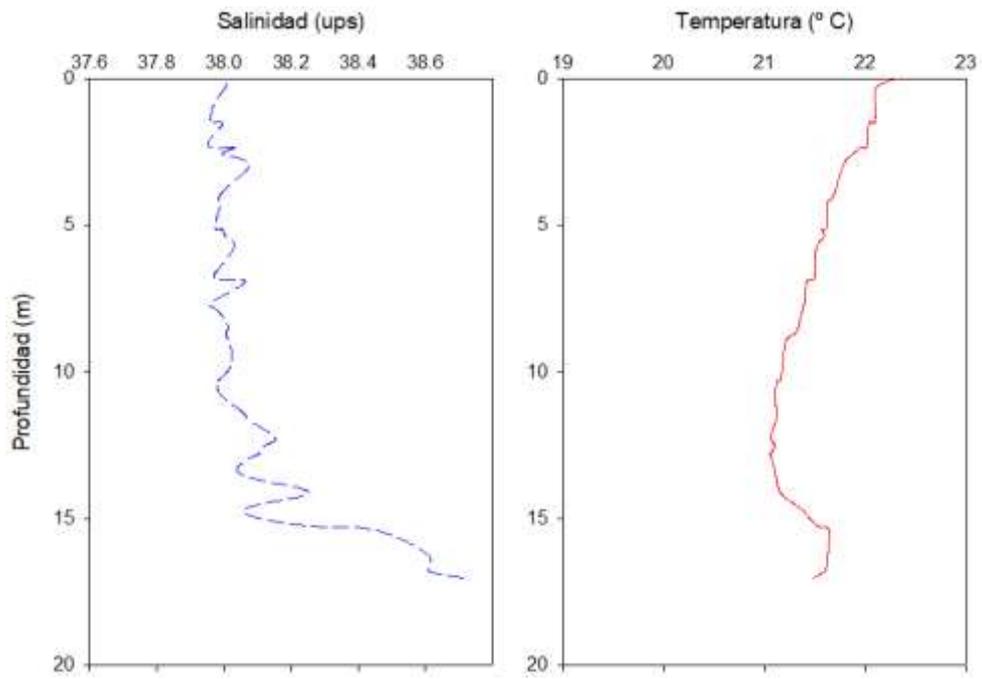
- Desaladora 16 m:



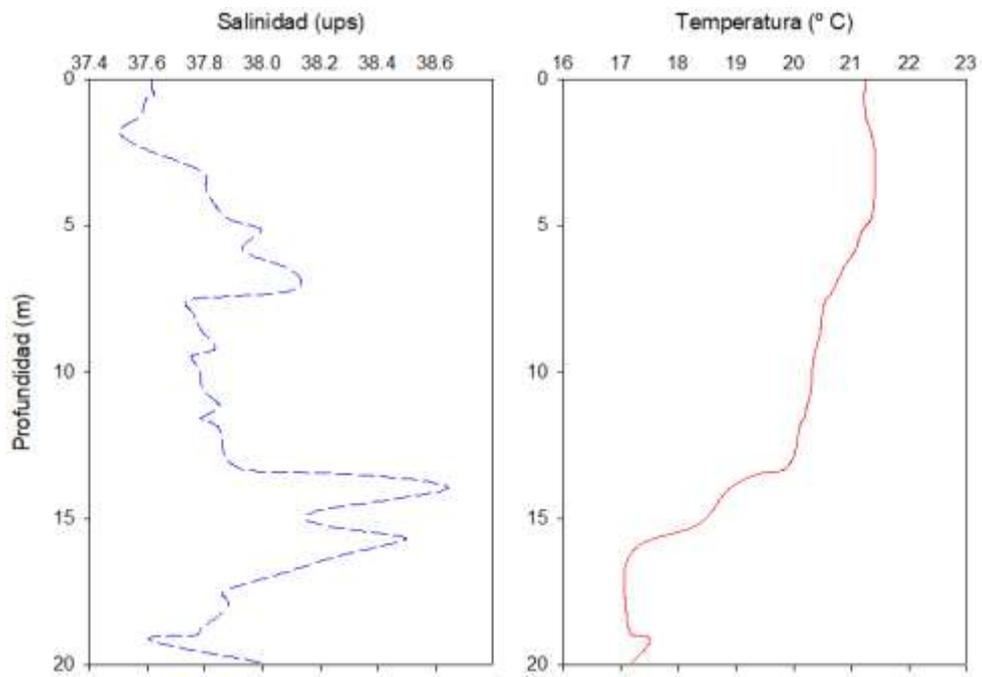
- Desaladora 20 m:



- Urbanova 16 m:

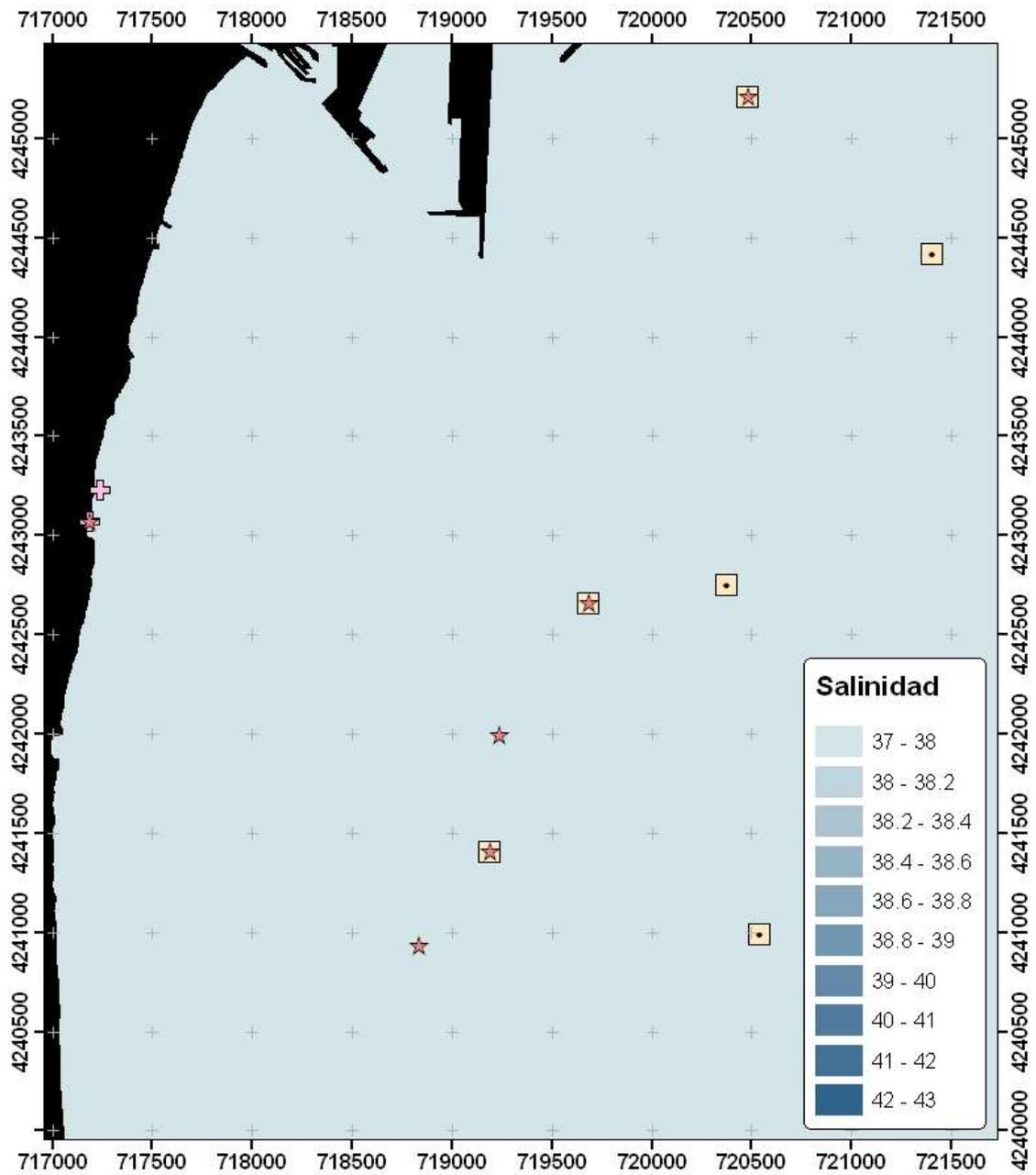


- Urbanova 20 m:

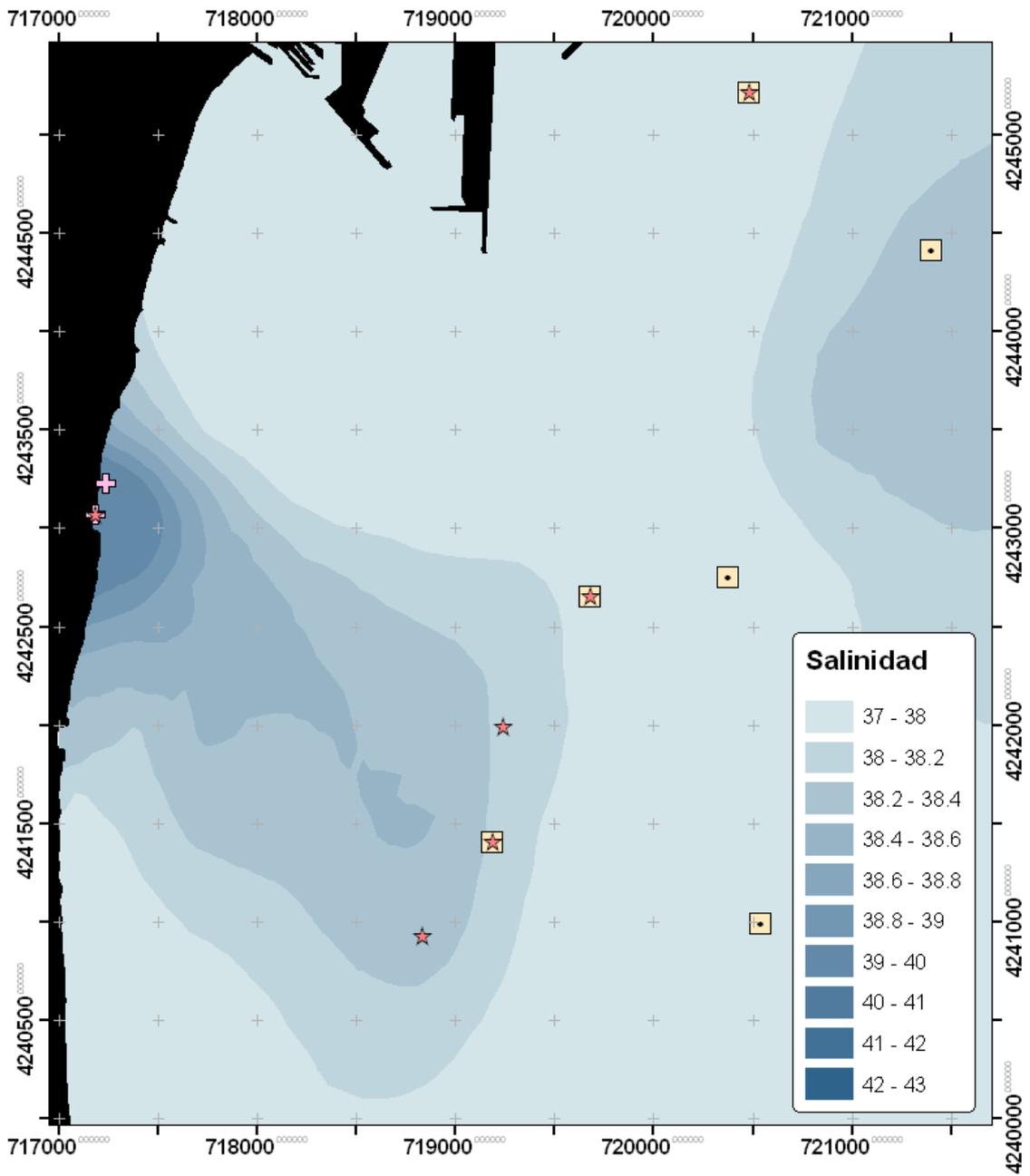


Campaña 7 de agosto del 2019:

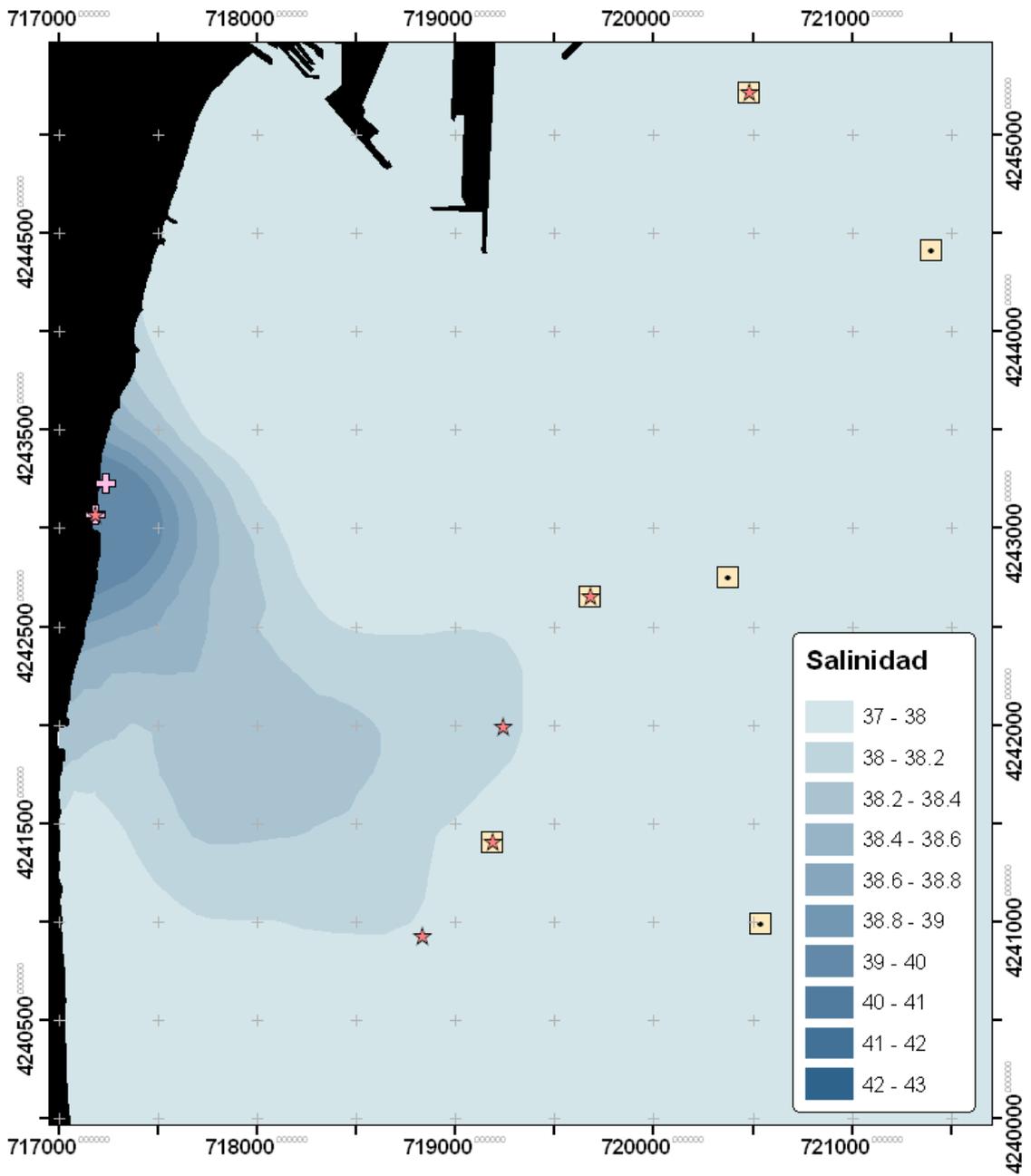
- Salinidad superficial:



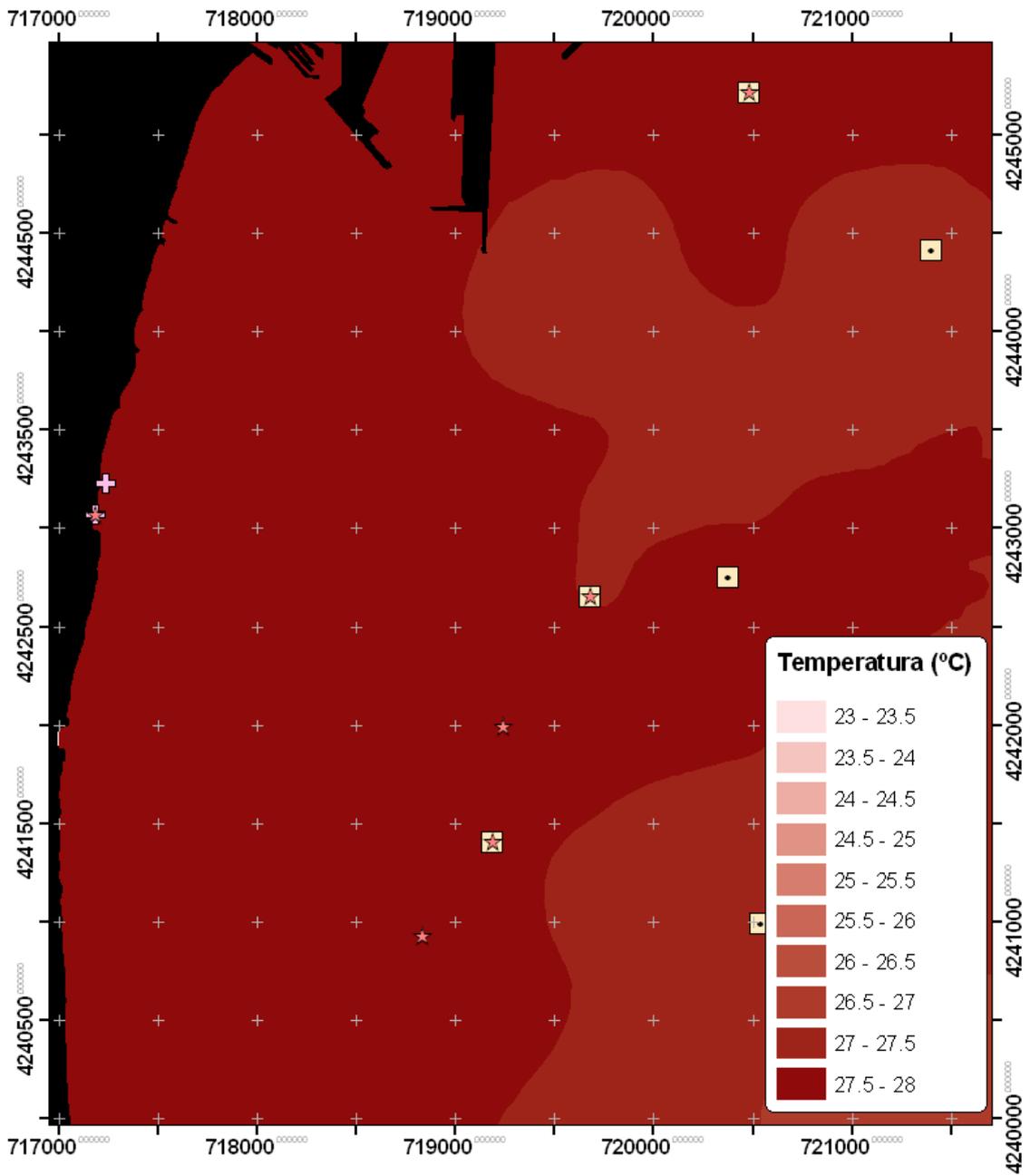
- Salinidad en la capa de la termoclina:



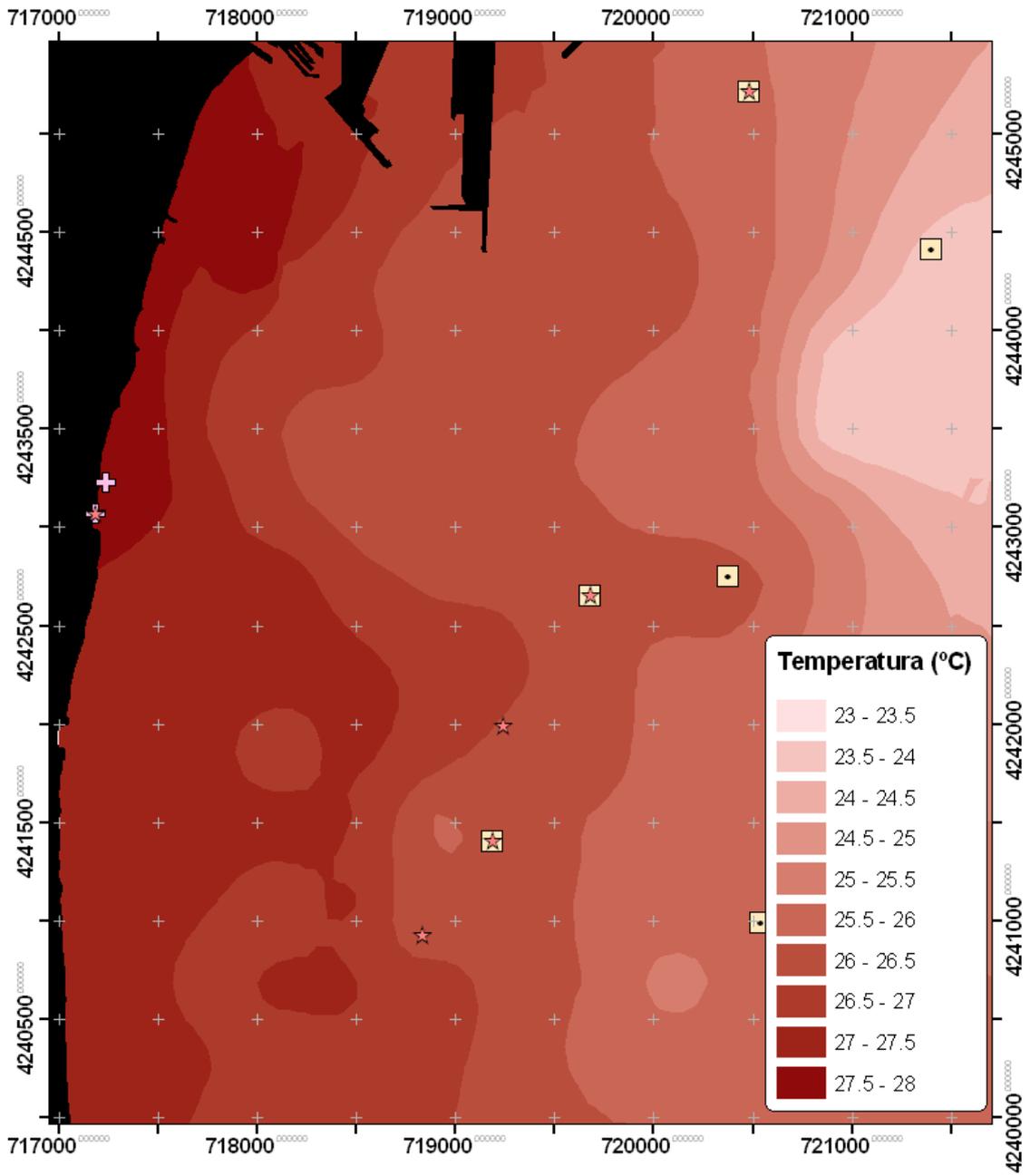
- Salinidad en el fondo:



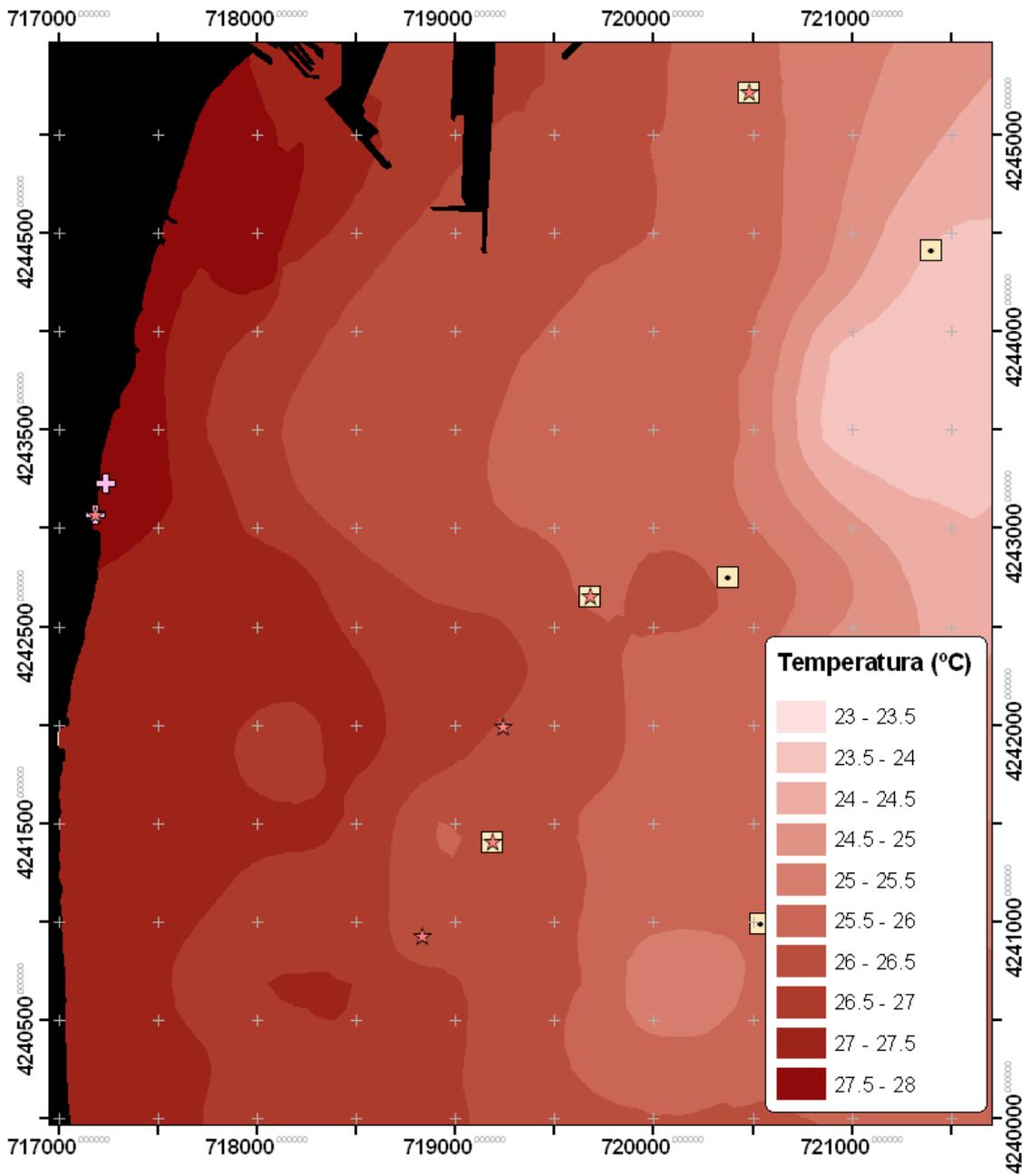
- Temperatura superficial:



- Temperatura en la capa de máxima salinidad:

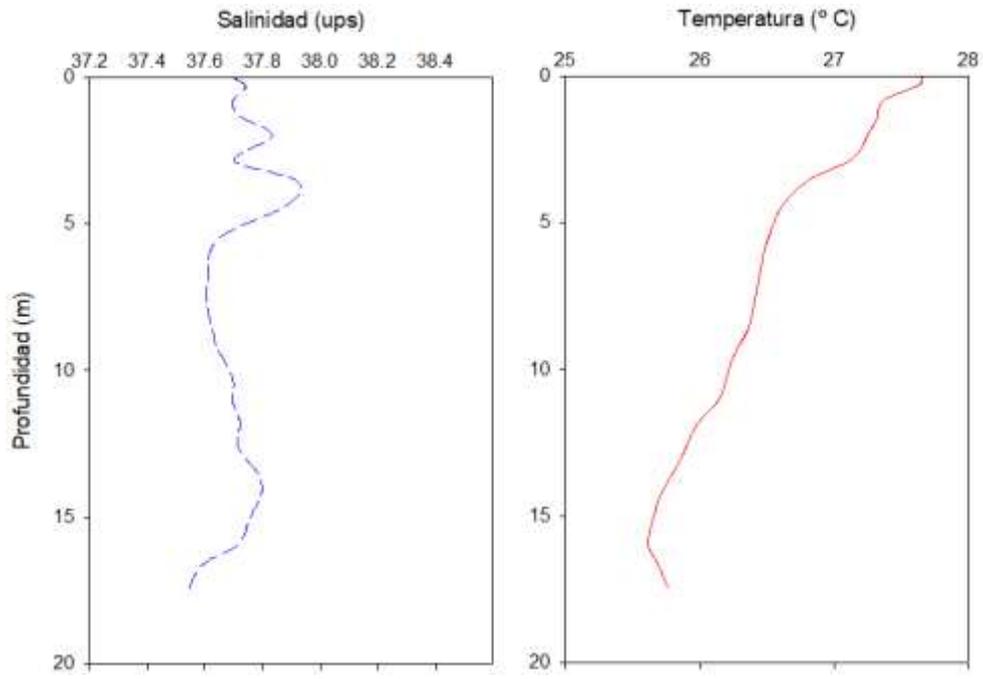


- Temperatura en el fondo:

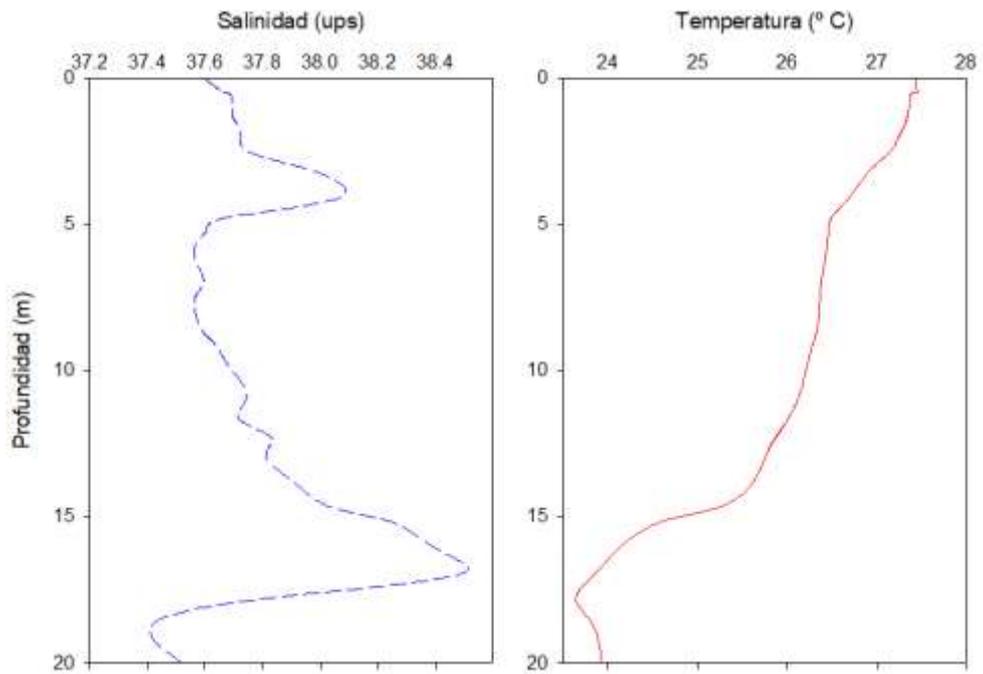


* Perfiles de salinidad y temperatura sobre las parcelas permanentes:

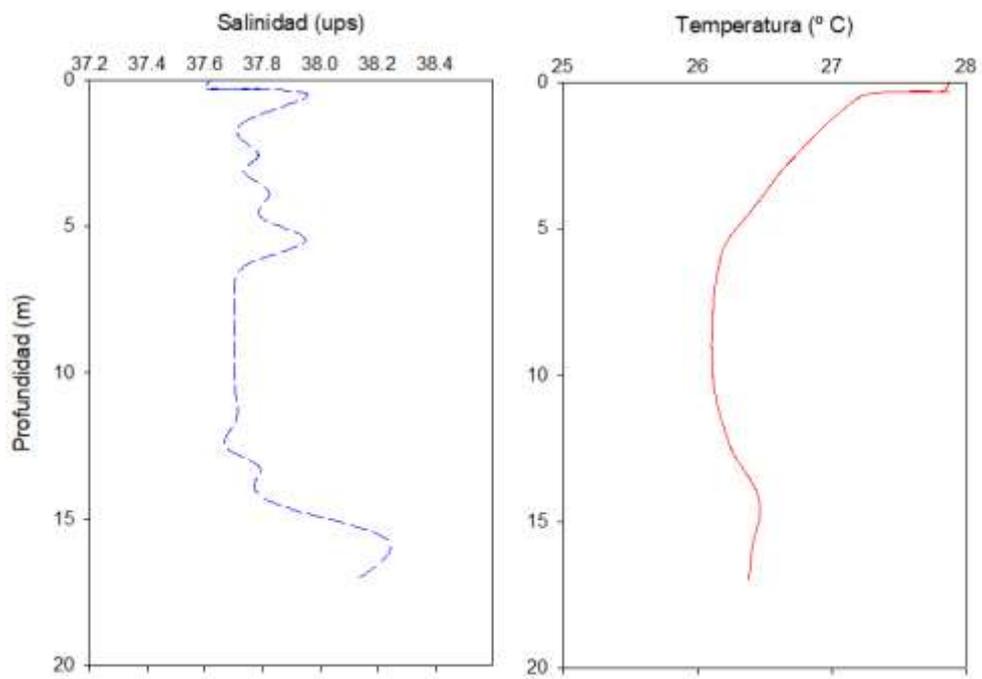
- Puerto 16 m:



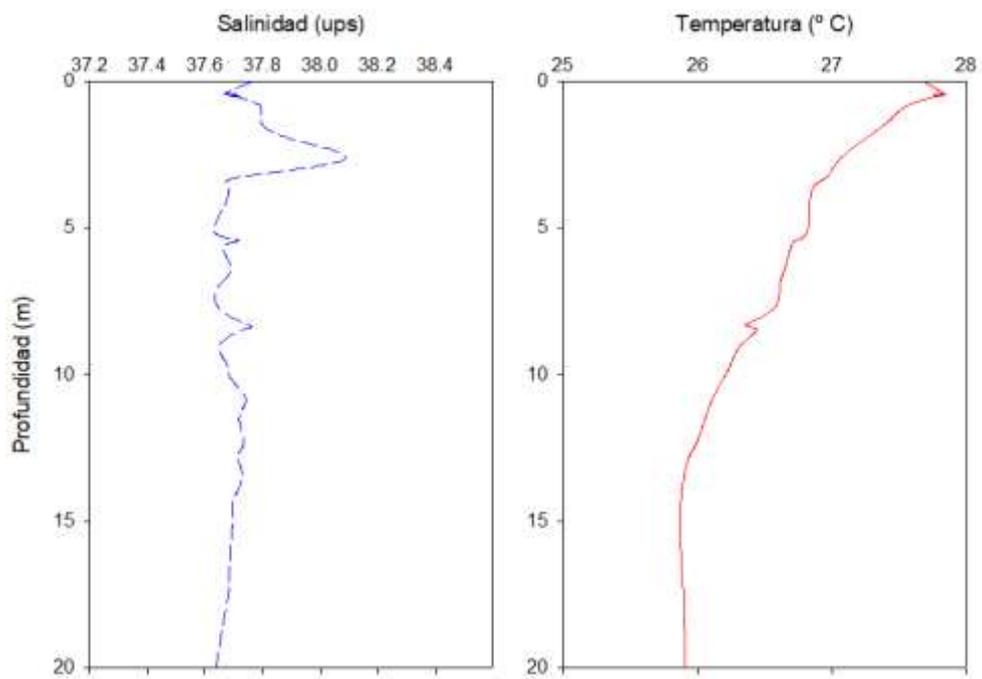
- Puerto 20 m:



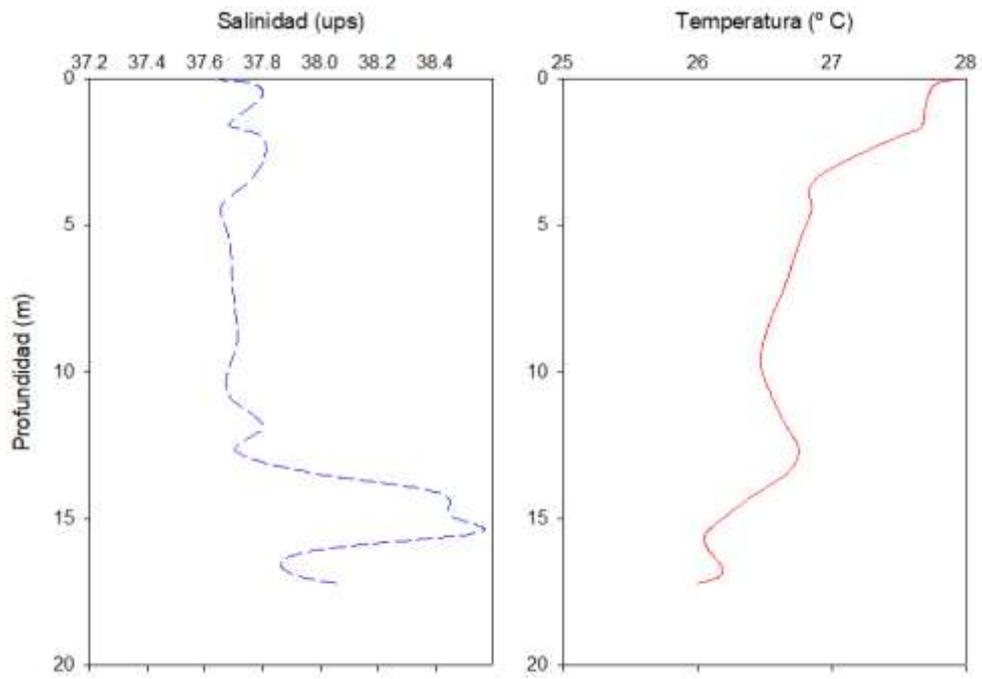
- Desaladora 16 m:



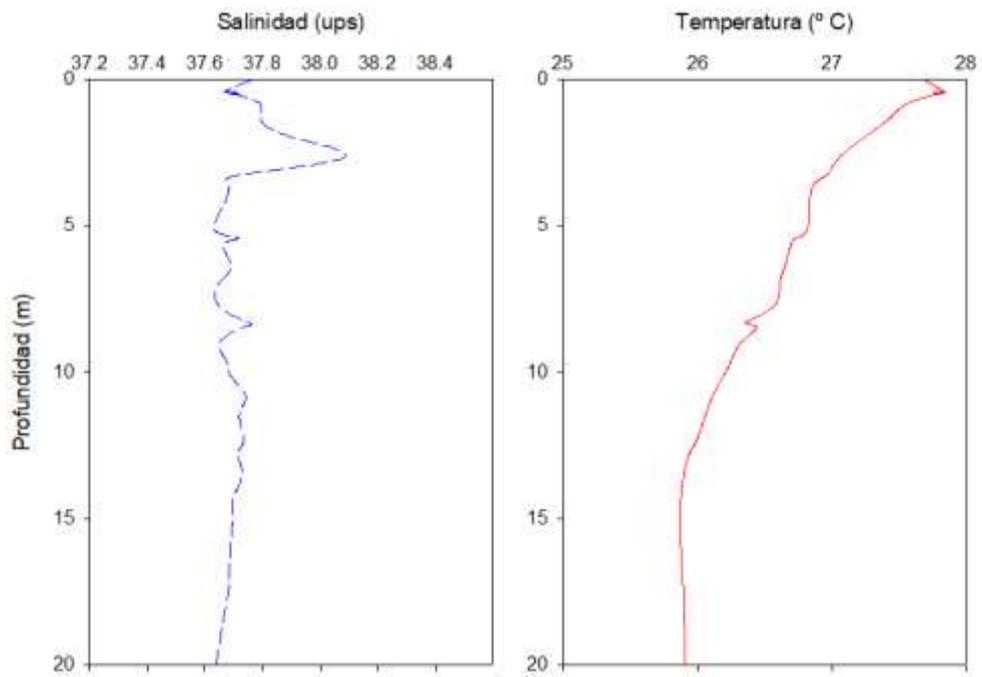
- Desaladora 20 m:



- Urbanova 16 m:

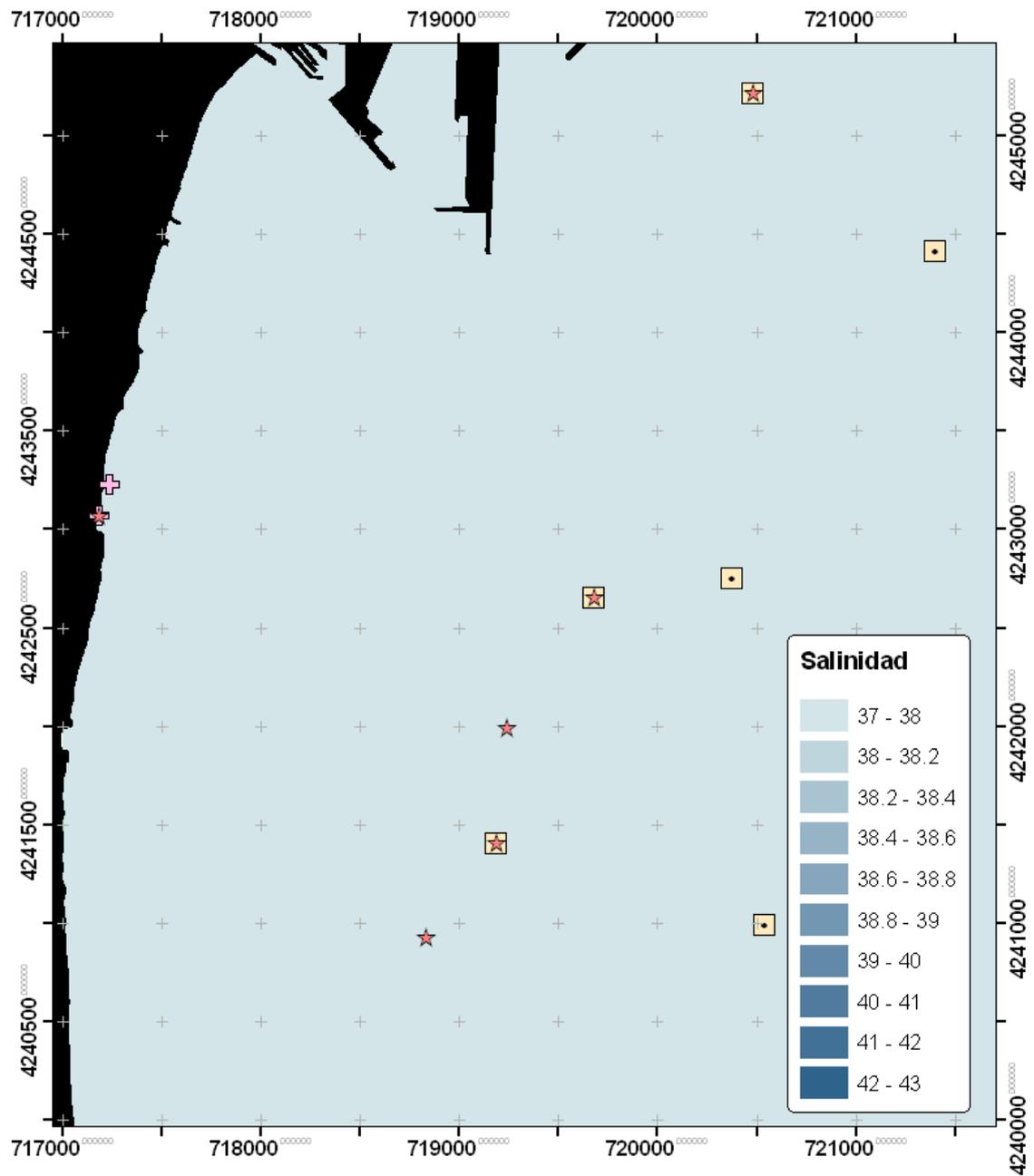


- Urbanova 20 m:

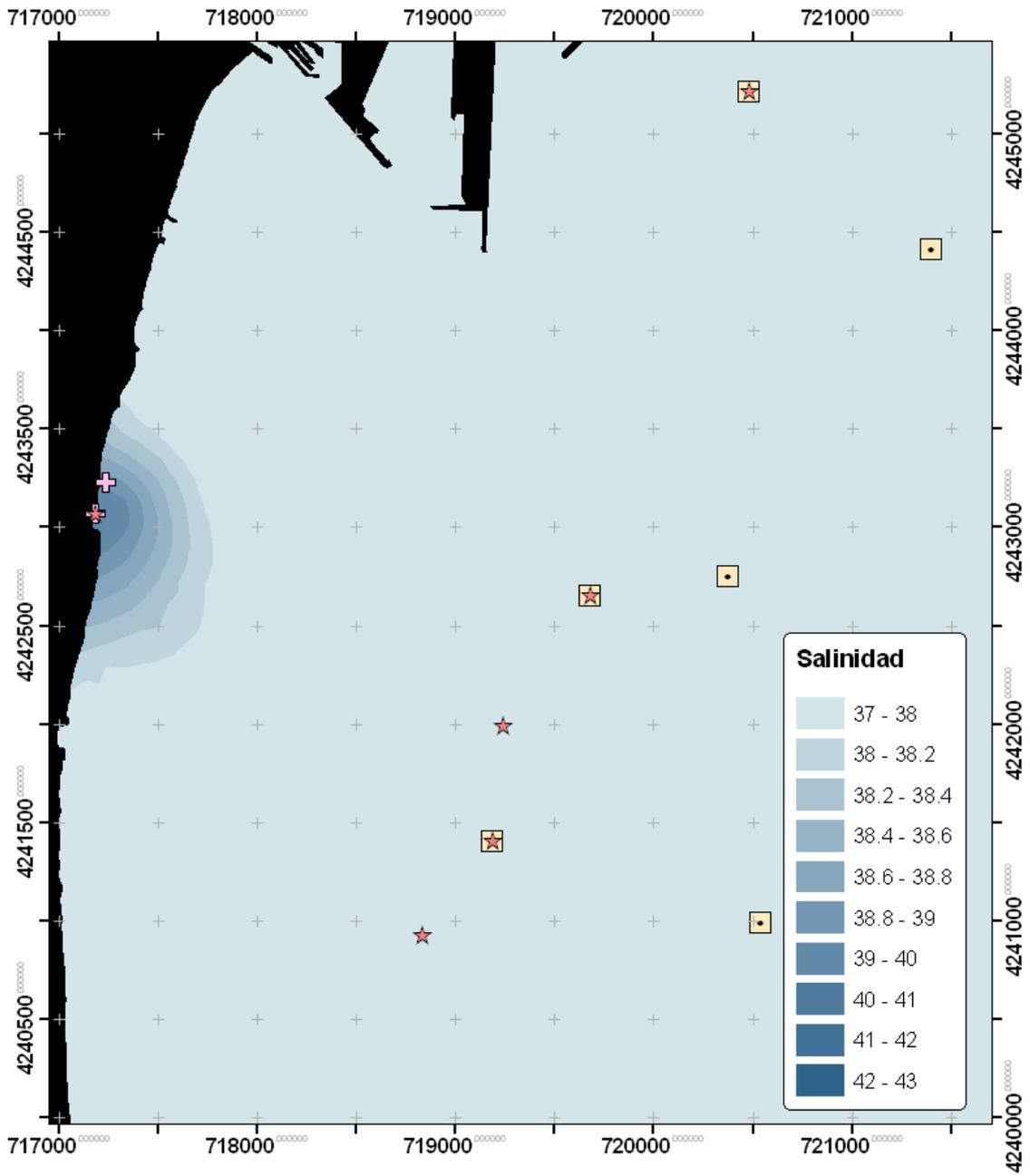


Campaña 28 de octubre del 2019:

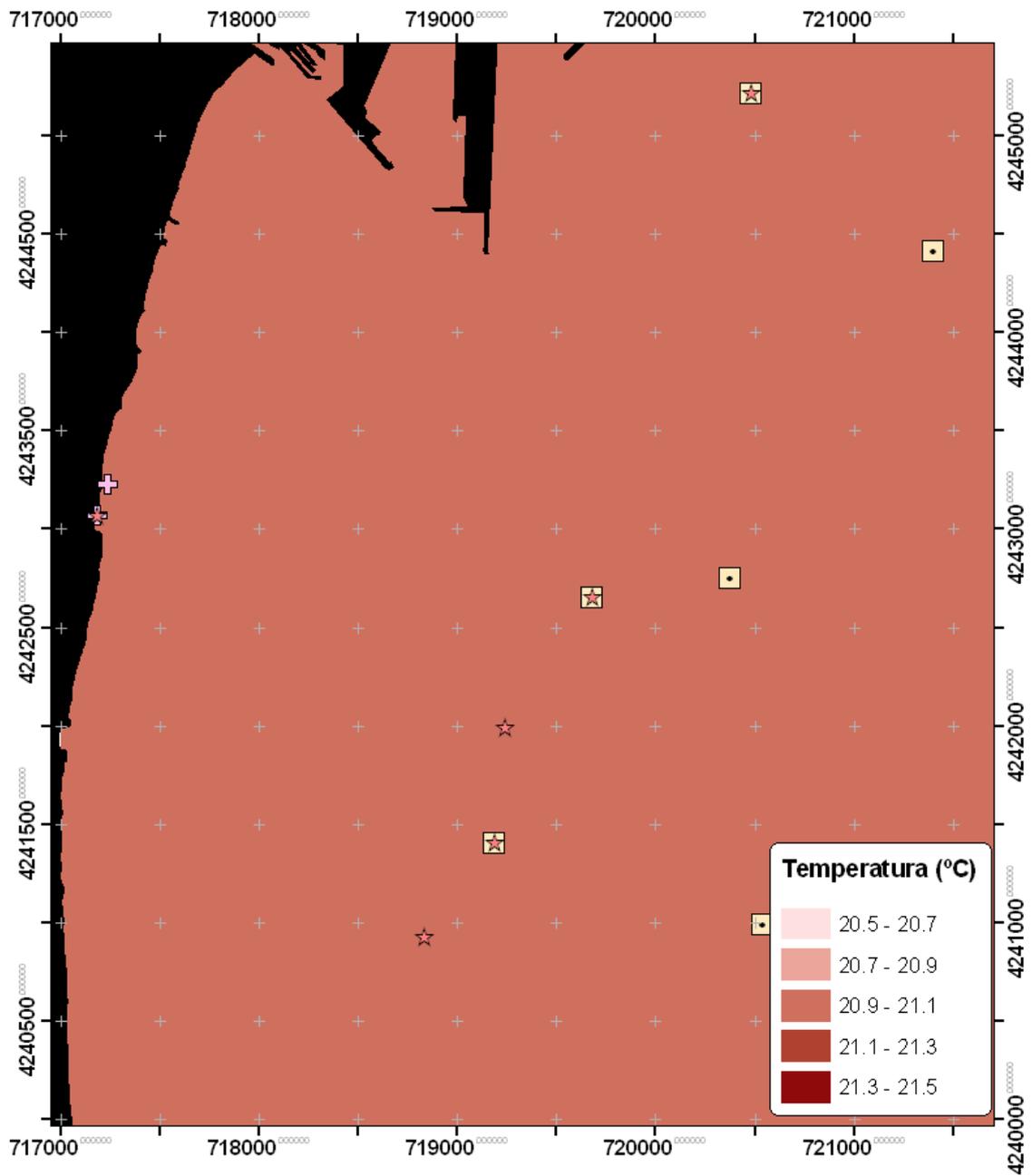
- Salinidad superficial:



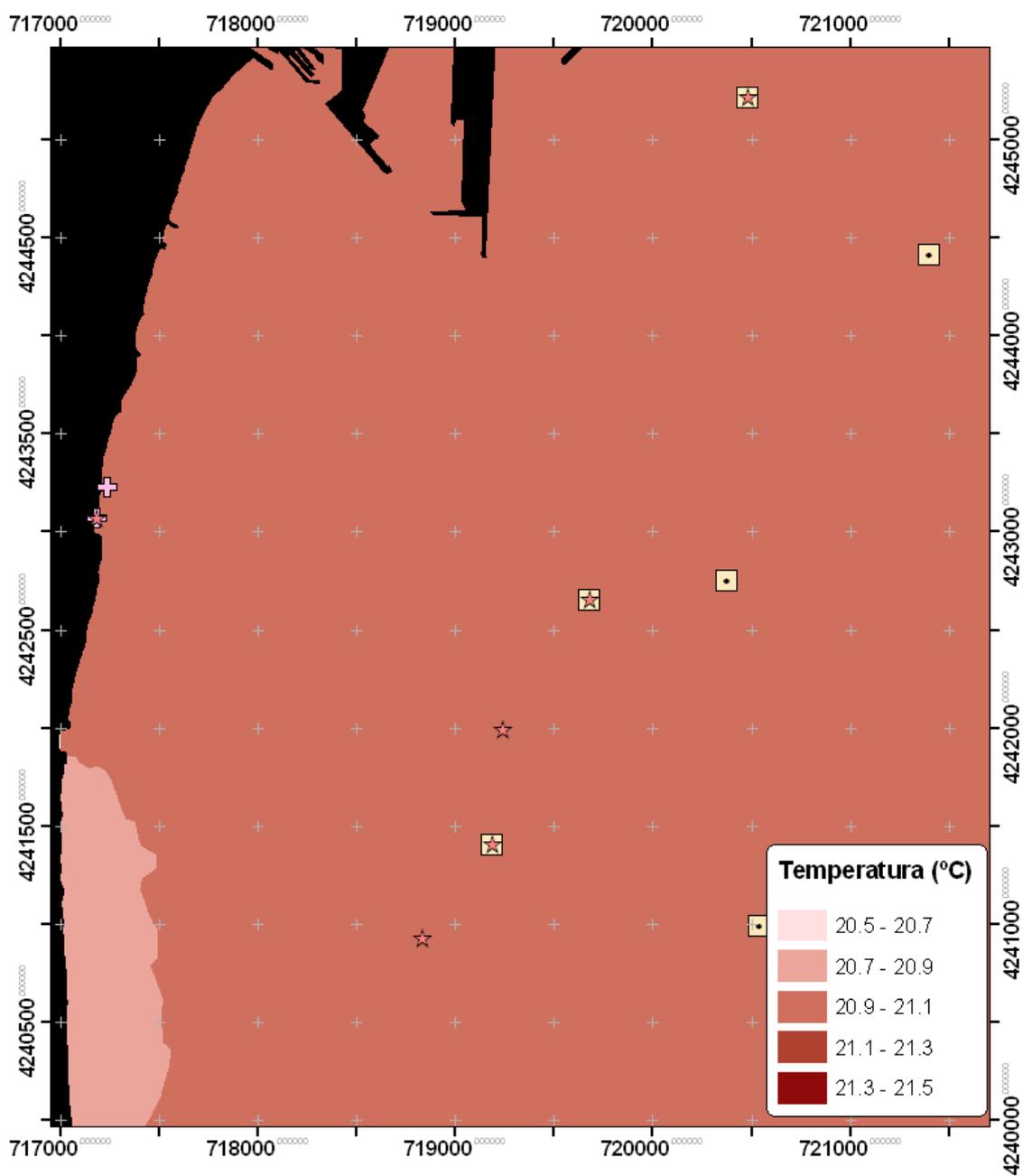
- Salinidad en el fondo:



- Temperatura superficial:

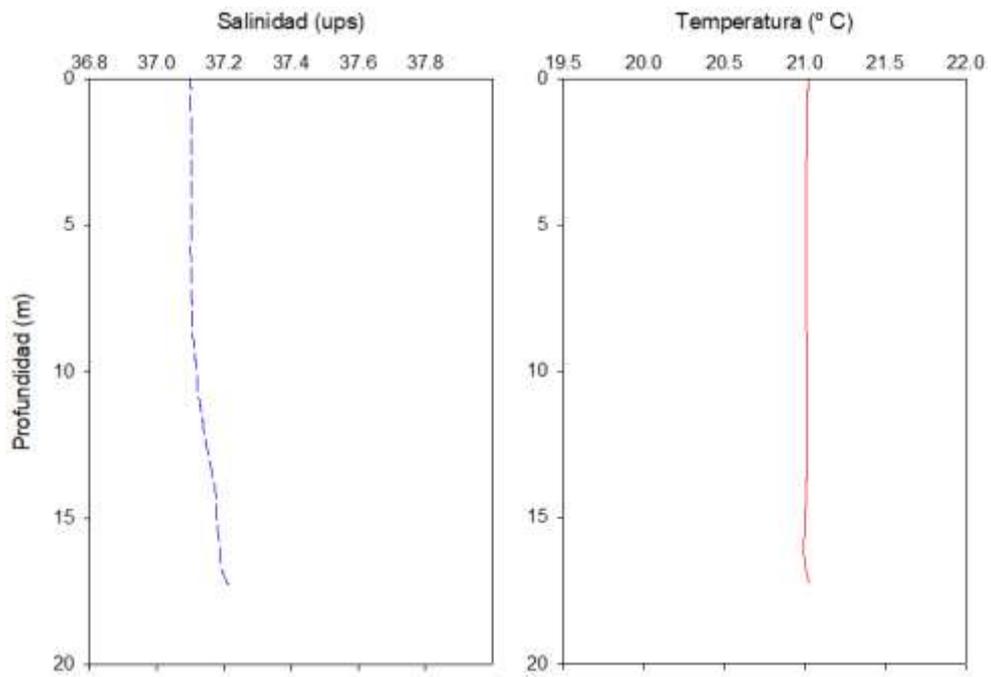


- Temperatura en el fondo:

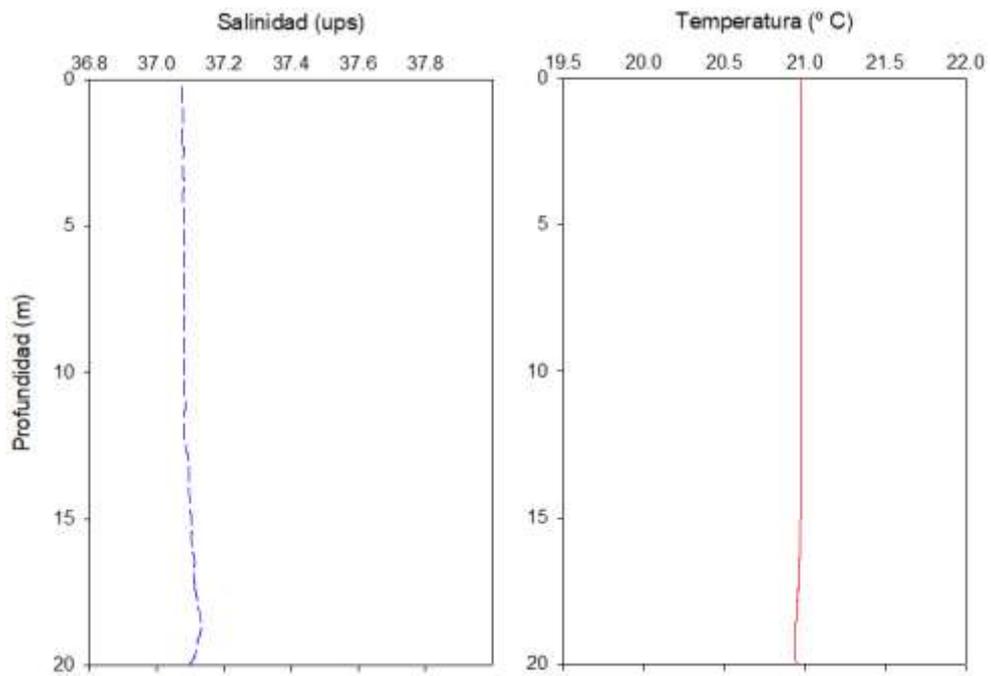


* Perfiles de salinidad y temperatura sobre las parcelas permanentes:

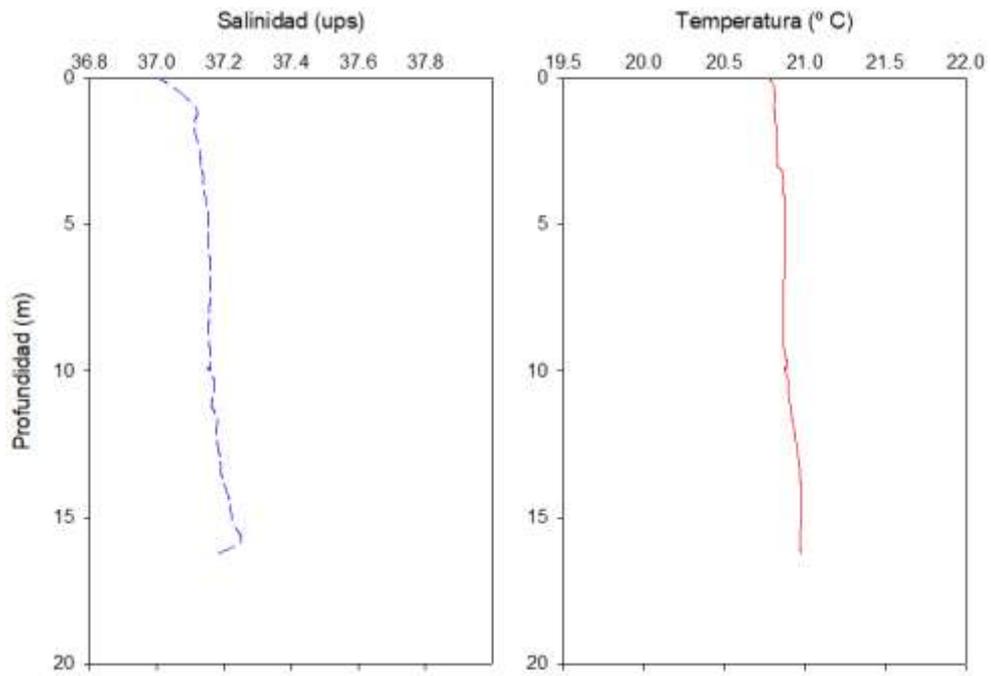
- Puerto 16 m:



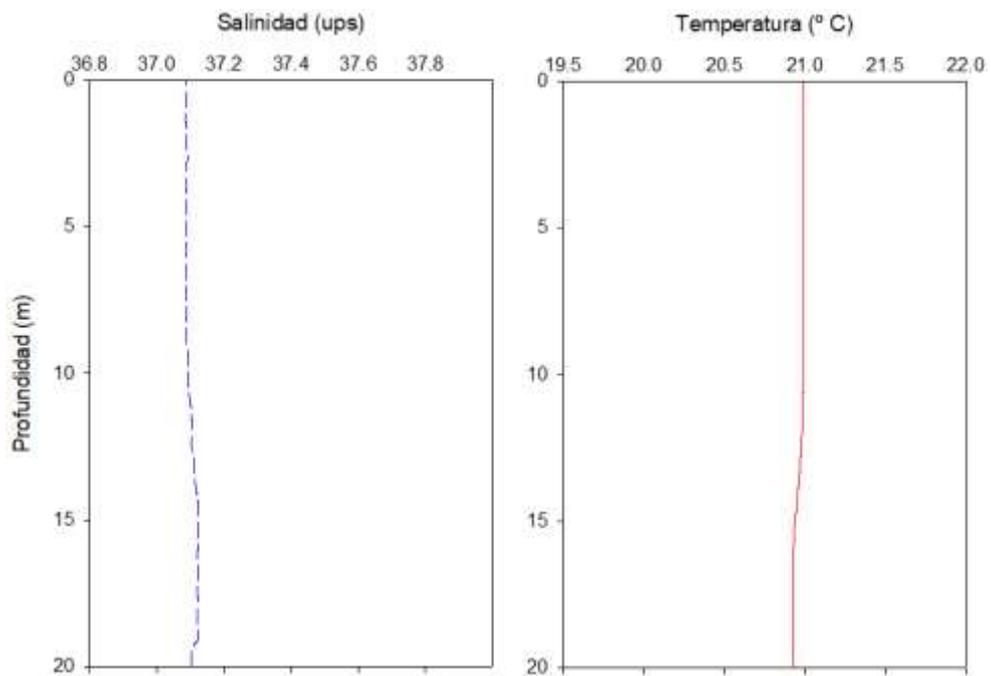
- Puerto 20 m:



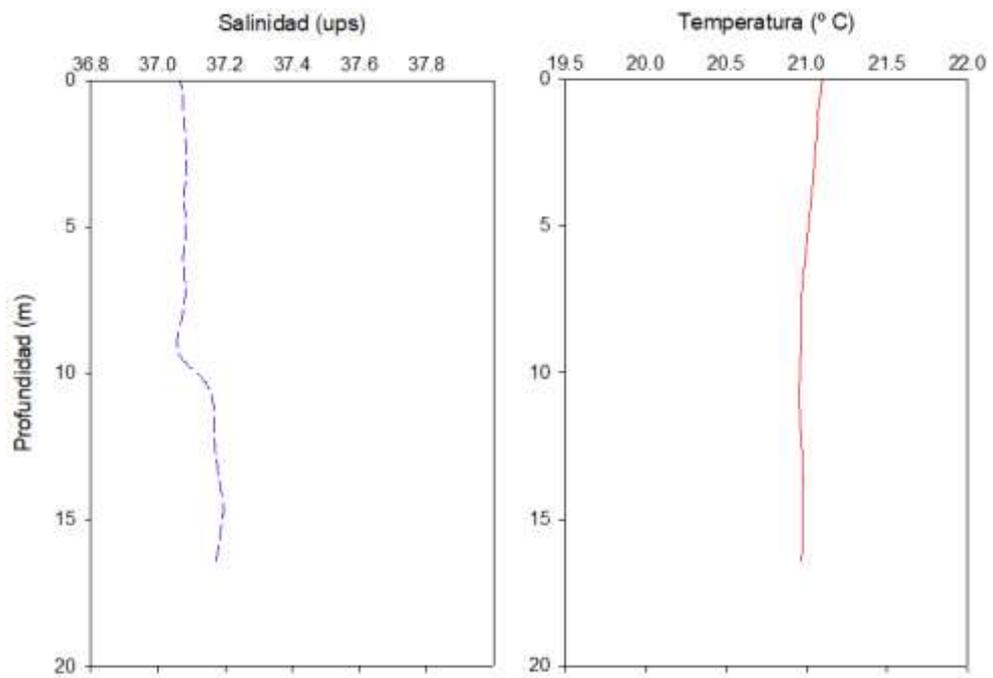
- Desaladora 16 m:



- Desaladora 20 m:



- Urbanova 16 m:



- Urbanova 20 m:

