



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 DEL VERTIDO DE LAS DESALINIZADORAS I Y II DEL NUEVO CANAL DE CARTAGENA EN SAN PEDRO DEL PINATAR:



Informe Anual 2020

Han intervenido en la realización de este estudio:

Unidad de Biología Marina

Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada, Universidad de Alicante

José Luis Sánchez Lizaso (Coordinador)

Yoana del Pilar Ruso

Yolanda Fernández Torquemada

Mercedes Varela

Fabio Blanco Murillo

Javier Aguilar Escribano

Iván Sola Macia

Estela Carbonell Garzón

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Alicante

Adoración Carratalá Giménez

Instituto Universitario del Agua y las Ciencias Ambientales, Universidad de Alicante

Daniel Prats Rico

Liuba Domínguez Chabalíná

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 25 de enero de 2021.



Fdo: Dr José Luis Sánchez Lizaso

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	4
INDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	10
1. INTRODUCCIÓN	16
2. MATERIAL Y MÉTODOS	16
2.1.- Vigilancia estructural	16
2.2.- Control del efluente	16
2.3.- Control del medio receptor	17
2.3.1. – Estaciones de muestreo	17
2.3.2. – Métodos de muestreo.	25
2.3.3. – Métodos de análisis.	28
2.3.4.- Análisis de los datos.	30
3. RESULTADOS	35
3.1.- Régimen de funcionamiento de las desalinizadoras.	35
3.2.- Vigilancia estructural y resultados de los sensores conectados a las boyas.	35
3.2.1.- Vigilancia estructural ¹	35
3.2.2 Resultados de los sensores conectados a las boyas.	37
3.3.- Control del efluente.	38
3.4.- Control de las aguas receptoras.	38
3.5.- Control de sedimentos y organismos.	43
3.5.1.- Sedimentología durante el año 2020.	43
3.5.2.- Fauna general en la campaña de verano de 2020.	49
3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en verano de 2020.	58
3.5.4.- Fauna general en la campaña de otoño de 2020.	68
3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en otoño de 2020.	77
3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2020.	89
3.5.6.1- Sedimentología.	89
3.5.6.2.- Estudio de la fauna general.	93
3.5.6.2.1.- Comparación de las campañas de otoño de 2005 a 2020.	93
3.5.6.3.- Poliquetos.	99
3.5.6.3.1.- Comparación de las campañas de otoño del 2005 al 2020.	99
3.5.7.- Transectos de videocámara.	109
3. 7.- Pradera de Posidonia oceanica	111

3.7.1.- Densidad	111
3.7.2.- Cobertura	114
3.7.3.- Fenología	115
3.7.4.-Análisis multivariante de las localidades	118
3.7.5.-Clasificación del estado ecológico de las localidades según la DMA	119
3.8.- Equinodermos	122
3.8.- Caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.	124
3.9.- Caracterización espacio-temporal de la distribución de temperatura en el fondo.	128
4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES	130
ANEXOS DIGITALES	135
ANEXO 1: Perfiles verticales de salinidad en las campañas	135
ANEXO 2. Fotografías de las muestras de sedimento	135
ANEXO 3. Primer informe trimestral	135
ANEXO 4. Segundo informe trimestral	135
ANEXO 5. Tercer informe trimestral	135
ANEXO 6. Cuarto informe trimestral	135
ANEXO 7. Análisis del efluente	135
ANEXO 8. Análisis de las aguas receptoras	135
ANEXO 9. Transectos con video	135
5. BIBLIOGRAFÍA	136

INDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE CONTENIDO	4
INDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	10
1. INTRODUCCIÓN	16
2. MATERIAL Y MÉTODOS	16
<i>Tabla 2.1. Estaciones de muestreo.</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2.2. Características de las estaciones muestreadas para el control de aguas receptoras.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2.3. Características de las estaciones muestreadas para el control de sedimentos y organismos.</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 2.4. Características de las estaciones muestreadas para el control de la pradera de Posidonia oceánica.</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2.5. Métodos de muestreo empleados en el control de cada elemento.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2.6. Métodos de análisis para aguas receptoras límite de cuantización máximo. En base a lo establecido en la Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas (ITC-MMA.EECC-1/06).</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2.7. Métodos de análisis de sedimentos y organismos.</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 2.8. Descripción de índices empleados. Donde, n_i: número de individuos de la especie i; N: número total de individuos, S: número de especies, f_{pop}: frecuencia de poliquetos oportunistas, f_a: frecuencia de anfípodos.</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 2.9. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 2.10. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.</i>	<i>34</i>
3. RESULTADOS	35
<i>Tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 (páginas anteriores). Valores de los análisis de control de las aguas receptoras en las campañas del 2020 en superficie y en profundidad.</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 3.5. Porcentaje de las clasificaciones granulométricas en cada estación.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 3.6. Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial RedOx en cada estación para cada campaña del 2020.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 3.7. Valores de Níquel, Hierro, Cromo, Zinc y Cobre en los sedimentos.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 3.8. Abundancias medias ($n^\circ \text{ ind/m}^2$) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación.</i>	<i>49</i>

Tabla 3.9. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada transecto. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.	55
Tabla 3.10. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. AM1: abundancia media en el grupo 1. AM2: Abundancia media en el grupo 2. AM3: Abundancia media en el grupo 3. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.	56
Tabla 3.11. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos. En negrita se señalan los que proporcionan un resultado significativo.	56
Tabla 3.12: Abundancias medias (n° ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.....	59
Tabla 3.13: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.....	65
Tabla 3.14: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos y subgrupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.	66
Tabla 3.15: Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.....	66
Tabla 3.16. Abundancias medias (n° ind/m²) de los grupos faunísticos en cada estación.	68
Tabla 3.17. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada transecto. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.	73
Tabla 3.18. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.	74
Tabla 3.19. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos.	74
Tabla 3.20: Abundancias medias (n° ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.....	77
Tabla 3.21: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media en cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.	83
Tabla 3.22: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.....	84

Tabla 3.23: Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.....	84
Tabla 3.24. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de grupos taxonómicos respecto a las agrupaciones establecidas. SM: Similitud media en cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.	98
Tabla 3.25. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el primer grupo analizado. AMy: Abundancia media en el segundo grupo a comparar. DM: Disimilitud media entre los grupos. PA: Porcentaje acumulado.	99
Tabla 3.26: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.....	106
Tabla 3.27: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en la estación x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.....	109
Tabla 3.28: Grupos identificados en los transectos con videocámara durante las campañas de verano y otoño de 2020. Los símbolos indican la presencia en verano (verde), otoño (naranja) o ambos (azul).	110
Tabla 3.29: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad y mortalidad de haces de Posidonia oceanica obtenidos en las parcelas permanentes previa (2005) y posteriormente (2006 - 2020) al funcionamiento del emisario. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.....	111
Tabla 3.30: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de cobertura de Posidonia oceanica obtenidos en las parcelas permanentes previa y posteriormente al funcionamiento del emisario. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.	115
Tabla 3.31: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de fenología de los haces de Posidonia oceanica obtenidos en las parcelas permanentes antes y después del funcionamiento del emisario. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.	116
Tabla 3.33: Límites de EQR asignados a las diferentes calidades ecológicas establecidas por la Directiva Marco del Agua (acordado en la intercalibración para angiospermas en el Mar Mediterráneo, MED-GIG 2007).	121
Tabla 3.34: Valoración de la calidad ecológica de las localidades estudiadas en función del componente I del ACP.	121
Tabla 3.35: Especies de equinodermos identificadas en cada una de las cinco localidades durante los muestreos del 2005, 2006-2009, 2010-2019 y 2020.	122
Tabla 3.36: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad de equinodermos (individuos m^{-2}) obtenidos en las cinco localidades de estudio (L1 – L5)	

*previa y posteriormente a que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo. 123*

4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES 130

ANEXOS DIGITALES..... 135

5. BIBLIOGRAFÍA..... 136

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE CONTENIDO	4
INDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	10
1. INTRODUCCIÓN	16
2. MATERIAL Y MÉTODOS	16
<i>Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras.</i>	19
<i>Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control del control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S).</i>	19
<i>Figura 2.3. Estaciones de muestreo para el control de la pradera de Posidonia oceanica situadas aproximadamente a 26 m de profundidad.</i>	20
<i>Figura 2.4. Estaciones de muestreo para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.</i>	20
3. RESULTADOS	35
<i>Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya este en 2020.</i>	37
<i>Figura 3.2. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya oeste en 2020.</i>	37
<i>Figura 3.3. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada campaña del 2020.</i>	44
<i>Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2020.</i>	45
<i>Figura 3.6. Representación del pH tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2020.</i>	47
<i>Figura 3.7. Representación del potencial redox tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2020.</i>	47
<i>Figura 3.8. Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en verano de 2020.</i>	50
<i>Figura 3.9. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en verano de 2020.</i>	51
<i>Figura 3.10. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en verano de 2020. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015).</i>	52
<i>Figura 3.11. Representación del dendrograma respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.</i>	53
<i>Figura 3.12. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.</i>	54

Figura 3.13. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de gravas.	57
Figura 3.14. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas gruesas.	58
Figura 3.18: Abundancia media de poliquetos en cada estación.	60
Figura 3.19: Riqueza media de poliquetos en cada estación.	61
Figura 3.20: Diversidad media de poliquetos en cada estación.	61
Figura 3.21: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.	62
Figura 3.22: Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.	63
Figura 3.23: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.	64
Figura 3.24. Abundancia media de individuos en cada estación en otoño 2020.	69
Figura 3.25. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en otoño 2020.	70
Figura 3.26. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en otoño 2020. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817, 2015).	70
Figura 3.27. Representación del dendrograma de similitud respecto a los grupos faunísticos estudiados en las diferentes estaciones.	71
Figura 3.28. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones.	72
Figura 3.29. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de gravas.	75
Figura 3.30. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas gruesas.	75
Figura 3.31. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de lutitas.	76
Figura 3.32. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos	

<i>superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de salinidad.</i>	76
<i>Figura 3.33: Abundancia media de poliquetos en cada estación.</i>	79
<i>Figura 3.34: Riqueza media de poliquetos en cada estación.</i>	79
<i>Figura 3.35: Diversidad media de poliquetos en cada estación.</i>	80
<i>Figura 3.36: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.</i>	80
<i>Figura 3.37. Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones</i>	81
<i>Figura 3.38. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.</i>	82
<i>Figura 3.39: Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (gravas, arenas gruesas y lutitas).</i>	88
<i>Figura 3.40. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta otoño 2020. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20 y O.20).</i>	89
<i>Figura 3.41. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño 2020. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20 y O.20).</i>	90
<i>Figura 3.42. Representación del diagrama triangular de granulometría para estación muestreada a lo largo y en cada época de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20 y O.20).</i>	91
<i>Figura 3.43. Representación en histograma del porcentaje medio de materia orgánica en cada estación y en cada época de muestreo Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20 y O.20).</i>	92
<i>Figura 3.44. Representación en histograma del pH tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V20 y O.20).</i>	93
<i>Figura 3.45. Representación en histograma del potencial redox tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20 y O.20).</i>	93
<i>Figura 3.46. Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019), así como en la campaña actual (2020).</i>	95

Figura 3.47. Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019), y la campaña actual (campaña del 2020)._____ 96

Figura 3.48. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las once campañas de muestreo en otoño (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020)._____ 97

Figura. 3.50: Abundancia media en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019), así como en la campaña actual (campaña del 2020)._____ 101

Figura. 3.51: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019), así como en la campaña actual (campaña del 2020)._____ 102

Figura. 3.52: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo de otoño._____ 104

Figura. 3.53. Grupos taxonómicos observados durante la realización de los transectos con videocámara._____ 110

Figura 3.54: Representación gráfica de los datos de densidad media y densidad de haces muertos (haces m^{-2}) obtenidos en las localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2020) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (* <0.05 y ** <0.01)._____ 112

Figura 3.55: Representación gráfica de los datos de descalzamiento de los haces de *Posidonia oceanica* (cm) y del porcentaje de haces plagiotropos (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p<0.05$ (las barras representan el error típico)._____ 113

Figura 3.56: Representación gráfica de los datos de cobertura de *Posidonia oceanica* (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2020) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (* <0.05 y ** <0.01)._____ 114

Figura 3.57: Representación de los datos de fenología obtenidos para los haces de las cinco localidades con anterioridad (2005) y posterioridad (2006-2009, 2010-2019 y 2020) del funcionamiento del emisario. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p<0.05$ (las barras representan el error típico). Los

<i>asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (*<0.05 y **<0.01).</i>	117
<i>Figura 3.58: Representación del dendrograma realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.</i>	118
<i>Figura 3.59: Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.</i>	119
<i>Figura 3.60: Resultado del análisis de los componentes principales (PCA) de las localidades estudiadas (incluyendo las localidades de referencia). El color rojo agrupa a las localidades muy degradadas, el naranja a las de calidad deficiente, el amarillo a aquellas con calidad media, el verde las que se encuentran en buen estado y el azul a las que poseen muy buena calidad.</i>	120
<i>Figura 3.61: Representación gráfica de los datos de densidad de las distintas especies de equinodermos (nº individuos m⁻²) obtenidos en el año 2020 en las cinco localidades de estudio, sobre pradera de <i>P. oceanica</i> a - 26 m de profundidad (las barras representan el error típico).</i>	123
<i>Figura 3.62: Densidad total de equinodermos (número de individuos por m²) en las cinco localidades de estudio, obtenida antes (2005) y después (2006 - 2020) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (**<0.01).</i>	124
<i>Figura 3.63. Campaña de salinidad en profundidad de febrero 2020. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	125
<i>Figura 3.64. Campaña de salinidad en superficie de febrero 2020. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	125
<i>Figura 3.65. Campaña de salinidad en profundidad de agosto 2020. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	126
<i>Figura 3.66. Campaña de salinidad en superficie de agosto 2020. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	126
<i>Figura 3.67. Campaña de salinidad en profundidad de noviembre de 2020. “V” indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	127
<i>Figura 3.68. Campaña de salinidad en superficie de noviembre 2020. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	127
<i>Figura 3.69. Temperatura en el fondo en febrero del 2020. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	128

Figura 3.70. Temperatura en el fondo en agosto del 2020. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. 128

Figura 3.71. Temperatura en el fondo en noviembre del 2020. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. 129

4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES 130

ANEXOS DIGITALES 135

5. BIBLIOGRAFÍA 136

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo establecido en la resolución de 16 de octubre de 2006 de la Dirección General de Calidad Ambiental de la Comunidad Autónoma de Murcia para desarrollar el programa de vigilancia del vertido de las desalinizadoras I y II del Nuevo Canal de Cartagena en San Pedro del Pinatar y sus modificaciones posteriores es necesario realizar un informe anual que recoja los resultados del seguimiento de las comunidades marinas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1.- Vigilancia estructural

Se ha realizado, como establece la autorización de vertido, un informe de vigilancia estructural del emisario. La inspección se realizó por grabación empleando un ROV SIBIU PRO. Dicho informe se ha enviado por separado a la Dirección General de Calidad Ambiental de la Comunidad Autónoma de Murcia. Adicionalmente la resolución de 2006 para el vertido conjunto de las dos desalinizadoras establece que se deben instalar dos boyas para la transmisión de datos en tiempo real. Los datos de las boyas correspondientes al año 2020 se incluyen en este informe.

2.2.- Control del efluente

Las resoluciones citadas establecen el control del efluente mediante registro continuo de salinidad y temperatura, así como análisis periódicos. Los resultados del control del efluente se han incluido en los informes trimestrales que se han presentado por separado y que se incluyen en formato digital (formato Excel y archivo pdf) como anexos (anexos 3, 4, 5, 6 y 7) a este informe.

2.3.- Control del medio receptor

2.3.1. – Estaciones de muestreo

El control del medio receptor incluye el control de las aguas receptoras, el control de sedimentos y de organismos marinos, y el control de la pradera de *Posidonia oceanica*.

En el caso de las aguas receptoras se establecieron doce estaciones de muestreo: un punto en el vertido (SP9), tres puntos cerca de la costa (uno sobre el emisario SP10, SP11 y SP12), cuatro puntos en una circunferencia de 500 m alrededor del (SP1, SP3, SP5 y SP7) y cuatro puntos en una circunferencia de 1000 m alrededor del vertido (SP2, SP4, SP6 y SP8) (Tabla 2.1, figura 2.1).

El control de sedimentos y organismos marinos se realizó en 12 estaciones, distribuidas en tres transectos denominados N, V y S (Tabla 2.1, Figura 2.2). El transecto V, perpendicular a la costa, corresponde a la zona del vertido, mientras que los transectos N y S se localizan paralelamente al V, a una distancia de 2000 metros; N al norte del V y S al sur. En cada transecto se muestreó a 4 distancias: 1) 250 metros hacia la costa, 2) vertido, 3) 250 metros hacia mar abierto y 4) 1000 metros hacia mar abierto, respetando las profundidades. En el caso del transecto sur, la presencia de las jaulas de acuicultura obligó a adecuar la situación de la estación S4 (Figura 2.2). Las coordenadas geográficas de cada estación están indicadas en la tabla 2.1.

Para la pradera de *Posidonia oceanica* situada en las proximidades del vertido se realizó un seguimiento en el límite inferior en cinco localidades a 0 m (L3), 500 m (L2 y L4), y 2000 m (L1 y L5) tanto hacia el norte como hacia el sur respecto al punto donde el emisario corta a la pradera de Posidonia en su límite inferior (Figura 2.3).

A continuación, se presenta la tabla donde se indican las estaciones de muestreo para cada uno de los elementos del medio receptor así como los

códigos identificativos, situación respecto al vertido y localización, y mapas de dichas estaciones de muestreo.

Elemento	Código	Situación respecto al vertido	Localización UTM ED 50	
			X (m)	Y (m)
Aguas receptoras	AR.SP1	500 m E	702183	4189682
Aguas receptoras	AR.SP2	1000 m E	702683	4189682
Aguas receptoras	AR.SP3	500 m S	701683	4189182
Aguas receptoras	AR.SP4	1000 m S	701683	4188682
Aguas receptoras	AR.SP5	500 m O	701183	4189682
Aguas receptoras	AR.SP6	1000 m O	700683	4189682
Aguas receptoras	AR.SP7	500 m N	701683	4190182
Aguas receptoras	AR.SP8	1000 m N	701683	4190682
Aguas receptoras	AR.SP9	Vertido	701683	4189682
Aguas receptoras	AR.SP10	Costa	697228	4191354
Aguas receptoras	AR.SP11	Costa	697323	4190854
Aguas receptoras	AR.SP12	Costa	697415	4190362
Sedimentos y organismos	SED.N1	Control N 250 m costa	701416	4191683
Sedimentos y organismos	SED.N2	Control N vertido	701685	4191645
Sedimentos y organismos	SED.N3	Control N 250 m mar	702050	4191445
Sedimentos y organismos	SED.N4	Control N 1000 m mar	702748	4191604
Sedimentos y organismos	SED.V1	Vertido 250 m costa	701433	4189681
Sedimentos y organismos	SED.V2	Vertido	701706	4189727
Sedimentos y organismos	SED.V3	Vertido 250 m mar	701933	4189681
Sedimentos y organismos	SED.V4	Vertido 1000 m mar	702683	4189681
Sedimentos y organismos	SED.S1	Control S 250 m costa	701454	4187729
Sedimentos y organismos	SED.S2	Control S vertido	701958	4187682
Sedimentos y organismos	SED.S3	Control S 250 m mar	702721	4187690
Sedimentos y organismos	SED.S4	Control S 1000 m mar	702792	4187719
Pradera de <i>P. oceánica</i>	L1	2000 m N emisario	699651	4192721
Pradera de <i>P. oceánica</i>	L2	500 m N emisario	700135	4171040
Pradera de <i>P. oceánica</i>	L3	Emisario	700064	4190595
Pradera de <i>P. oceánica</i>	L4	500 m S emisario	700228	4189906
Pradera de <i>P. oceánica</i>	L5	2000 m S emisario	700704	4188453

Tabla 2.1. Estaciones de muestreo.

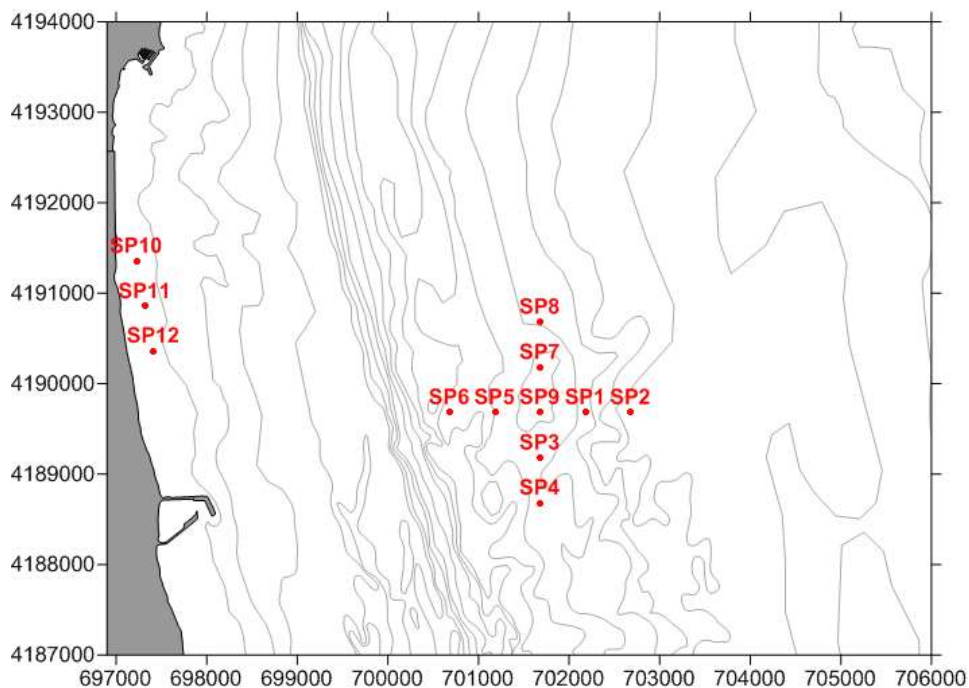


Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras.

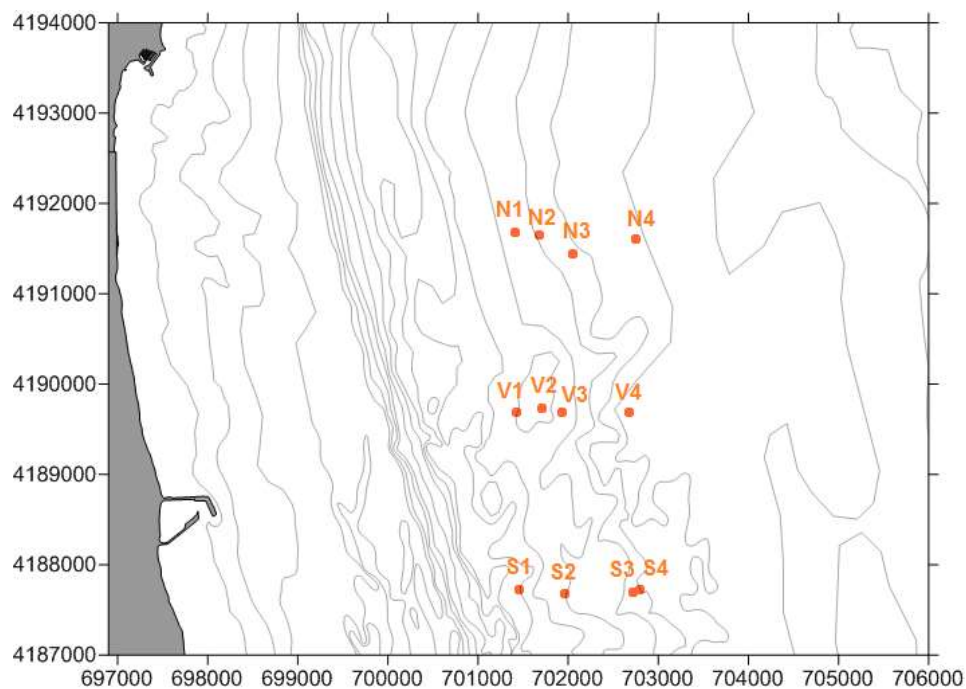


Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S).

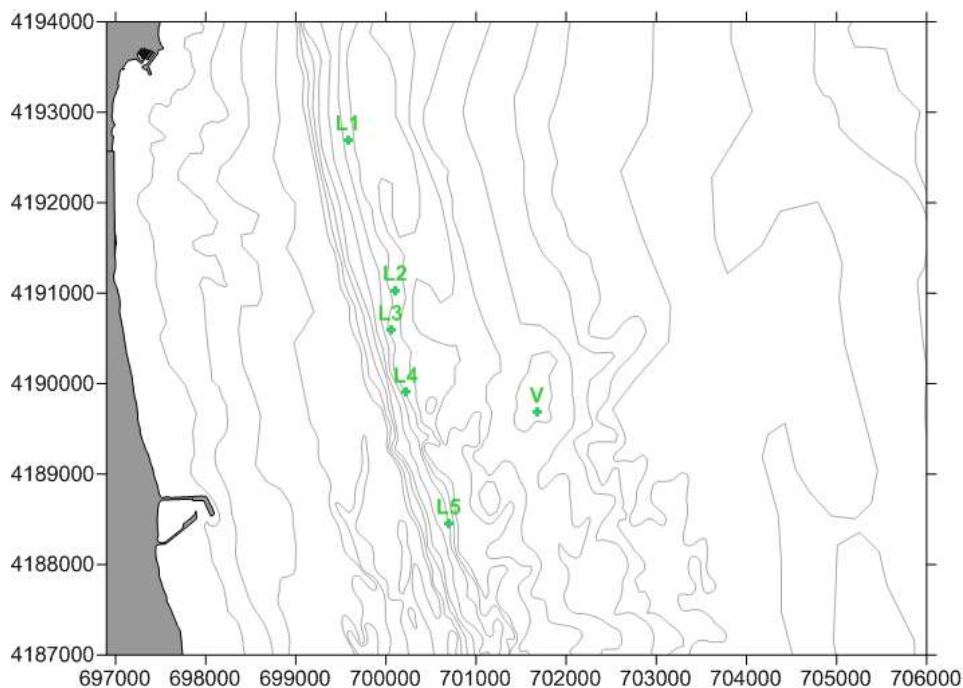


Figura 2.3. Estaciones de muestreo para el control de la pradera de *Posidonia oceanica* situadas aproximadamente a 26 m de profundidad.

Además, para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad ocasionada por el vertido se realizaron muestreos en una retícula de mínimo de 60 puntos siguiendo la pluma y el trazado del emisario (figura 2.4).

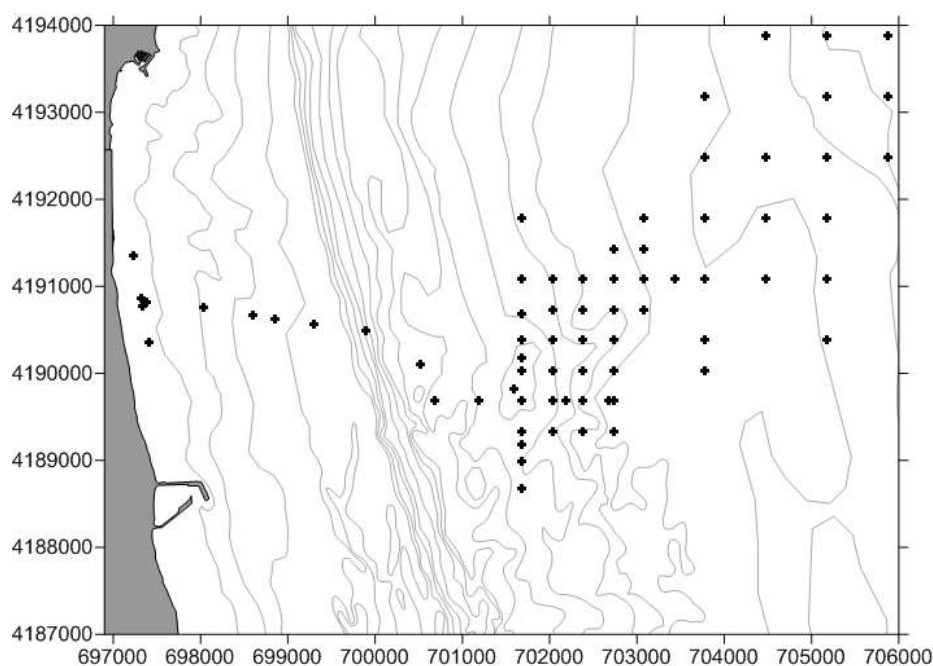


Figura 2.4. Estaciones de muestreo para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.

A continuación, se presentan las características de las estaciones muestreadas: tablas 2.2., 2.3 y 2.4.

Control de aguas receptoras

Periodicidad muestreo:		Trimestral			
Parámetros in situ medidos:		pH, oxígeno disuelto, transparencia.	temperatura,	salinidad,	densidad,
Muestras recogidas por estación y trimestre:		Agua superficial: 1 Botella plástico (2L) y 1 botella de vidrio topacio DIN (1L) Agua profunda: 1 Botella plástico (2L) y 1 botella de vidrio topacio DIN (1L)			
Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.					
<u>Tercer trimestre</u>			Fecha:	14/08/2020	
Corriente:		0.3 m/s E	Clima:	Soleado	
Oleaje:		0.35 m	Viento:	4.8 m/s SE	
<u>Cuarto trimestre</u>			Fecha:	20/11/2020	
Corriente:		0.1 m/s NE	Clima:	Nublado	
Oleaje:		0.5 m	Viento:	7 m/s NE	
Estaciones muestreadas					
Estación	Localización UTM ED 50		Profundidad (m)	Distancia a costa (m)	
AR.SP1	702183	4189682	32.7	5000	
AR.SP2	702683	4189682	37.2	5450	
AR.SP3	701683	4189182	32	4200	
AR.SP4	701683	4188682	32.2	4300	
AR.SP5	701183	4189682	31.7	3950	
AR.SP6	700683	4189682	28.8	3450	
AR.SP7	701683	4190182	34.3	4500	
AR.SP8	701683	4190682	31.1	4500	
AR.SP9	701683	4189682	33.4	4450	
AR.SP10	697228	4191354	2.6	230	
AR.SP11	697323	4190854	3.1	280	
AR.SP12	697415	4190362	2.8	280	

Tabla 2.2. Características de las estaciones muestreadas para el control de aguas receptoras.

Control de sedimentos y organismos.

Periodicidad muestreo: Trimestral (control de sedimentos)
Semestral (control de organismos)

Parámetros in situ medidos: Semestral: transectos videográficos, salinidad profunda y temperatura profunda.
Trimestral: pH y potencial redox del sedimento.

Muestras recogidas: Sedimento, 3 réplicas trimestralmente (control de sedimentos) y 3 réplicas semestralmente (control de organismos)

Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.

<u>Tercer trimestre</u>	Fecha: 25/07/2020
Corriente: 0.3 m/s NE	Clima: Soleado
Oleaje: 0.4 m	Viento: 4.5 m/s NW
<u>Cuarto trimestre</u>	Fecha: 25/11/2020
Corriente: 0.6 m/s SE	Clima: Soleado
Oleaje: 0.49 m	Viento: 3.8 m/s SE

Estaciones muestreadas

Código estación: N1 Localización UTM E50: 701416 4191683 Distancia a la costa: 4450 m Profundidad: 34.3 m Tipo de sustrato: fangos		
Código estación: N2 Localización UTM E50: 701685 4191645 Distancia a la costa: 4700 m Profundidad: 34.4 m Tipo de sustrato: fangos		
Código estación: N3 Localización UTM E50: 702050 4191445 Distancia a la costa: 5000 m Profundidad: 35.6 m Tipo de sustrato: fangos		
Código estación: N4 Localización UTM E50: 702748 4191604 Distancia a la costa: 5750 m Profundidad: 36.2 m Tipo de sustrato: arenas		
Código estación: V1 Localización UTM E50: 701433 4189681 Distancia a la costa: 4100 m Profundidad: 33 m Tipo de sustrato: arenas		
Código estación: V2 Localización UTM E50: 701706 4189727 Distancia a la costa: 4450 m Profundidad: 33.8 m Tipo de sustrato: arenas		

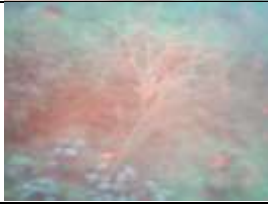
Código estación: V3 Localización UTM E50: 701933 4189681 Distancia a la costa: 4700 m Profundidad: 32 m Tipo de sustrato: arenas		
Código estación: V4 Localización UTM E50: 702683 4189681 Distancia a la costa: 5450 m Profundidad: 37.4 m Tipo de sustrato: arenas		
Código estación: S1 Localización UTM E50: 701454 4187729 Distancia a la costa: 3850 m Profundidad: 28.9 Tipo de sustrato: arenas		
Código estación: S2 Localización UTM E50: 701958 4187682 Distancia a la costa: 4400 m Profundidad: 32.7 Tipo de sustrato: arenas		
Código estación: S3 Localización UTM E50: 702721 4187690 Distancia a la costa: 5100 m Profundidad: 33.4 m Tipo de sustrato: arenas, rocas		
Código estación: S4 Localización UTM E50: 702792 4187719 Distancia a la costa: 5250 m Profundidad: 32.8 m Tipo de sustrato: arenas, rocas		

Tabla 2.3. Características de las estaciones muestreadas para el control de sedimentos y organismos.

Control de la pradera de *Posidonia oceanica*.

Periodicidad muestreo: Anual

Parámetros medidos: Salinidad profunda y temperatura profunda en continuo.
Cobertura y densidad de *Posidonia oceanica*. Densidad de equinodermos

Muestras recogidas: 10 haces de *Posidonia oceanica* por localidad

Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.

Fecha: 08/01/2020

Corriente: 0.3 m/s NE

Clima: Soleado

Oleaje: 0.3 E

Viento: 8 m/s NE

Estaciones muestreadas

Código estación: L1

Localización UTM E50: 699651 4192721

Distancia a la costa: 2700 m

Profundidad: 25.8

Tipo de sustrato: Arena y *Posidonia oceanica*



Código estación: L2

Localización UTM E50: 700135 4171040

Distancia a la costa: 3200 m

Profundidad: 26.6

Tipo de sustrato: Arena y *Posidonia oceanica*



Código estación: L3

Localización UTM E50: 700064 4190595

Distancia a la costa: 3000 m

Profundidad: 26

Tipo de sustrato: Arena y *Posidonia oceanica*



Código estación: L4

Localización UTM E50: 700228 4189906

Distancia a la costa: 3150 m

Profundidad: 25.3

Tipo de sustrato: Arena y *Posidonia oceanica*



Código estación: L5

Localización UTM E50: 700704 4188453

Distancia a la costa: 3300 m

Profundidad: 25.7

Tipo de sustrato: Arena y *Posidonia oceanica*



Tabla 2.4. Características de las estaciones muestreadas para el control de la pradera de *Posidonia oceánica*.

2.3.2. – Métodos de muestreo.

Control de aguas receptoras

Las muestras de agua superficial se tomaron a 0.25 metros de profundidad mientras que las muestras de agua profunda se tomaron con la ayuda de una botella Niskin en las posiciones establecidas en la autorización de vertido (Figura 2.1). Las muestras se conservaron refrigeradas y se llevaron en el menor tiempo posible a los laboratorios para su análisis. Los valores de pH y oxígeno disuelto se tomaron in situ empleando una sonda multiparamétrica HANNA HI 769828, mientras que para la temperatura, salinidad y densidad se empleó un registrador de conductividad, temperatura y profundidad RBR XR-420-CTD. La transparencia se obtuvo empleando el disco de Secchi (Tabla 2.5). En base a lo establecido en la Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas (ITC-MMA.EECC-1/06)

Control de sedimentos y organismos.

Las muestras de sedimento se obtuvieron empleando una draga Van Veen de 20 X 20 cm, tanto para el estudio de la fauna y para el estudio de las características de los sedimentos (Tabla 2.5) (granulometría, pH, potencial redox, materia orgánica, carbonatos, níquel, hierro, cromo, zinc y cobre). EL pH y potencial redox se midió in situ empleando una sonda pHmetro Crison 507. Los valores de temperatura y salinidad profunda se obtuvieron con un registrador de conductividad, temperatura y profundidad RBR XR-420-CTD. Adicionalmente en cada estación se realizaron transectos de videocámara para análisis de las especies indicadoras.

En base a lo establecido en la “Resolución de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se formula informe Ambiental sobre “Modificación de las condiciones de la DIA del proyecto Nueva Desaladora del Nuevo Canal de Cartagena en San Pedro del Pinatar (Murcia)” “ (SGEA/GGH/fjs/20160080), firmada con fecha 24 de noviembre de 2017, durante la campaña actual no se han realizado los muestreos con draga Van

Veen en las estaciones correspondientes al transecto sur. De modo que en este transecto únicamente se han realizado los transectos con videocámara.

Pradera de *Posidonia oceanica*.

Se llevaron a cabo inmersiones puntuales, mediante buceo con equipo autónomo, en el límite inferior de la pradera de *P. oceanica* y dentro de la zona de estudio. En ellas se tomaron datos de densidad, cobertura y estado de la pradera de *P. oceanica*, así como de la presencia de equinodermos.

Durante el estudio preoperacional y con el fin de realizar el posterior seguimiento ambiental de los efectos del vertido mediante emisario de las desaladoras de San Pedro del Pinatar se seleccionaron un total de cinco localidades (Figura 2.3). En cada una de estas localidades se instalaron cuatro parcelas permanentes.

Junto a las parcelas permanentes de *P. oceanica*, en dichas localidades también se tomaron datos de cobertura. La cobertura o porcentaje de la superficie del substrato cubierta por pradera (Sánchez-Lizaso, 1993) se estimó realizando 6 transectos con una cinta métrica de 10 metros, mediante la que se registró la longitud cubierta por la pradera, así como el estado de ésta (mata muerta o en regresión), y la de otros substratos o especies presentes (roca, arena, etc.). Posteriormente los datos fueron expresados en porcentajes de recubrimiento.

Las parcelas permanentes consisten en cuadrados de 40 x 40 cm rodeados por alambre plastificado y señalizados mediante piquetas con boyarines, numeradas para su posterior reconocimiento. Dentro de cada parcela se contaron y anotaron todos los haces presentes, incluyendo el número de rizomas muertos para su comparación con los resultados del estudio preoperacional, pudiéndose determinar si ha habido un aumento significativo de la tasa de división o mortalidad de las plantas en forma de balance total. Esta técnica permite estimar la evolución de la pradera de *P. oceanica* y su densidad, número de haces por metro cuadrado de pradera (Sánchez-Lizaso, 1993). También se tomaron datos de enterramiento y porcentaje de haces

plagiotropos, permitiendo el cálculo del índice Valencian CS. Además, al comparar los resultados obtenidos con los de las parcelas más alejadas del punto vertido, podremos afirmar si existe alguna afección por parte de las plantas desalinizadoras sobre esta comunidad.

En cada una de las localidades donde se situaron las parcelas permanentes también se recogieron 10 haces de *Posidonia oceanica*, para su posterior tratamiento en el laboratorio donde se han obtenido datos sobre su morfología, su biomasa y la carga de epífitos de los mismos, para compararlos con los datos previos.

En las mismas localidades en las que se dispusieron las parcelas permanentes también se tomaron datos de densidad de equinodermos para compararlos con los datos tomados en esos mismos puntos antes de la puesta en marcha del emisario de las desalinizadoras. Para ello se realizaron seis transectos de 10 x 1 m en cada una de las localidades, donde se contaron e identificaron todos los equinodermos presentes.

Elemento analizado	Método de muestreo	Norma de referencia
Control de aguas receptoras		
Muestras de agua	Botella Niskin. Botella de agua operada con mensajero	ISO 5667-2.
Oxígeno disuelto y pH	Sonda multiparamétrica HANNA HI 769828. Método electrométrico	Apartado 6.3.2.2 ITC-MMA.EECC-1/06 Pp. 84, 85, 87
Temperatura y salinidad	RBR XR-420-CTD.	ITC-MMA.EECC-1/06
Transparencia	Termometría y Electrometría Disco de Secchi	Pp. 91, ITC-MMA.EECC-1/06 p 89
Control de sedimentos y organismos.		
Sedimento	Draga Van Veen	ISO 16665 Apartado B.2.1 ISO 5667-2 Apartado 6.3.2.3.
Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>		
Cobertura <i>Posidonia oceanica</i>	Buceo escafandra autónoma. Cinta métrica	Descrita en apartado correspondiente
Densidad <i>Posidonia oceanica</i>	Buceo escafandra autónoma. Cuadrados 40x40cm	
Haces de <i>Posidonia oceanica</i>	Buceo escafandra autónoma.	

Tabla 2.5. Métodos de muestreo empleados en el control de cada elemento.

Adicionalmente tanto el transporte como la conservación y la manipulación de las muestras se realizaron de acuerdo con las directrices establecidas en la ISO 5667-3.

2.3.3. – Métodos de análisis.

Control de aguas receptoras

A continuación, se presentan cada uno de los métodos para la medición de cada uno de los parámetros y contaminantes especificados para las aguas receptoras.

Parámetro	Método	Límite de cuantificación
Clorofila a	Espectrofotometría de absorción molecular	1 µg/L
Clorofila b	Espectrofotometría de absorción molecular	1 µg/L
Clorofila c	Espectrofotometría de absorción molecular	1 µg/L
Turbidez	Turbidímetro/ Nefelometría	0,02 NTU
Sólidos en suspensión	Gravimetría	1 mg/L
Amonio	Espectrofotometría de absorción molecular	0,05 mg/L
Nitratos	Espectrofotometría de absorción molecular	0.1 mg/L
Nitritos	Espectrofotometría de absorción molecular	0.02 mg/L
Nitrógeno total	Espectrofotometría de absorción molecular	2 mg/L
Ortofosfatos	Espectrofotometría de absorción molecular	0.01 mg/L
Fósforo total	Espectrofotometría de plasma	60 µg/L
Hierro	Espectrofotometría de plasma	6 µg/L
Níquel	Espectrofotometría de plasma	3.1 µg/L
Cobre	Espectrofotometría de plasma	3 µg/L

Tabla 2.6. Métodos de análisis para aguas receptoras límite de cuantización máximo. En base a lo establecido en la Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas (ITC-MMA.EECC-1/06).

Control de sedimentos y organismos.

Las muestras destinadas al estudio de los organismos fueron tamizadas por un tamiz de 0.5 mm. Posteriormente las muestras se fijaron con formol al 10% hasta el momento de la revisión y separación del resto de organismos mediante la lupa binocular. Todos los individuos encontrados y agrupados taxonómicamente se guardan en tubos de 1.5 ml fijados en formol al 4 % y correctamente etiquetados. Posteriormente la clase Polychaeta se identifica a nivel de familia.

Por lo que se refiere al procesado del sedimento en el laboratorio se separó una submuestra de sedimento de cada replica para cuantificar el contenido de materia orgánica, que se obtiene por diferencia de pesos tras proceder al calcinado (a 500° C durante 4 horas) de una cantidad conocida de la muestra. El resto de sedimento se utiliza para el estudio de la granulometría, que se analiza empleando una columna de tamices.

Parámetro	Método	Norma de referencia
Abundancia organismos	Separación, identificación y conteo bajo lupa binocular	ISO 16665 Apartado 6.1
Granulometría	Columna de tamices	ISO 16665 Tabla 5
Materia orgánica	Método de calcinación (LOI)	ISO 16665 Tabla 5

Tabla 2.7. Métodos de análisis de sedimentos y organismos.

Pradera de *Posidonia oceanica*.

Se obtuvieron los 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 estudiaron 10 haces seleccionados aleatoriamente en cada una de las estaciones (Romero, 1985).

Inicialmente se procedió a separar el haz del rizoma, manteniendo siempre el rango de inserción de las hojas. Las hojas separadas se conservaron 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 48h.
- Biomasa de epífitos: peso seco de los epífitos de cada haz

2.3.4.- Análisis de los datos.

Control de aguas receptoras

Para los parámetros medidos se presentaron los valores obtenidos en las tablas correspondientes.

Control de sedimentos y organismos.

Por lo que se refiere al análisis de los sedimentos, los valores de los parámetros medidos (granulometría, pH, materia orgánica y potencial redox) se representaron gráficamente en histogramas, lo cual permitió la comparación entre estaciones y con campañas de muestreo anteriores.

En lo referente al análisis de la comunidad de infauna, en primer lugar, se representaron los valores la abundancia y riqueza del total de la fauna y de poliquetos mediante histogramas, así como los valores de la diversidad y equitatividad de poliquetos y del índice BOPA, este último adaptado para su empleo en la evaluación de impactos generados por vertidos de salmuera. Para el análisis estadístico se aplicó un método univariante mediante análisis de la varianza (ANOVA), para definir el efecto de los factores considerados (transecto y distancia). Se incluyó el factor tiempo para la evolución temporal, en el que se comparan por separado las distintas campañas de muestreo de primavera (junio 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2019) y las distintas campañas de muestreo de otoño (diciembre de 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2017 y 2019).

Índice	Formula	Referencia
Índice de diversidad de Shannon- Wiener	$H' = - \sum \log_2[n_i/N]$	Shannon and Weaver, 1963
Índice de equitatividad Pielou	$J' = H' / \log(S)$	Pielou, 1966
Índice BOPA	$BOPA = \log[(f_{pop} / (f_a + 1) + 1]$	Dauvin and Ruellet (2007)

Tabla 2.8. Descripción de índices empleados. Donde, n_i : número de individuos de la especie i ; N : número total de individuos, S : número de especies, f_{pop} : frecuencia de poliquetos oportunistas, f_a : frecuencia de anfípodos.

Para comprobar las posibles variaciones de los distintos grupos taxonómicos y de los poblamientos de poliquetos entre las estaciones localizadas en las zonas control y las localizadas en la zona de impacto, se analizaron los valores de abundancia media ($n^\circ \text{ ind/m}^2$), por estación muestreada. Se llevó a cabo un análisis multivariante con técnicas no paramétricas de escalamiento multidimensional, que permiten evaluar la composición de la comunidad de poliquetos y la de los distintos grupos taxonómicos presentes en la zona de estudio, respecto a los factores considerados (transecto: N, V y S y distancias 1, 2, 3, y 4).

Se utilizó el método de escalamiento multidimensional MDS, a partir de una matriz de coeficientes de similitud computada para 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 coincidan 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 aplicó el protocolo SIMPER o test de porcentajes de similitud de Bray-Curtys para determinar la importancia relativa de cada una de las variables (grupos taxonómicos) en la disimilitud de la muestra o de la similitud entre tratamientos.

Mediante el procedimiento RELATE se contrastó 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 Spearman. 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 para los factores transecto y distancia se utilizó el test de análisis ANOSIM. Si se rechaza la hipótesis nula, significa que existe relación entre los patrones de distribución de las muestras comparadas.

Parámetro	Representación gráfica y prueba estadística
Granulometría	Histograma y triángulos
Materia orgánica	Histograma
pH	Histograma
Potencial Redox	Histograma
Abundancia	Histograma y ANOVA
Diversidad y riqueza	Histograma y ANOVA
Composición de la comunidad	MDS. CLUSTER ANOSIM y SIMPER
Relación infauna parámetros abióticos	Bubble plot y RELATE

Tabla 2.9. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.

Pradera de *Posidonia oceanica*.

Se realizó una doble aproximación en el análisis de los datos obtenidos. En primer lugar se empleó el método univariante de análisis de la varianza (ANOVA) para evaluar el comportamiento de los distintos descriptores respecto a las localidades de estudio. En segundo lugar, se realizó un análisis multivariante mediante técnicas no paramétricas de escalamiento multidimensional, que permitió evaluar el comportamiento del conjunto de los descriptores respecto a todas las localidades muestreadas.

Para el análisis individual de cada uno de los parámetros obtenidos en las distintas localidades se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA), comprobándose con anterioridad la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Cochran. Cuando se encontraron diferencias significativas los datos se transformaron logarítmicamente (Underwood, 1997). Para estos análisis se empleó un ANOVA de dos factores, el tiempo (antes y después del vertido) y la

localidad, que son fijos y ortogonales entre sí, por lo que el modelo lineal empleado sería:

$$X_{ijn} = \mu + T_i + L_j + TxL_{ij} + \text{Residual}_{n(ij)}$$

Donde X_{ijn} es cada variable dependiente, μ es la media total, T_i es el factor tiempo, L_j es el factor localidad, y TxL_{ij} es la interacción entre ambos factores. $\text{Residual}_{n(ij)}$ es el término que recoge la variabilidad entre las muestras.

Cuando el ANOVA dio resultados significativos se empleó el test de comparación múltiple SNK (Student-Newman-Keuls), con el fin de determinar las diferencias específicas entre las localidades. Todos los cálculos fueron realizados con el programa estadístico GMAV.5 (Universidad de Sydney; Underwood, 1997), empleando un nivel de significación mínimo de $p < 0.05$.

Para realizar el análisis multivariante de los datos se empleó el paquete estadístico PRIMER 5.2.8 (Clarke y Warwick, 1994). Para ello se creó una matriz de datos en la que venían representados los distintos parámetros junto con las localidades a analizar. A partir de estos datos se calculó una matriz de similitud entre cada par de muestras, basada en el cálculo de la distancia Euclídea normalizada, ya que se emplearon descriptores medidos en unidades distintas.

Con la matriz de similitud se pudo realizar un *cluster*, que representa mediante un dendrograma a todas las localidades agrupadas según la similitud de sus valores obtenidos para cada descriptor. También con la matriz de similitud se pudo realizar un MDS (Técnica de Escalamiento Multidimensional), que consiste en una representación gráfica bidimensional del *cluster*.

Para clasificar las localidades de *Posidonia oceanica* muestreadas se aplicó la metodología empleada para la Directiva Marco del Agua en la Comunidad Valenciana (Fernández-Torquemada et al., 2008). Dicha metodología emplea el índice Valencian CS obtenido a partir de un Análisis de los Componentes Principales (ACP) de varios descriptores de *Posidonia oceanica* (cobertura, recubrimiento de mata muerta, densidad, porcentaje de haces plagiotropos,

descalzamiento, superficie foliar, carga de epífitos, marcas de herbivorismo y manchas de necrosis).

Las condiciones de referencia empleadas en dicho ACP se crearon de forma virtual, ya que varían a nivel sub-ecoregional (MedGIG, 2007) y no se dispone de ninguna localidad prístina, sin ningún tipo de impacto o alteración. Para ello se considera que un sitio con un estado ecológico óptimo debe presentar los mejores valores de los descriptores analizados (que serán el valor máximo o mínimo dependiendo de la naturaleza del descriptor (por ejemplo: sería mínimo para el porcentaje de mata muerta o de necrosis foliar; y máximo, para la densidad o superficie foliar). Del mismo modo se ha elaborado una hipotética localidad de peor calidad ecológica. Ambas localidades se han incluido a la hora de realizar los análisis de los componentes principales (ACP).

A partir de los resultados obtenidos en el ACP se calculó el *Ecological Quality Ratio* (EQR), que establece la Directiva Marco del Agua, según la siguiente expresión:

$$EQR \text{ (localidad } i) = [Eje \text{ I (peor)} - Eje \text{ I (local. } i)] / [Eje \text{ I (peor)} - Eje \text{ I (referencia)}]$$

En cuanto al rango de valores de EQR que se ha asignado a cada categoría de calidad de la DMA, este se construyó a partir del consenso alcanzado en reuniones del MedGIG (MedGIG, 2007).

Los datos obtenidos sobre densidad de equinodermos se analizaron estadísticamente del mismo modo que los relativos a la pradera de *Posidonia oceanica*.

Parámetro	Representación grafica	Prueba estadística
Descriptores de <i>P. oceanica</i>	Histogramas, MDS, CLUSTER	ANOVA
Densidad de equinodermos	Histogramas	ANOVA

Tabla 2.10. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.

3. RESULTADOS

3.1.- Régimen de funcionamiento de las desalinizadoras.

En los informes trimestrales que se acompañan como anexos al presente informe se incluye el régimen de funcionamiento de las desalinizadoras durante el año 2020 (anexos 3, 4, 5, 6).

3.2.- Vigilancia estructural y resultados de los sensores conectados a las boyas.

3.2.1.- Vigilancia estructural¹

Nota¹: Extracto del informe de vigilancia estructural, el informe completo se adjunta al presente informe.

Los resultados obtenidos del análisis de las filmaciones submarinas muestran un estado aparentemente correcto del emisario submarino de las desaladoras de San Pedro del Pinatar que no ha sido afectado por el temporal Gloria que se produjo a principios de 2020. Sin embargo, el estado de las estructuras de protección de las mantas hormigonadas está muy deteriorado en algunas secciones del emisario submarino. No se detectan fugas en la pieza de reparación del carrete metálico del tramo n.º 4, así como en las uniones embridadas entre los tramos identificados.

El estado general desde el tramo de la pieza difusora hasta el tramo n.º 6 es aparentemente correcto, aunque presentando algunos lastres en “U” de protección holguras grandes sin retacado en mal estado y/o tumbados respecto a la conducción principal. Desde el tramo n.º 6 se identifican numerosas piezas de protección de mantas hormigonadas muy deterioradas, presentando fisuras longitudinales o están rotas.

Los principales aspectos estructurales en mal estado identificados en la revisión del presente informe se pueden resumir en:

- El estado estructural de numerosas mantas de protección de doble pared inyectadas con microhormigón presentan un alto grado de deterioro desde el tramo n.º 7 hasta el tramo n.º 10 con aparición de grietas y/o roturas de las mantas hormigonadas, que en algunos casos se han perdido o se encuentran restos en la franja artificial por donde avanza la conducción principal, perdiendo su funcionalidad como elemento de protección frente a elementos de agresión externos.
- Se han identificado numerosos lastres de protección en “U” principalmente en los tramos n.º 1 - 4, presentando holguras de gran tamaño entre la conducción principal y los lastres en los cuales no se han realizado ninguna acción de retacado, perdiendo su funcionalidad de protección respecto al emisario submarino.
- Se han identificado algunos lastres de protección tumbados sobre el lomo de la tubería principalmente entre los tramos n.º 3 – 6. Estos lastres han perdido su funcionalidad de protección sobre la conducción principal, y se encuentran girados en algunos casos en dirección hacia el sur, norte o en dirección a costa sobre el emisario. Además, en algunos casos estos lastres tumbados presentan holguras de gran tamaño, presentando un estado deteriorado.
- Se han identificado algunos lastres de protección con labores de retacado parcial con sacos de mortero principalmente entre los tramos n.º 6 – 10. Los lastres de protección podrían haber perdido sus sacos por agresiones externas desde su última acción de retacado, o podrían haberse realizado labores de retacado incompletas.

La pérdida de funcionalidad de las mantas hormigonadas deterioradas puede verse compensada por el enterramiento parcial del emisario en la parte más próxima a la costa. Se podrían llevar a cabo actuaciones de retacado en numerosos en lastres de protección en “U” que presentan holguras de gran tamaño y/o están tumbados sobre el lomo de la conducción principal, ya que estos han perdido su funcionalidad, aunque esta actuación no se considera urgente.

3.2.2 Resultados de los sensores conectados a las boyas.

Los valores de salinidad registrados por las boyas este y oeste situadas en el curso del emisario se indican en las figuras 3.1 y 3.2. Se han producido interrupciones en la recogida de datos de la boya este durante las necesarias operaciones de mantenimiento de la misma desde el mes de marzo hasta julio. Por otro lado, la boya oeste sólo estuvo operativa los meses de julio a noviembre. Durante los periodos en los que se han registrado datos, los valores de salinidad son normales sin detectarse una influencia del vertido.

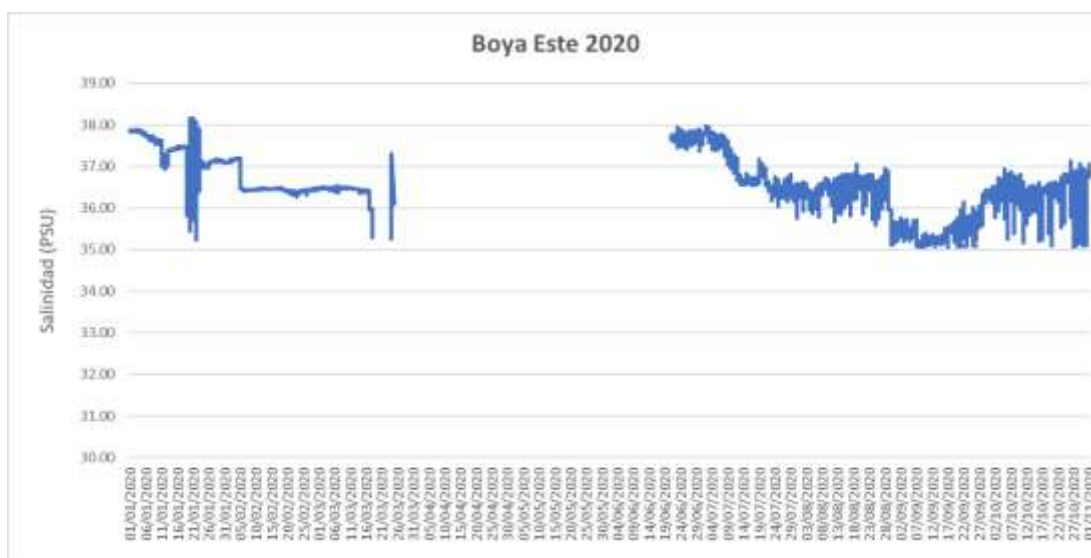


Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya este en 2020.



Figura 3.2. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya oeste en 2020.

3.3.- Control del efluente.

Los valores de caudal, salinidad, temperatura y análisis mensuales se han incluido en los informes trimestrales (ver anexos).

3.4.- Control de las aguas receptoras.

Los resultados del control de la salinidad en el límite inferior de la pradera de *Posidonia oceanica* se han incluido también en los informes trimestrales (ver anexos 3, 4, 5 y 6). En ningún caso se han detectado valores de salinidad que puedan ser atribuibles al vertido, lo que resulta lógico debido a la mayor densidad del vertido y a la diferencia de profundidades entre el límite inferior de la pradera y la salida del emisario.

Los análisis de las aguas receptoras se resumen en las tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4.

Agosto 2020

SUPERFICIE	SP1S	SP2S	SP3S	SP4S	SP5S	SP6S	SP7S	SP8S	SP9S	SP10S	SP11S	SP12S
Distancia al vertido	500 m	1000 m	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	VERTIDO	COSTA	COSTA	COSTA
X (UTM)	702183	702683	701683	701683	701183	700683	701683	701683	701683	697228	697323	697415
Y (UTM)	4189682	4189682	4189182	4188682	4189682	4189682	4190182	4190682	4189682	4191354	4190854	4190362
Fecha	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020
Hora	10:10	10:41	11:10	11:23	11:44	11:55	12:09	12:28	12:48	13:07	13:17	13:25
Clorofila a (µg/L)	1,2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,0	< 1	1,4	< 1
Clorofila b (µg/L)	2,1	1,2	1,4	< 1	1,3	1,3	< 1	1,1	1,5	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	6,7	3,6	4,3	< 1	3,5	4,2	2,7	2,6	3,4	1,6	6,7	2,4
Turbidez (NTU)	2,9	1,80	1,52	2,12	2,86	2,42	1,75	1,6	2,0	3,44	4,90	0,50
Sólidos suspensión (mg/L)	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	4	< 1
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	0,3	< 0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	< 30	< 30	35	< 30	35	39	42	< 30	30	30	39	70
Hierro (µg/L)	8,1	8,7	9,7	5,7	16	16	27	7,3	8,1	71	28	43
Níquel (µg/L)	< 0,7	< 1,3	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 1,3	< 1,3	< 1,3	< 1,3	1,4	1,8
Cobre (µg/L)	7,0	7,1	4,0	2,6	2,9	2,3	2,6	4,8	2,7	2,3	3,2	6,3
Salinidad (‰)	36.90	36.91	36.97	36.97	36.97	36.98	36.95	36.95	36.95	37.08	37.03	37.00
Densidad (g/cm3)	26.25	26.24	26.26	26.26	26.26	26.28	26.26	26.28	26.28	26.31	26.31	26.27
pH (U. pH.)	8.13	8.16	8.18	8.17	8.17	8.16	8.15	8.15	8.15	8.14	8.15	8.18
Oxígeno disuelto (‰/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	19.11	19.19	19.30	19.31	19.29	19.32	19.24	19.22	19.23	19.39	19.33	19.43
Transparencia (m.)	16.5	15.5	18.5	18	16	12.5	15	15.5	16.5	FONDO	FONDO	FONDO
Profundidad (m.)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

FONDO	SP1F	SP2F	SP3F	SP4F	SP5F	SP6F	SP7F	SP8F	SP9F	SP10F	SP11F	SP12F
Distancia al vertido	500 m	1000 m	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	VERTIDO	COSTA	COSTA	COSTA
X (UTM)	702183	702683	701683	701683	701183	700683	701683	701683	701683	697228	697323	697415
Y (UTM)	4189682	4189682	4189182	4188682	4189682	4189682	4190182	4190682	4189682	4191354	4190854	4190362
Fecha	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020	14/08/2020
Hora	10:10	10:41	11:10	11:23	11:44	11:55	12:09	12:28	12:48	13:07	13:17	13:25
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	1,3	1,1	1,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	2,0	1,4	1,7	< 1	1,1	< 1	1,1	1,5	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	2,4	< 1	6,2	3,5	4,8	2,6	3,3	2,1	3,9	4,3	2,5	2,0
Turbidez (NTU)	4,12	5,23	6,22	4,23	2,15	4,0	6,22	7,83	4,14	8,40	5,2	8,23
Sólidos suspensión (mg/L)	3	3	5	3	4	3	5	9,3	3	7	3	6
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	0,2	0,1	0,1	0,5	0,1	0,6	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	< 0,1
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,10	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	51	50	50	73	34	47	36	168	77	59	< 30	< 30
Hierro (µg/L)	138	196	86	40	78	141	196	434	402	115	38	4,4
Níquel (µg/L)	2,1	2,8	1,7	2,1	1,3	2,4	1,7	4,4	2,6	1,9	< 0,7	< 1,3
Cobre (µg/L)	4,8	7,5	7,0	3,4	< 2,3	< 1	< 2,3	8,2	5,2	3,4	< 2,3	< 2,3
Salinidad (‰)	37.39	37.47	37.39	37.27	37.33	37.23	37.53	37.38	38.18	37.06	37.03	36.99
Densidad (g/cm3)	26.94	26.78	26.20	26.63	26.76	26.54	26.35	26.91	27.28	26.34	26.23	26.28
pH (U. pH.)	8.19	8.2	8.2	8.21	8.2	8.19	8.2	8.17	8.19	8.2	8.17	8.20
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	18.36	17.61	18.82	19.15	18.87	19.40	18.38	18.19	18.69	19.39	19.32	19.42
Profundidad (m.)	32,70	37,20	32,00	32,23	31,68	28,79	34,29	31,10	33,38	2,61	3,12	2,80

Noviembre 2020

SUPERFICIE	SP1S	SP2S	SP3S	SP4S	SP5S	SP6S	SP7S	SP8S	SP9S	SP10S	SP11S	SP12S
Distancia al vertido	500 m	1000 m	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	VERTIDO	COSTA	COSTA	COSTA
X (UTM)	702183	702683	701683	701683	701183	700683	701683	701683	701683	697228	697323	697415
Y (UTM)	4189682	4189682	4189182	4188682	4189682	4189682	4190182	4190682	4189682	4191354	4190854	4190362
Fecha	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020
Hora	9:26	9:37	9:54	10:05	10:20	10:36	10:53	11:12	11:28	11:53	12:03	12:13
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	1,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	1,8	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	1,3	< 1	3,0	5,9	1,2	2,2	< 1	< 1	2,5	< 1	3,0	1,0
Turbidez (NTU)	1,0	1,20	1,20	1,41	1,10	1,62	1,85	1,6	2,0	1,88	1,45	1,4
Sólidos suspensión (mg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	642	61	77	27	58	273	45	106	92	68	40	54
Hierro (µg/L)	100	178	121	68	209	114	122	174	53	109	135	102
Níquel (µg/L)	4,7	2,1	< 1,6	15	19	17	20	30	5,6	9,0	21	26
Cobre (µg/L)	8,7	26	13	6,9	32	36	12	27	12	10	26	23
Salinidad (‰)	36.904	36.914	36.969	36.973	36.967	36.98	36.953	36.947	36.947	37.076	37.03	36.999
Densidad (g/cm3)	26.250	26.236	26.262	26.264	26.262	26.276	26.263	26.279	26.277	26.309	26.306	26.265
pH (U. pH.)	8.1	8.11	8.18	8.11	8.11	8.21	8.09	8.12	8.21	8.13	8.21	8.15
Oxígeno disuelto (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	19.106	19.193	19.297	19.305	19.287	19.317	19.237	19.222	19.229	19.39	19.326	19.431
Transparencia (m.)	14	14	13.5	15	12	11.5	10.5	10.5	15.5	FONDO	FONDO	FONDO
Profundidad (m.)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

FONDO	SP1F	SP2F	SP3F	SP4F	SP5F	SP6F	SP7F	SP8F	SP9F	SP10F	SP11F	SP12F
Distancia al vertido	500 m	1000 m	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	VERTIDO	COSTA	COSTA	COSTA
X (UTM)	702183	702683	701683	701683	701183	700683	701683	701683	701683	697228	697323	697415
Y (UTM)	4189682	4189682	4189182	4188682	4189682	4189682	4190182	4190682	4189682	4191354	4190854	4190362
Fecha	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020
Hora	9:26	9:37	9:54	10:05	10:20	10:36	10:53	11:12	11:28	11:53	12:03	12:13
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	1,2	< 1	< 1	< 1	1,2	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	1,5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,0
Clorofila c (µg/L)	2,6	2,8	2,2	4,7	2,5	< 1	2,2	3,0	1,6	< 1	2,0	3,2
Turbidez (NTU)	3,87	1,23	5,21	3,10	7,20	16	4,55	1,32	4,18	1,10	9,82	2,20
Sólidos en suspensión (mg/L)	2	< 1	4	2	5,0	16	3	< 1	3	< 1	8	1
Amonio (mg/L)	0,05	< 0,05	0,08	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitritos (mg/L)	0,04	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,10	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	187	46	228	60	277	51	62	186	978	55	67	267
Hierro (µg/L)	300	317	169	380	928	360	340	400	281	157	62	140
Níquel (µg/L)	6,7	20	14	20	11	12	5,3	7,8	8,8	7,5	6,1	9,9
Cobre (µg/L)	25	37	50	31	42	34	17	42	43	29	15	76
Salinidad (‰)	37.385	37.474	37.388	37.327	37.327	37.226	37.529	37.38	38.179	37.056	37.017	36.99
Densidad (g/cm3)	26.940	26.778	26.200	26.582	26.764	26.493	26.353	26.912	27.282	26.339	26.334	26.279
pH (U. pH.)	8.09	8.12	8.3	8.1	8.08	8.37	8.09	8.08	8.15	8.13	8.23	8.15
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	18.364	17.61	18.82	18.971	18.869	19.398	18.375	18.188	18.687	19.392	19.347	19.415
Profundidad (m.)	32,7	37,2	32,0	32,2	31,7	28,8	34,3	31,1	33,4	2,6	3,1	2,8

Tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 (páginas anteriores). Valores de los análisis de control de las aguas receptoras en las campañas del 2020 en superficie y en profundidad.

Los perfiles verticales de salinidad, temperatura y densidad obtenidos en cada campaña se presentan en el anexo digital 1 de este informe.

3.5.- Control de sedimentos y organismos.

3.5.1.- Sedimentología durante el año 2020.

Granulometría

El análisis de la granulometría según la clasificación de Wentworth, muestra heterogeneidad en el sedimento de la zona de muestreo (Tabla 3.5, Figura 3.3). En el transecto situado al norte del vertido en las estaciones N1, N2 y N3 el sedimento está dominado por lutitas con un porcentaje superior al 70% en todos los muestreos. La estación N4 presenta un mayor porcentaje de arenas, fundamentalmente finas y medias.

En el transecto correspondiente al vertido, en la estación V1 se observa un sedimento compuesto principalmente por lutitas y arenas finas. En la estación del vertido, V2, dominaron las arenas finas en verano y lutitas en otoño. El sedimento de la estación V3 está compuesto por las distintas fracciones granulométricas en porcentajes similares, con un incremento de las fracciones arenosas durante otoño. Mientras que en V4 el sedimento se compone principalmente de lutitas en otoño, con un incremento de gravas y arenas medias durante la campaña de verano.

		Gravas	Arenas gruesas	Arenas medias	Arenas finas	Lutitas
N1	Verano	0.58	2.79	4.27	18.58	73.79
	Otoño	0.06	0.69	1.38	10.21	87.57
N2	Verano	0.19	0.69	1.41	14.72	82.98
	Otoño	0.00	0.41	0.66	11.85	87.08
N3	Verano	0.34	2.37	3.72	10.55	82.68
	Otoño	0.44	2.11	6.92	12.97	76.48
N4	Verano	1.44	12.25	38.23	40.65	7.43
	Otoño	5.70	31.65	20.55	12.67	26.00
V1	Verano	1.21	4.38	4.20	16.85	70.17
	Otoño	1.52	5.89	4.24	25.43	62.93
V2	Verano	1.91	7.19	6.79	75.04	9.07
	Otoño	1.19	3.19	3.11	35.23	57.28
V3	Verano	25.07	20.43	15.95	11.30	27.26
	Otoño	24.46	29.74	28.81	11.43	5.55
V4	Verano	18.53	31.04	11.08	10.42	28.93
	Otoño	2.13	10.46	5.00	11.38	71.03

Tabla 3.5. Porcentaje de las clasificaciones granulométricas en cada estación.

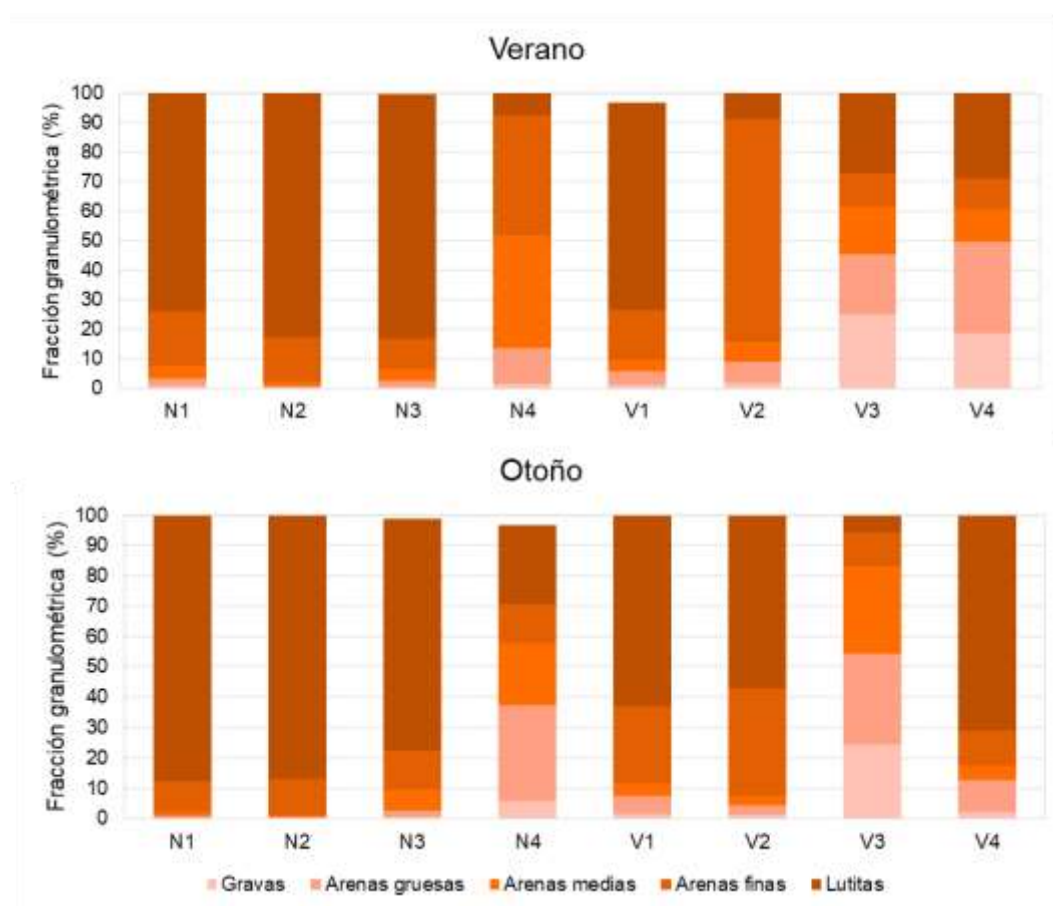


Figura 3.3. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada campaña del 2020.

En el diagrama triangular (Figura 3.4) se puede observar cómo las estaciones N1, N2 y N3 se clasifican como fango; excepto durante primavera que N3 se

clasifica como lutita arenosa. La estación N4 se clasifica como arena, excepto en verano que se clasifica como arena fangosa. V1 se clasifica como fango arenoso tanto en verano como en otoño. La estación del vertido, V2, se clasifica como arenoso (formado principalmente por arenas finas) durante la época estival, mientras que en otoño la fracción de lutitas es la dominante. La estación V3 se clasifica como arenosa en ambos periodos, aunque con menor porcentaje de fango durante el otoño. V4 también se clasificó como sedimento arenoso durante el verano, y sin embargo su composición en otoño corresponde a fango arenoso.

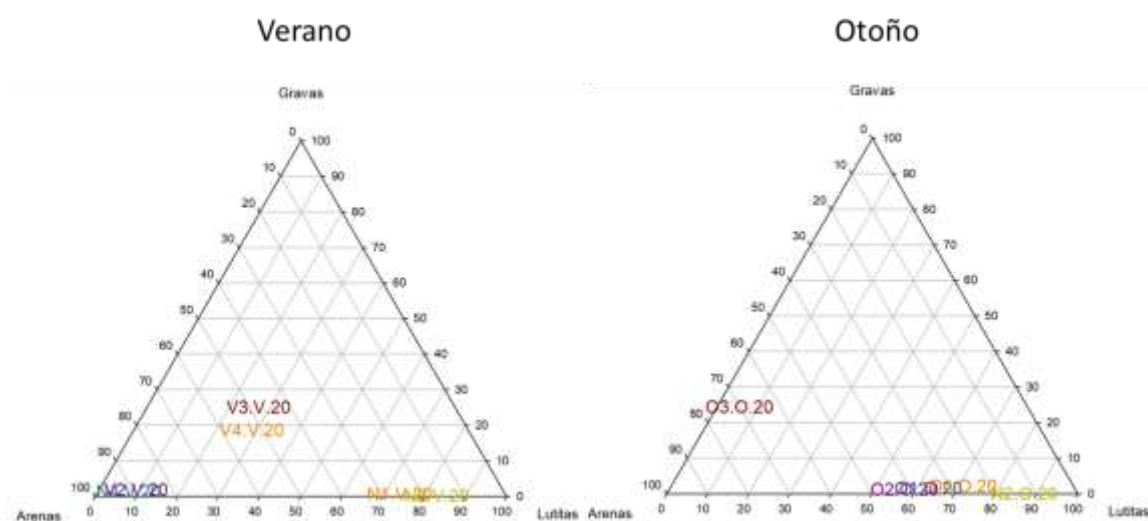


Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2020.

Otras características de los sedimentos.

El menor porcentaje de materia orgánica se obtiene en la estación V3 durante la campaña de otoño (1.5 %). De manera general fue en las estaciones N1, N2 y N3 donde se obtuvieron valores de materia orgánica más altos, junto con la estación V4, siendo el valor más elevado el registrado en la estación N3 en otoño, (Tabla 3.6, figura 3.5).

Los valores de pH oscilan entre 7.1 y 8.17, correspondiendo el valor más bajo a la estación N3 durante el otoño; y el valor más alto a N4 durante la misma campaña (Tabla 3.6, figura 3.6).

El valor más alto de potencial redox (Tabla 3.6, Figura 3.7) se obtiene en otoño en la estación V3 (+69), mientras que el valor más reducido se obtiene también en primavera en la estación V1 (-276) durante la campaña de verano.

		N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
% M.O.	Verano	4.01	5.06	5.01	1.44	4.50	3.37	2.69	4.72
	Otoño	4.35	5.78	6.52	2.82	2.86	3.83	1.50	4.51
pH	Verano	7.27	7.36	7.39	7.54	7.73	8.14	7.35	7.84
	Otoño	7.82	7.8	7.1	8.17	8.06	7.71	7.67	7.51
RedOx	Verano	-203	-189	-148	-32	-276	-55	-186	-185
	Otoño	-208	-199	-271	-157	-197	-199	69	-228

Tabla 3.6. Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial RedOx en cada estación para cada campaña del 2020.

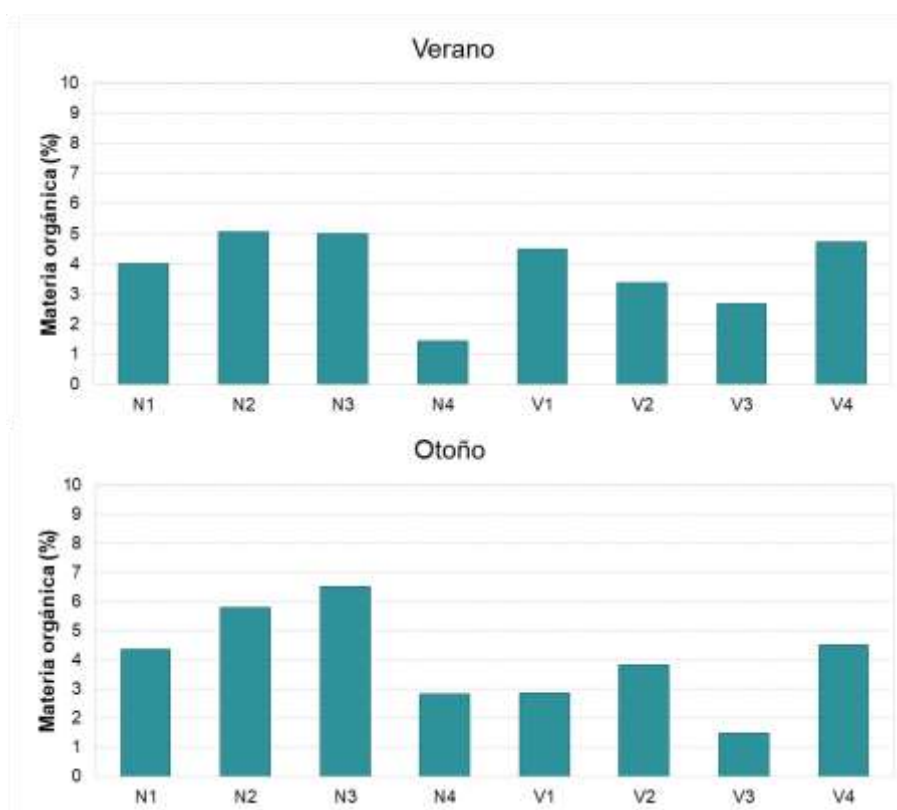


Figura 3.5. Representación del porcentaje medio de materia orgánica para cada estación y campaña de muestreo del 2020.

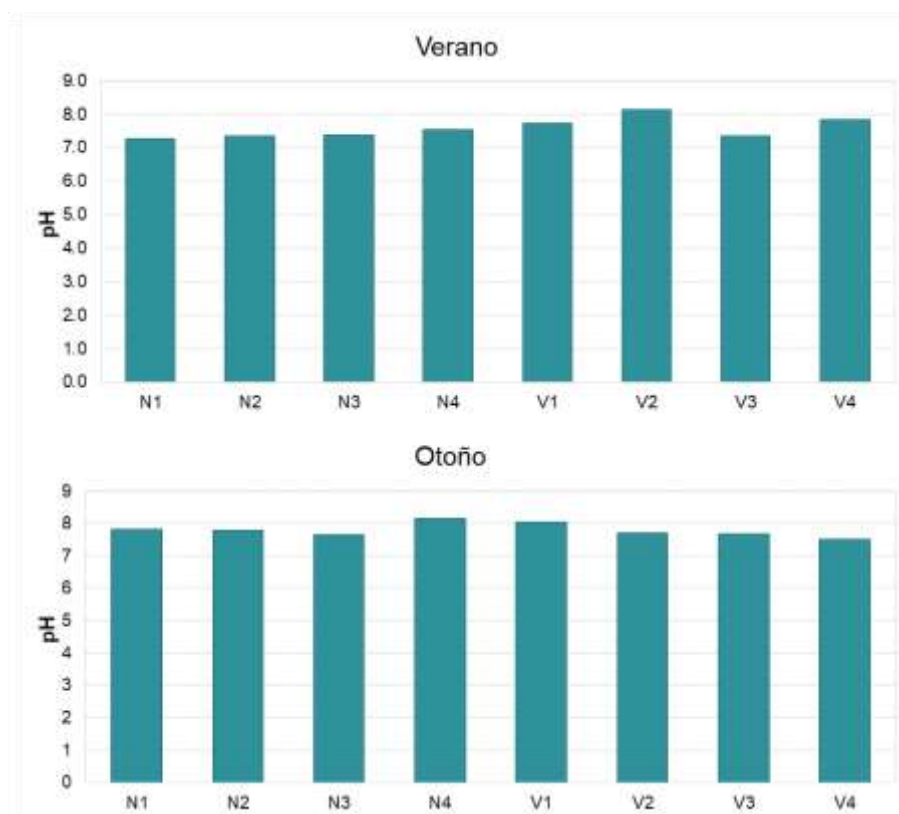


Figura 3.6. Representación del pH tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2020.

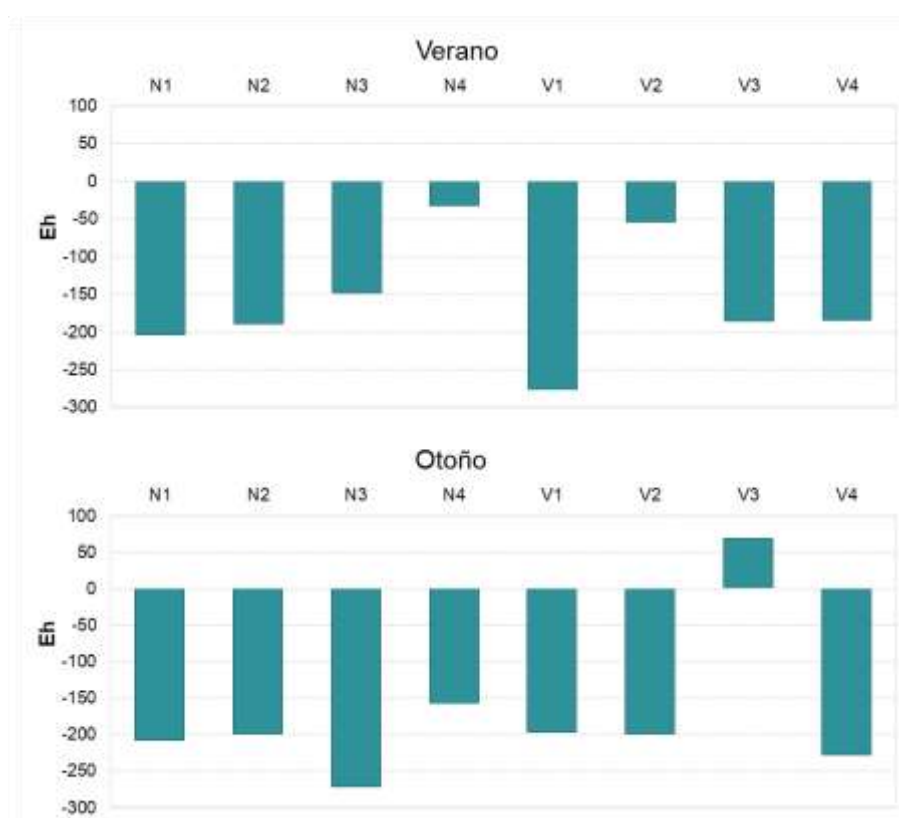


Figura 3.7. Representación del potencial redox tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2020.

Las muestras presentaron un contenido en Níquel entre 1.6 ppm y 11.3 ppm, en Hierro entre 0.4 % y 1.2 %, en Cromo entre 7.1 ppm y 28.3 ppm, en Zinc entre 4.7 ppm y 45.4 ppm y en Cobre entre un 1.3 ppm y 5.3 ppm. Destaca la estación N4 con la mayoría de valores máximos de cada contaminante, especialmente durante el muestreo de otoño. Las siguientes estaciones con niveles más altos fueron N3, V2 y V4 (Tabla 3.7).

Muestra	Ni (ppm)	Fe (%)	Cromo (ppm)	Zinc (ppm)	Cobre (ppm)
N1.V.20	7.8	0.9	14.5	13.9	4.5
N2.V.20	5.9	0.7	18.6	8.2	3.1
N3.V.20	7.6	0.9	21.0	19.2	3.9
N4.V.20	8.0	0.9	24.0	35.9	4.1
V1.V.20	6.1	0.7	13.5	14.9	3.9
V2.V.20	7.2	0.6	16.6	18.9	3.9
V3.V.20	6.5	0.8	16.6	13.6	3.9
V4.V.20	8.6	0.8	21.4	20.6	4.6
N1.O.20	4.9	0.7	12.4	10.3	3.3
N2.O.20	2.0	0.3	11.2	4.7	1.4
N3.O.20	4.7	0.8	15.8	15.8	2.7
N4.O.20	11.3	1.2	28.3	45.4	5.3
V1.O.20	3.4	0.5	10.3	10.7	2.6
V2.O.20	7.2	0.7	16.1	19.5	3.9
V3.O.20	1.6	0.4	7.1	7.9	1.3
V4.O.20	5.3	0.6	16.9	16.1	3.3

Tabla 3.7. Valores de Níquel, Hierro, Cromo, Zinc y Cobre en los sedimentos.

3.5.2.- Fauna general en la campaña de verano de 2020.

Se han obtenido un total 4731 individuos clasificados en 23 grupos taxonómicos diferentes, entre los cuales dominan la clase Polychaeta con 2222 individuos (64.48%); seguida por el orden Amphipoda con 1292 individuos (37.49%), la clase Bivalvia con 435 individuos (12.62%). Estos grupos están presentes en las ocho estaciones muestreadas (Tabla 3.8).5

	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Hidrozoa	0	0	0	0	0	0	0	0
Anthozoa	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Nemertino	0.00	50.00	0.00	8.33	41.67	0.00	0.00	0.00
Nematoda	200.00	341.67	33.33	466.67	75.00	8.33	141.67	50.00
Annelida	2750.00	1733.33	2266.67	2825.00	3233.33	2491.67	1550.00	1666.67
Platelminta	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Sipuncula	66.67	8.33	33.33	158.33	41.67	75.00	33.33	75.00
Ostracoda	0.00	8.33	8.33	33.33	8.33	41.67	8.33	0.00
Copepoda	0.00	0.00	0.00	16.67	66.67	16.67	25.00	16.67
Leptostraca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	691.67	241.67	200.00	191.67	266.67	175.00	0.00	41.67
Mysidacea	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	8.33	0.00
Tanaidacea	33.33	75.00	16.67	41.67	8.33	41.67	33.33	0.00
Isopoda	308.33	175.00	33.33	41.67	133.33	91.67	16.67	0.00
Stomatopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	3200.00	2600.00	1125.00	1191.67	1250.00	950.00	258.33	191.67
Decapoda	8.33	16.67	33.33	41.67	50.00	33.33	0.00	0.00
Pycnogonida	8.33	8.33	8.33	0.00	16.67	16.67	0.00	0.00
Gastropoda	33.33	91.67	16.67	83.33	0.00	25.00	0.00	0.00
Bivalvia	833.33	400.00	66.67	1083.33	291.67	225.00	358.33	366.67
Asteroidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ophiuroidea	233.33	158.33	125.00	100.00	66.67	33.33	66.67	66.67
Echinoidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.67	0.00
Holothurioidea	16.67	0.00	0.00	0.00	25.00	8.33	8.33	8.33
Phoronis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cephalochordata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 3.8. Abundancias medias (nº ind/m²) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación.

Análisis univariante

Se realizó un análisis univariante para la abundancia de la fauna, la riqueza de taxones y el índice BOPA.

Por lo que se refiere a la abundancia, se detectan diferencias significativas tanto en el factor distancia como entre transecto ($p < 0.05$). Esto se debe al incremento de la abundancia en estaciones más cercanas a la línea de costa, especialmente entre el transecto 1, que muestra valores significativamente superiores a los de las distancias 3 y 4 para ambos transectos. A su vez, el transecto norte presenta abundancias significativamente superiores al transecto vertido.

El mayor valor de abundancia media (Figura 3.8) se encuentra en la estación en N1.V.20 (8383.33 ind/m²). Mientras que el valor más bajo de abundancia media se obtiene en la estación N4.V.20 (2483.33 ind/m²).

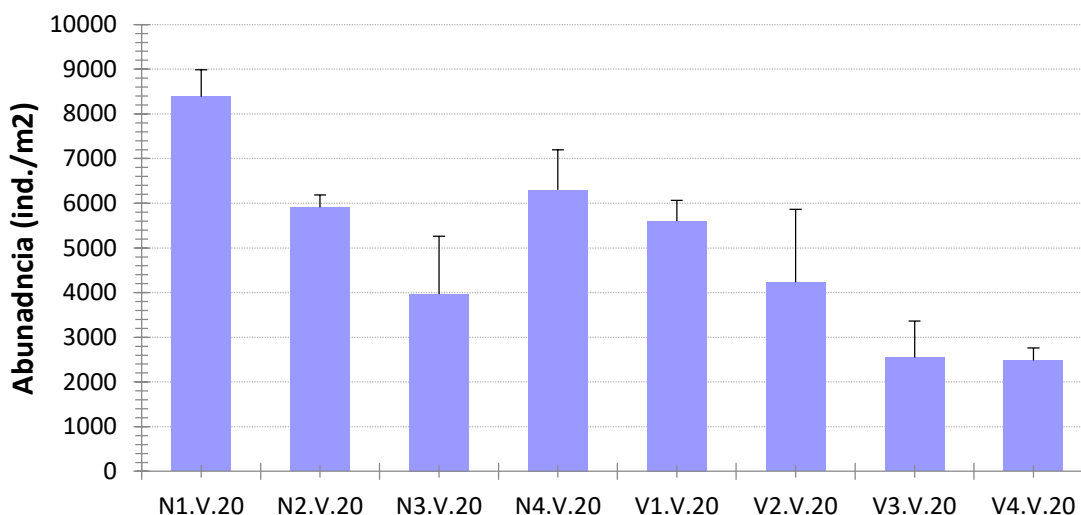


Figura 3.8. Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en verano de 2020.

En el caso de la riqueza taxonómica no se detectan diferencias significativas para ninguno de los factores analizados. Sin embargo, puede observarse como

en el transecto vertido la riqueza disminuye con la profundidad mientras que en el norte la tendencia parece opuesta.

Los valores más altos de riqueza se encuentran en las estaciones N4.V.20 y V1.V.20 (12.33 taxones), mientras que los menores valores se registran en la estación del N1.V.20 V4.V.20 (6.33 taxones) (Figura 3.9).

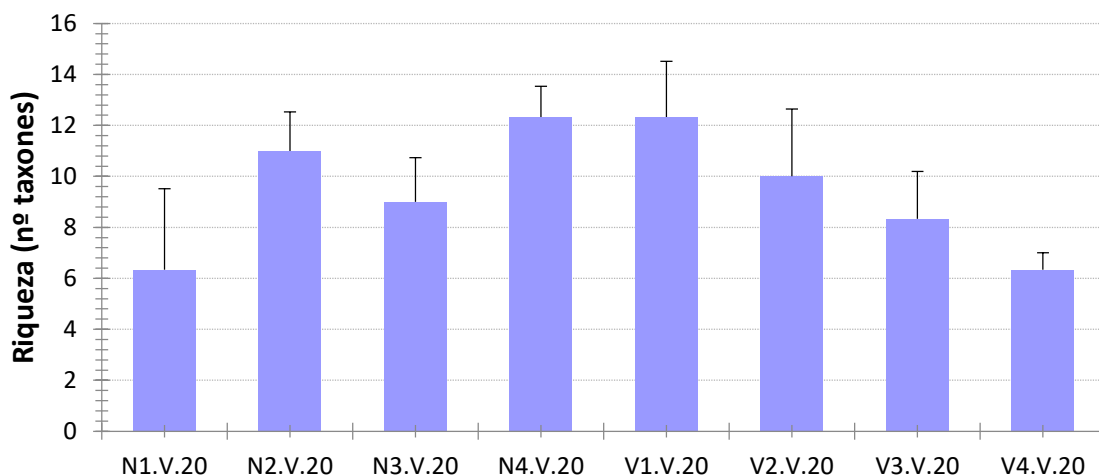


Figura 3.9. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en verano de 2020.

Por lo que se refiere al índice BOPA todas las estaciones obtienen valores correspondientes a un estado de calidad bueno. Los resultados del ANOVA indican que no existen diferencias significativas para ninguno de los dos factores estudiados ni para su interacción. Los valores obtenidos en las estaciones N3, V1 y V2 fueron menores a los obtenidos en el resto de las estaciones, aunque siempre por encima del límite Bueno/Moderado. N2 alcanzó el mejor valor del transecto norte y V3 en el transecto vertido, y del total de estaciones (Figura 3.10)

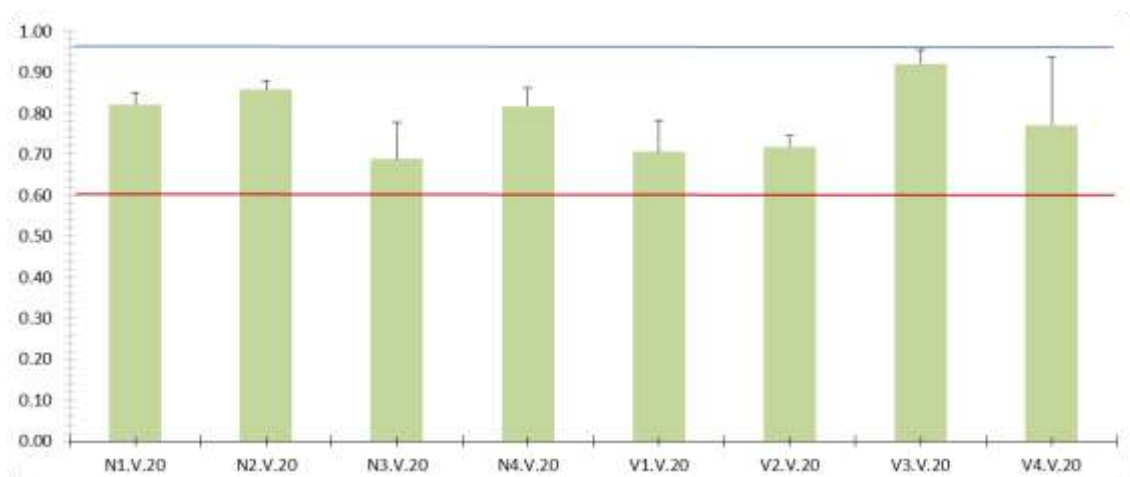


Figura 3.10. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en verano de 2020. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015).

Análisis multivariante

El dendrograma de similitud (Figura 3.11) muestra como las estaciones forman tres grupos diferenciados. El grupo 1 lo forman las estaciones N1 y N2, con una similitud entre ellas superior al 85%. N3, V1 y V2 forman el grupo II y las estaciones profundas N4, V3 y V4, el grupo III, todos con similitudes superiores al 75%.

En el gráfico bidimensional que representa el ordenamiento multiescalar (MDS, Figura 3.12) se puede observar la distribución de las estaciones en función de su similitud.

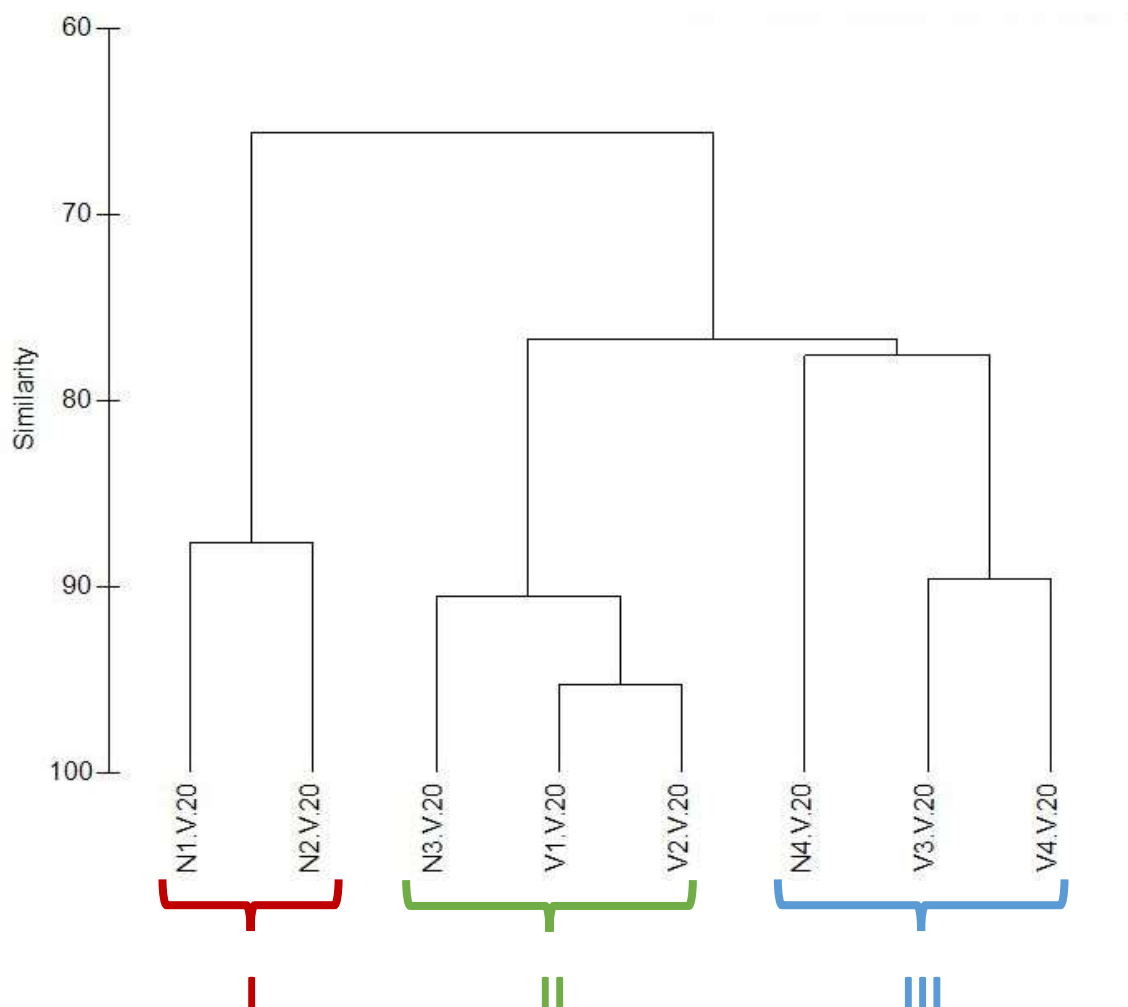


Figura 3.11. Representación del dendrograma respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.

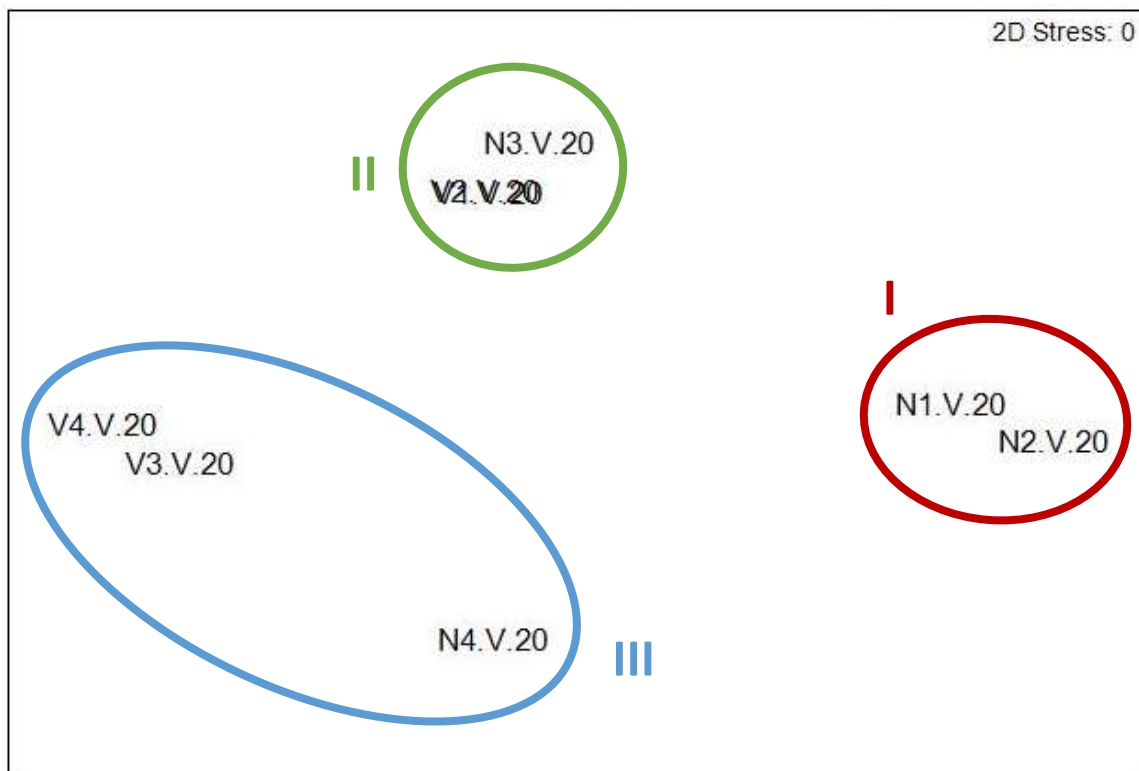


Figura 3.12. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.

Al aplicar el análisis de similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas para el factor transecto, con un nivel de significación del 8.6 % y un $R=0.34$; ni se observan diferencias dentro del factor distancia, siendo el nivel de significación de 17.3 %, con un $R=0.6$.

Se aplica el análisis multivariante SIMPER de porcentaje de similitud con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a la similitud dentro de cada uno de los grupos establecidos a partir del MDS, así como los que contribuyen a la disimilitud entre ellos. En la siguiente tabla aparecen los valores de similitud obtenidos mediante el análisis SIMPER entre las estaciones que forman los grupos establecidos. Para el grupo I los taxones que más contribuyen son los anfípodos seguidos de anélidos (poliquetos), bivalvos, cumáceos y nemátodos. En el caso de los grupos II y III, los poliquetos fueron el taxón de mayor relevancia seguido por anfípodos y cumáceos en el primer caso y por bivalvos y anfípodos en el segundo. (Tabla 3.9).

Grupo MDS	Grupo Taxon.	AM	PA
1			
SM: 78.37			
	Amphipoda	2900	46.43
	Annelida	2241.67	77.38
	Bivalvia	616.67	84.52
	Cumacea	466.67	88.84
	Nematoda	270.83	92.41
2			
SM: 84.59			
	Annelida	2663.89	60.43
	Amphipoda	1108.33	86.44
	Cumacea	213.89	91.17
3			
SM: 67.62			
	Annelida	2013.89	66.33
	Bivalvia	602.78	81.46
	Amphipoda	547.22	90.24

Tabla 3.9. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada transecto. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Al analizar la disimilitud entre los grupos, se observa como el grupo 1 se diferencia por presentar mayores abundancias de anfípodos, bivalvos, y cumáceos, isópodos y nemátodos y, por otro lado, abundancias intermedias de poliquetos. En el grupo II destaca la alta abundancia de poliquetos y valores intermedios anfípodos, nemátodos, cumáceos e isópodos. Por último, el grupo III se caracteriza por valores de bivalvos y nemátodos superiores a los del grupo II aunque inferiores al I y bajas abundancias de cumáceos y anfípodos (Tabla 3.10).

Se emplea el procedimiento RELATE para analizar la correlación de la comunidad con cada parámetro ambiental: profundidad, salinidad, granulometría, materia orgánica, pH y potencial RedOx. Se detectaron correlaciones significativas en las dos fracciones granulométricas superiores (Tabla 3.11).

Grupos MDS	Grupo Taxon.	AM 1	AM 2	PA
1/2				
DM: 33.14				
	Amphipoda	2900	1108.33	46.03
	Annelida	2241.67	2663.89	63.79
	Bivalvia	616.67	194.44	74.33
	Nematoda	270.83	38.89	80.61
	Cumacea	466.67	213.89	86.85
	Isopoda	241.67	86.11	90.78
1/3				
DM: 42.07				
	Amphipoda	2900	547.22	53.96
	Annelida	2241.67	2013.89	67.17
	Cumacea	466.67	77.78	75.64
	Bivalvia	616.67	602.78	82.3
	Isopoda	241.67	19.44	87.2
	Nematoda	270.83	219.44	91.4
2/3				
DM: 31.93				
	Annelida	2663.89	2013.89	34.29
	Amphipoda	1108.33	547.22	61.42
	Bivalvia	194.44	602.78	75.22
	Nematoda	38.89	219.44	81.31
	Cumacea	213.89	77.78	87.23
	Isopoda	86.11	19.44	89.89
	Sipuncula	50	88.89	91.55

Tabla 3.10. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. AM1: abundancia media en el grupo 1. AM2: Abundancia media en el grupo 2. AM3: Abundancia media en el grupo 3. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

Factores ambientales	Rho	P
Materia orgánica	-0.142	0.721
% Gravas	0.7	0.007
% A. gruesa	0.628	0.022
% A. media	0.23	0.13
% A. fina	-0.117	0.676
% Lutitas	0.032	0.371
pH	-0.187	0.83
Eh	-0.195	0.849
Salinidad	0.218	0.123
Factores totales	0.07	0.332

Tabla 3.11. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos. En negrita se señalan los que proporcionan un resultado significativo.

A partir de los resultados obtenidos en el RELATE, se representaron en las estaciones en un MDS según su similitud según la comunidad de infauna representando cada una de las variables ambientales que han demostrado influir de forma significativa en su composición. De esta forma se puede observar cómo el grupo I se caracteriza por poseer una fracción granulométrica con bajos porcentajes de gravas y arenas gruesas y medias. El grupo III por el contrario, se caracteriza por una importante fracción de gravas (a excepción de N4) y arenas gruesas y el grupo II muestra valores intermedios para ambas fracciones granulométricas. (Figuras 3.13, 3.14).

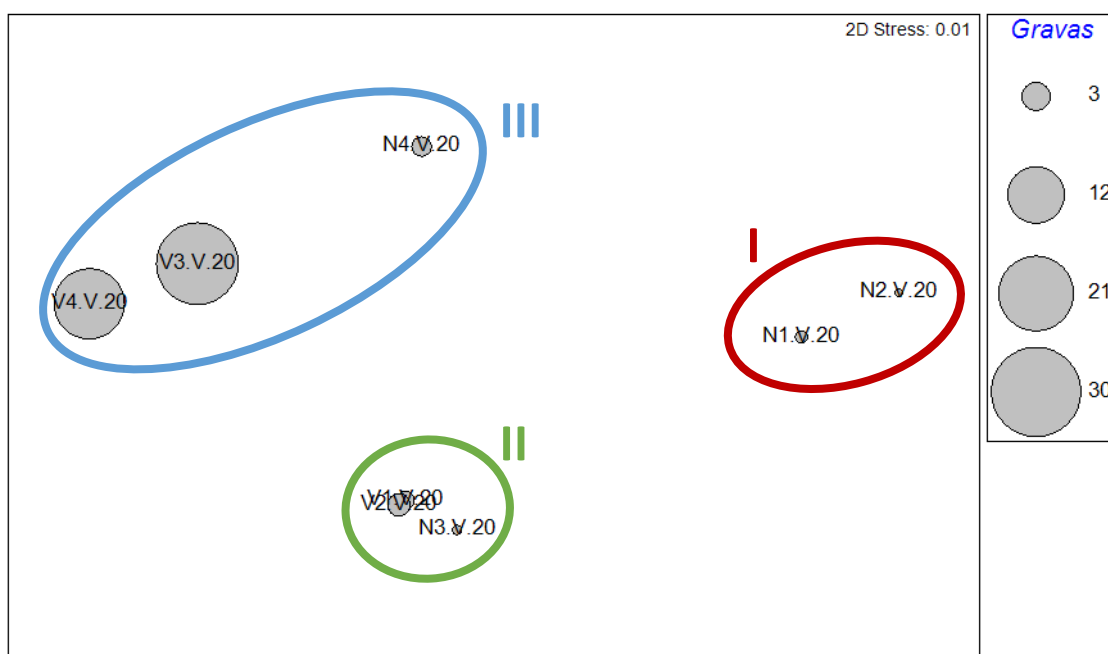


Figura 3.13. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de gravas.

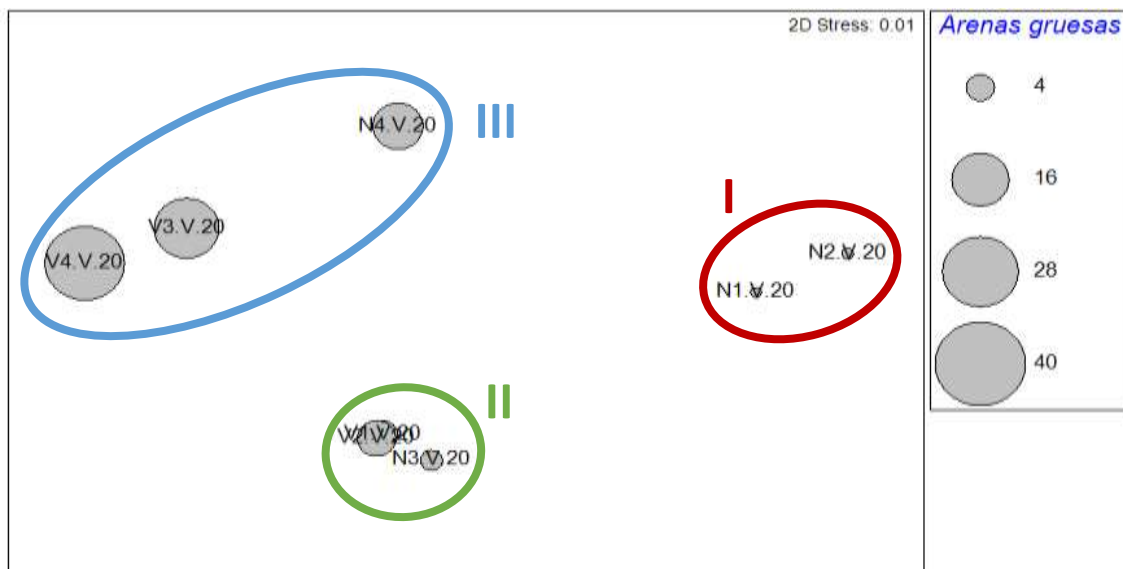


Figura 3.14. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas gruesas.

3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en verano de 2020.

Se han analizado un total de 2222 individuos pertenecientes a 35 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 593 individuos representando casi el 27% de todos los individuos analizados, seguido de las familias Syllidae, representando el 12.42 % (276 individuos), Capitellidae, con 232 individuos (10.44%), Cirratulidae, de las que se identificaron 180 individuos (8.1%); y por último, la familia Lumbrineridae; con 160 individuos (7.2%). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos del 5% del total analizado.

Las familias Capitellidae, Cirratulidae, Lumbrineridae, Maldanidae, Paralacydoniidae, Spionidae y Syllidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. Durante esta campaña de muestreo, las familias Ampharetidae, Cossuridae, Flabelligeridae, Glyceridae, Gonianidae, Hesionidae, Oeonidae, Opheliidae, Oweniidae, Pholidae, Phyllodocidae, Polynoidae, Sabellariidae, Scalibregmatidae, Serpulidae y Sigalionidae aparecen con abundancias inferiores al 1%, por lo que se

considerarían familias con un alto nivel de rareza en la zona de estudio (alrededor del 47% del total de las familias).

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Ampharetidae	39.51	32.92	13.17	13.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Capitellidae	250.21	171.19	335.80	98.77	263.37	316.05	32.92	59.26
Cirratulidae	151.44	118.52	144.86	289.71	131.69	243.62	13.17	92.18
Cossuridae	19.75	19.75	52.67	13.17	0.00	0.00	0.00	13.17
Dorvilleidae	0.00	0.00	0.00	52.67	79.01	13.17	39.51	19.75
Eunicidae	13.17	0.00	13.17	65.84	85.60	72.43	72.43	19.75
Flabelligeridae	32.92	6.58	0.00	13.17	0.00	6.58	0.00	0.00
Glyceridae	0.00	0.00	0.00	26.34	13.17	6.58	32.92	13.17
Gonianidae	6.58	6.58	6.58	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00
Hesionidae	13.17	6.58	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00
Lumbrineridae	138.27	230.45	250.21	118.52	52.67	105.35	151.44	6.58
Magelonidae	39.51	13.17	46.09	46.09	79.01	151.44	0.00	59.26
Maldanidae	13.17	32.92	32.92	59.26	72.43	39.51	26.34	26.34
Nephtyidae	52.67	59.26	6.58	0.00	79.01	39.51	0.00	0.00
Nereididae	0.00	6.58	19.75	6.58	13.17	6.58	79.01	32.92
Oeonidae	0.00	0.00	0.00	19.75	0.00	0.00	6.58	0.00
Onuphidae	6.58	0.00	6.58	46.09	6.58	85.60	177.78	65.84
Opheliidae	0.00	0.00	0.00	0.00	19.75	0.00	0.00	0.00
Oweniidae	6.58	0.00	6.58	6.58	6.58	26.34	46.09	39.51
Paralacydoniidae	52.67	32.92	52.67	26.34	72.43	72.43	6.58	6.58
Paraonidae	823.05	434.57	730.86	586.01	770.37	309.47	0.00	250.21
Pectinariidae	79.01	13.17	0.00	79.01	32.92	39.51	0.00	19.75
Pholidae	0.00	0.00	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00
Phyllodocidae	0.00	0.00	0.00	0.00	13.17	46.09	19.75	6.58
Pilargidae	0.00	0.00	13.17	65.84	26.34	26.34	52.67	32.92
Poecilochaetidae	52.67	111.93	0.00	6.58	125.10	105.35	0.00	0.00
Polynoidae	6.58	13.17	6.58	6.58	13.17	0.00	6.58	0.00
Sabellariidae	0.00	0.00	0.00	19.75	0.00	0.00	0.00	0.00
Sabellidae	164.61	6.58	0.00	46.09	65.84	19.75	125.10	46.09
Scalibregmatidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.58	0.00
Serpulidae	13.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sigalionidae	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spionidae	158.02	46.09	32.92	46.09	46.09	19.75	13.17	46.09
Syllidae	26.34	6.58	13.17	460.91	454.32	197.53	289.71	368.72

Tabla 3.12: Abundancias medias (n° ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

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 factores analizados.

Considerando los valores de **abundancia** no se detectan diferencias significativas para la interacción entre los dos factores analizados (transecto x distancia) ($p=0.3565$). Tampoco se detectan diferencias significativas para los dos factores estudiados (Transecto, $p=0.7173$; Distancia, $p=0.3387$). Aun así, se observa un descenso en las estaciones N2, V3 y V4 respecto al resto de las estaciones.

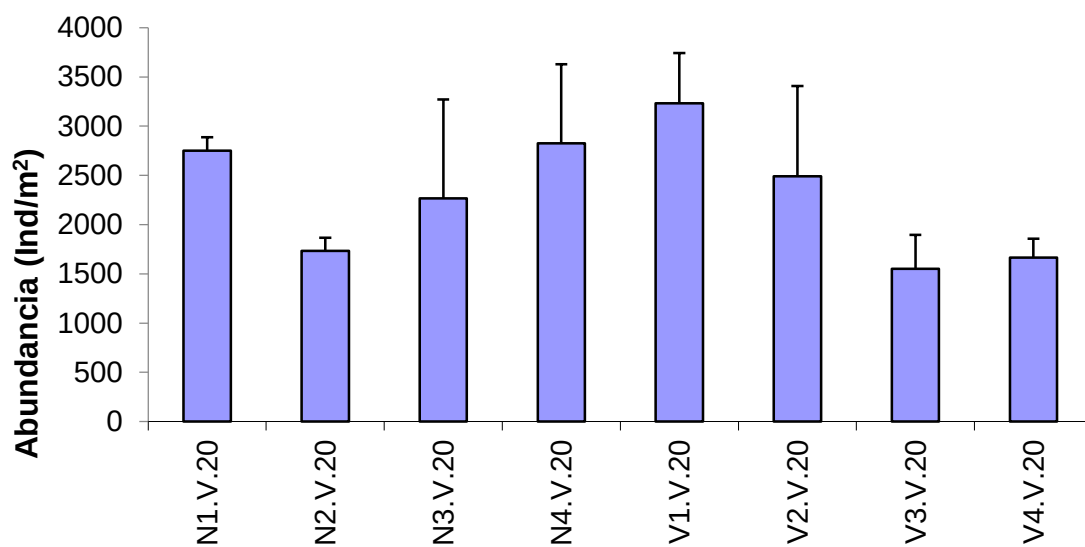


Figura 3.18: Abundancia media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la **riqueza**, tampoco se detectaron diferencias significativas para la interacción entre los dos factores analizados (transecto x distancia $p=0.1663$) ni para los factores por separados; Transecto ($p=0.69$) y distancia ($p=0.2474$). Aun así, se observa un descenso en las estaciones N2, N3 y V4 respecto al resto de las estaciones.

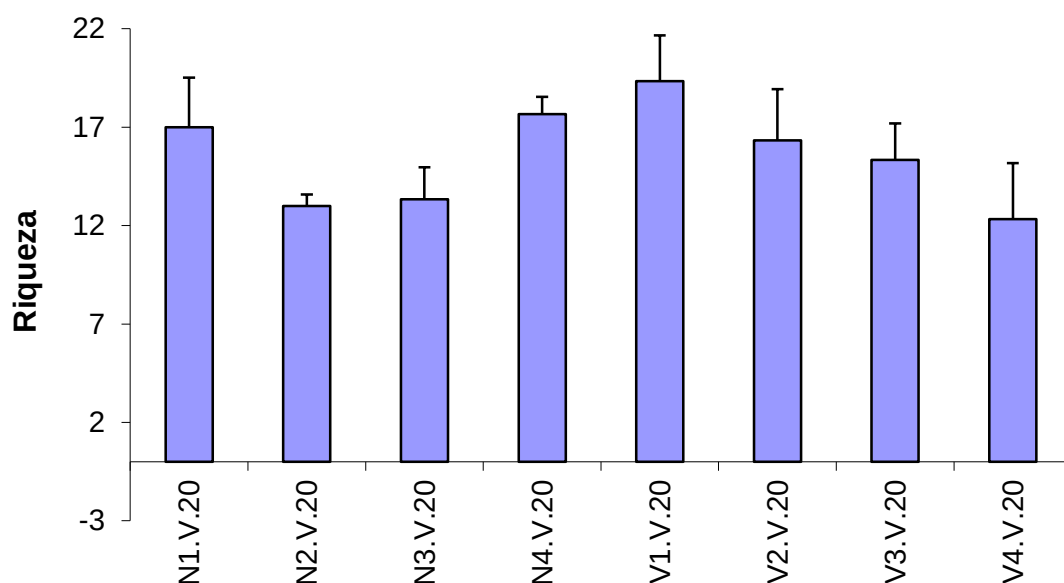


Figura 3.19: Riqueza media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la **diversidad** del poblamiento de poliquetos se observa un ligero descenso en las estaciones localizadas al norte, principalmente en las distancias 2 y 3; junto a la estación V4. Esto puede indicar un ligero empobrecimiento en el poblamiento de poliquetos de dichas estaciones durante esta campaña, respecto al resto de las estaciones.

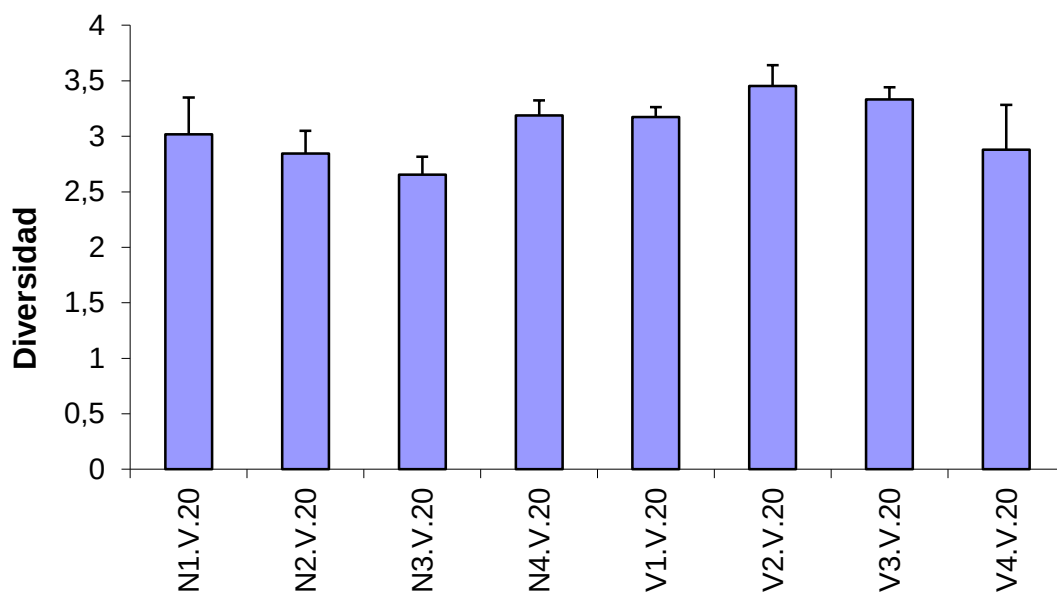


Figura 3.20: Diversidad media de poliquetos en cada estación.

Los valores de **equitatividad** en la zona de estudio superan una equitatividad de 0.71 en todas las estaciones; siendo algo más bajos en las estaciones localizadas al norte, principalmente N3; estación en las que un menor número de familias son las dominantes. Sin embargo, en las estaciones V2 y V3, se obtienen los valores más elevados de equitatividad (superando el 0.85); lo que nos indica un dominio similar del número de familias detectadas en dicha estación.

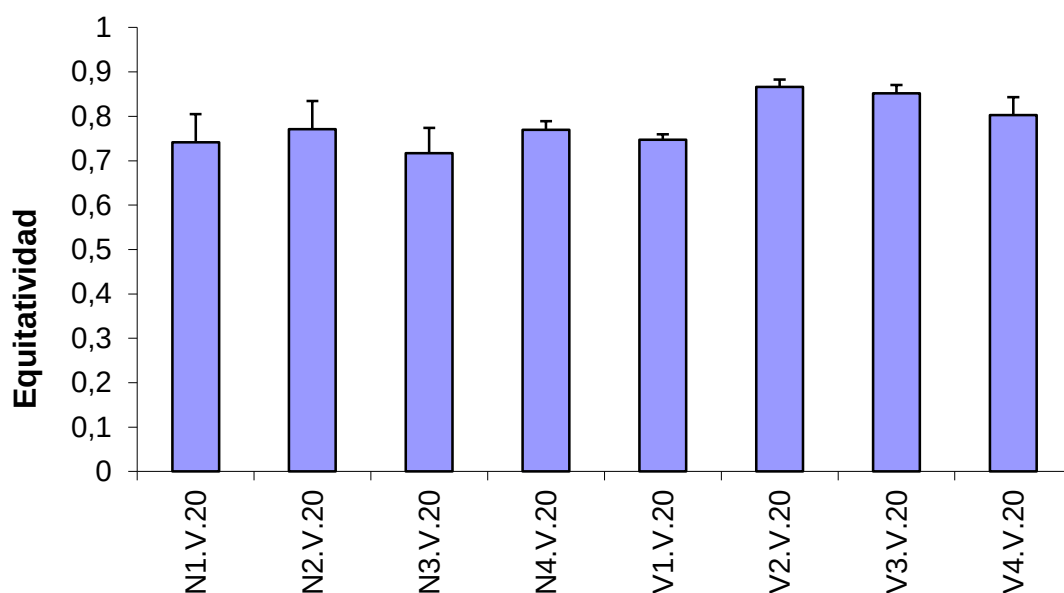


Figura 3.21: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.

Análisis multivariante:

Se detecta la formación de tres grupos principales; el grupo A establecido por las estaciones localizadas al norte (N1.V.20, N2.V.20, N3.V.20, con una similitud de un 71 %. El grupo B, constituido por las estaciones localizadas en el vertido (V1.V.20, V2.V.20) junto con la estación N4.V.20; mostrando una similitud próxima al 69% y el grupo C, establecido por las estaciones del vertido V3.V.20 y V4.V.20. Cabe destacar la mayor heterogeneidad entre las estaciones incluidas en el grupo C y respecto a los otros dos grupos, mientras que se detectan similitudes en torno al 60% entre los grupos A y B.

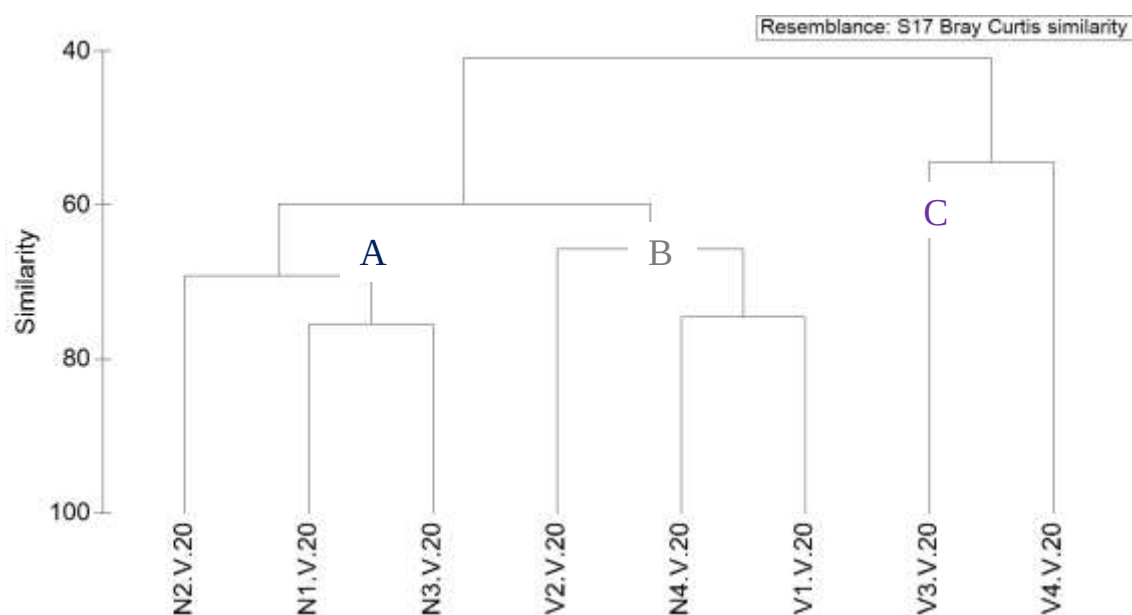


Figura 3.22: Representación del *cluster* respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) se puede apreciar, de forma visual, la existencia de una variación espacial de las muestras. Se mantiene la segregación entre la mayoría de las muestras del transecto norte (estaciones que muestran mayor homogeneidad) y las del vertido V1, V2, junto a N4, en cuanto a la composición del poblamiento de poliquetos. Durante esta campaña, las estaciones V3 y V4 presentan mayor heterogeneidad en el poblamiento de poliquetos, respecto al resto de las estaciones.

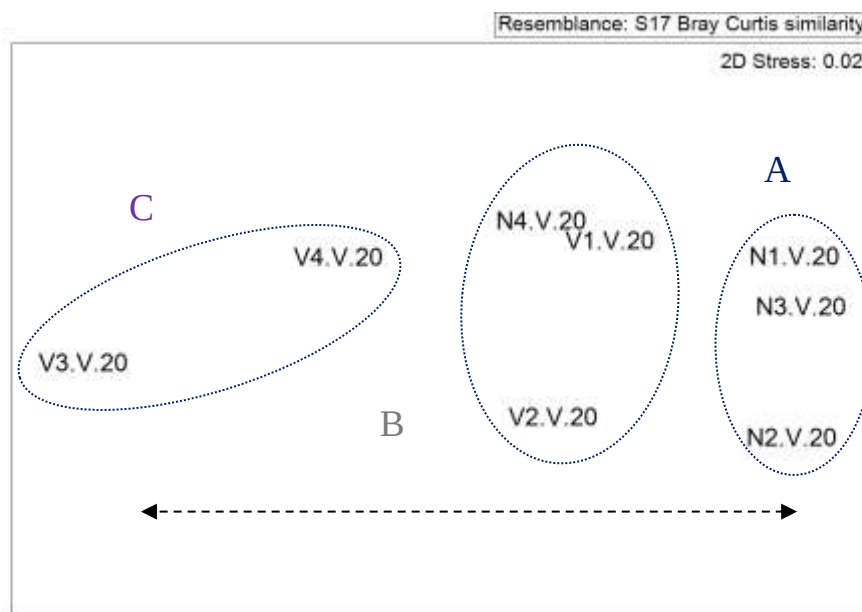


Figura 3.23: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se detectaron diferencias significativas entre las distintas distancias ($p=0.143$ y $R=0.24$), ni entre los distintos transectos ($p=0.286$, $R=0.167$). Se aplica el análisis de porcentaje de similitud, con la finalidad de conocer cuáles son las familias de poliquetos que contribuyen a la similitud dentro de cada grupo establecido a partir del MDS, así como las que contribuyen a la disimilitud entre grupos.

Las familias Paraonidae, Capitellidae, Lumbrineridae y Cirratulidae son las implicadas en el 81% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A (porcentaje de similitud de un 71.21%). Las estaciones incluidas en el grupo B presentan un porcentaje de similitud de un 68.68%. En este caso, son las familias Paraonidae, Syllidae, Cirratulidae y Capitellidae las que contribuyen en un 64.75% de la similitud. Las estaciones del grupo C presentan una similitud de un 54.40% y las familias implicadas son Syllidae, Onuphidae, Sabellidae y Oweniidae.

Grupo	Familia	AM	PA
A			
SM: 71.21			
	Paraonidae	662.83	41.62
	Capitellidae	252.4	57.13
	Lumbrineridae	206.31	70.87
	Cirratulidae	138.27	80.94
B			
SM: 68.68			
	Paraonidae	555.28	25.67
	Syllidae	370.92	43.69
	Cirratulidae	221.67	54.82
	Capitellidae	226.06	64.75
C			
SM: 54.4			
	Syllidae	329.22	41.9
	Onuphidae	121.81	51.43
	Sabellidae	85.6	58.1
	Oweniidae	42.8	63.81

Tabla 3.13: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Las familias Syllidae, Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae, Cirratulidae y Onuphidae, son las principales responsables de la mayor diferencia entre los grupos establecidos. La disimilitud se debe, principalmente al dominio de las familias Paraonidae y Lumbrineridae en la mayoría de las estaciones del norte (N1.V.20, N2.V.20, N3.V.20), mientras que en las estaciones localizadas en el transecto vertido se observa un incremento de las familias Syllidae, Cirratulidae y Onuphidae. La familia Onuphidae presentan mayor abundancia en las estaciones V3 y V4. Cabe destacar la mayor abundancia de la familia Capitellidae en las estaciones V2, V4 y N4, presentando abundancias medias similares a las observadas en las estaciones del norte.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
A / B				
DM: 40.10				
	Syllidae	15.36	370.92	21.89
	Paraonidae	662.83	555.28	36.05
	Lumbrineridae	206.31	92.18	43.29
	Capitellidae	252.4	226.06	49.41

	Cirratulidae	138.27	221.67	55.27
A / C				
DM: 69.33				
	Paraonidae	662.83	125.1	24.99
	Syllidae	15.36	329.22	40.03
	Capitellidae	252.4	46.09	49.72
	Lumbrineridae	206.31	79.01	56.13
	Onuphidae	4.39	121.81	61.81
B / C				
DM: 48.80				
	Paraonidae	555.28	125.1	24.5
	Capitellidae	226.06	46.09	35.11
	Cirratulidae	221.67	52.67	45.2
	Syllidae	370.92	329.22	52.79

Tabla 3.14: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos y subgrupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

Mediante el procedimiento RELATE no se observa correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz total de los factores ambientales estudiados (granulometría, materia orgánica, Eh, pH y salinidad). Se obtiene un nivel de significación de un 22.5% y con un $Rho=0.161$ (Tabla 3.16). Al analizar cada uno de los factores por separado, se observa que tanto las gravas como la arena gruesa muestran correlación con el poblamiento de poliquetos. Por lo tanto, la distribución del poblamiento de poliquetos está determinada, principalmente, por estos dos factores y no por el conjunto de las características físico-químicas del sedimento.

Factores ambientales	Rho	p
Materia orgánica	0.072	0.298
% Gravas	0.918	0.001
% A. gruesa	0.754	0.008
% A. media	0.363	0.128
% A. fina	-0.209	0.762
% Lutitas	-0.272	0.071
pH	0.019	0.365
Eh	-0.361	0.981
Sal	-0.029	0.495
Factores totales	0.161	0.225

Tabla 3.15: Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

Mediante la representación bidimensional con círculos superpuestos se observa que las estaciones del vertido V3 y V4, presentan mayor porcentaje de gravas y arena gruesa. En la estación N4 también se detecta la presencia de arenas gruesas entre el tipo de sedimentos que la caracterizan.

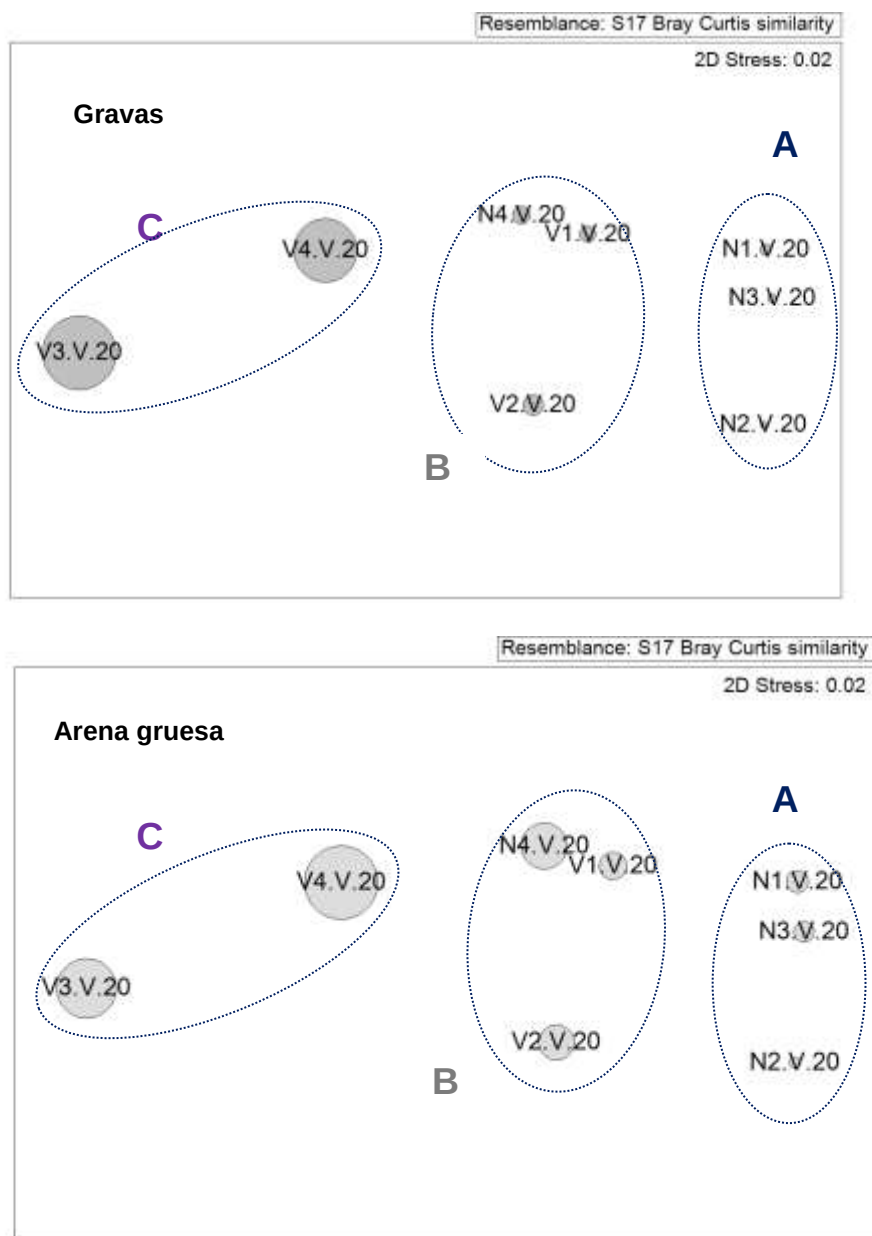


Figura 3.24 Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (Gravias y arena gruesa).

3.5.4.- Fauna general en la campaña de otoño de 2020.

Se han obtenido un total 3973 individuos clasificados en 29 grupos taxonómicos diferentes, entre los cuales domina la clase Polychaeta con 2281 individuos (66.2%); seguida por el orden Amphipoda con 756 individuos (21.9%), el orden Bivalva con 293 individuos (8.5%) y la clase Tanaidacea con 143 individuos (4.14%). Estos grupos están presentes en las ocho estaciones muestreadas (Tabla 3.8).

	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Nemertino	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33
Nematoda	33.33	33.33	50.00	175.00	8.33	8.33	66.67	41.67
Annelida	3091.67	3233.33	3016.67	2083.33	2491.67	1850.00	950.00	2291.67
Platelminta	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sipuncula	66.67	75.00	75.00	16.67	16.67	0.00	0.00	33.33
Oligochaeta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ostracoda	16.67	8.33	8.33	0.00	8.33	16.67	16.67	16.67
Copepoda	16.67	25.00	8.33	8.33	0.00	0.00	25.00	16.67
Leptostraca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	233.33	91.67	200.00	8.33	316.67	25.00	0.00	100.00
Mysidacea	33.33	0.00	58.33	8.33	0.00	16.67	0.00	0.00
Tanaidacea	300.00	100.00	500.00	33.33	141.67	66.67	8.33	41.67
Isopoda	141.67	33.33	33.33	0.00	25.00	75.00	8.33	75.00
Stomatopoda	8.33	8.33	0.00	0.00	58.33	8.33	0.00	0.00
Amphipoda	1716.67	816.67	1291.67	466.67	766.67	583.33	250.00	408.33
Decapoda	16.67	25.00	50.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00
Pycnogonida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
Acari	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polyplacophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Scaphopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gastropoda	50.00	91.67	25.00	66.67	50.00	91.67	41.67	158.33
Bivalvia	641.67	383.33	291.67	233.33	200.00	116.67	183.33	391.67
Asteroidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ophiuroidea	150.00	108.33	183.33	91.67	33.33	75.00	8.33	241.67
Echinoidea	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	33.33	8.33
Holothurioidea	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00
Phoronis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cephalochordata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00
Anthozoa	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 3.16. Abundancias medias (nº ind/m²) de los grupos faunísticos en cada estación.

Análisis univariante

Se realiza un análisis univariante tanto para la abundancia como para la riqueza de taxones y el índice BOPA.

Por lo que se refiere a la abundancia, se detectan diferencias significativas para el factor transecto, así como para la interacción entre ambos (transecto y distancia). Estas diferencias se deben a las estaciones N1 y N3 que presentan abundancias significativamente superiores a las estaciones vertido V2 y V3.

El mayor valor de abundancia media se obtiene en la estación N1.O.20 (6525 ind/m²); mientras que el valor más bajo de abundancia media se encuentra en la estación V3.O.20 (1641.67 ind/m²).

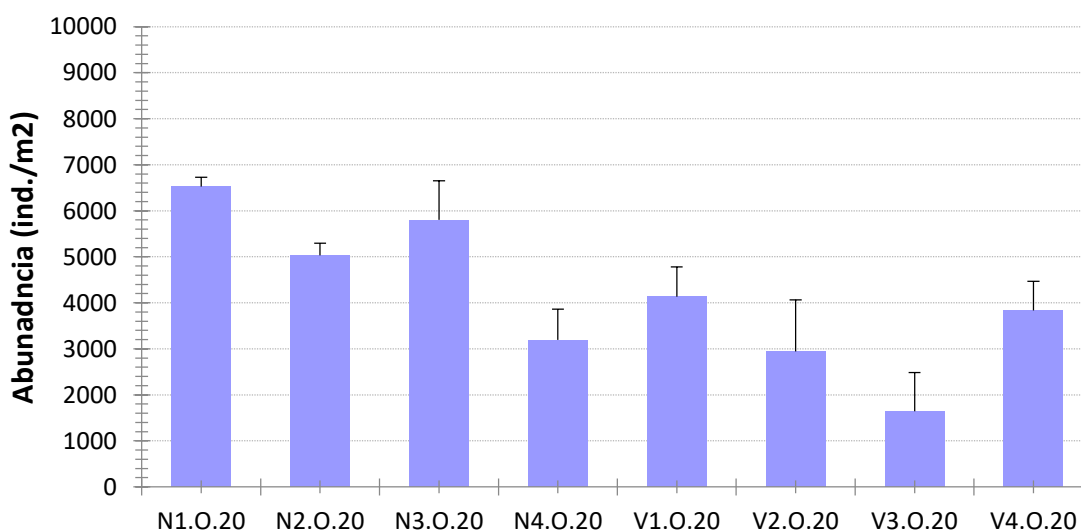


Figura 3.24. Abundancia media de individuos en cada estación en otoño 2020.

En cuanto a la riqueza, no se observan diferencias significativas para ninguno de los factores analizados.

Los mayores valores de riqueza taxonómica se encuentran en las estaciones N3.O.20 (12 taxones), mientras que el valor más bajo se obtiene en la estación N1.O.20 (7.67 taxones) (Figura 3.25).

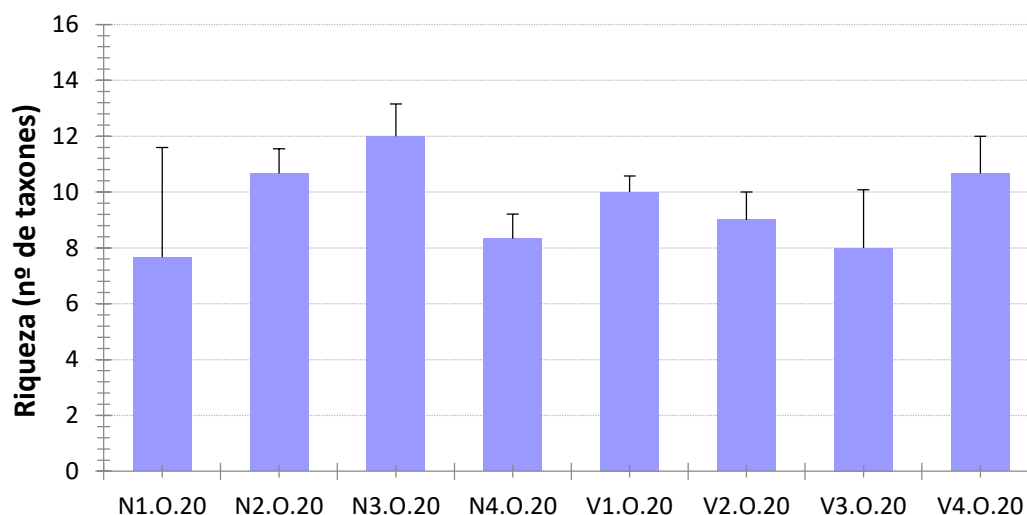


Figura 3.25. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en otoño 2020.

Por lo que se refiere al índice BOPA todas las estaciones obtienen valores correspondientes a un estado de calidad bueno. Los resultados del ANOVA indican que existen diferencias significativas para la interacción de los factores transecto y distancia. Estas diferencias se deben a que la estación V3 ha mostrado valores para el índice de calidad significativamente superiores a los del resto de estaciones del transecto vertido, ya ninguna del transecto control, siendo además el valor más alto (0.93). En las estaciones del transecto norte los valores son similares en todos los casos situándose entre 0.78 y 0.85, y, por otro lado, las estaciones V1, V2 y V4 muestran valores que oscilan entre 0.66 y 0.71, quedando todas por encima del umbral Bueno/Moderado (Fig.3.26).

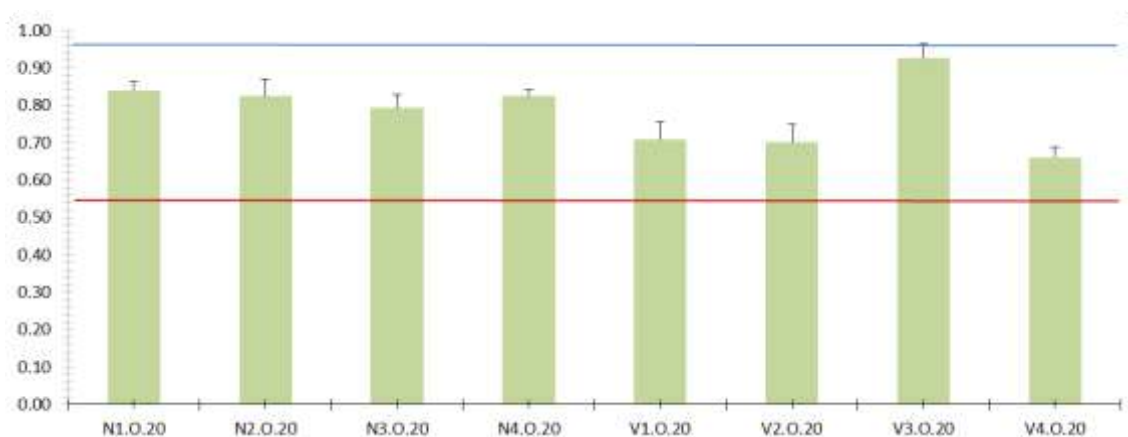


Figura 3.26. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en otoño 2020. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817, 2015).

Análisis multivariante

El dendrograma de similitud (Figura 3.11) muestra como las estaciones forman tres grupos diferenciados. El grupo 1 lo forman la estación V3, y el grupo 2 está formado por las estaciones N1, N2 y N3, con una similitud superior al 80%. En cuanto al grupo 3 se conforma por las estaciones N4, V1, V2 y V4, con una similitud superior al 75%.

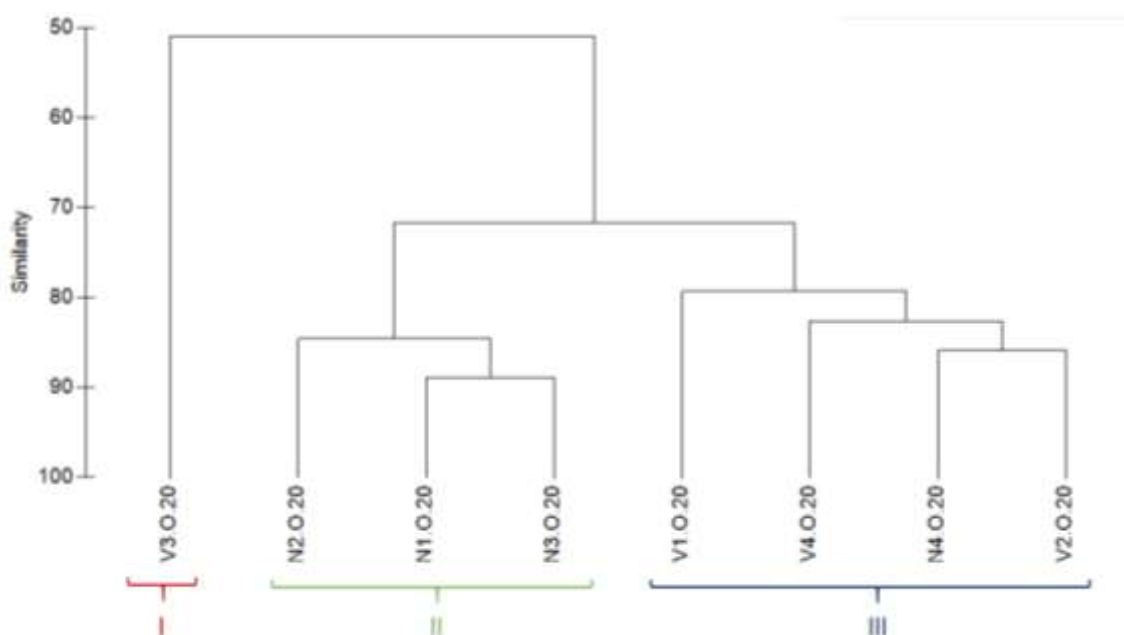


Figura 3.27. Representación del dendrograma de similitud respecto a los grupos faunísticos estudiados en las diferentes estaciones.

En el gráfico bidimensional que representa el ordenamiento multiescalar (MDS, Figura 3.12) se puede observar la distribución de las estaciones en función de su similitud mostrando los grupos mencionados anteriormente.

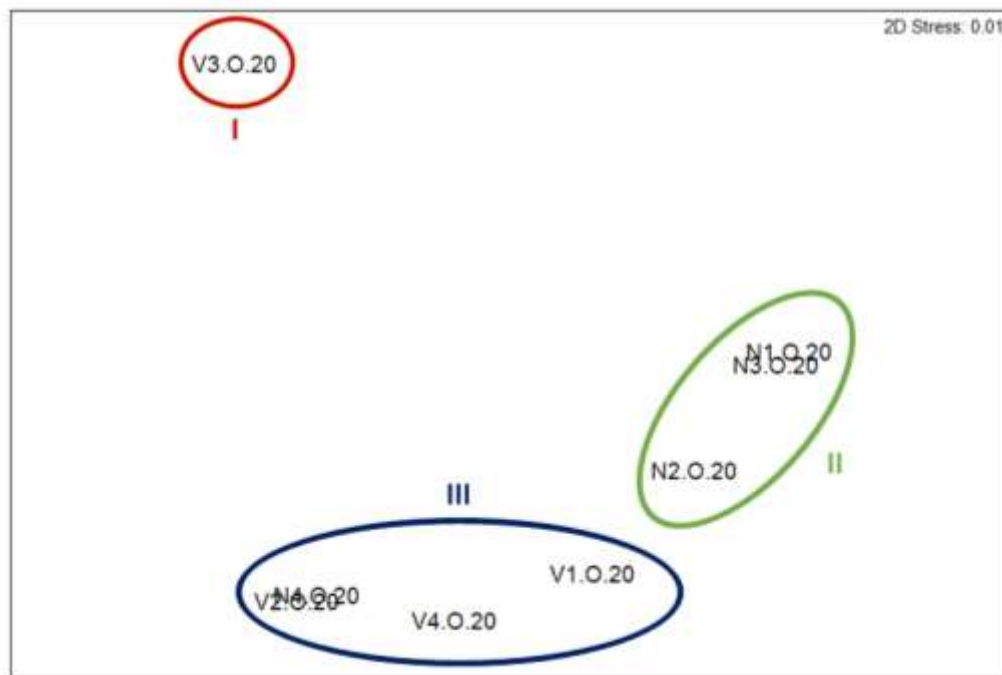


Figura 3.28. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones.

Al aplicar el análisis de similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas para el factor transecto, con un nivel de significación del 17.1 % y un $R=0.146$; ni se observan diferencias dentro del factor distancia, siendo el nivel de significación de 53.3 %, con un $R=-0.042$.

Se aplica el análisis multivariante SIMPER de porcentaje de similitud con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a la similitud dentro de cada uno de los grupos establecidos a partir del MDS, así como los que contribuyen a la disimilitud entre ellos. En la siguiente tabla aparecen los valores de similitud obtenidos mediante el análisis SIMPER entre las estaciones que forman los grupos establecidos. En ambos grupos los taxones que más contribuyen a la similitud son parecidos. Siendo los poliquetos el taxón que más contribuye en el grupo 2, seguido de anfípodos, bivalvos y tanaidáceos. En el grupo 2, los poliquetos también son el grupo con mayor contribución, seguidos de anfípodos y bivalvos (Tabla 3.9).

Grupo	Grupo Taxon.	AM	PA
1			
2			
SM: 85.96			
Annelida	3113.89	52.71	15.33
Amphipoda	1275.00	16.72	4.52
Bivalvia	438.89	5.58	5.78
Tanaidacea	300.00	2.81	1.58
3			
SM: 81.46			
Annelida	2179.17	56.83	19.08
Amphipoda	556.25	13.06	5.57
Bivalvia	235.42	4.61	3.49

Tabla 3.17. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada transecto. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Al analizar la disimilitud entre grupos, se observa como el grupo 1 se diferencia por presentar menores abundancias de los diferentes grupos taxonómicos (poliquetos, anfípodos, tanaidáceos, bivalvos, cumáceos y ofiuras). Sin embargo, el grupo 2 destaca por su elevada abundancia de poliquetos y anfípodos, y el grupo 3 muestra valores intermedios (Tabla 3.10).

Grupos MDS	Grupo Taxon.	AM 1	AM 2	PA (%)
1/2				
DM: 58.77				
	Annelida	950.00	3113.89	50.26
	Amphipoda	250.00	1275.00	73.30
	Tanaidacea	8.33	300.00	79.88
	Bivalvia	183.33	438.89	85.61
	Cumacea	0.00	175.00	89.55
	Ophiuroidea	8.33	147.22	92.73
1/3				
DM: 41.79				
	Annelida	950.00	2179.17	56.77
	Amphipoda	250.00	556.25	70.97
	Cumacea	0.00	112.50	75.81
	Ophiuroidea	8.33	110.42	80.55
	Bivalvia	183.33	235.42	84.51
	Nematoda	66.67	58.33	87.51
2/3				
DM: 28.38				
	Annelida	3113.89	2179.17	36.24
	Amphipoda	1275.00	556.25	62.80
	Tanaidacea	300.00	70.83	71.63

Bivalvia	438.89	235.42	79.90
Cumacea	175.00	112.50	84.99
Ophiuroidea	147.22	110.42	88.13
Sipuncula	72.22	16.67	90.27

Tabla 3.18. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

Se emplea el procedimiento RELATE para analizar la correlación de la comunidad con cada parámetro ambiental: profundidad, salinidad, granulometría, materia orgánica, pH y potencial RedOx. Se detectaron correlaciones significativas en los porcentajes de gravas y arenas gruesas, además de las lutitas y la salinidad (Tabla 3.11).

Factores ambientales	Rho	P
Materia orgánica	0.536	0.07
% Gravas	0.686	0.001
% A. gruesa	0.396	0.046
% A. media	0.5	0.056
% A. fina	-0.158	0.665
% Lutitas	0.667	0.002
pH	-0.281	0.92
Eh	0.355	0.06
Salinidad	0.473	0.025
Factores totales	0.604	0.032

Tabla 3.19. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos.

A partir de los resultados obtenidos en el RELATE, se representaron en las estaciones en un MDS según su similitud según la comunidad de infauna representando cada una de las variables ambientales que han demostrado influir de forma significativa en su composición. De esta forma se puede observar cómo el grupo 1 (V3.O.20) se caracteriza por poseer una fracción granulométrica alta, con altos porcentajes de gravas y arenas gruesas, y un bajo porcentaje de lutitas. Además, en este grupo se alcanzan los valores más altos de salinidad. El grupo 2 por el contrario, se caracteriza por una importante fracción arcillosa, con muy baja representación de las fracciones granulométricas más gruesas, y niveles intermedios de salinidad. Por último, en

cuanto al grupo 3 destaca la fracción gruesa y arcillosa del sedimento, indicando una baja selección del mismo, y bajos valores de salinidad excepto en la estación V2 (Figuras 3.29, 3.30, 3.31, 3.32).

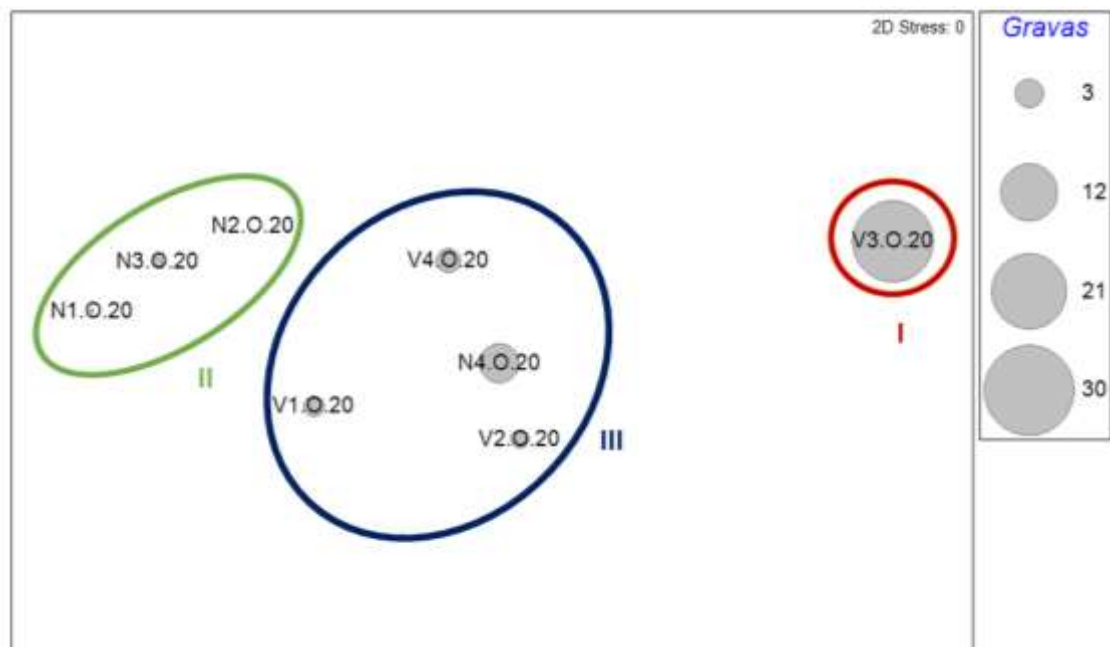


Figura 3.29. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de gravas.

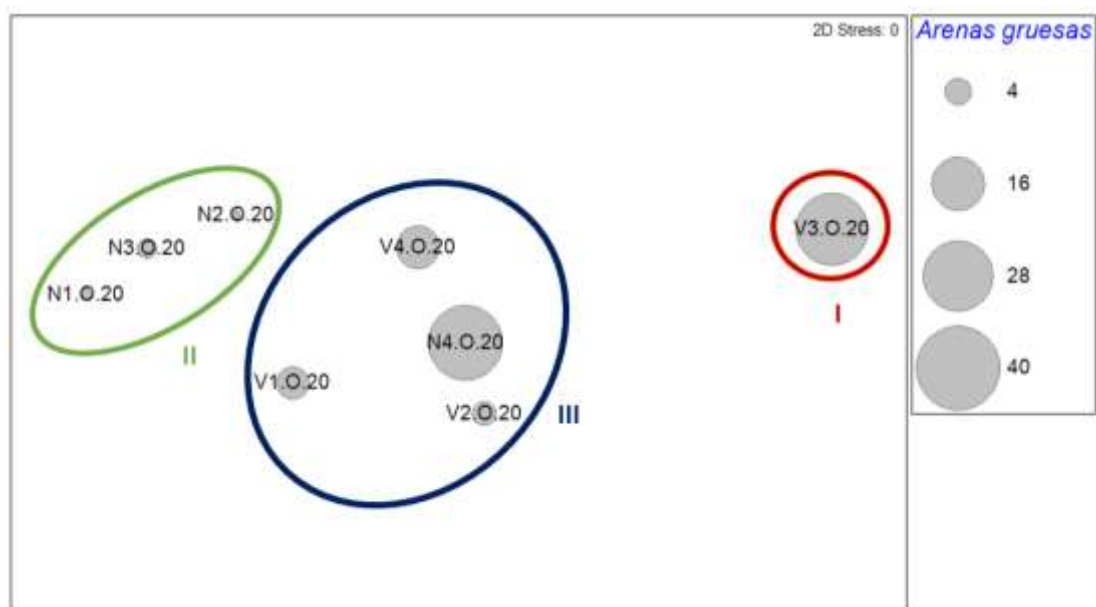


Figura 3.30. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas gruesas.

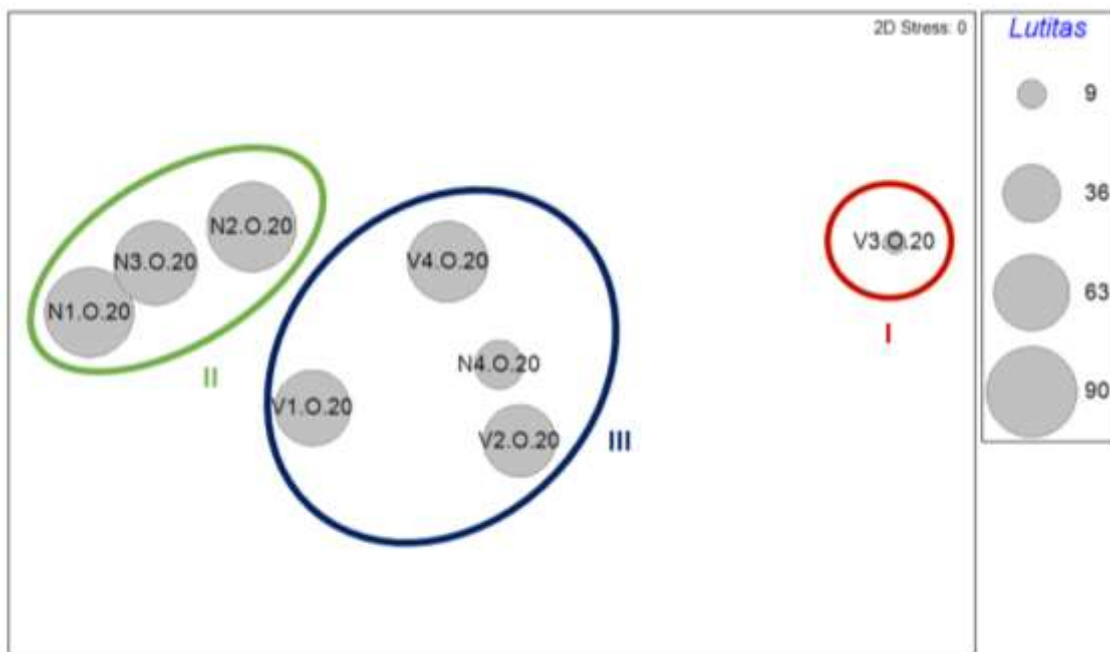


Figura 3.31. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de lutitas.

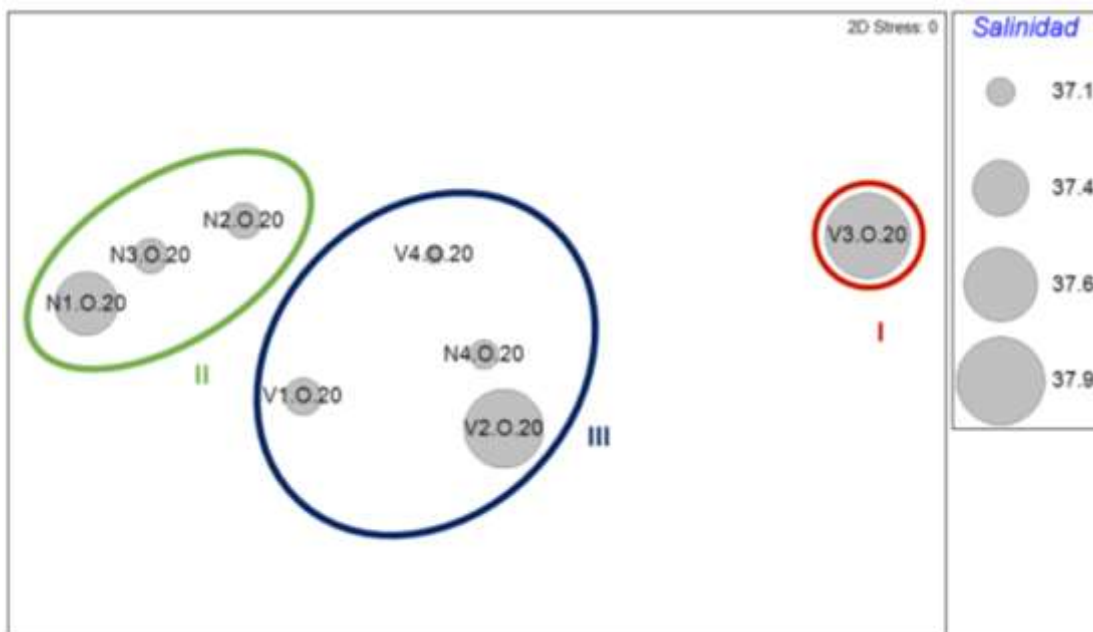


Figura 3.32. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de salinidad.

3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en otoño de 2020.

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Apistobranchidae	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00
Ampharetidae	25.00	33.33	16.67	66.67	8.33	8.33	25.00	8.33
Aphroditidae	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Capitellidae	183.33	208.33	158.33	50.00	333.33	108.33	8.33	316.67
Chaetopteridae	25.00	0.00	8.33	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
Cirratulidae	100.00	125.00	191.67	216.67	183.33	33.33	0.00	183.33
Cossuridae	25.00	33.33	91.67	0.00	16.67	0.00	0.00	125.00
Dorvilleidae	0.00	0.00	0.00	133.33	8.33	8.33	66.67	8.33
Eunicidae	33.33	0.00	41.67	108.33	100.00	125.00	83.33	33.33
Flabelligeridae	16.67	33.33	16.67	0.00	25.00	25.00	16.67	16.67
Glyceridae	0.00	0.00	0.00	8.33	8.33	25.00	8.33	0.00
Gonianidae	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hesionidae	125.00	41.67	8.33	8.33	0.00	0.00	8.33	0.00
Lumbrineridae	216.67	300.00	466.67	83.33	266.67	125.00	16.67	183.33
Lacydoniidae	33.33	133.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Magelonidae	25.00	0.00	75.00	0.00	50.00	58.33	0.00	200.00
Maldanidae	25.00	100.00	66.67	66.67	33.33	91.67	50.00	58.33
Nepthyidae	75.00	33.33	0.00	33.33	75.00	75.00	16.67	8.33
Nereididae	8.33	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	16.67	8.33
Oeonidae	16.67	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33
Onuphidae	0.00	8.33	0.00	116.67	0.00	50.00	33.33	25.00
Opheliidae	8.33	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00
Oweniidae	50.00	16.67	0.00	8.33	16.67	0.00	33.33	50.00
Paralacydoniidae	266.67	41.67	25.00	8.33	125.00	41.67	0.00	33.33
Paraonidae	416.67	500.00	800.00	275.00	475.00	350.00	16.67	533.33
Pectinariidae	25.00	33.33	16.67	16.67	33.33	50.00	0.00	16.67
Pholidae	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phyllodocidae	0.00	8.33	8.33	16.67	8.33	8.33	25.00	8.33
Pilargidae	0.00	8.33	16.67	75.00	16.67	33.33	8.33	25.00
Pisionidae	66.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00
Poecilochaetidae	75.00	358.33	33.33	0.00	275.00	75.00	8.33	25.00
Polynoidae	8.33	8.33	16.67	8.33	0.00	0.00	16.67	25.00
Sabellariidae	66.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sabellidae	100.00	216.67	116.67	141.67	275.00	325.00	66.67	83.33
Sphaerodoridae	525.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spionidae	491.67	950.00	741.67	50.00	58.33	100.00	16.67	200.00
Sternaspidae	8.33	8.33	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Syllidae	0.00	0.00	16.67	550.00	58.33	100.00	350.00	66.67
Terebellidae	0.00	16.67	50.00	25.00	8.33	25.00	25.00	41.67
Trichobranchidae	0.00	8.33	0.00	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 3.20: Abundancias medias (n° ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

Se han analizado un total de 2281 individuos pertenecientes a 40 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 428 individuos, representando casi el 15% de todos los individuos analizados, seguida de las

familias Spionidae, de la que se identificaron 376 individuos (16.48%), Lumbrineridae con 213 individuos (casi 10%), las familias Capitellidae y Sabellidae con 167 individuos (7.32%), la familia Syllidae de la que se identificaron 138 individuos (6%) y por último, la familia Cirratulidae representando el 5.52% (126 individuos). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos que el 5 % del total analizado.

Las familias Capitellidae, Lumbrineridae, Paraonidae, Sabellidae y Spionidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. De las 40 familias encontradas en la zona de estudio, 13 aparecen con abundancias inferiores al 1%. Dichas familias son: Apistobrachidae, Chaetopteridae, Glyceridae, Lacydoniidae, Nereididae, Oeonidae, Opheliidae, Oweniidae, Phyllodocidae, Pilargidae, Pisionidae, Polyonidae y Sternaspidae.

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 factores analizados.

Considerando los valores de **abundancia** no se detectan diferencias significativas para la interacción ($p=0.1134$), ni para uno de los factores estudiados; factor distancia ($p=0.3240$). Se detectan diferencias para el factor transecto ($p=0.0088$). Estas diferencias se deben a un aumento de los valores de abundancia en las estaciones localizadas al norte (N1, N2 y N3).

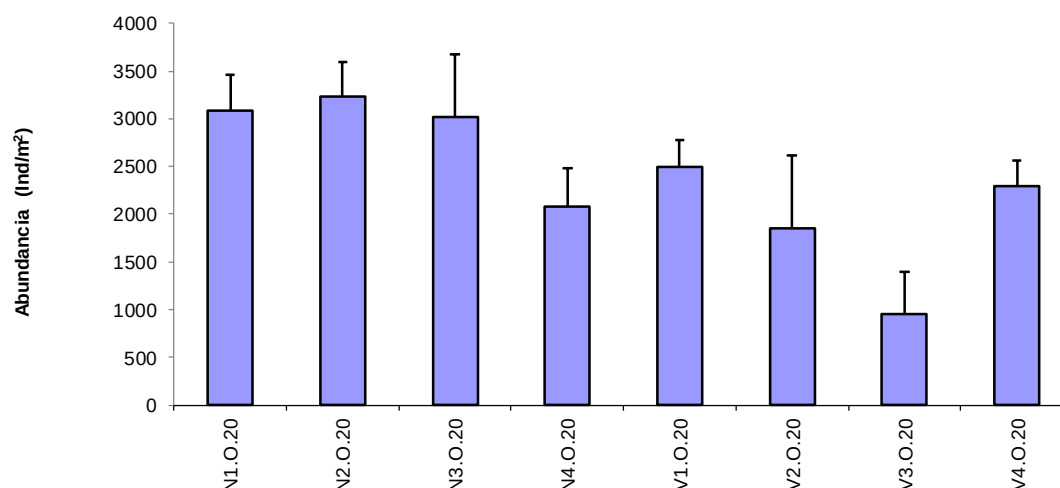


Figura 3.33: Abundancia media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la **riqueza** tampoco se detectan diferencias significativas para la interacción entre los factores TrXDi ($p=0.9212$), ni para los factores transecto ($p=0.6539$), ni distancia ($p=0.7923$). Los valores promedios de riqueza son muy similares entre todas las estaciones estudiadas, la estación V3 es la que presentan valores medios de familias de poliquetos más bajos (14.66 familias), mientras que en las estaciones N4 y V4 se detectan un mayor número de familias promedio (alrededor de 18).

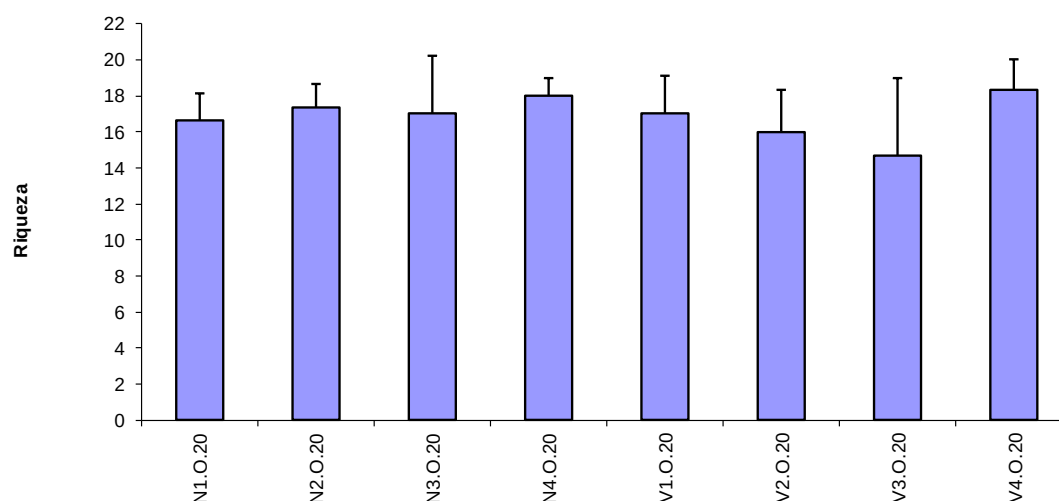


Figura 3.34: Riqueza media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la **diversidad** del poblamiento de poliquetos se observa un descenso de dicho índice en las estaciones localizadas en el transectos norte (siendo más acusado en las estaciones N1, N2 y N3), junto a V3. Este hecho

indica que existe un cierto empobrecimiento de la comunidad en estas estaciones respecto al resto de las estaciones.

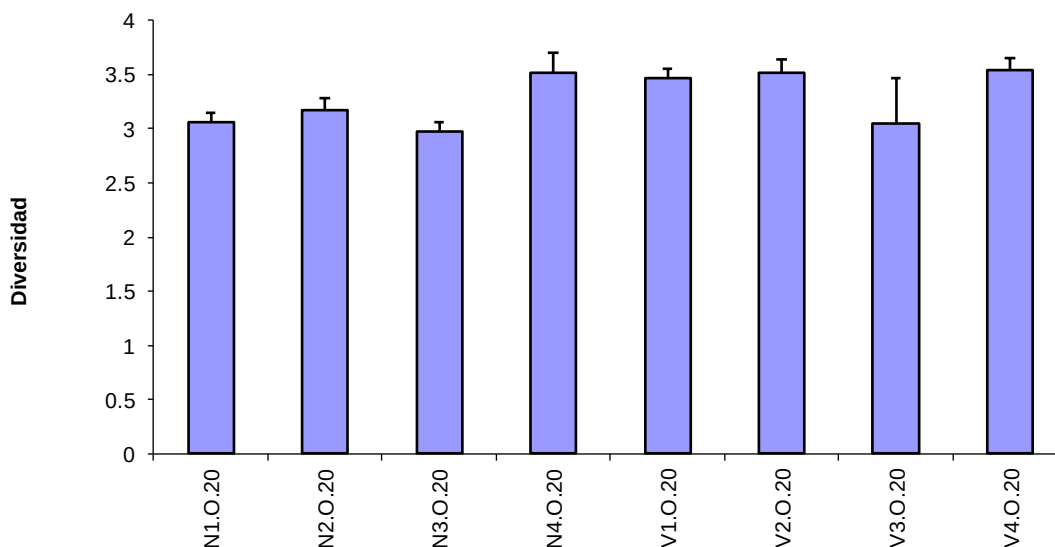


Figura 3.35: Diversidad media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la **equitatividad** se obtienen valores bastante elevados, oscilando entre los 0.74 y 0.89. Son las estaciones localizadas al norte, junto a V3, donde se detectan los menores valores de equitatividad; estaciones donde se obtienen bajos valores y diversidad, lo que indica que en dichas estaciones hay un mayor dominio de ciertas familias.

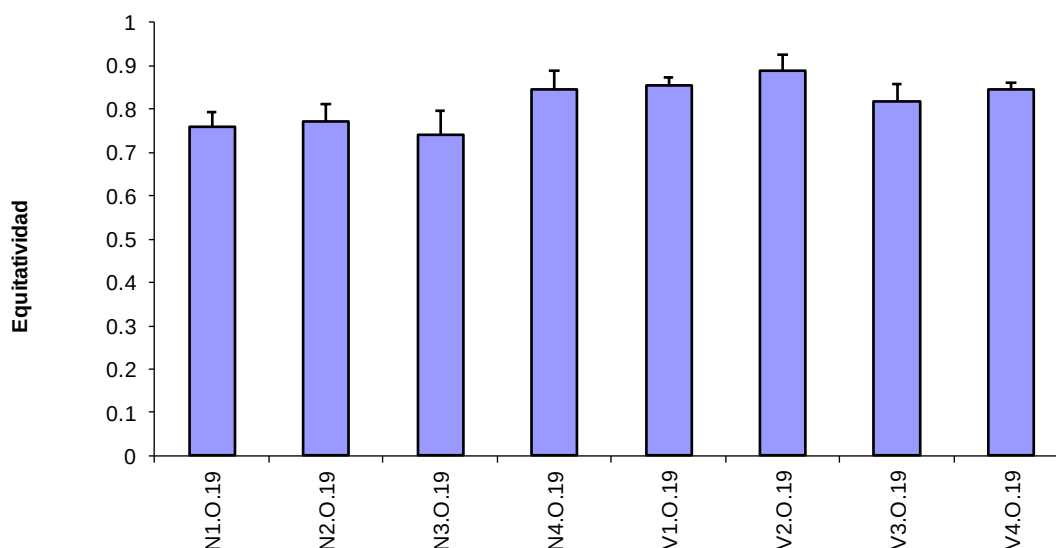


Figura 3.36: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.

Análisis multivariante.

Se observa la formación de dos grupos principales con una disimilitud superior al 66%. El grupo B, establecido por la mayoría las estaciones y el grupo A establecido por únicamente 2 estaciones V3 y N4. El grupo B se disgrega a su vez en 2 subgrupos con una disimilitud entorno al 45%. El subgrupo B1, establecido por la mayoría de las estaciones del Norte (N1, N2 y N3) y el subgrupo B2, establecido por la mayoría de las estaciones localizadas en el vertido (V1, V2 y V4).

V2 y V4).

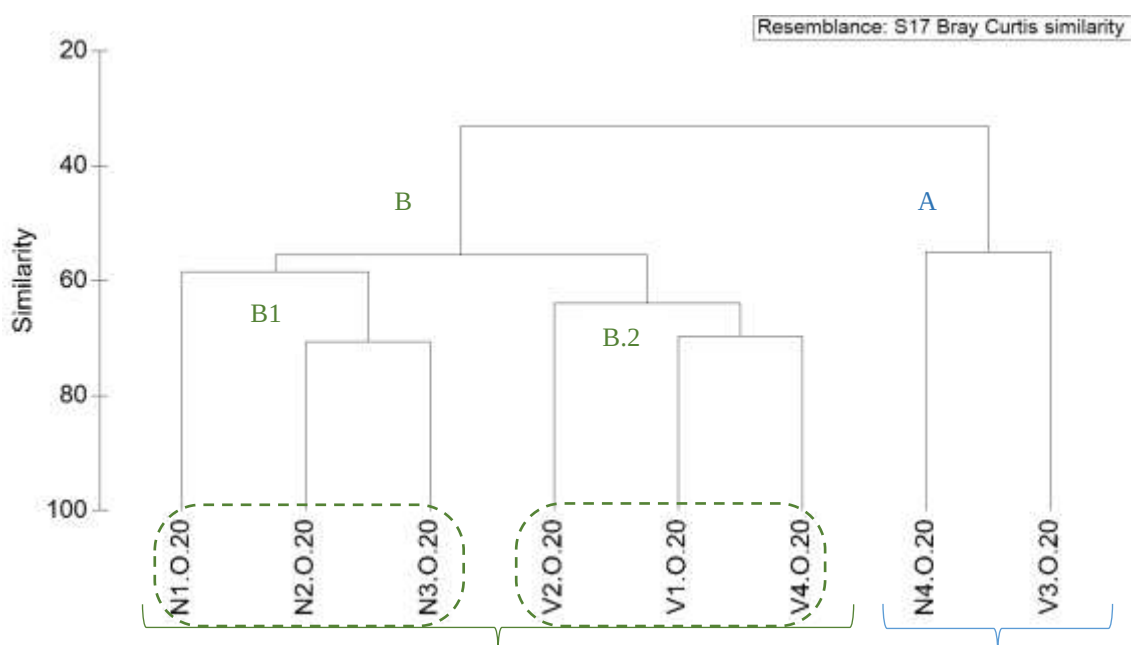


Figura 3.37. Representación del *cluster* respecto a las familias de poliquetos de las estaciones

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) se puede apreciar, la segregación de los distintos grupos establecidos. Se mantiene el patrón de distribución en el que se segregan las estaciones caracterizadas por un tipo de sedimento más homogéneo, dominado por la fracción fina (principalmente las estaciones localizadas al norte), respecto a las que presentan mayor heterogeneidad de los sedimentos (estaciones localizadas en el transecto vertido), siendo las

estaciones más heterogéneas respecto a la composición y estructura de poliquetos.

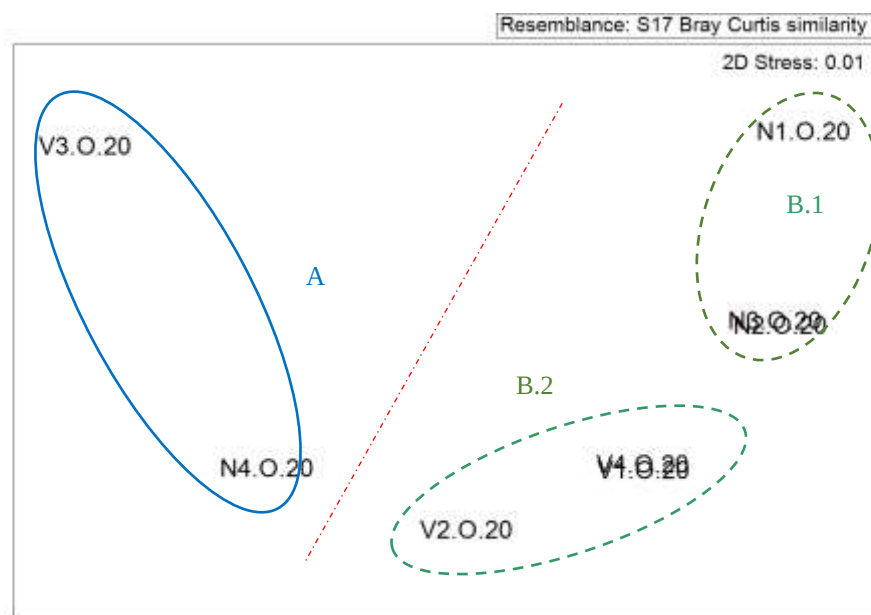


Figura 3.38. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se detectan diferencias entre los distintos transectos ($R=0.125$, $p=0.257$), ni para las distintas distancias ($R=-0.292$ y $p=0.905$).

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*, así como las que contribuyen a la disimilitud entre grupos.

Las familias Syllidae, Eunicidae, Dorvilleidae, Sabellidae y Maldanidae son las implicadas en el 74% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A. En las estaciones incluidas en el grupo B son las familias Paraonidae, Spionidae, Lumbrineridae, Capitellidae, Sabellidae y Cirratulidae las que contribuyen casi al 60% de la similitud detectada.

Grupo	Familia	AM	PA
A			
SM: 54.95			
	Syllidae	450	42
	Eunicidae	95.83	52
	Dorvilleidae	100	60
	Sabellidae	104.17	68
	Maldanidae	58.33	74
B			
SM: 58.99			
	Paraonidae	512.5	27.17
	Spionidae	423.61	39.14
	Lumbrineridae	259.72	51.03
	Capitellidae	218.06	61.49
	Sabellidae	186.11	69.66
	Cirratulidae	136.11	75.88

Tabla 3.21: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media en cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Las familias Syllidae, Paraonidae, Spionidae, Lumbrineridae y Capitellidae son las implicadas en la disimilitud detectada entre los dos grupos principales establecidos. Dicha disimilitud es debida al dominio de todas las familias anteriormente citadas en las estaciones incluidas en el grupo B excepto la familia Syllidae que domina en las estaciones N4 y V3 (grupo A).

Centrándonos en las estaciones del grupo B, las principales diferencias detectadas entre la mayoría de las estaciones del vertido respecto a las estaciones del norte son debidas al dominio de la familia Paraonidae y Lumbrineridae en las estaciones del norte, mientras que en las estaciones del vertido domina la familia Sabellidae. Las familias Paraonidae, Poecilochaetidae y Capitellidae muestran valores de abundancia similares en ambos subgrupos.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
A / B				
DM: 66.98				
	Syllidae	450	40.28	14.46
	Paraonidae	145.83	512.5	28.37
	Spionidae	33.33	423.61	41.57
	Lumbrineridae	50	259.72	49.15
	Capitellidae	29.17	218.06	56.22

Poecilochaetidae	4.17	140.28	61.03
B1 / B2			
DM: 44.46			
Spionidae	727.78	119.44	25.68
Sphaerodoridae	175	0	33.12
Paraonidae	572.22	452.78	40.3
Lumbrineridae	327.78	191.67	46.67
Poecilochaetidae	155.56	125	52.41
Sabellidae	144.44	227.78	57.75
Capitellidae	183.33	252.78	62.74

Tabla 3.22: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

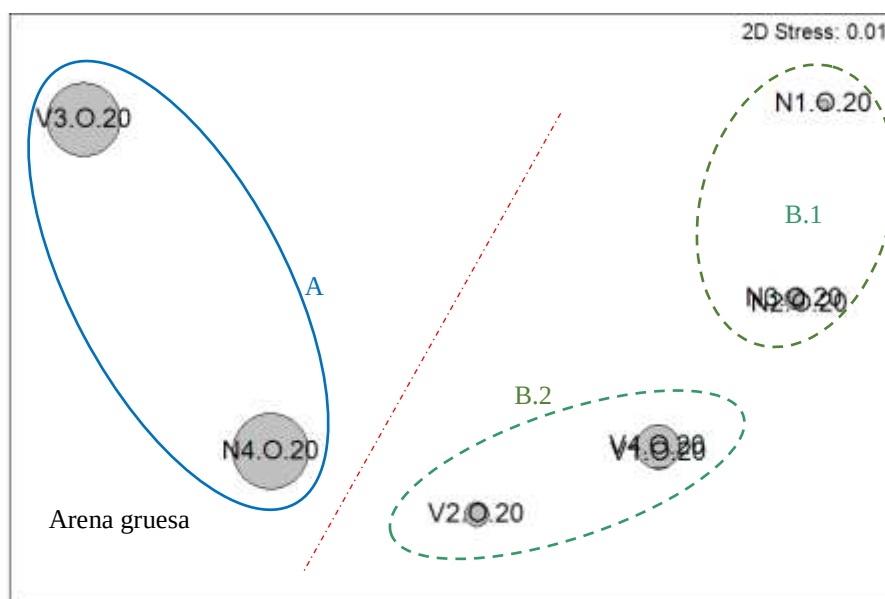
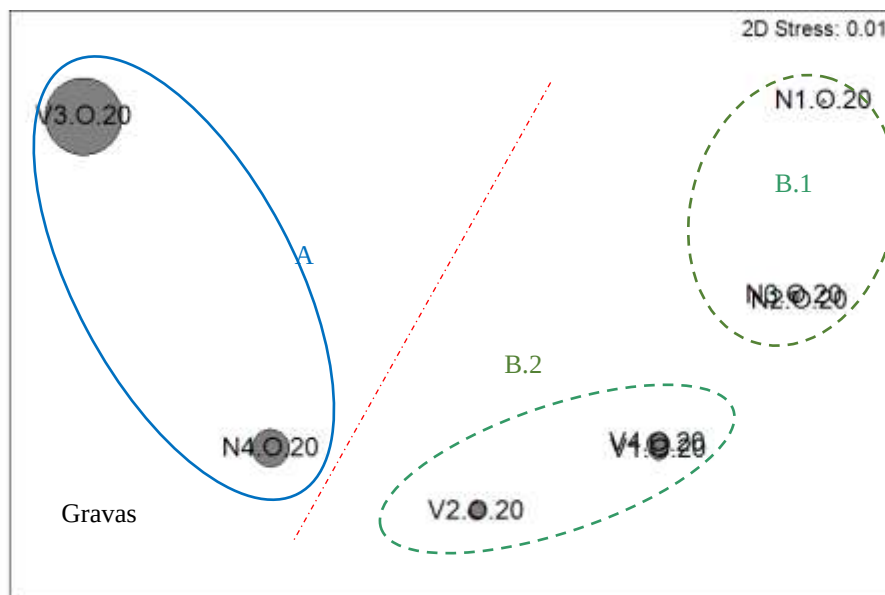
Mediante el procedimiento RELATE se observa correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz de los factores ambientales estudiados en su conjunto (granulometría, materia orgánica, salinidad Eh y pH). Se obtiene un nivel de significación de un 40.1% y con un $Rho = 0.8$ (Tabla 3.23). Al analizar por separado cada uno de los factores ambientales se observa que existe correlación con la fracción del sedimento: gravas, arenas gruesas, arenas medias, lutitas, redox y materia orgánica.

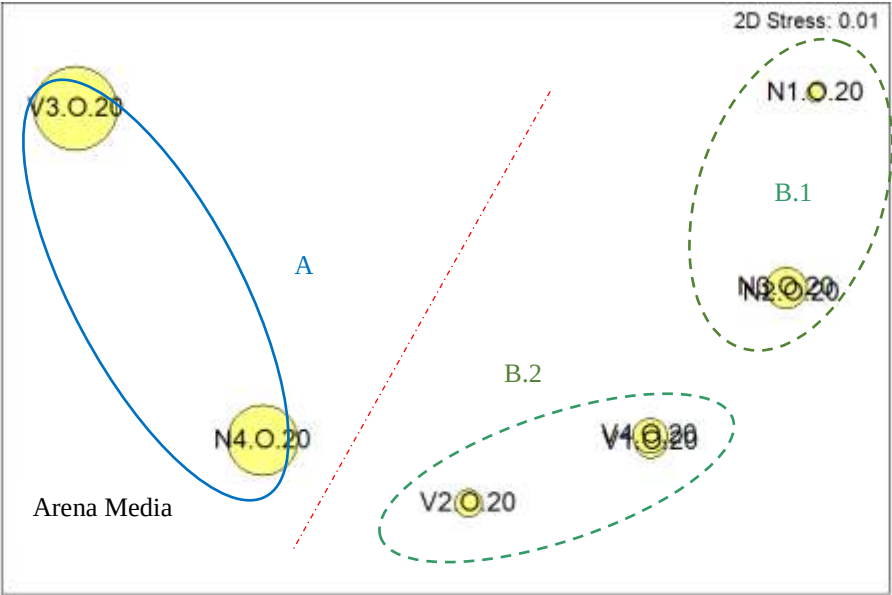
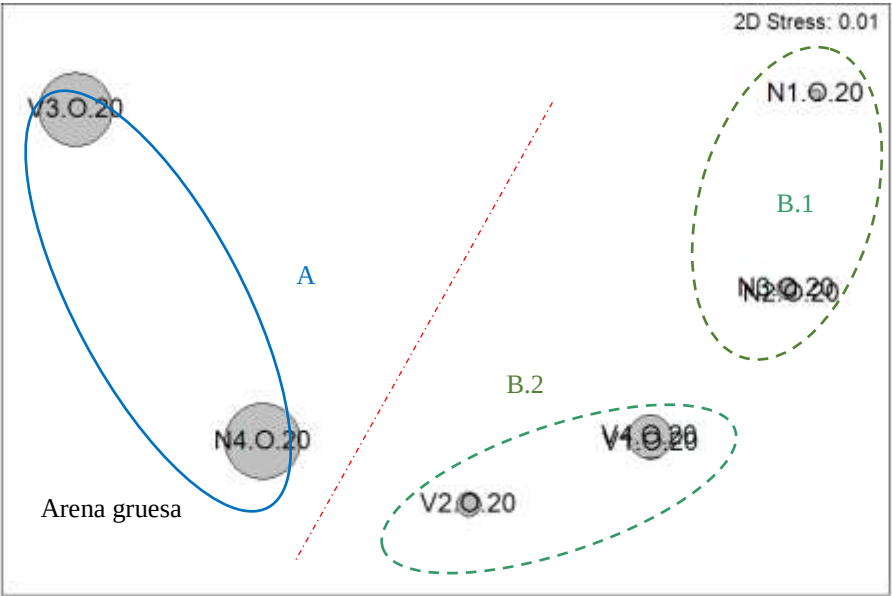
Parámetros ambientales	Rho	p
% Gravas	0.819	0.003
% A. gruesa	0.66	0.015
% A. media	0.78	0.009
% A. fina	-0.217	0.777
% Lutitas	0.93	0.001
Materia orgánica	0.614	0.029
ph	-0.168	0.721
Eh	0.432	0.035
Salinidad	0.346	0.09
Factores totales	0.8	0.001

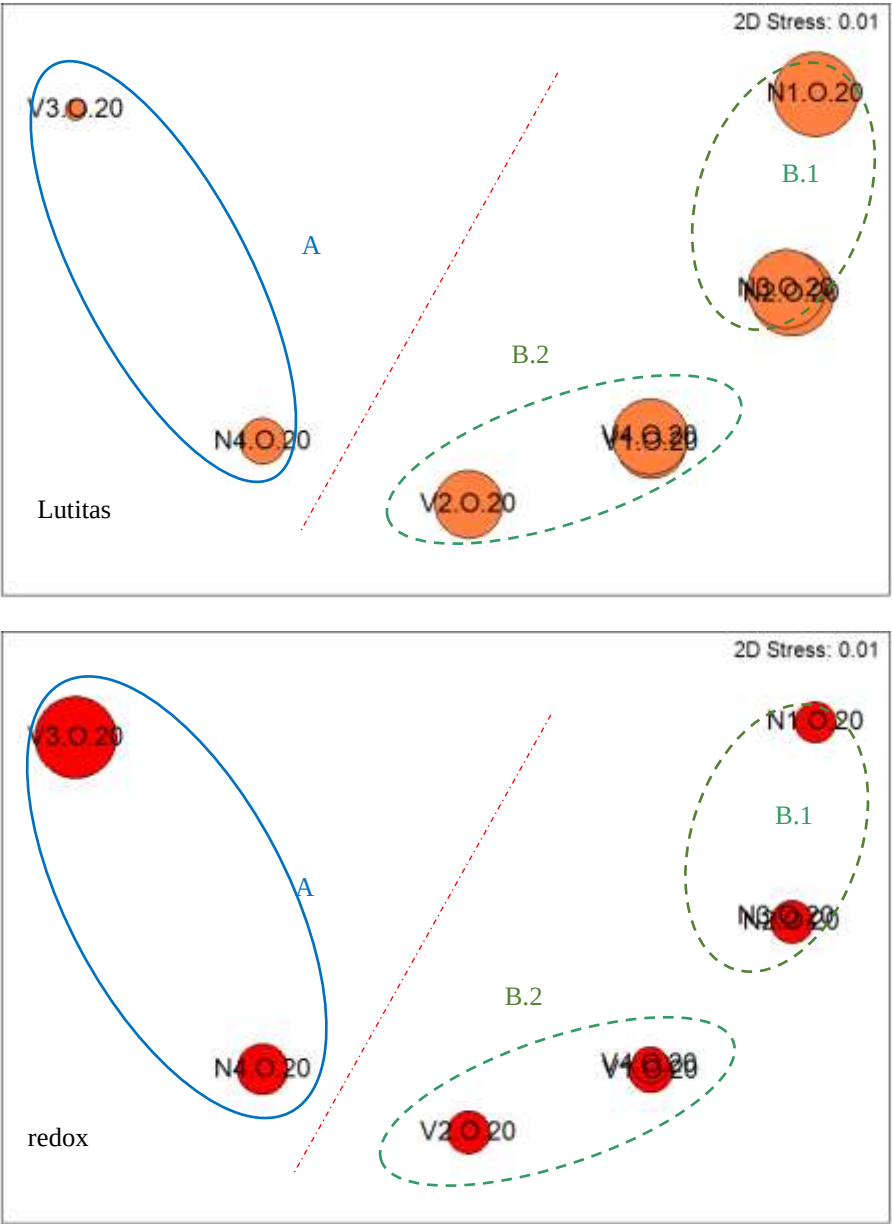
Tabla 3.23: Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

Mediante la representación bidimensional con círculos superpuestos se observa que las estaciones localizadas al norte (grupo B1), junto a la estación N4 presentan un mayor porcentaje de lutitas y porcentaje de materia orgánica; siendo las estaciones localizadas en el grupo A (V3 y N4) las que presentan un

mayor porcentaje de la fracción gruesa. Las estaciones localizadas en el transecto del vertido las que presentan mayor heterogeneidad de sedimentos.







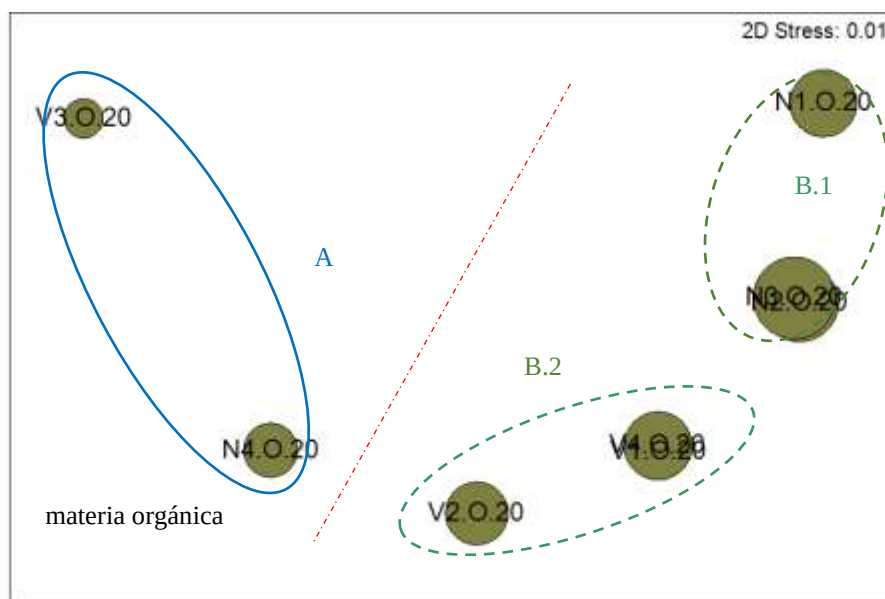


Figura 3.39: Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (gravas, arenas gruesas y lutitas).

3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2020.

3.5.6.1- Sedimentología.

Granulometría.

El análisis de la granulometría según la clasificación de Wentworth durante las épocas de estudio refleja cierta estabilidad en el sedimento de la mayoría de las estaciones. En el transecto norte se mantiene la composición granulométrica en las distintas estaciones. Éstas muestran un alto porcentaje de fangos en todas estaciones, excepto en la estación N4 donde se detecta un mayor contenido de arenas finas, medias y gruesas. En el transecto del vertido se mantiene una granulometría similar durante la mayor parte de las campañas detectándose únicamente en V4 cierto descenso en el porcentaje de lutitas durante las últimas campañas, aunque en otoño se vuelven a registrar valores de lutitas similares a los de la campaña de 2005. También se detecta un incremento de la fracción de lutitas en ambos muestreos en V1 y en el muestreo de otoño de V2 (Figuras 3.40 y 3.41).



Figura 3.40. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta otoño 2020. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20 y O.20).

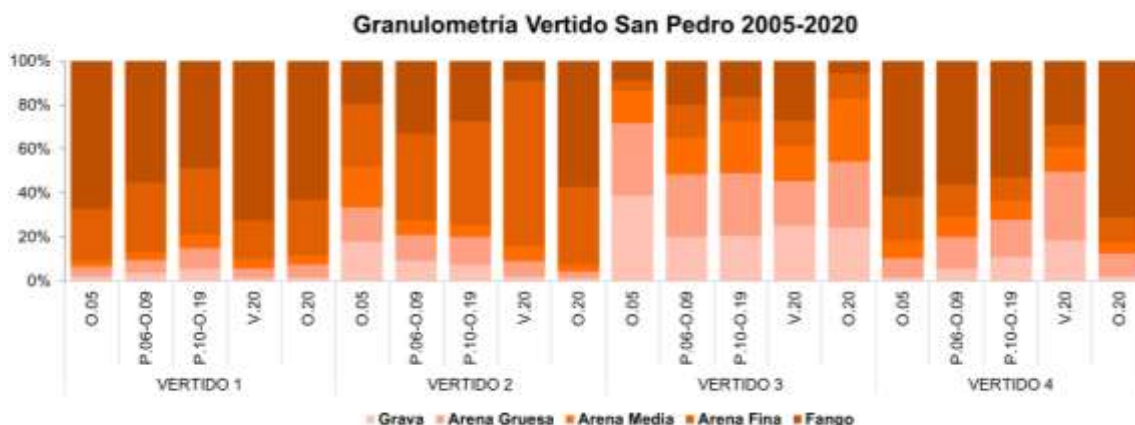


Figura 3.41. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño 2020. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20 y O.20).

En los diagramas triangulares se observa la evaluación de cada estación en base a su textura granulométrica. En el transecto norte, las estaciones N1, N2 y N3 mantienen la clasificación de fangos. Mientras la estación N4 se una composición arenosa, con un mayor porcentaje de lutitas durante el muestreo de otoño.

En el transecto del vertido, la estación V1 se mantiene con una composición similar a la de campañas anteriores, como fango arenoso. V2, por su parte ha mostrado en anteriores campañas una granulometría correspondiente a arenas con fango, mientras que en verano de este año la clasificación es de arenas y en otoño de fango arenoso. V3 se mantiene dentro de la clasificación de arenas, con un ligero desplazamiento hacia sedimento más fino durante el verano. Y, por último, V4 muestra un sedimento de arenas con fango en verano, mientras que en otoño corresponde a fangos arenosos, al igual que el promedio de las campañas anteriores (Figura 3.42).

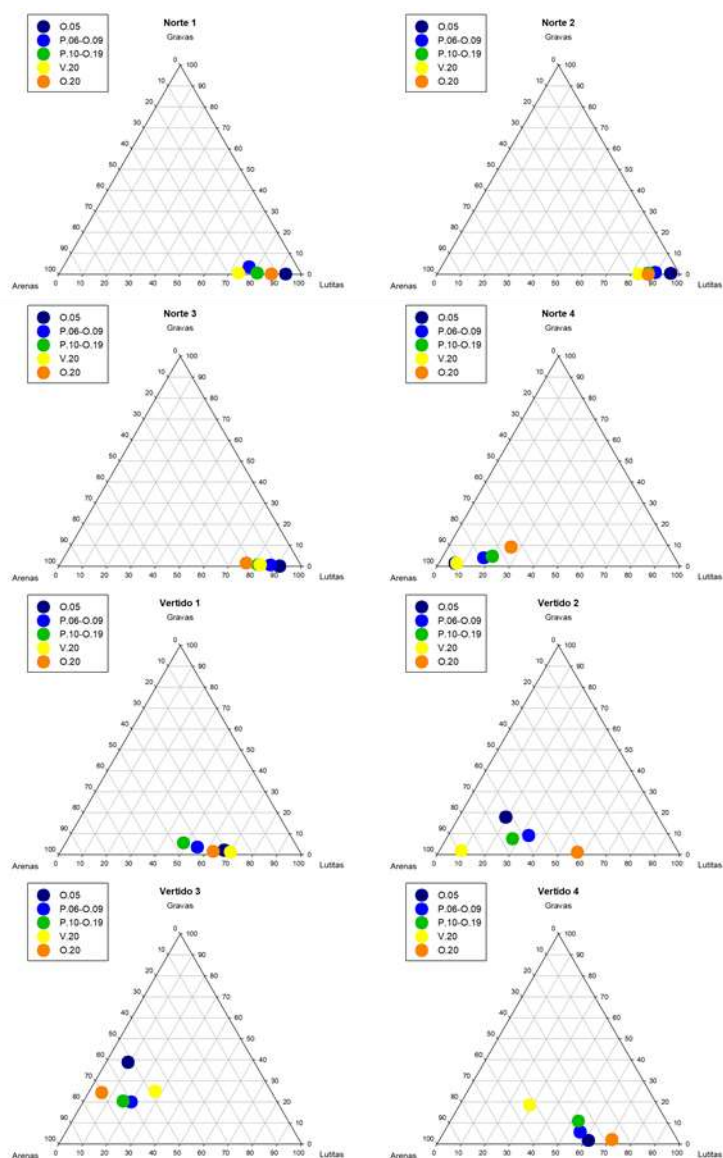


Figura 3.42. Representación del diagrama triangular de granulometría para estación muestreada a lo largo y en cada época de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20 y O.20).

Materia orgánica, pH y potencial redox.

El porcentaje de materia orgánica varía a lo largo del tiempo en cada estación de estudio. Los mayores valores se obtuvieron durante las primeras campañas de muestreo. Durante las campañas de estos años se detectan variaciones. En el transecto norte, los valores de otoño son siempre superiores a los de verano, aunque manteniendo valores similares al promedio de las campañas 2010-2019.

En el transecto vertido V1, V3 y V4 muestra valores superiores durante el verano, que superan al promedio de 2010-2019, aunque por debajo de los promedios de las campañas anteriores. Por su parte, V2 presenta valores inferiores a las campañas previas y los valores de otoño son ligeramente superiores a los de verano (Figura 3.43).

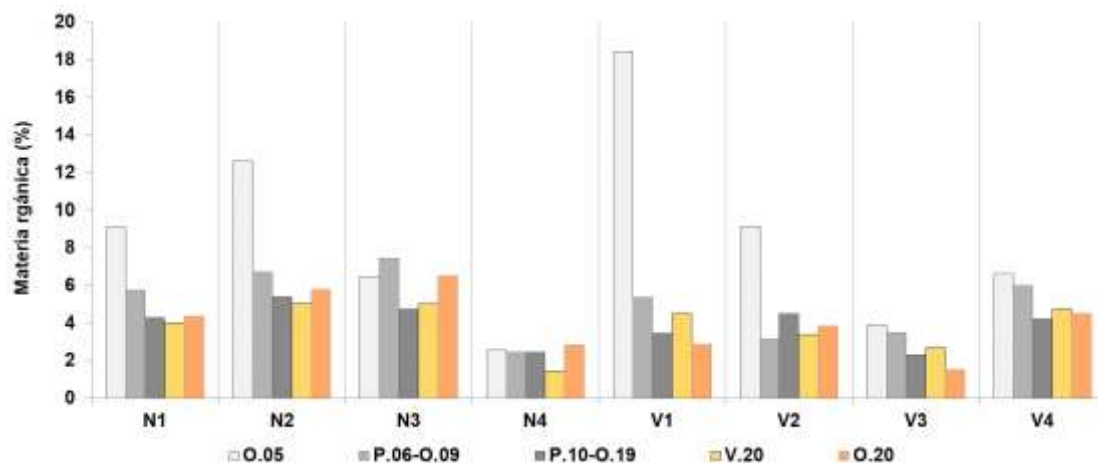


Figura 3.43. Representación en histograma del porcentaje medio de materia orgánica en cada estación y en cada época de muestreo Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20 y O.20).

A la hora de analizar los resultados del pH del sedimento, aunque los valores se mantienen dentro de un rango limitado, se puede observar cierta variabilidad temporal. Las cuatro estaciones del transecto norte, así como V1 y V3 muestran valores de pH superiores en otoño, respecto a verano, mientras que V2 y V4 presentan una tendencia inversa. En todos los casos el pH es superior al de la campaña de 2005 y similar a la media de 2010-2019 (Figura 3.44).

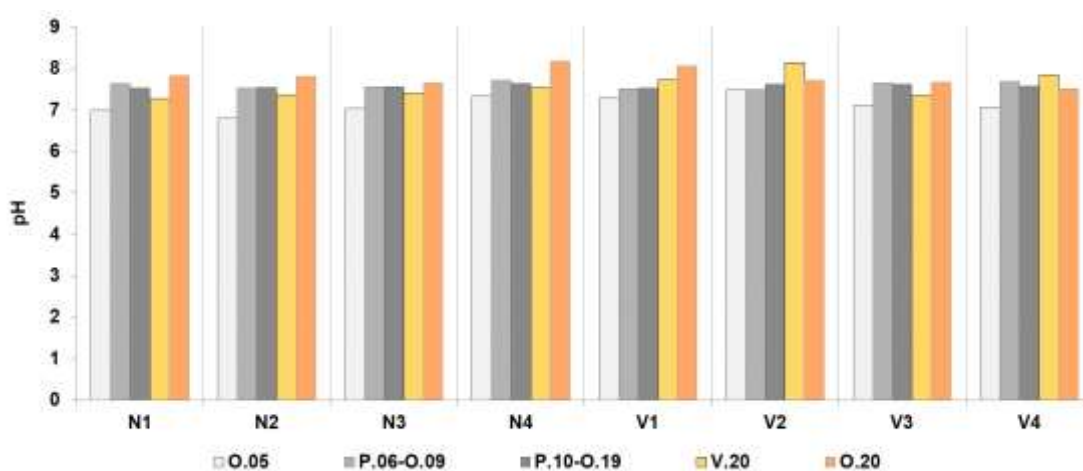


Figura 3.44. Representación en histograma del pH tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V20 y O.20).

El potencial redox presenta valores negativos en la mayor parte de las estaciones y campañas. En el transecto norte y en V2 y V4 este año se detectaron valores más reducidos durante la campaña de otoño. En V1 y V3, en otoño el sedimento muestra un mayor grado de oxigenación, alcanzando valores positivos en el caso de V3. En cuanto a los valores más bajos, son los mostrados por N3 en otoño y V1 en verano, siendo valores más reducidos que la media de las campañas anteriores. De hecho, exceptuando V3, todos los valores tomados en otoño fueron inferiores a la media de las campañas 2010-2019 (Figura 3.45).

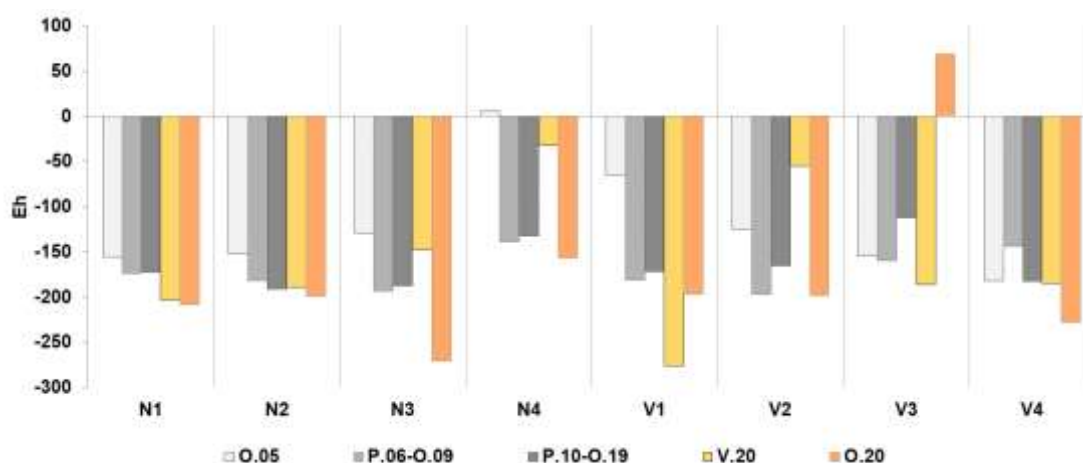


Figura 3.45. Representación en histograma del potencial redox tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20 y O.20).

3.5.6.2.- Estudio de la fauna general.

3.5.6.2.1.- Comparación de las campañas de otoño de 2005 a 2020.

Se detecta variabilidad temporal en los valores de abundancia total entre las distintas campañas de muestreo realizadas durante otoño. Al comparar la abundancia media entre las distintas campañas, observamos que durante la campaña actual el valor de abundancia medio (4137 ind./m²) es superior al valor obtenido el año 2018 y superior a la media de abundancias de los años

posteriores a la instalación del difusor. Únicamente las campañas de 2013, 2014, 2015, 2017 y 2019 muestran valores medios superiores.

En cuanto a la riqueza, se obtienen valores superiores de número medio de taxones identificados en comparación con todas las campañas anteriores a excepción de 2017 y 2019.

A continuación, se muestran los análisis univariantes y multivariantes que se aplicaron para la abundancia y la riqueza taxonómica registrada en las muestras recogidas durante otoño desde 2005 hasta 2020.

Análisis univariante.

Para el estudio la fauna general, se ha aplicado un análisis univariante tanto de su abundancia como de su riqueza taxonómica para los tres factores analizados: Tiempo (T1 (campaña de otoño de 2005), T2 (otoño de 2006), T3 (otoño de 2007), T4 (otoño de 2008), T5 (otoño de 2009), T6 (otoño de 2010), T7 (otoño de 2011), T8 (otoño de 2012), T9 (otoño de 2013), T10 (otoño 2014), T11 (otoño 2015), T12 (otoño 2016), T13 (otoño 2017), T14 (otoño 2018), T15 (otoño 2019) y T16 (otoño de 2020)); transecto (norte y vertido) y distancia (1, 2, 3 y 4).

Al analizar los valores de abundancia total, se detectan diferencias significativas en la interacción entre los tres factores $Ti \times Tr \times Di$ ($p = 0.0088$). El test SNK muestra una alta variabilidad anual. N1, N2, N3, V1 y muestran valores de abundancia mayores que la media de abundancia de las campañas muestreadas tras la instalación del difusor, aunque sin diferencias estadísticamente significativas. N1 y N3 sí muestran valores significativamente superiores en comparación con la campaña de 2006. N4 y V3 muestran valores inferiores a la media de las campañas posteriores a la instalación del difusor. Sin embargo, estas diferencias no muestran significancia estadística en el caso de N4 pero V3 sí mostró una abundancia significativamente menor en comparación con la campaña de 2015 en esa misma estación. V2 muestra abundancias inferiores a la media de las últimas campañas realizadas, siendo esta diferencia significativa en comparación con el año 2016. V4 muestra valores superiores en abundancia de individuos en comparación con todas las medias anteriores aunque esta diferencia no es significativa.

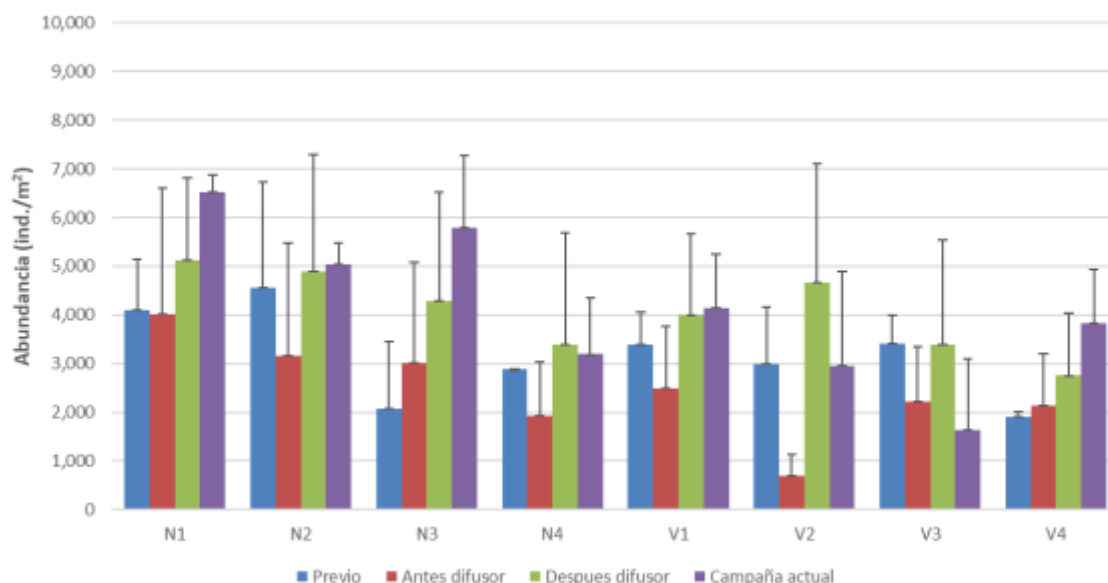


Figura 3.46. Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019), así como en la campaña actual (2020).

El estudio de la riqueza taxonómica también revela diferencias significativas en la interacción entre los tres factores estudiados TixTrxDi ($p= 0.014$).

Las estaciones N1 y N2 muestran una riqueza superior a anteriores campañas siendo esta diferencia estadísticamente significativa en comparación con los valores de la campaña de 2006. Esta diferencia también aparece en la estación N3 que además también es significativamente más rica en taxones que en la campaña de 2010. Las estaciones N4 y V3 muestran valores ligeramente inferiores a las campañas posteriores al difusor, mientras que V1 y V4 presentan valores superiores. Sin embargo, en ninguno de estos casos estas diferencias son significativas. V2, por el contrario, sí muestra valores de riqueza significativamente superiores a los de las campañas previas a la instalación del difusor (2006, 2007, 2008 y 2009), aunque ligeramente inferiores a las últimas campañas (Figura 3.47).

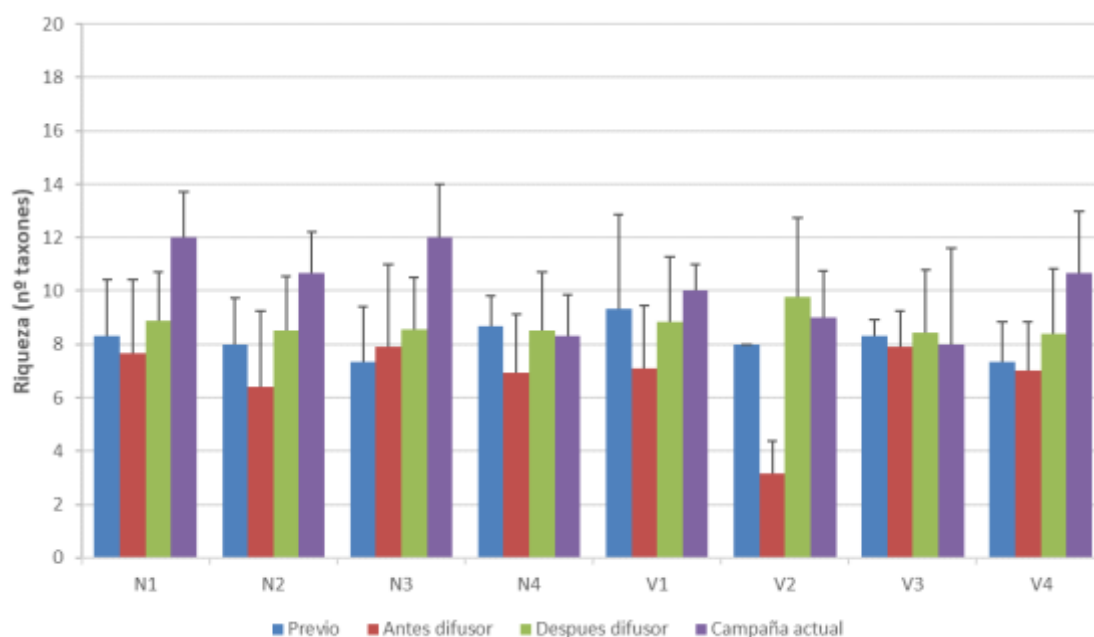


Figura 3.47. Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019), y la campaña actual (campaña del 2020).

Análisis multivariante.

Se realizó un análisis multivariante de los muestreos de otoño realizados del 2005 al 2020. Se obtuvo un MDS (Figura 3.48) donde se puede observar la variación de V2 respecto al resto de estaciones entre los distintos años. El grupo I está formado por las estaciones vertido de los años 2007, 2008 y 2009, que muestran una mayor distancia con el resto de las estaciones. El grupo II lo forman la mayoría de estaciones vertido después del difusor, además de la 2006. La mayoría de las estaciones alejadas del vertido se diferencian en el grupo II. La estación del vertido de los años 2010, 2016, 2017 y 2019 forman el grupo III.

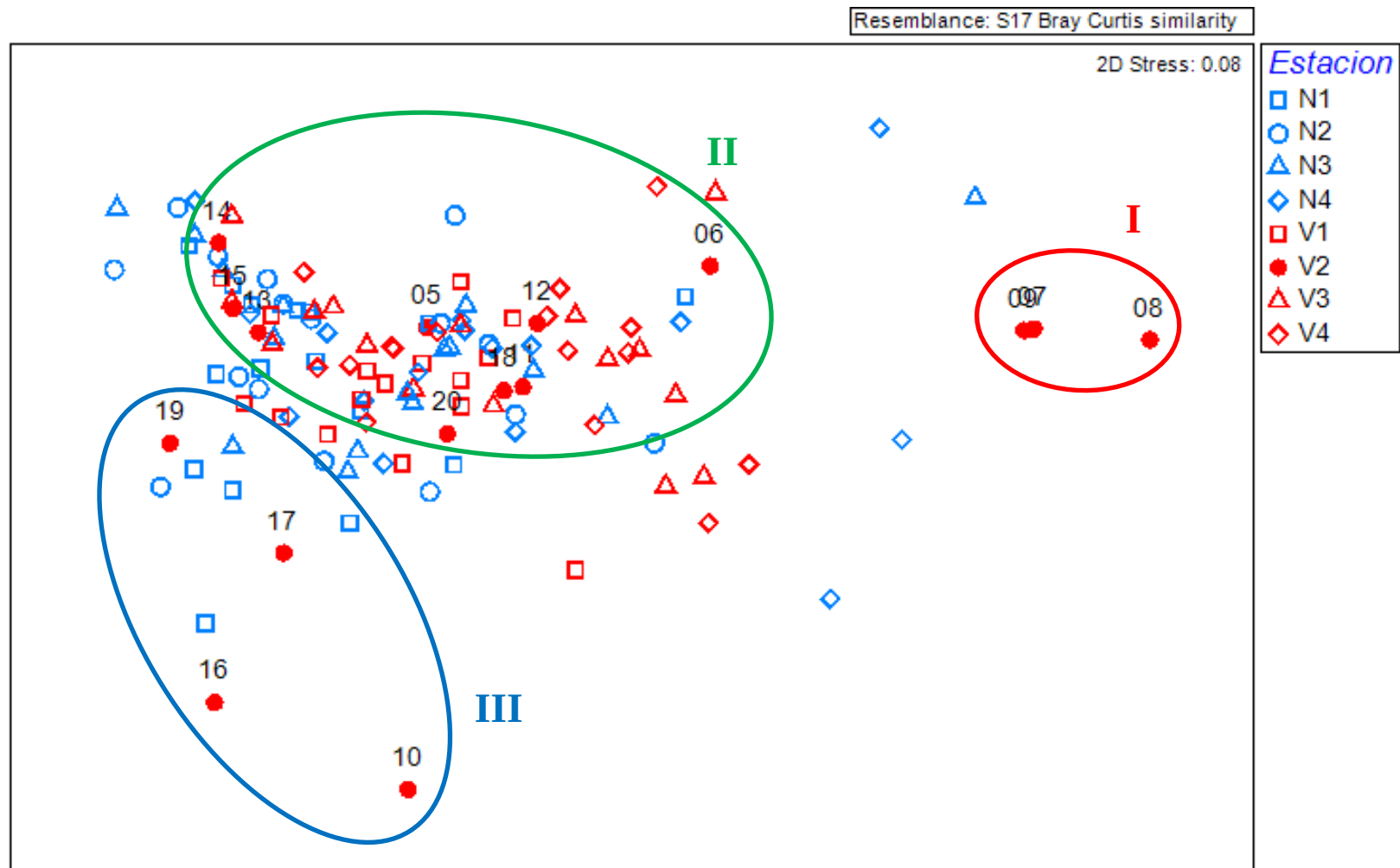


Figura 3.48. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las once campañas de muestreo en otoño (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020).

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) (Tabla 3.24), con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a los cambios detectados en la estación del vertido (V2) entre los años. En los porcentajes de similitud se observa como los poliquetos son el taxón que más contribuye a la similitud dentro de cada grupo en el caso de los grupos 1 y 2. Los siguientes taxones por orden de relevancia son los bivalvos y los anfípodos y los bivalvos, respectivamente. Sin embargo, en el caso del grupo 3, el taxón de mayor relevancia son los anfípodos, seguidos por poliquetos y bivalvos.

Grupo	Grupos Taxon.	AM	PA
1			
SM: 83.04			
	Polychaeta	378.57	84.32
	Bivalvia	60.86	95.04
2			
SM: 65.62			
	Polychaeta	2469.26	79.41
	Amphipoda	318.55	87.98
	Bivalvia	166.35	93.29
3			
SM: 65.92			
	Amphipoda	2787.72	51.23
	Polychaeta	2090.5	88.01
	Bivalvia	276.44	91.65

Tabla 3.24. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de grupos taxonómicos respecto a las agrupaciones establecidas. SM: Similitud media en cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

La tabla 3.25, muestra las diferencias entre los grupos formados en el análisis multiescalar MDS y los grupos taxonómicos que más contribuyen a la disimilitud entre ellas.

Por lo que se refiere a los grupos 1 y 2, se diferencian principalmente en que se detectan menores abundancias en el grupo 1 de todos los taxones mostrados, siendo estos, por orden de relevancia: poliquetos, anfípodos, bivalvos, nemátodos y tanaidáceos. Lo mismo ocurre al comparar el grupo 1 con el 3, cambiando la influencia de los nemátodos por los ostrácodos. Entre los grupos 2 y 3 la principal diferencia se encuentra en la mayor abundancia de anfípodos en el 3. En este grupo además son más abundantes los bivalvos, tanaidáceos y

ostrácodos. Sin embargo, el grupo 2 presenta mayores abundancias en poliquetos y nemátodos.

Grupo (x/y)	Grupos Taxon.	AM x	AM y	PA
1/2				
DM: 71.77				
	Polychaeta	378.57	2469.26	71.02
	Amphipoda	22.8	318.55	81.66
	Bivalvia	60.86	166.35	85.65
	Nematoda	4.44	83.96	89.25
	Tanaidacea	0	41.54	90.85
1/3				
DM: 84.95				
	Amphipoda	22.8	2787.72	49.94
	Polychaeta	378.57	2090.5	80.11
	Bivalvia	60.86	276.44	84.68
	Tanaidacea	0	195.44	88.3
	Ostracoda	0	122.98	90.48
2/ 3				
DM: 51.17				
	Amphipoda	318.55	2787.72	52.52
	Polychaeta	2469.26	2090.5	78.02
	Bivalvia	166.35	276.44	82.65
	Tanaidacea	41.54	195.44	86.29
	Ostracoda	11.59	122.98	88.65
	Nematoda	83.96	43.86	90.21

Tabla 3.25. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el primer grupo analizado. AMy: Abundancia media en el segundo grupo a comparar. DM: Disimilitud media entre los grupos. PA: Porcentaje acumulado.

3.5.6.3.- Poliquetos.

3.5.6.3.1.- Comparación de las campañas de otoño del 2005 al 2020.

Al analizar todas las estaciones durante las campañas de muestreo de otoño se observan variaciones temporales en la abundancia de poliquetos en el área de estudio. En el total de muestras analizadas se han separado e identificado un número de individuos que oscila entre los 962 individuos de 2010 a los 3499 individuos de 2015, considerando los tres transectos. Durante esta última campaña (2020) se identificaron un total de 2281 individuos distribuidos en un total de 40 familias en los transectos del norte y vertido; mientras que en 2018

se identificaron un total de 1161 individuos, comprendidos en 39 familias y en 2019 se analizaron 2094 individuos comprendidos en 36 familias. Del mismo modo el número de familias de poliquetos en el total de muestras ha oscilado desde 34, detectadas en 2006, a 43 en la campaña del 2013, siendo de 40 el número de familias detectados en 2020. Al igual que en la campaña del 2019, las familias dominantes en otoño 2020 han sido Paraonidae, Syllidae, Lumbrineridae, Capitellidae, Sabellidae y Spionidae, junto a la familia Cirratulidae, no dominante en 2019. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae y Syllidae dominan la comunidad de la zona de estudio durante las dieciséis campañas de muestreo realizadas en el otoño.

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 factores analizados; **transecto** (norte, vertido), **distancia** (1, 2, 3, 4) y **tiempo** (T1 (campaña otoño 2005), T2 (otoño 2006), T3 (otoño 2007), T4 (otoño 2008), T5 (otoño 2009), T6 (otoño 2010), T7 (otoño 2011), T8 (otoño 2012), T9 (otoño 2013), T10 (otoño 2014), T11 (otoño 2015), T12 (otoño 2016), T13 (otoño 2017), T14 (otoño 2018), T15 (otoño 2019) y T16 (otoño 2020).

Considerando los valores de **abundancia** no se detectan diferencias significativas para la interacción $T_i \times T_r \times D_i$ ($p=0.02$, para $\alpha=0.01$). Se detectan diferencias significativas para la interacción $T_i \times L_o$ ($P=0.0001$) y $T_i \times D_i$ ($p=0.0031$) y $L_o \times D_i$ ($p=0.0066$). Se aplica el test SNK para detectar que tratamientos dentro de cada factor están marcando las diferencias. Al analizar los cambios temporales, se siguen observando las variaciones interanuales detectadas en campañas previas. Estas variaciones muestran un patrón cíclico de los valores de abundancia a lo largo del tiempo. Estas variaciones interanuales se observan en todos los transectos; tanto para la localidad norte como para el vertido (no siendo tan acusado en este último) como para cada una de las distancias. Se detecta un descenso de las abundancias en la localidad vertido durante las campañas 2007, 2008 y 2009, principalmente en las estaciones V1, V2 y V3. Este descenso también se observa en 2012, 2014 y 2020. Al analizar cada distancia en el tiempo se observa que, en 2008, este descenso se detecta principalmente en la distancia 2.

Aunque no se detecten diferencias significativas se observa el mismo patrón en la estación V2, donde se observaba un descenso de las abundancias hasta la campaña del 2010, momento en el que hay un incremento de las abundancias; incremento que se mantiene en esta última campaña.

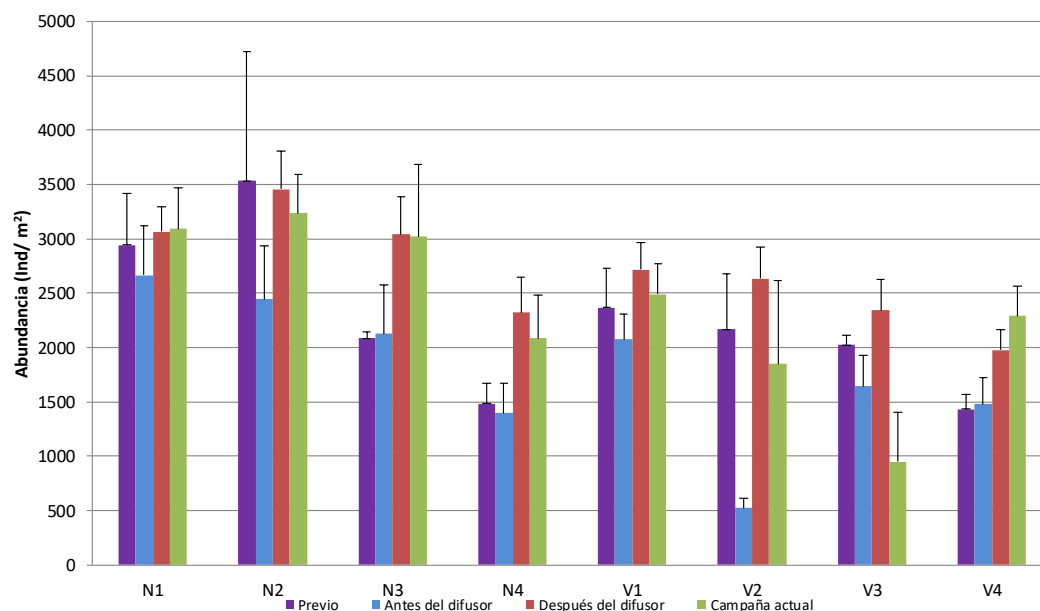


Figura. 3.50: Abundancia media en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019), así como en la campaña actual (campaña del 2020).

Considerando la **riqueza**, se detectan diferencias significativas para la interacción de los tres factores $Ti \times Tr \times Di$ ($p < 0.01$). Se aplica el test SNK para detectar que tratamientos dentro de cada factor están marcando las diferencias.

Al analizar los cambios entre los distintos transectos y las distintas distancias a lo largo de las doce campañas de muestreo, las principales diferencias vienen marcadas en el transecto del vertido. En dicho transecto se produce un descenso de la riqueza en la distancia 2, siendo más acusado en las campañas de otoño del 2007, 2008 y 2009. Sin embargo, a partir de la campaña del 2010 no se detecta dicho descenso. Es decir, al igual que ocurre con la abundancia, el número medio de familias de poliquetos descienden en la estación localizada en la boca del vertido, con respecto al resto de las estaciones, durante las

campañas posteriores al comienzo de la actividad. Sin embargo, dicho descenso parece no mantenerse a partir de la campaña del 2010, momento en el que se ha instalado el difusor. Por lo que no se detectan diferencias significativas en las once últimas campañas (2010 al 2020). Es decir, se mantiene el patrón detectado en las últimas 11 campañas.

Al igual que lo observado en la abundancia; al analizar la evolución temporal de las familias de poliquetos también se detectan variaciones interanuales.

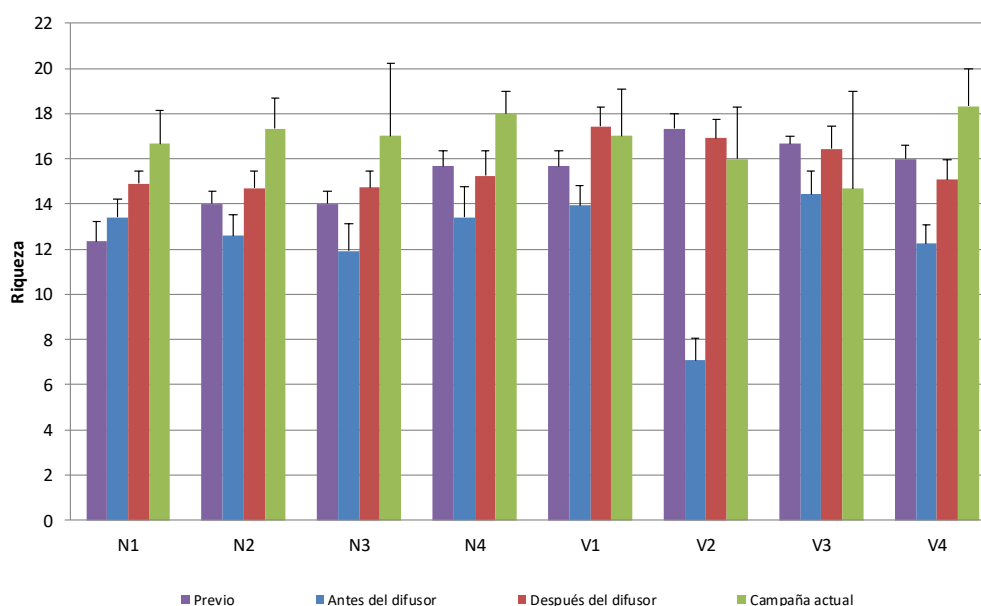
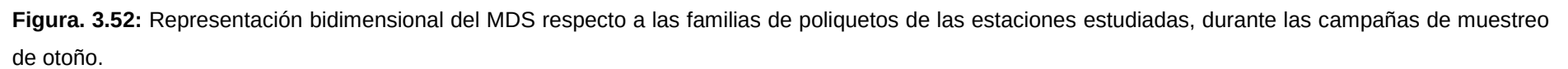


Figura. 3.51: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.2017, 2018, 2019), así como en la campaña actual (campaña del 2020).

Análisis multivariante

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) se puede apreciar, la existencia de un eje principal. Un eje que nos separa la mayoría de las estaciones localizadas en el transecto norte, junto a la estación V1 (grupo E) de un gran número de las campañas, respecto a la mayoría de las estaciones vertido. Estas estaciones del vertido, junto a la estación N4, de la mayoría de las campañas (grupo D),

constituyen un grupo algo más heterogéneo. Probablemente esta segregación sea debida a las características físicas del sedimento. En segundo lugar, la estación V2 se disgrega entre distintos grupos en función de la campaña de muestreo. Se detecta una segregación en la composición de la comunidad de poliquetos en la estación próxima al vertido durante las campañas 2007, 2008 y 2009, junto a la estación N3.O.06. (grupo B). Durante la campaña del 2010 la estación V2, también se segrega, pero con altos valores de disimilitud respecto a las campañas del 2007, 2008 y 2009; probablemente mostrando una situación intermedia en cuanto a la composición del poblamiento de poliquetos. A partir de esa fecha, y debido a la instalación de la pieza difusora al final del emisario, la estación más próxima al vertido se acerca a los controles, demostrando la efectividad de la medida correctora adoptada para reducir el impacto del vertido. De modo que durante las últimas campañas (del 2011 al 2020) no se mantiene la segregación detectada en campañas anteriores y se aproximan al resto de estaciones incluidas en el grupo D (V2. O. 06, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19 y 20), junto a V2.O.06, mientras que la estación V2.O.14 se asemeja al grupo E.. El grupo A se caracteriza por presentar un número reducido de estaciones sin ningún patrón determinado (V2.O.10, V3.O.10 y 11, V4.O. 10 y 12, y N4.O.06, 10 y 11). La mayoría de las estaciones durante la campaña del 2005 se agrupan entre ellas (grupo C).



Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas entre los distintos transectos ($p=0.001$, $R=0.162$) y entre las distintas distancias, pero con menores valores de correlación ($p=0.001$, $R=0.106$). También se detectan diferencias entre las distintas campañas de muestreo ($p=0.001$; $R=0.291$).

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER), con la finalidad de conocer que familias de poliquetos contribuyen a la similitud dentro de cada grupo establecido a partir del *cluster*, así como las que contribuyen a la disimilitud entre grupos.

Las familias Lumbrineridae, Capitellidae, Syllidae, Paraonidae, Eunicidae y Onuphidae son las implicadas en el 64.93% de similitud dentro del grupo A, siendo las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae, Nephtyidae y Magelonidae las implicadas en el 93.13% de la similitud detectada en el grupo B. En el grupo C, las familias implicadas en el 73.46% de la similitud (52.89%) han sido Paraonidae, Lacydoniidae, Cossuridae, Sabellidae y Nephtyidae. Respecto al grupo D, las familias responsables del 72.11% de similitud (50.55%) han sido Syllidae, Paraonidae, Lumbrineridae, Eunicidae, Capitellidae, Cirratulidae, Onuphidae, Sabellidae y Spionidae. Finalmente, las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Magelonidae, Capitellidae, Cirratulidae y Spionidae están implicadas en la similitud detectada en el grupo E (55.82%).

Grupo	Familia	AM	PA
A			
SM: 49.61			
	Lumbrineridae	53.77	13.29
	Capitellidae	44.89	25.6
	Syllidae	54.8	37.28
	Paraonidae	43.84	48.15
	Eunicidae	40.72	58.33
	Onuphidae	68.39	64.93
B			
SM: 48.43			
	Paraonidae	82.39	30.22
	Lumbrineridae	81.31	54.97
	Capitellidae	33.36	68.73
	Nephtyidae	46.98	81.38
	Magelonidae	63.6	93.13

C			
SM: 52.89			
	Paraonidae	537.5	21.82
	Lacydoniidae	335.94	42.49
	Cossuridae	252.6	55.23
	Sabellidae	195.83	67.89
	Nephtyidae	111.46	73.46
D			
SM: 50.53			
	Syllidae	329.47	15.71
	Paraonidae	240.44	27.08
	Lumbrineridae	150.67	35.64
	Eunicidae	140.94	43.07
	Capitellidae	138.17	49.82
	Cirratulidae	135.36	56.25
	Onuphidae	112.31	61.79
	Sabellidae	133.63	67.16
	Spionidae	143.84	72.11
E			
SM: 55.88			
	Paraonidae	720.81	29.76
	Lumbrineridae	384.45	47.67
	Magelonidae	276.1	58.42
	Capitellidae	218.47	67.02
	Cirratulidae	188.76	73.94
	Spionidae	272.65	79.3

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

Las familias Onuphidae, Magelonidae, Lumbrineridae, Syllidae, Nephtyidae, Paraonidae, Eunicidae, Maldanidae, Lacydoniidae, Cossuridae, Sabellidae, Spionidae, Cirratulidae y Capitellidae son las implicadas en la disimilitud entre los distintos grupos establecidos. Estas diferencias son debidas al dominio de las familias Magelonidae, Lumbrineridae, Paraonidae, Spionidae en el grupo establecido por las estaciones más próximas al vertido de aguas residuales (grupo E). Sin embargo, en la mayoría de las estaciones caracterizadas por la heterogeneidad del sedimento (grupo D) son las familias Onuphidae, Syllidae, Eunicidae y Maldanidae las que marcan la diferencia respecto al resto de los grupos. Presentando altas abundancias de las familias Spionidae, Cirratulidae y Capitellidae en ambos grupos. Las estaciones cercanas al punto de vertido incluidas en el grupo B (principalmente durante las campañas 2007, 2008, 2009), junto a la estación N3 del 2006, se caracterizan por presentar menores

valores de abundancia y riqueza, siendo las familias Lumbrineridae, Paraonidae y Magelonidae las más abundantes, respecto al resto de familias de poliquetos. En el grupo A se detecta principalmente un descenso de la abundancia. El grupo C, que contiene la mayoría de las estaciones de la campaña del 2005, se caracteriza por el dominio de la familia Paraonidae, con respecto al resto de las familias presentes en este grupo, siendo también abundantes las familias Cossuridae y Lacydoniidae.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
A / B				
DM: 61.93				
	Onuphidae	68.39	0	10.28
	Magelonidae	22.45	63.6	19.25
	Lumbrinereidae	53.77	81.31	27.34
	Syllidae	54.8	9.4	35.2
	Nepthyidae	36.01	46.98	42.62
	Paraonidae	43.84	82.39	49.99
	Eunicidae	40.72	7.3	55.29
A / C				
DM: 77.04				
	Paraonidae	43.84	537.5	20.17
	Lacydoniidae	1.57	335.94	34.81
	Cossuridae	0	252.6	45.45
	Sabellidae	20.36	195.83	54.03
	Onuphidae	68.39	81.25	59.11
	Syllidae	54.8	96.88	63.81
A / D				
DM: 67.85				
	Syllidae	54.8	329.47	12.63
	Paraonidae	43.84	240.44	22.7
	Spionidae	9.4	143.84	28.96
	Cirratulidae	13.57	135.36	34.76
	Sabellidae	20.36	133.63	40.36
	Lumbrinereidae	53.77	150.67	45.46
	Onuphidae	68.39	112.31	50.55
	Eunicidae	40.72	140.94	55.52
	Capitellidae	44.89	138.17	60.35
A / E				
DM: 78.27				
	Paraonidae	43.84	720.81	23.21
	Lumbrinereidae	53.77	384.45	35.26
	Magelonidae	22.45	276.1	44.64
	Spionidae	9.4	272.65	52.73
	Capitellidae	44.89	218.47	59.45
	Cirratulidae	13.57	188.76	65.29

B / C				
DM: 82.54				
	Paraonidae	82.39	537.5	19.26
	Lacydoniidae	0	335.94	34.27
	Cossuridae	0	252.6	45.08
	Sabellidae	3.13	195.83	54.72
	Syllidae	9.4	96.88	59.96
B / D				
DM: 76.93				
	Syllidae	9.4	329.47	14.22
	Paraonidae	82.39	240.44	23.08
	Eunicidae	0	140.94	29.33
	Spionidae	7.3	143.84	35.54
	Cirratulidae	9.38	135.36	41.32
	Sabellidae	0	133.63	47.06
	Onuphidae	3.13	112.31	52.54
	Capitellidae	33.36	138.17	57.58
B / E				
DM: 76.80				
	Paraonidae	82.39	720.81	23.81
	Lumbrinereidae	81.31	384.45	35.89
	Magelonidae	63.6	276.1	45.06
	Spionidae	0	272.65	54.07
	Capitellidae	33.36	218.47	61.91
	Cirratulidae	9.38	188.76	68.52
C / D				
DM: 66.19				
	Paraonidae	537.5	240.44	13.26
	Lacydoniidae	335.94	2.09	24.29
	Syllidae	96.88	329.47	32.44
	Cossuridae	252.6	5.48	40.38
C / E				
DM: 65.37				
	Paraonidae	537.5	720.81	14.5
	Lumbrinereidae	2.08	384.45	25.9
	Lacydoniidae	335.94	2.78	36.23
	Spionidae	32.81	272.65	43.15
	Magelonidae	104.17	276.1	49.34
	Cossuridae	252.6	80.54	55.07
	Cirratulidae	2.6	188.76	60.29
	Capitellidae	61.46	218.47	65.47
	Sabellidae	195.83	56.04	70.63
D / E			720.81	14.5
DM: 60.55				
	Paraonidae	240.44	720.81	15.82
	Syllidae	329.47	21.36	25.6
	Lumbrinereidae	150.67	384.45	33.63
	Spionidae	143.84	272.65	41.37

Magelonidae	89	276.1	48.25
Capitellidae	138.17	218.47	53.52

Tabla 3.27: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en la estación x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

3.5.7.- Transectos de videocámara.

Durante los transectos realizados con videocámara (anexo IX) en verano y otoño se observan diferencias en la composición de especies y sustrato entre las distintas estaciones.

En las estaciones situadas al norte del vertido se observa un sustrato sedimentario caracterizado por sustratos principalmente fangosos. Aparecen individuos del orden Pennatulacea, los cuales son especialmente abundantes durante primavera en las estaciones N1, N2 y N3.

En el transecto del vertido se observan individuos dispersos de la familia *Gorgoniidae* en las estaciones V2, V3 y V4. Se observan en V2 individuos de *Echinaster sepositus* durante el verano y de *E. sepositus*, *Holothuria sp.* y *Myxicola infundibulum* durante el otoño, además de un ejemplar de *Pteromylaeus bovinus*.

Por lo que se refiere a las estaciones del transecto sur, el sedimento se identifica también como arenoso. La estación S1 muestra ejemplares de *Coris julis* y *E. sepositus* durante el muestreo de verano y una amplia colonización por *Caulerpa cylindracea* en otoño. En las estaciones S3 y S4 se observó una alta densidad de *Gorgoniidae*, diferenciándose varias especies como *Eunicella singularis*, *Eunicella cavolinii* o *Leptogorgia sarmentosa*. Además aparecen individuos de los equinodermos *E. sepositus* y *Holothuria sp.* y de *Bonelia viridis* en la estación S3.

Phylum	Especie/Grupo	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4	S1	S2	S3	S4
Porifera	Porifera											●	●
Cnidaria	Pennatulacea	●	●	●									
Cnidaria	<i>Eunicella singularis</i>						●	●	●			●	●
Cnidaria	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>						●	●	●			●	●

Annelida	<i>Bonelia viridis</i>											●	
Annelida	<i>Myxicola infundibulum</i>							●					
Echinoder mata	<i>Echinaster sepositus</i>						●	●		●			●
Echinoder mata	<i>Astropecten aranciacus</i>	●											
Echinoder mata	<i>Holothuria sp.</i>						●						
Chordata	<i>Coris julis</i>									●		●	●
Chordata	<i>Diplodus vulgaris</i>												
Chordata	<i>Pteromylaeus bovinus</i>							●					

Tabla 3.28: Grupos identificados en los transectos con videocámara durante las campañas de verano y otoño de 2020.

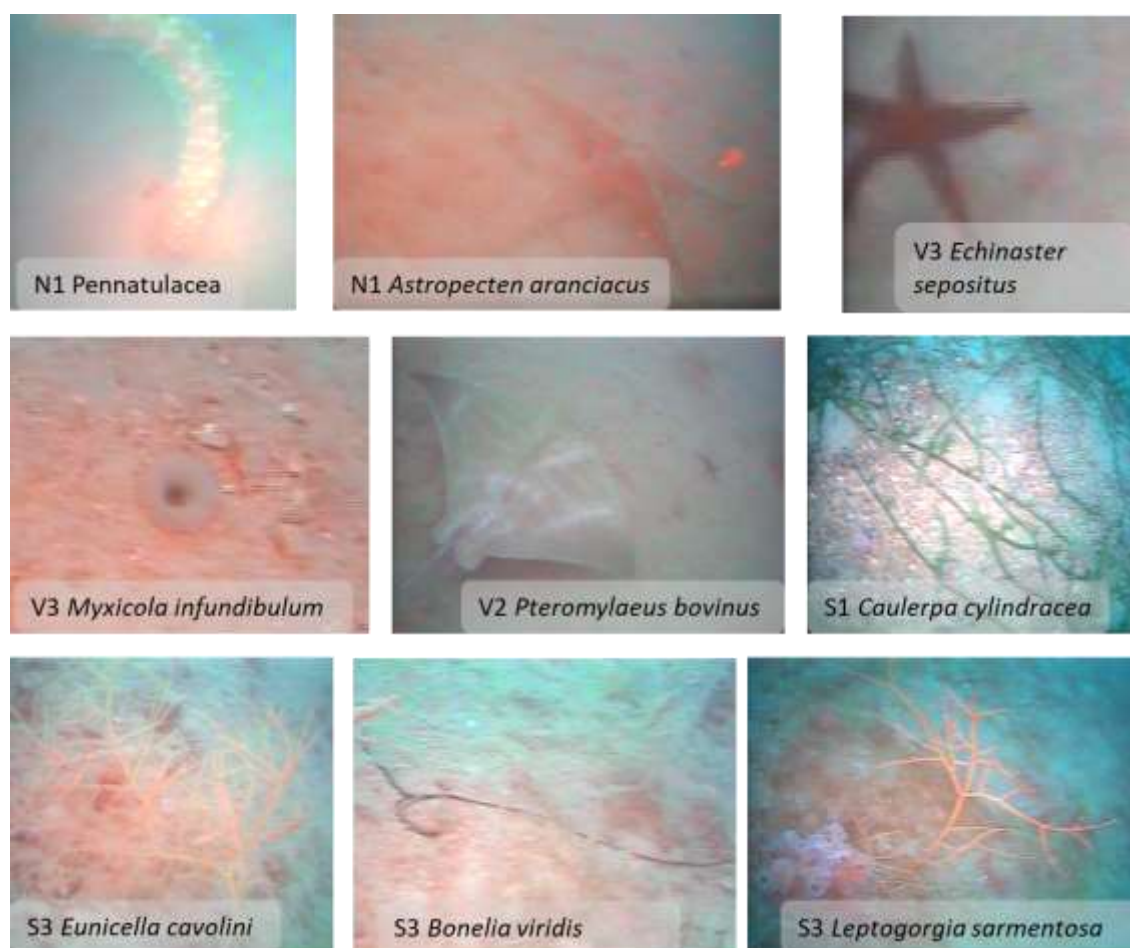


Figura. 3.53. Grupos taxonómicos observados durante la realización de los transectos con videocámara.

3. 7.- Pradera de *Posidonia oceanica*

3.7.1.- Densidad

En el muestreo de este año tampoco se detectaron diferencias significativas para la densidad de haces vivos entre las distintas localidades estudiadas (Tabla 3.29). Los valores de densidad más elevados se observan en la localidad L4 (117 haces m⁻²) y en la localidad L3 (81 haces m⁻²). En el resto de localidades las densidades estuvieron comprendidas entre 50 y 70 haces m⁻² (Figura 3.54).

Al comparar estos datos con los de los años anteriores se siguen detectando diferencias significativas al observarse una disminución significativa de este parámetro respecto a los primeros años de funcionamiento del emisario (2005-2009). Detectándose una interacción entre el factor tiempo y el factor localidad (Tabla 3.29 y Figura 3.54).

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Densidad (haces m⁻²)	Tiempo	15	10999.7531	7.43	***	Residual
	Localidad	4	38300.1845	25.86	***	Residual
	Tiempo*Localidad	60	2696.0829	1.82	***	Residual
	Residual	240	1480.8621			
Mortalidad (haces m⁻²)	Tiempo	15	2976.2153	32.21	***	Residual
	Localidad	4	3353.3054	36.29	***	Residual
	Tiempo*Localidad	60	362.3983	3.92	***	Residual
	Residual	240	92.3937			

Tabla 3.29: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad y mortalidad de haces de *Posidonia oceanica* obtenidos en las parcelas permanentes previa (2005) y posteriormente (2006 - 2020) al funcionamiento del emisario. GI = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = p < 0.05, ** = p < 0.01, *** = p < 0.001, ns = no significativo.

Los valores de densidad de rizomas muertos se mantienen similares a los del año anterior (Figura 3.54), con valores comprendidos entre 1 y 9 haces m⁻², en todas las localidades excepto en la L3 donde no se detectan haces muertos. Además, también se observa un cambio significativo de este descriptor respecto a la interacción de la localidad por el tiempo (Tabla 3.29), en parte

debido al incremento que se dio durante los primeros años en algunas de las localidades (L2, L3, L4 y L5), seguido de una disminución significativa de esta variable en esas mismas localidades a partir del periodo 2012-2013.

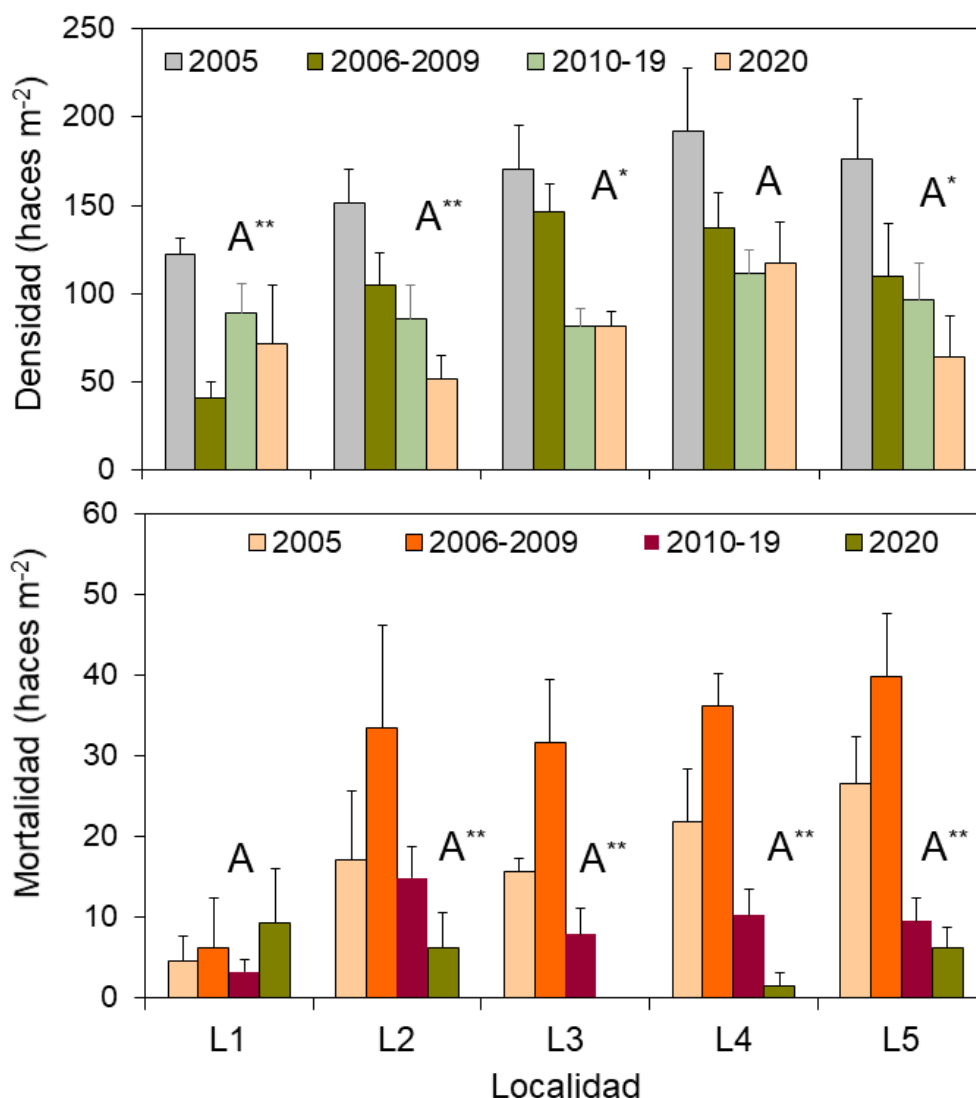


Figura 3.54: Representación gráfica de los datos de densidad media y densidad de haces muertos (haces m⁻²) obtenidos en las localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2020) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (*<0.05 y **<0.01).

Respecto a los porcentajes de haces plagiotropos (Figura 3.55), en este muestreo no se detectan diferencias significativas entre las localidades de estudio. Los valores máximos se observaron en la localidad L5 (16 %), mientras que en la localidad L3 todos los haces muestreados eran ortótropos.

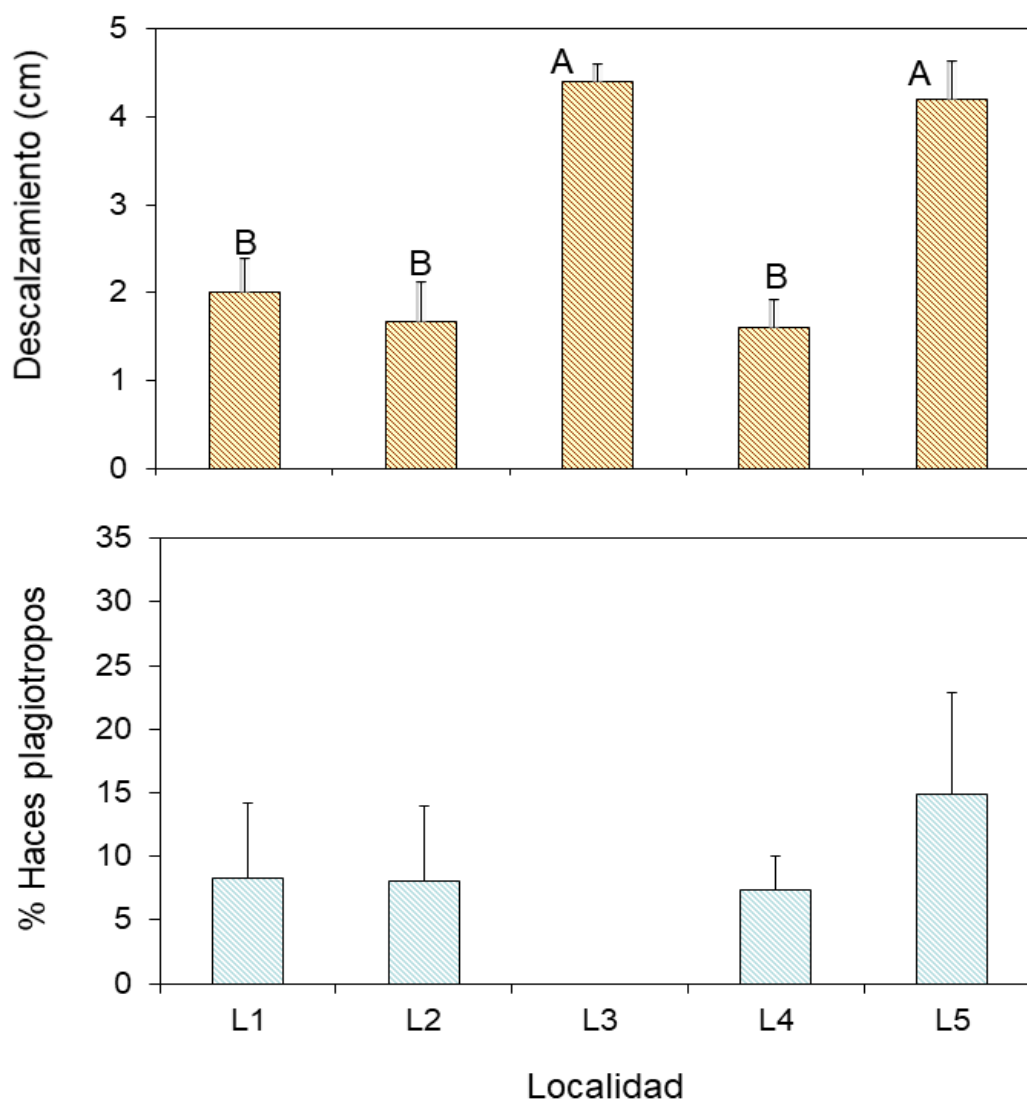


Figura 3.55: Representación gráfica de los datos de descalzamiento de los haces de *Posidonia oceanica* (cm) y del porcentaje de haces plagiotropos (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico).

Sí se detectaron diferencias entre el descalzamiento de los haces de las cinco localidades (Figura 3.55), destacando las localidades L3 y L5, con haces que sobrepasan en 4.4 y 4.2 cm el sedimento, respectivamente.

3.7.2.- Cobertura

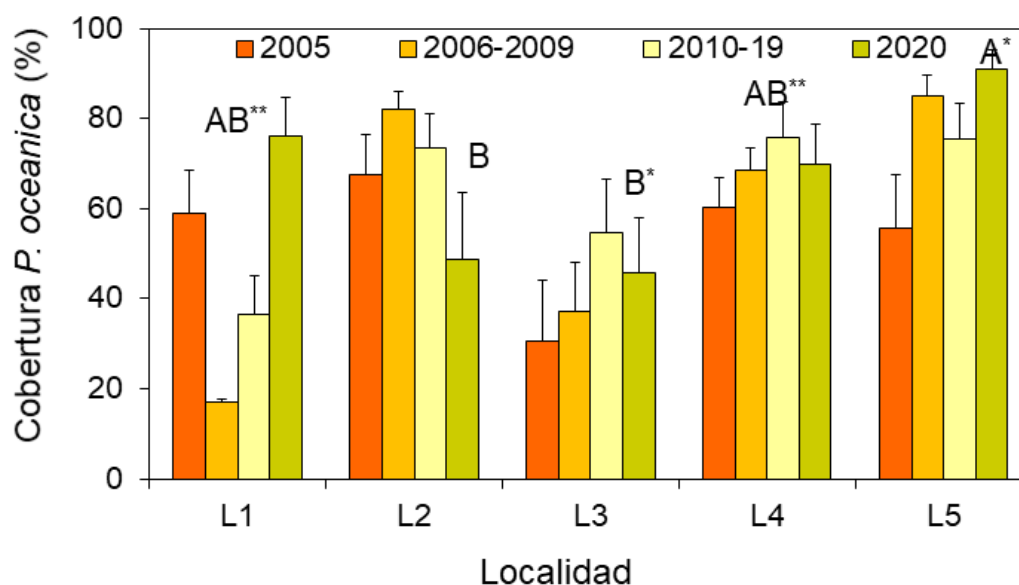


Figura 3.56: Representación gráfica de los datos de cobertura de *Posidonia oceanica* (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2020) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (*<0.05 y **<0.01).

La cobertura de *Posidonia oceanica* es considerada como un parámetro bastante variable, como se puede observar en la Figura 3.56. En la zona de estudio este año también se detectaron diferencias significativas entre las distintas localidades (Tabla 3.30). Con valores mínimos para las localidades L2 (49 %) y L3 (46 %), mientras que se estimó una cobertura de 70-90 % de *Posidonia* en el resto de las localidades.

Comparando los datos de este año con los del anterior, se detecta un aumento de este parámetro en las localidades L1 y L5, probablemente debido a la alta variabilidad asociada al método de muestreo empleado. Al compararlo con el resto de años se observa una tendencia estable para este parámetro (Figura 3.56).

Parámetro	Fuente de variabilidad	Gl	CM	F	p	F versus
Cobertura (%)	Tiempo	15	575.5419	2.42	**	Residual
	Localidad	4	15027.7909	63.07	***	Residual
	Tiempo*Localidad	60	798.4902	3.35	***	Residual
	Residual	240	238.2646			
Parámetro	Fuente de variabilidad	Gl	CM	F	p	F versus

Tabla 3.30: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de cobertura de *Posidonia oceanica* obtenidos en las parcelas permanentes previa y posteriormente al funcionamiento del emisario. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.

3.7.3.- Fenología

Al caracterizar los haces de *Posidonia oceanica* procedentes de las distintas localidades, en el presente muestreo únicamente se observan diferencias significativas para la longitud media y la longitud máxima foliar (Figura 3.57, Tabla 3.31). También se siguen detectando variaciones significativas entre los quince años de muestreo para todos los descriptores, así como una interacción del factor tiempo con la localidad para los mismos (Tabla 3.31).

En general, se observa que los haces de las localidades L2 y L3 son de mayor tamaño que el resto (Tabla 3.31, Figura 3.57). Además, este año, la carga de epífitos detectada es superior a la calculada en años anteriores, para todas las localidades estudiadas.

Parámetro	Fuente de variabilidad	Gl	CM	F	p	F versus
Número de hojas (hojas haz^{-1})	Tiempo	15	26.8526	31.47	***	Residual
	Localidad	4	0.4644	0.54	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	60	1.5524	1.82	***	Residual
	Residual	720	0.8532			
Longitud media foliar (cm)	Tiempo	15	441.2145	51.27	***	Residual
	Localidad	4	135.4964	15.75	***	Residual
	Tiempo*Localidad	60	32.4339	3.77	***	Residual
	Residual	720	8.6053			
Longitud máxima foliar (cm)	Tiempo	15	3759.0753	29.15	***	Residual
	Localidad	4	294.5601	2.28	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	60	362.5656	2.81	***	Residual

	Residual	720	128.9646				
Anchura media foliar (cm)	Tiempo	15	0.0301	8.65	***	Residual	
	Localidad	4	0.0093	2.66	ns	Residual	
	Tiempo*Localidad	60	0.0086	2.47	***	Residual	
Anchura máxima foliar (cm)	Residual	720	0.0035				
	Tiempo	15	0.0381	8.33	***	Residual	
	Localidad	4	0.0218	4.77	***	Residual	
	Tiempo*Localidad	60	0.0098	2.14	***	Residual	
Superficie foliar (cm² haz⁻¹)	Residual	720	0.0046				
	Tiempo	15	15622.3252	25.14	***	Residual	
	Localidad	4	5818.2028	9.36	***	Residual	
	Tiempo*Localidad	60	1679.8467	2.70	***	Residual	
Biomasa foliar (g ps haz⁻¹)	Residual	720	621.4522				
	Tiempo	15	0.2370	28.67	***	Residual	
	Localidad	4	0.0581	7.03	***	Residual	
	Tiempo*Localidad	60	0.0223	2.69	***	Residual	
Biomasa de epifitos (g ps haz⁻¹)	Residual	720	0.0083				
	Tiempo	15	0.0445	34.26	***	Residual	
	Localidad	4	0.0116	8.90	***	Residual	
	Tiempo*Localidad	60	0.0057	4.39	***	Residual	
Epifitos por s.f. (mg ps cm⁻²)	Residual	720	0.0013				
	Tiempo	15	4.8310	27.14	***	Residual	
	Localidad	4	1.1111	6.24	***	Residual	
	Tiempo*Localidad	60	0.7742	4.35	***	Residual	
Herbivorismo (% hojas haz⁻¹)	Residual	720	0.1780				
	Tiempo	15	1376.9636	16.83	***	Residual	
	Localidad	4	267.3282	3.27	ns	Residual	
	Tiempo*Localidad	60	305.9116	3.74	***	Residual	
	Residual	720	81.8194				

Tabla 3.31: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de fenología de los haces de *Posidonia oceanica* obtenidos en las parcelas permanentes antes y después del funcionamiento del emisario. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.

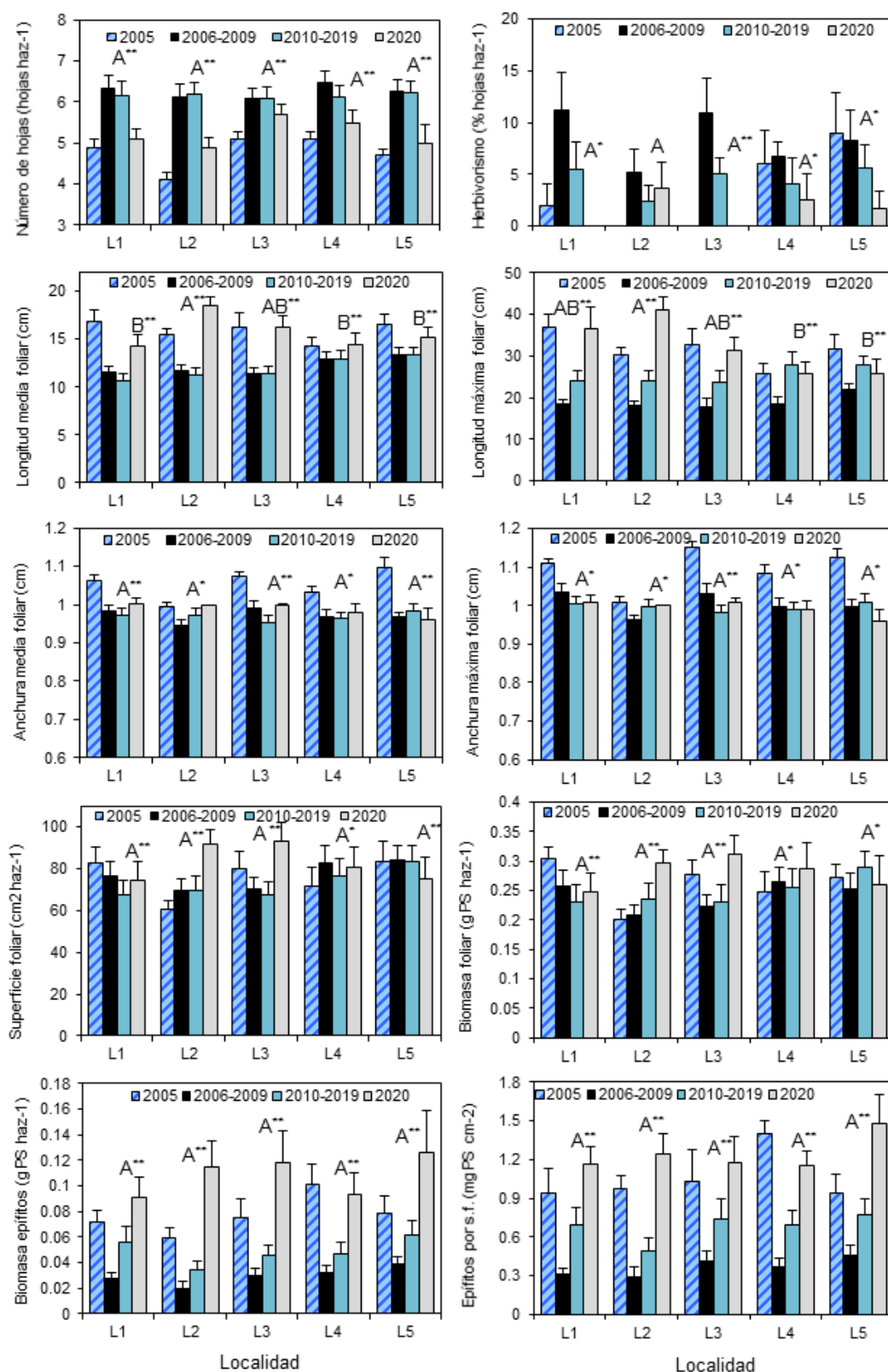


Figura 3.57: Representación de los datos de fenología obtenidos para los haces de las cinco localidades con anterioridad (2005) y posterioridad (2006-2009, 2010-2019 y 2020) del funcionamiento del emisario. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo ($* < 0.05$ y $** < 0.01$).

3.7.4.-Análisis multivariante de las localidades

Los resultados obtenidos en los anteriores apartados se emplearon para crear una matriz de similitud con la que realizar varios análisis multivariantes (CLUSTER, MDS y ACP), que nos ayudasen a agrupar las distintas localidades, clasificarlas y apreciar su evolución entre los distintos tiempos de muestreo.

Según se puede observar en la representación gráfica del cluster (Figura 3.58) se sigue manteniendo cierta agrupación de las localidades en función de su situación y del año de muestreo.

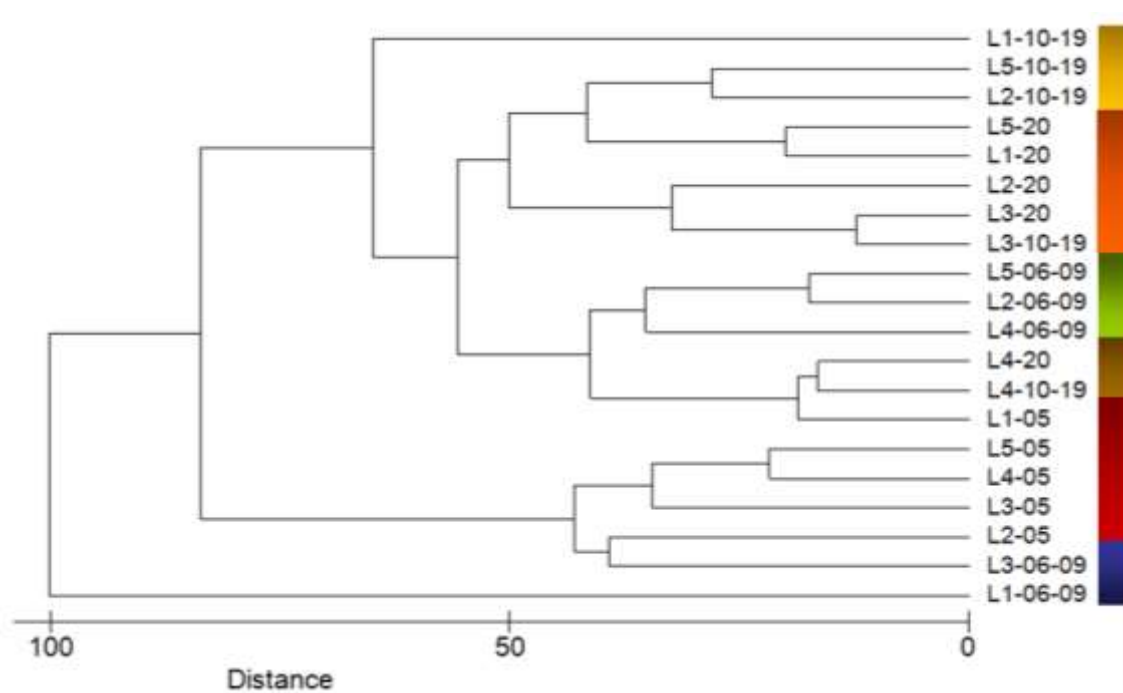


Figura 3.58: Representación del dendrograma realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.

Esta misma agrupación se puede observar de una forma más visual en la representación bidimensional del MDS (Figura 3.59).



Figura 3.59: Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.

3.7.5.-Clasificación del estado ecológico de las localidades según la DMA

Para obtener un valor concreto de EQR (*Ecological Quality Ratio*), se realizó un análisis de los componentes principales (ACP) con los ocho descriptores previamente seleccionados. En este análisis, se observó que el primer componente por si solo explicaba el 77.4 % del total de la variabilidad, mientras que el segundo explicaba el 21.5 %, lo que indicaría la existencia de una fuente principal de variación común para todos los descriptores. Los parámetros que se encontraban positivamente correlacionados con el componente I eran indicativos de buena calidad (densidad, superficie foliar, índice de conservación y cierto descalzamiento frente al enterramiento), mientras que aquellos que se correlacionan de forma negativa indicarían mal estado (herbivorismo, necrosis, biomasa de epífitos y predominancia de rizomas plagiotropos). Lo que

confirmaría la idoneidad de emplear el componente I del ACP como principal indicador de la calidad de las praderas de *Posidonia*.

Al representar las distintas localidades, vemos como éstas se hallan distribuidas a lo largo del eje del componente I, desde los valores más negativos donde aparece la localidad más degradada, hasta los mayores valores que alcanza la localidad de referencia (Figura 3.60). A partir de estos valores, se calculó el EQR (Tabla 3.32).

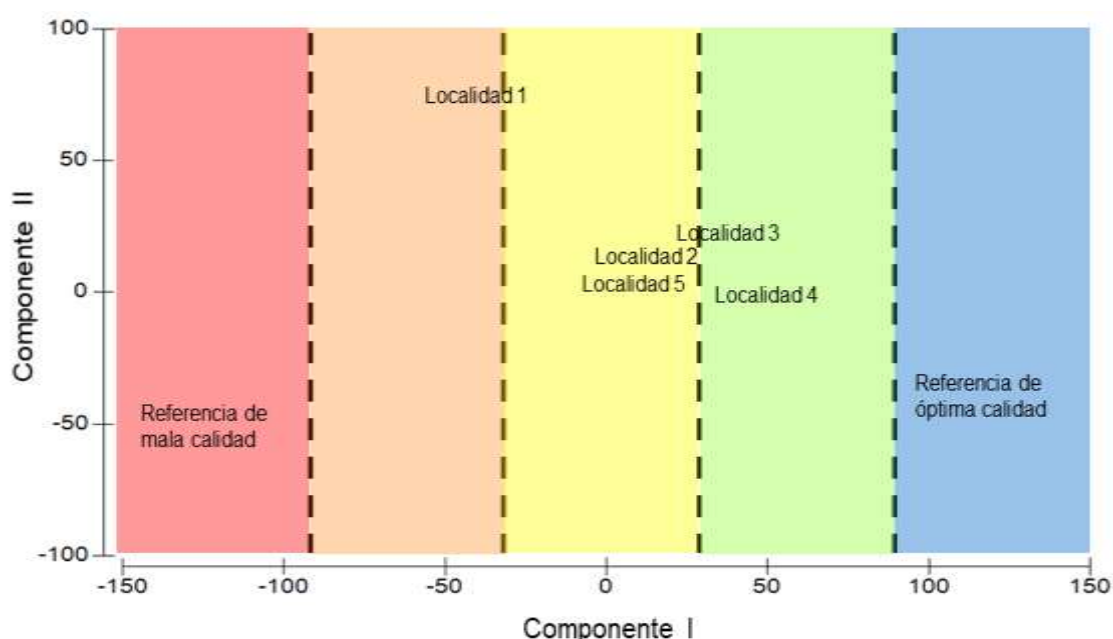


Figura 3.60: Resultado del análisis de los componentes principales (PCA) de las localidades estudiadas (incluyendo las localidades de referencia). El color rojo agrupa a las localidades muy degradadas, el naranja a las de calidad deficiente, el amarillo a aquellas con calidad media, el verde las que se encuentran en buen estado y el azul a las que poseen muy buena calidad.

El rango de valores de EQR que se asignó a cada categoría de calidad (Tabla 3.72) se construyó a partir del consenso alcanzado en la última reunión del MedGIG de la fase I de intercalibración (MedGIG 2007).

En cualquier caso, los datos de EQR obtenidos este año, y por tanto la clasificación de las localidades estudiadas, es similar al del muestreo anterior, presentando una calidad buena o moderada. Cabe destacar la localidad L1 que

en muestreos anteriores presentaba una calidad deficiente y que este año parece mostrar una calidad moderada (Tabla 3.34).

Rango de valores del EQR	Calidad
$0.775 \leq \text{EQR} \leq 1.000$	Muy buena
$0.550 \leq \text{EQR} \leq 0.774$	Buena
$0.325 \leq \text{EQR} \leq 0.549$	Moderada
$0.100 \leq \text{EQR} \leq 0.324$	Deficiente
$0.000 \leq \text{EQR} \leq 0.099$	Mala

Tabla 3.33: Límites de EQR asignados a las diferentes calidades ecológicas establecidas por la Directiva Marco del Agua (acordado en la intercalibración para angiospermas en el Mar Mediterráneo, MED-GIG 2007).

Localidad	EQR	Calidad
Localidad 1	0.5271	Moderada
Localidad 2	0.4989	Moderada
Localidad 3	0.5939	Buena
Localidad 4	0.6490	Buena
Localidad 5	0.5141	Moderada

Tabla 3.34: Valoración de la calidad ecológica de las localidades estudiadas en función del componente I del ACP.

3.8.- Equinodermos

Las especies de equinodermos encontradas de forma mayoritaria durante este último muestreo pertenecían al género *Holothuria* sp., asimismo se observaron algunos ejemplares de la estrella de mar *Echinaster sepositus* en todas las localidades muestreadas menos en L2 y L5 (Tabla 3.35 y Figura 3.61). También se observó un ejemplar del equinoideo *Sphaerachinus granularis* en la localidad L5.

L.	2005	2006-2009	2010-2019	2020
L 1	<i>Holothuria</i> sp. <i>Echinaster sepositus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i> <i>Paracentrotus lividus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i> <i>Paracentrotus lividus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>
L 2	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i> <i>Astropecten spinulosus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i> <i>Paracentrotus lividus</i>	<i>Holothuria</i> sp.
L 3	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i> <i>Sphaerachinus granularis</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>
L 4	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i> <i>Marthasterias glacialis</i> <i>Paracentrotus lividus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>
L 5	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria</i> sp. <i>Sphaerachinus granularis</i>

Tabla 3.35: Especies de equinodermos identificadas en cada una de las cinco localidades durante los muestreos del 2005, 2006-2009, 2010-2019 y 2020.

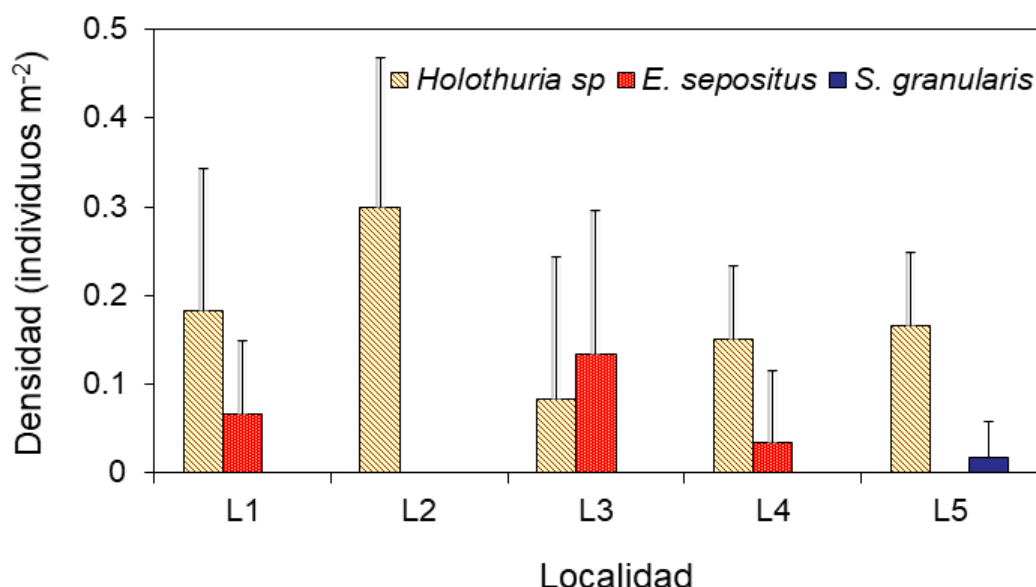


Figura 3.61: Representación gráfica de los datos de densidad de las distintas especies de equinodermos (nº individuos m⁻²) obtenidos en el año 2020 en las cinco localidades de estudio, sobre pradera de *P. oceanica* a - 26 m de profundidad (las barras representan el error típico).

En cuanto a los valores de densidad total de equinodermos durante el muestreo de este año, estos mostraron diferencias significativas en la interacción del tiempo y la localidad (Tabla 3.36). Este año no hay diferencias significativas entre las distintas localidades, aunque los valores más elevados se observan en la Localidad 2 (0.3 individuos m⁻²), frente al resto, con valores comprendidos entre 0.18 y 0.25 individuos m⁻² (Figura 3.62). En todas las localidades, menos en L3, estos valores son inferiores a los del periodo anterior, pero entran dentro de la variabilidad de este grupo de especies y de la metodología empleada.

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Densidad de equinodermos (transf. $\sqrt{(x+1)}$)	Tiempo	15	0.3033	60.57	***	Residual
	Localidad	4	0.0380	7.58	***	Residual
	Tiempo*Localidad	60	0.0408	8.15	***	Residual
	Residual	240	0.0050			

Tabla 3.36: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad de equinodermos (individuos m⁻²) obtenidos en las cinco localidades de estudio (L1 – L5) previa y posteriormente a que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. GI = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.

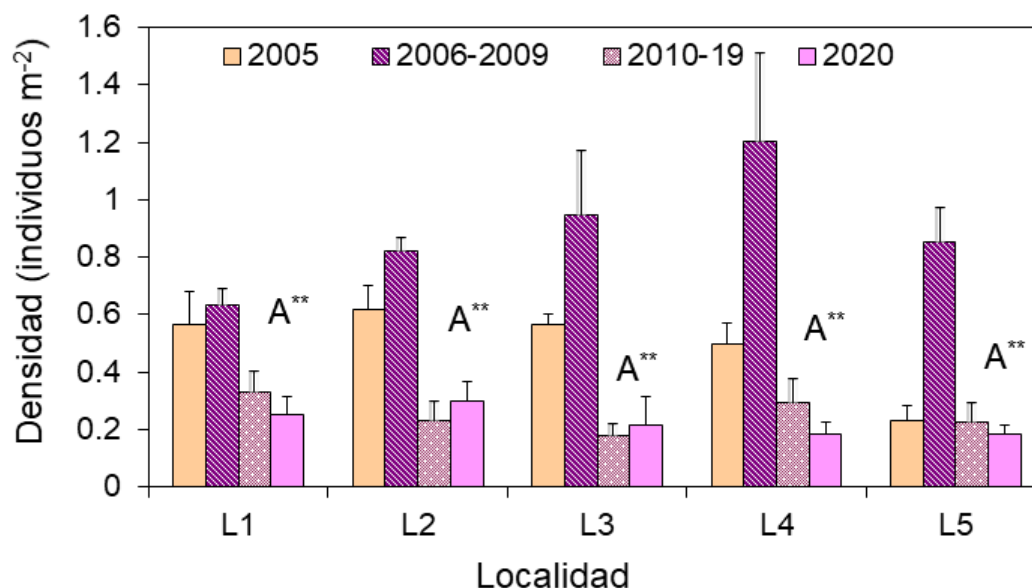


Figura 3.62: Densidad total de equinodermos (número de individuos por m²) en las cinco localidades de estudio, obtenida antes (2005) y después (2006 - 2020) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo ($** < 0.01$).

3.8.- Caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.

Las figuras siguientes presentan los resultados de las tres campañas de salinidad (febrero, agosto y noviembre) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma salina durante el año 2020.

La salinidad máxima registrada en profundidad ha sido de 38.4 durante el mes de febrero, 38.3 durante el mes de agosto y 38.3 durante el mes de octubre. Estos valores no alcanzan los registrados durante las campañas anteriores al 2010, debido al aumento de la mezcla de este efluente gracias al tramo difusor colocado en el extremo del emisario el mes de mayo de 2010.

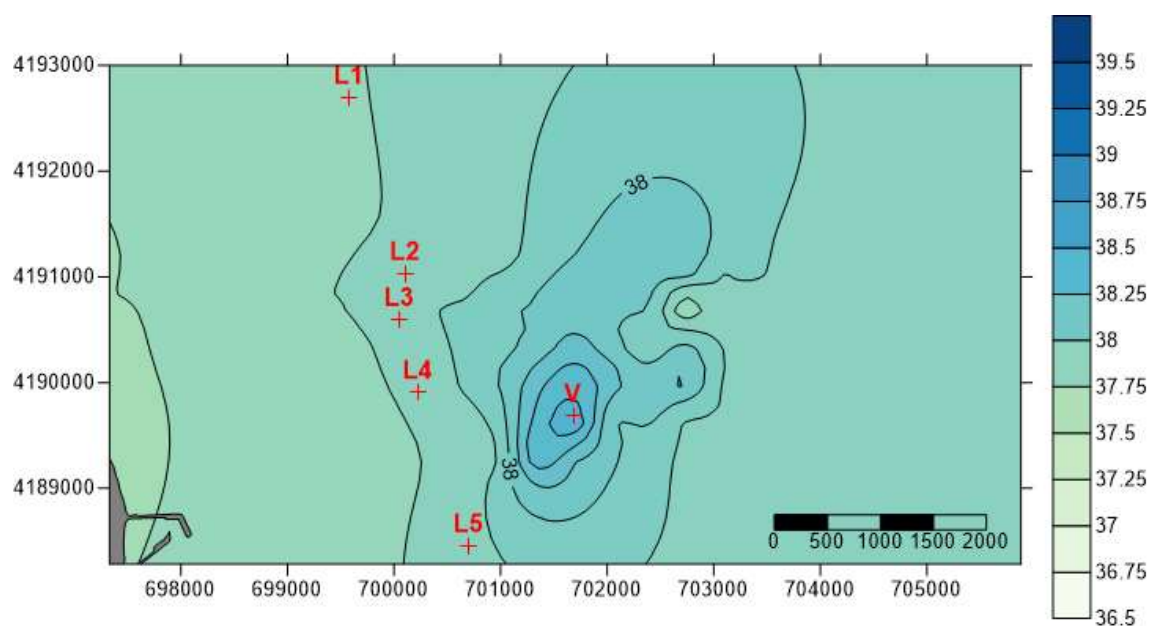


Figura 3.63. Campaña de salinidad en profundidad de febrero 2020. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

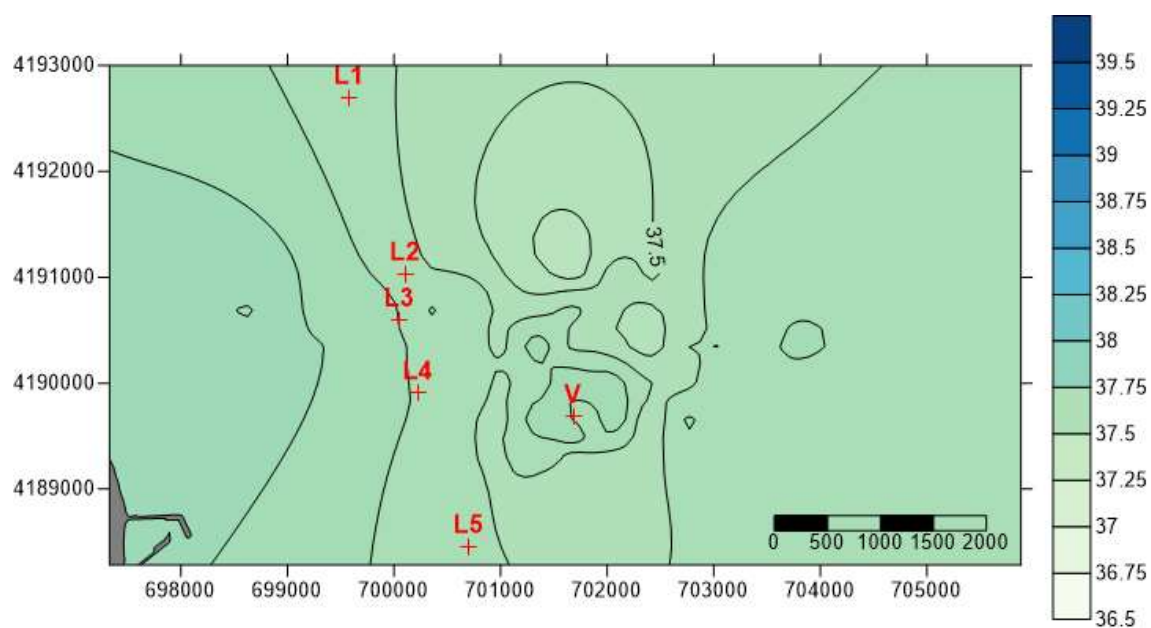


Figura 3.64. Campaña de salinidad en superficie de febrero 2020. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

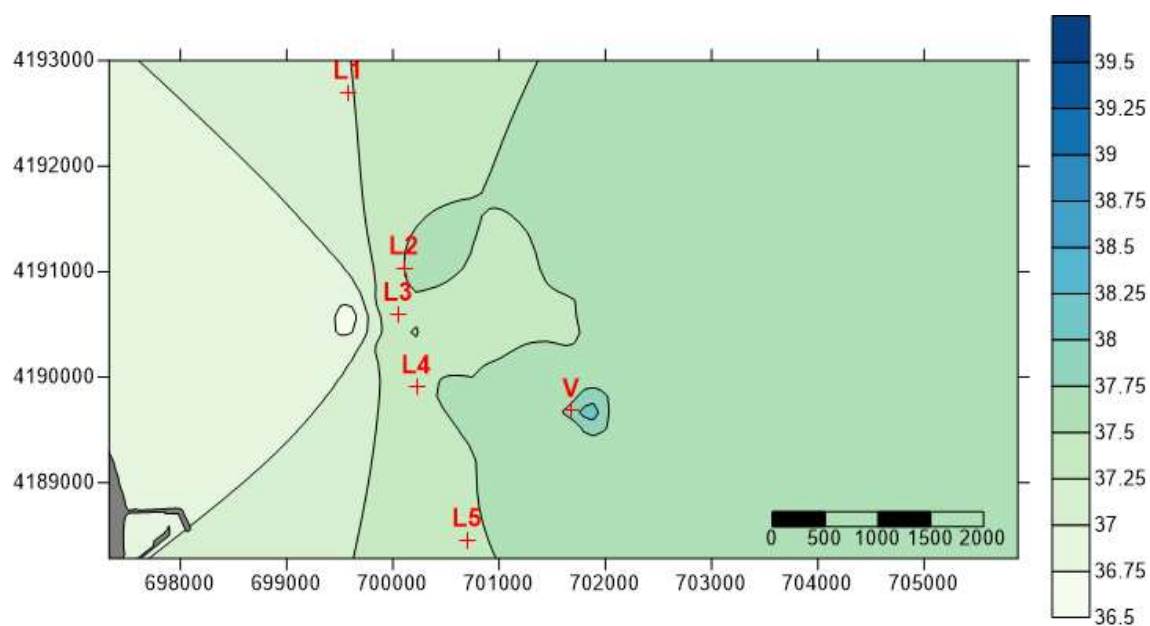


Figura 3.65. Campaña de salinidad en profundidad de agosto 2020. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

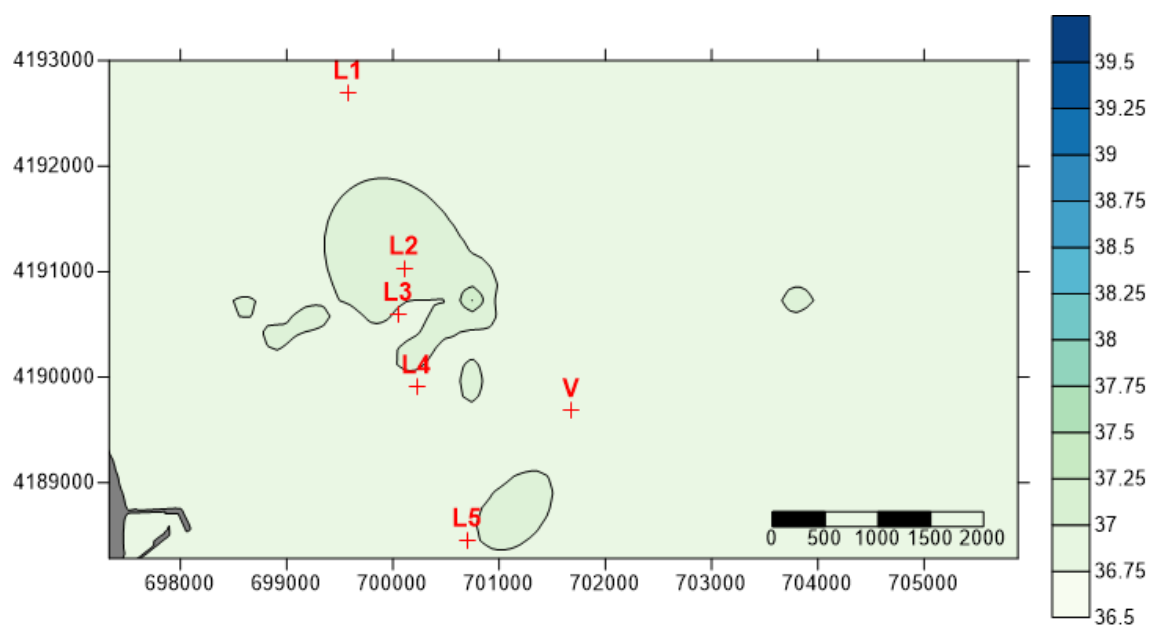


Figura 3.66. Campaña de salinidad en superficie de agosto 2020. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

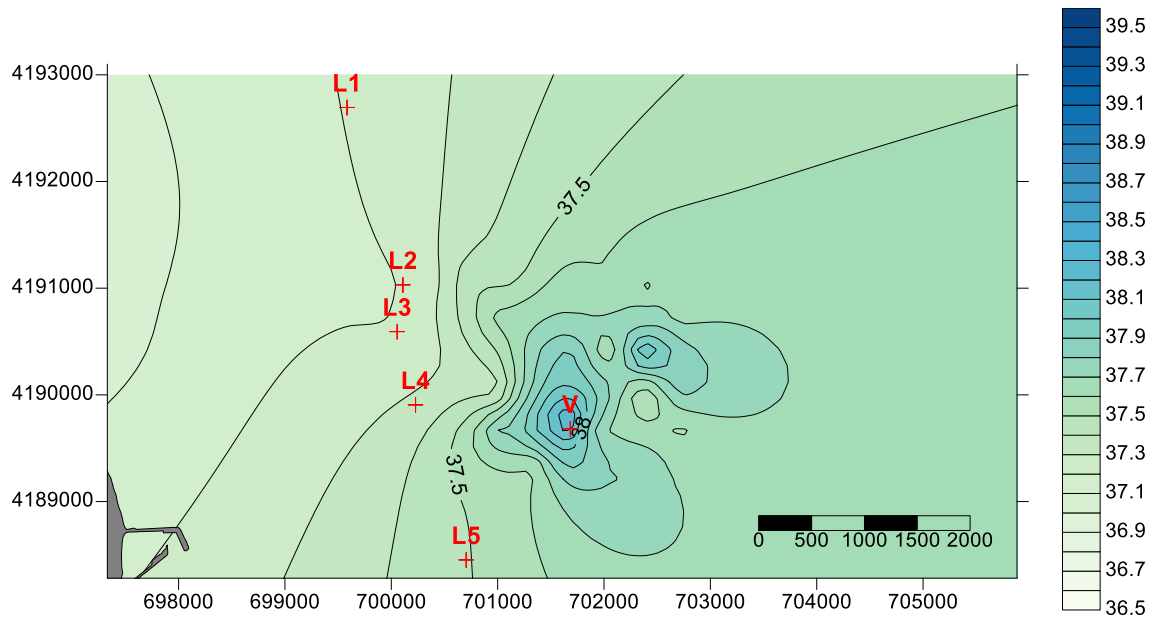


Figura 3.67. Campaña de salinidad en profundidad de noviembre de 2020. “V” indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

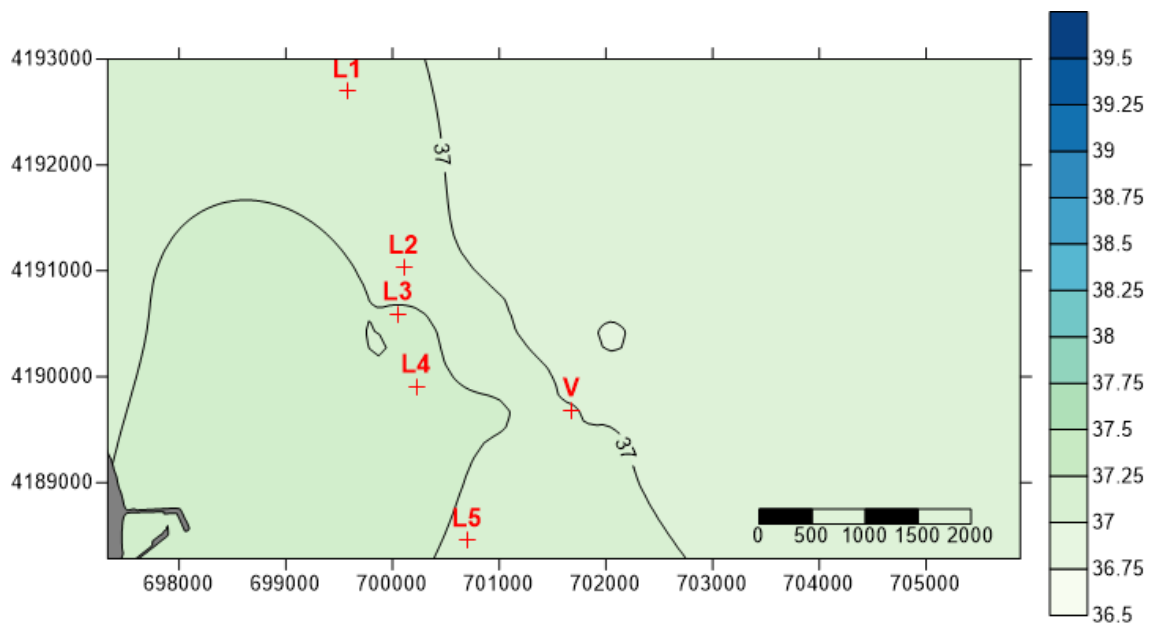


Figura 3.68. Campaña de salinidad en superficie de noviembre 2020. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

3.9.- Caracterización espacio-temporal de la distribución de temperatura en el fondo.

Las figuras siguientes presentan los resultados de temperatura de las tres campañas (febrero, agosto y noviembre) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma durante el año 2020.

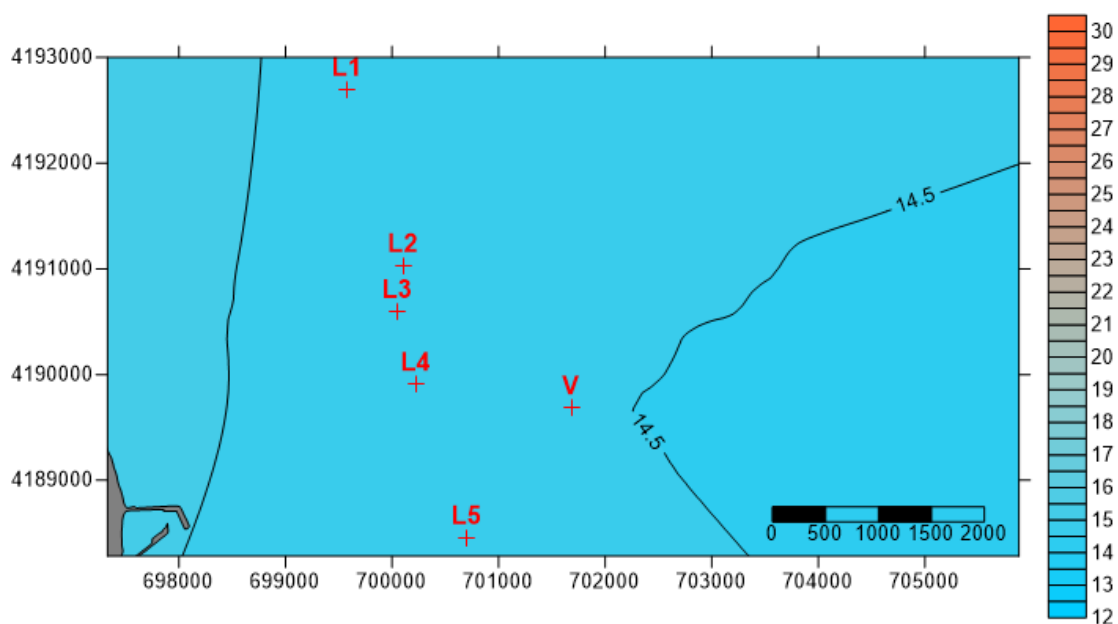


Figura 3.69. Temperatura en el fondo en febrero del 2020. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

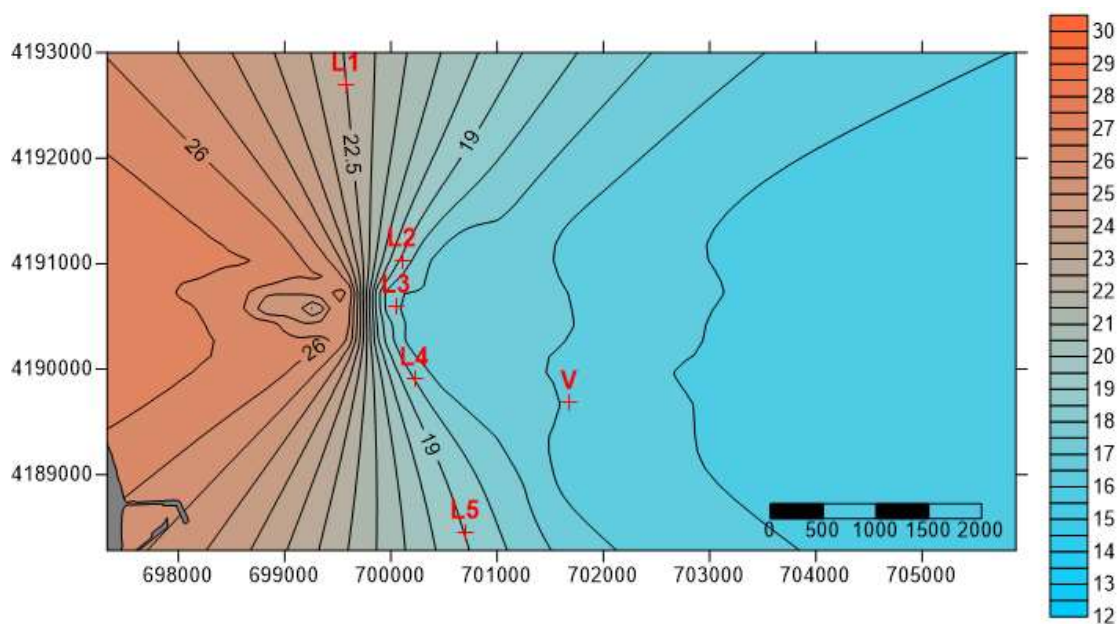


Figura 3.70. Temperatura en el fondo en agosto del 2020. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

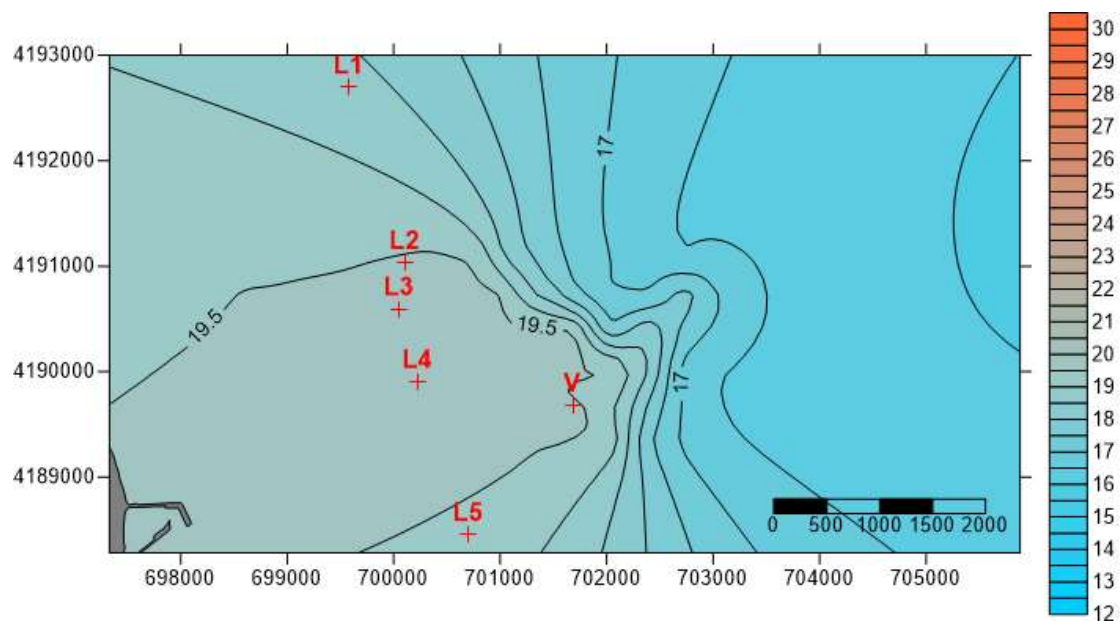


Figura 3.71. Temperatura en el fondo en noviembre del 2020. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES

Las campañas de salinidad han registrado que el incremento de salinidad producido por el vertido y la amplitud de la pluma de salinidad se mantienen bajos respecto a lo que se observaba en años anteriores a la instalación del tramo difusor al final del emisario. El valor máximo de salinidad registrado durante las campañas del 2020 no supera 38.7 ups en el punto de vertido, mientras que, en campañas anteriores a la instalación del tramo difusor, la salinidad en el medio podía alcanzar valores cercanos a 50 ups en el punto más próximo al vertido.

El emisario mantiene su funcionalidad y las operaciones de mantenimiento y mejora realizadas han cumplido su función. Actualmente no se requieren operaciones adicionales de lastrado ya que la rotura de las mantas de hormigón está siendo compensada por el enterramiento del emisario y se efectuaron operaciones de lastrado que compensan algunos de los lastres en U invertida que no contactan con el emisario desde el momento de su construcción. Desde el punto de vista estructural sólo se recomienda reforzar las mantas hormigonadas deterioradas entre los transectos 6 y 10. También se recomienda el recatado de lastres de protección con holguras entre los tramos 1 y 4, y los tumbados entre los tramos 3 y 6, aunque dichas actuaciones no se consideran urgentes.

Los sensores instalados en el límite inferior de la pradera de *Posidonia oceanica* indican que el vertido no alcanza dicho límite al no detectarse aumentos anómalos de la salinidad.

Los análisis sedimentológicos muestran diferentes granulometrías entre transectos, con un mayor porcentaje de fangos en la mayoría de las estaciones del transecto norte y fracciones granulométricas más gruesas en las estaciones del transecto del vertido. Esta granulometría es estable entre las distintas campañas detectándose ligeras variaciones de carácter estacional. Entre éstas puede destacarse una reducción de la fracción de lutitas durante la campaña

de verano en la estación V4 y un aumento de esta misma fracción en la estación V2 durante el otoño.

El contenido de materia orgánica muestra variaciones entre estaciones, con un patrón similar al detectado en la granulometría, detectándose mayores valores en las estaciones con mayor contenido de fangos del transecto norte. Además, este mismo transecto se observa un aumento de este parámetro durante el otoño, el cual no se observa en el caso de las estaciones del transecto vertido.

Por lo que se refiere al pH, se observan ciertas diferencias entre campañas relacionadas con cambios estacionales, con valores más bajos en verano y más altos en otoño, excepto para las estaciones V2 y V4. Respecto a años anteriores se detecta un incremento en otoño en todas las estaciones a excepción de V3 y V4. El resto de los valores son similares a los obtenidos en años anteriores.

En cuanto al potencial RedOx medido en las muestras, los niveles más negativos coinciden con aquellas muestras con mayor componente lutítico y mayor contenido en materia orgánica. Entre campañas se puede observar que los valores más negativos se dan durante el otoño, exceptuando V1 y V3. Destaca el valor de N3 durante el otoño, correlacionado con su alto porcentaje de materia orgánica y de lutitas. En comparación con años anteriores, el transecto norte muestra sedimentos más reducidos durante el otoño, tendencia que no se observa en el caso de las estaciones vertido.

La comunidad de infauna durante en verano de 2020 no refleja cambios relacionados con el vertido de salmuera. Existe una alta similitud entre estaciones y el índice BOPA refleja un estado bueno en todas las estaciones. Se detecta un incremento de la abundancia en el transecto norte comparado con el vertido, así como en las estaciones más someras. Esto indica que la localización también tiene una importante influencia sobre la infauna, aunque estas diferencias no parecen tener como causa el vertido de salmuera sino con las características de los sedimentos.

Los factores ambientales que contribuyen a las diferencias en la composición de infauna son las fracciones granulométricas más gruesas (gravas y arenas gruesas), indicando que estos factores ambientales son los que más influyen sobre la infauna, coincidiendo con los resultados de años anteriores.

Durante la campaña de otoño, la abundancia fue superior en el transecto norte y destacan los bajos valores registrados para la estación V3. Por otro lado, la riqueza muestra una tendencia similar entre ambos transectos. En comparación con años anteriores los valores medios de abundancia y riqueza son superiores, excepto en las estaciones impacto V2 y V3 donde ambas variables son inferiores a las últimas campañas, especialmente en el caso de abundancia en V3.

El análisis RELATE, además, muestra que las diferencias en la composición de fauna se deben a las fracciones granulométricas de gravas, arenas gruesas y lutitas y a la salinidad. De esta forma, la estación V3 con una composición granulométrica más gruesa, lo que favorece el intercambio de agua, y una mayor salinidad condiciona el poblamiento infaunal que habita en ella. A pesar de que estas diferencias puedan estar causadas por el efecto del vertido de salmuera, el índice BOPA muestra un estado de calidad ambiental “Bueno”, indicando que este impacto no produce un deterioro grave de la comunidad.

La distribución del poblamiento de poliquetos de la zona de estudio está determinada, principalmente, por la granulometría del sedimento en cada estación de muestreo. Cabe destacar el hecho de que, durante las últimas campañas, en ninguna se ha detectado una correlación con la salinidad.

Los índices de diversidad y equitatividad junto con la abundancia y riqueza, así como los cambios en la composición del poblamiento de poliquetos nos indican que la alteración en la estación próxima al vertido de salmuera observada durante las campañas de 2006 a 2010 ha desaparecido debido a las medidas correctoras adoptadas ya que, a partir de la campaña de otoño del 2010, se observa un incremento de dichos índices en la estación dónde se ubica el vertido de la desalinizadora, respecto a las campañas anteriores, patrón que se mantiene durante esta última campaña (2020) de tal modo que se alcanzan valores similares a los controles.

Durante la campaña de verano de la campaña del 2020 se detecta una segregación, en cuanto a la estructura y composición del poblamiento de poliquetos, entre las estaciones localizadas al norte, principalmente N1, N2 y N3, y las estaciones localizadas al vertido (V1, V2), junto a N4 y las estaciones

V3 y V4. Patrón similar observado en las distintas campañas de muestreo. Estas diferencias son debidas al dominio de las familias Paraonidae, Lumbrineridae y Capitellidae en el grupo establecido por las estaciones más próximas al vertido de aguas residuales, mientras que en la mayoría de las estaciones caracterizadas por la heterogeneidad del sedimento se encuentran dominadas por las familias Syllidae y Onuphidae. Se mantiene la segregación de la estación V2, durante las campañas del 2006, 2009 y 2010, al producirse un descenso acusado tanto de la abundancia como de la riqueza (grupo A); descenso no detectado a partir de la campaña de primavera del 2011.

Durante la campaña de muestreo en otoño del 2020 tampoco se detectan diferencias significativas ni para la abundancia ni para la riqueza. Sin embargo, se observa cierta disgregación de las estaciones del norte (N1, N2, N3) respecto a las del vertido (V1, V2 y V4) en cuanto a la composición y estructura del poblamiento de poliquetos. En las estaciones localizadas al norte dominan las familias Spionidae, Sphaerodoridae y Lumbrineridae, mientras que, en las estaciones localizadas en el vertido, domina principalmente la familia Sabellidae. En cuanto a la evolución durante la campaña de otoño se mantiene el patrón detectado en campañas anteriores, en el que la mayoría de las estaciones del norte, junto a V1 se segregan del resto de las estaciones de muestreo.

En resumen, al estudiar la composición de la comunidad de poliquetos a lo largo de las distintas campañas de muestreo se puede apreciar la segregación de las estaciones según eje principal. Un eje que nos separa la mayoría de las estaciones localizadas en el transecto norte, junto a la estación V1, de un gran número de las campañas, respecto a la mayoría de las estaciones vertido. Estas estaciones del vertido, junto a la estación N4, de la mayoría de las campañas, constituyen un grupo algo más heterogéneo. Probablemente esta segregación sea debida a las características físicas del sedimento que determina la estructura final del poblamiento de poliquetos de tal forma que las familias Magelonidae, Lumbrineridae y Paraonidae dominan en las estaciones más próximas al vertido de aguas residuales. Sin embargo, en la mayoría de las estaciones caracterizadas por la heterogeneidad del sedimento son las familias Onuphidae, Syllidae, Eunicidae y Maldanidae las que marcan la

diferencia respecto al resto de los grupos. Al estudiar la estación más próxima al vertido se observa cómo se disgrega entre distintos grupos en función de la campaña de muestreo. Se detecta una segregación en la composición de la comunidad de poliquetos en la estación próxima al vertido durante las campañas 2007, 2008, 2009; campañas en las que se produce un descenso tanto de la abundancia y riqueza. A partir de esa fecha, y debido a la instalación de la pieza difusora al final del emisario, la estación más próxima al vertido se acerca a los controles, demostrando la efectividad de la medida correctora adoptada para reducir el impacto del vertido.

Respecto a la pradera de *Posidonia oceanica* se siguen detectando variaciones significativas entre los distintos años de muestreo para algunos de los descriptores estudiados, así como una interacción del factor tiempo con la localidad para los mismos. Puesto que estas diferencias no siguen el mismo patrón para todos los descriptores analizados, ni aparecen únicamente en la localidad más próxima al vertido (L3), no podemos relacionar estos cambios con el vertido de la desalinizadora y probablemente sean debidos a la variabilidad natural de esta especie (tanto a nivel espacial como temporal). De hecho, aunque se ha detectado una menor cobertura en la localidad L3, ésta no se refleja en la valoración de la calidad ecológica mediante el EQR, que le da a esta localidad una calidad buena. Esta conclusión se refuerza por la ausencia de valores anómalos de salinidad en el límite inferior de la pradera, lo que indica que el vertido no lo alcanza, y en la presencia de poblaciones de equinodermos en todas las localidades estudiadas, ya que estos organismos son muy sensibles a los aumentos de salinidad y se pueden emplear como especies centinela de posibles impactos por vertidos hiperhalinos antes de que estos afecten a la pradera de *Posidonia oceanica* (Fernández-Torquemada *et al.*, 2013).

En cualquier caso, al tratarse de localidades situadas en el borde inferior de la pradera es normal detectar ciertos síntomas de degradación, ya que en su momento se vieron expuestas a los efectos de la pesca de arrastre y en la actualidad existen entradas de nutrientes (EDAR, instalaciones de acuicultura) que pueden afectar a la transparencia del agua. De ahí, que al aplicar la metodología y clasificación que se emplea en la Directiva Marco del Agua

(Fernández-Torquemada *et al.*, 2008) las localidades no presenten un EQR muy elevado y se evalúen con una calidad moderada o buena.

ANEXOS DIGITALES

ANEXO 1: Perfiles verticales de salinidad en las campañas

ANEXO 2. Fotografías de las muestras de sedimento

ANEXO 3. Primer informe trimestral

ANEXO 4. Segundo informe trimestral

ANEXO 5. Tercer informe trimestral

ANEXO 6. Cuarto informe trimestral

ANEXO 7. Análisis del efluente

ANEXO 8. Análisis de las aguas receptoras

ANEXO 9. Transectos con video

5. BIBLIOGRAFÍA

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

Dauvin, J.C., Ruellet, T. 2007. Polychaete/amphipod ratio revisited, Marine Pollution Bulletin, 55, 1–6, 215-224.

Fernández-Torquemada, Díaz-Valdés, M., Colilla, F., Luna, B., Sánchez-Lizaso, J.L., Ramos-Esplá, A.A. 2008. Descriptors from *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows in coastal waters of Valencia, Spain, in the context of the EU Water Framework Directive. ICES Journal of Marine Science 65, 1492-1497.

ITC-MM A EECC-1/06 Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas. 246 pp,

ISO 16665. Calidad del agua. Directrices para el muestreo cuantitativo y el tratamiento de muestras de la macrofauna de los fondos blandos marinos. 30 pp

ISO 5667-2 Calidad del agua. Muestreo. Parte 2: Guía para las técnicas de muestreo.18 pp.

ISO 5667-3:1996 Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y la manipulación de muestras. 39 pp.

MedGIG. 2007. WFD intercalibration technical report. Part 3 – Coastal and Transitional Waters. Section 5—Angiosperms. Geographical Intercalibration Group of the Mediterranean Coastal Waters. 10 pp.
http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc_eewai/library?l=milestone_reports/milestone_reports_2007/coastaltransitional/med/section_angiosperm.pdf/EN_1.0_&a=d.

E.C. Pielou, 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections, Journal of Theoretical Biology, 13, December, 131-144.

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.

Sánchez Lizaso, J.L. 1993. Estudio de la pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la Reserva Marina de Tabarca (Alicante): Fenología y producción primaria. Universidad de Alicante, Tesis doctoral, 121p.

Shannon, C.E., Weaver, W., 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.

Underwood, A.J. 1997. *Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Ed. Cambridge University Press. 504 pp.