



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 2018

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)

José Antonio de la Ossa Carretero

Yoana del Pilar Ruso

Yolanda Fernández Torquemada

Luis Miguel Ferrero Vicente

Mercedes Varela

Fabio Blanco Murillo

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 Chabaliná

María Ángeles Bernal

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 24 de enero de 2019.



Fdo: Dr José Luis Sánchez Lizaso

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	15
2. MATERIAL Y MÉTODOS	15
2.1.- Vigilancia estructural	15
2.2.- Control del efluente	15
2.3.- Control del medio receptor	16
2.3.1. – Estaciones de muestreo	16
2.3.2. – Métodos de muestreo.	24
2.3.3. – Métodos de análisis.	27
2.3.4.- Análisis de los datos.	29
3. RESULTADOS	34
3.1.- Régimen de funcionamiento de las desalinizadoras.	34
3.2.- Vigilancia estructural y resultados de los sensores conectados a las boyas.	34
3.2.1.- Vigilancia estructural ¹	34
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.	48
3.5.1.- Sedimentología durante el año 2018.	48
3.5.2.- Fauna general en la campaña de primavera de 2018.	55
3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en primavera 2018.	62
3.5.4.- Fauna general en la campaña de otoño de 2018.	73
3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en primavera de 2018.	80
3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2018.	89
3.5.6.1- Sedimentología.	89
3.5.6.2.- Estudio de la fauna general.	94
3.5.6.2.1.- Comparación de las campañas de primavera de 2006 a 2018.	94
3.5.6.2.2.- Comparación de las campañas de otoño de 2005 a 2018.	100
3.5.6.3.- Poliquetos.	107
3.5.6.3.1.- Comparación de las campañas de primavera del 2006 al 2018.	107
3.5.6.3.2.- Comparación de las campañas de otoño del 2005 al 2018.	114
3.5.7.- Transectos de videocámara.	124
3. 6.-Pradera de Posidonia oceanica	125
3.6.1.- Densidad	125

3.6.2.- Cobertura	128
3.6.3.- Fenología	129
3.6.4.-Análisis multivariante de las localidades	132
3.6.5.-Clasificación del estado ecológico de las localidades según la DMA	133
3.7.- Equinodermos	136
3.8.- Caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.	138
3.9.- Caracterización espacio-temporal de la distribución de temperatura en el fondo.	143
4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES	145
ANEXOS DIGITALES	150
ANEXO 1: Perfiles verticales de salinidad en las campañas	151
ANEXO 2. Fotografías de las muestras de sedimento	151
ANEXO 3. Primer informe trimestral	151
ANEXO 4. Segundo informe trimestral	151
ANEXO 5. Tercer informe trimestral	151
ANEXO 6. Cuarto informe trimestral	151
ANEXO 7. Análisis del efluente	151
ANEXO 8. Análisis de las aguas receptoras	151
ANEXO 9. Transectos con video	151
5. BIBLIOGRAFÍA	152

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2.1. Estaciones de muestreo.</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2.2. Características de las estaciones muestreadas para el control de aguas receptoras.</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 2.3. Características de las estaciones muestreadas para el control de sedimentos y organismos.</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2.4. Características de las estaciones muestreadas para el control de la pradera de Posidonia oceánica.</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 2.5. Métodos de muestreo empleados en el control de cada elemento.</i>	<i>26</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>27</i>
<i>Tabla 2.7. Métodos de análisis de sedimentos y organismos.</i>	<i>28</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>29</i>
<i>Tabla 2.9. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 2.10. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.</i>	<i>33</i>
3. RESULTADOS	34
<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 2018 en superficie y en profundidad.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 3.5. Porcentaje de las clasificaciones granulométricas en cada estación.</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 3.6. Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial redox en cada estación para cada campaña del 2018.</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 3.7. Valores de Níquel, Hierro, Cromo, Zinc y Cobre en los sedimentos.</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 3.8. Abundancias medias (n° ind/m²) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación.</i>	<i>55</i>
<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.</i>	<i>60</i>
<i>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.</i>	<i>60</i>

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.	61
Tabla 3.12: Abundancias medias (n° ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.....	62
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.....	69
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.	70
Tabla 3.15: Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.....	70
Tabla 3.16. Abundancias medias (n° ind/m²) de los grupos faunísticos en cada estación.	73
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.	78
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.	78
Tabla 3.19. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos.	79
Tabla 3.20: Abundancias medias (n° ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.....	80
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.	86
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.....	87
Tabla 3.23: Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.....	87
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 grupos taxonómicos respecto a las agrupaciones establecidas. SM: Similitud media en cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado. 104

Tabla 3.27: 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. 106

Tabla 3.28: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado. 113

Tabla 3.29: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos, considerando el eje 1. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado. 114

Tabla 3.30: 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. 121

Tabla 3.31: 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. 123

Tabla 3.32: 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 - 2018) al funcionamiento del emisario. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.001$, ns = no significativo. 125**

Tabla 3.34: 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. 129**

Tabla 3.35: 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. 130**

Tabla 3.36: 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). 135

Tabla 3.37: Valoración de la calidad ecológica de las localidades estudiadas en función del componente I del ACP. 135

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras.</i>	18
<i>Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control del control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S).</i>	18
<i>Figura 2.3. Estaciones de muestreo para el control de la pradera de Posidonia oceanica situadas aproximadamente a 26 m de profundidad.</i>	19
<i>Figura 2.4. Estaciones de muestreo para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.</i>	19
<i>Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya este.</i>	38
<i>Figura 3.2. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya oeste.</i>	38
<i>Figura 3.3. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada campaña del 2018.</i>	50
<i>Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2018.</i>	51
<i>Figura 3.5. Representación del porcentaje medio de materia orgánica para cada estación y campaña de muestreo del 2018.</i>	52
<i>Figura 3.6. Representación del pH tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2018.</i>	53
<i>Figura 3.7. Representación del potencial redox tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2018.</i>	53
<i>Figura 3.8. Abundancia media de individuos en las distintas estaciones de muestreo en primavera 2018.</i>	56
<i>Figura 3.9. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en primavera 2018.</i>	57
<i>Figura 3.10. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en primavera 2018. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea verde el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015).</i>	57
<i>Figura 3.11. Representación del dendrograma respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.</i>	58
<i>Figura 3.12. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.</i>	59
<i>Figura 3.13: Abundancia media de poliquetos en cada estación.</i>	64
<i>Figura 3.14: Riqueza media de poliquetos en cada estación.</i>	65
<i>Figura 3.15: Diversidad media de poliquetos en cada estación.</i>	65
<i>Figura 3.16: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.</i>	66
<i>Figura 3.17: Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.</i>	67

Figura 3.18: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.	68
Figura 3.19. 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, arena media, arena gruesa y lutitas).	72
Figura 3.20. Abundancia media de individuos en cada estación en otoño 2018.	74
Figura 3.21. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en otoño 2018.	75
Figura 3.22. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en otoño 2017. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea verde el límite muy bueno/bueno (RD 817, 2015).	75
Figura 3.23. Representación del dendrograma de similitud respecto a los grupos faunísticos estudiados en las diferentes estaciones.	76
Figura 3.24. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones.	77
Figura 3.25. Representación bidimensional MDS para las abundancias de la comunidad de infauna en cada una de las estaciones con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (lutitas).	79
Figura 3.26: Abundancia media de poliquetos en cada estación.	82
Figura 3.27: Riqueza media de poliquetos en cada estación.	82
Figura 3.28: Diversidad media de poliquetos en cada estación.	83
Figura 3.29: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.	84
Figura 3.30. Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.	84
Figura 3.31. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.	85
Figura 3.32: 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 (Lutitas y Salinidad).	88
Figura 3.33. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta otoño 2017. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.18, P18, V18 y O.18).	89
Figura 3.34. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño 2017. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.18, P18, V18 y O.18).	90

Figura 3.35. 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.17), las campañas actuales (I.18, P18, V18 y O.18). _____ 91

Figura 3.36. 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.17), las campañas actuales (I.18, P18, V18 y O.18). _____ 92

Figura 3.37. 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.17), las campañas actuales (I.18, P18, V18 y O.18). ____ 93

Figura 3.38. 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.18), las campañas actuales (I.17, P18, V18 y O.18). _____ 93

Figura 3.39. Abundancia de la fauna general en cada localidad durante las distintas campañas de muestreo de primavera. 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 y 2017) así como en la campaña actual (campaña del 2018). _____ 95

Figura 3.40. Riqueza taxonómica de la fauna general en cada localidad durante las campañas de primavera. 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, 2016 y 2017) así como en la campaña actual (campaña del 2018). _____ 96

Figura 3.41. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las diez campañas de muestreo en primavera (2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2018). _____ 97

Figura 3.42. 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 y 2017), así como en la campaña actual (campaña del 2018). _____ 101

Figura 3.43. 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), y la campaña actual (campaña del 2018). _____ 102

Figura 3.44. 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 y 2018). 103

Figura 3.45: Abundancia media en cada estación para las campañas de primavera; 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), así como en la campaña actual (campaña del 2018). _____ 108

Figura 3.46: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de primavera, 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) así como en la campaña actual (campaña del 2018). ____ 109

Figura 3.47: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en primavera. _____ 111

Figura. 3.48: 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), así como en la campaña actual (campaña del 2018). _____ 116

Figura. 3.49: 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), así como en la campaña actual (campaña del 2018). _____ 117

Figura. 3.50: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo de otoño. _____ 119

Figura. 3.51. Grupos taxonómicos observados durante la realización de los transectos con videocámara. _____ 124

Figura 3.52: 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 - 2018) 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). _____ 126

Figura 3.53: 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). _____ 127

Figura 3.54: Representación gráfica de los datos de cobertura de Posidonia oceanica (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2018) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de localidad con tiempo (*<0.05 y **<0.01). _____ 128

Figura 3.56: Representación del dendrograma realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio. _____ 132

- Figura 3.57: Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio. _____ 133**
- Figura 3.58: 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. _____ 134**
- Figura 3.61. Campaña de salinidad en profundidad de febrero 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 139**
- Figura 3.62. Campaña de salinidad en superficie de febrero 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 139**
- Figura 3.63. Campaña de salinidad en profundidad de mayo 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 140**
- Figura 3.64. Campaña de salinidad en superficie de mayo 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 140**
- Figura 3.65. Campaña de salinidad en profundidad de agosto 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 141**
- Figura 3.66. Campaña de salinidad en superficie de agosto 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 141**
- Figura 3.67. Campaña de salinidad en profundidad de octubre 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 142**
- Figura 3.68. Campaña de salinidad en superficie de octubre 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 142**
- Figura 3.69. Temperatura en el fondo en febrero del 2018. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 143**
- Figura 3.70. Temperatura en el fondo en mayo del 2018. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. 143**
- Figura 3.71. Temperatura en el fondo en agosto del 2018. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. 144**
- Figura 3.72. Temperatura en el fondo en octubre del 2018. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 144**

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. Dicho informe se ha enviado por separado a la Dirección General de Calidad Ambiental de la Comunidad Autónoma de Murcia. Adicionalmente se establece que se deben instalar dos boyas para la transmisión de datos en tiempo real. Los datos de las boyas correspondientes al año 2018 se incluyen en este informe.

2.2.- Control del efluente

Se establece también 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.

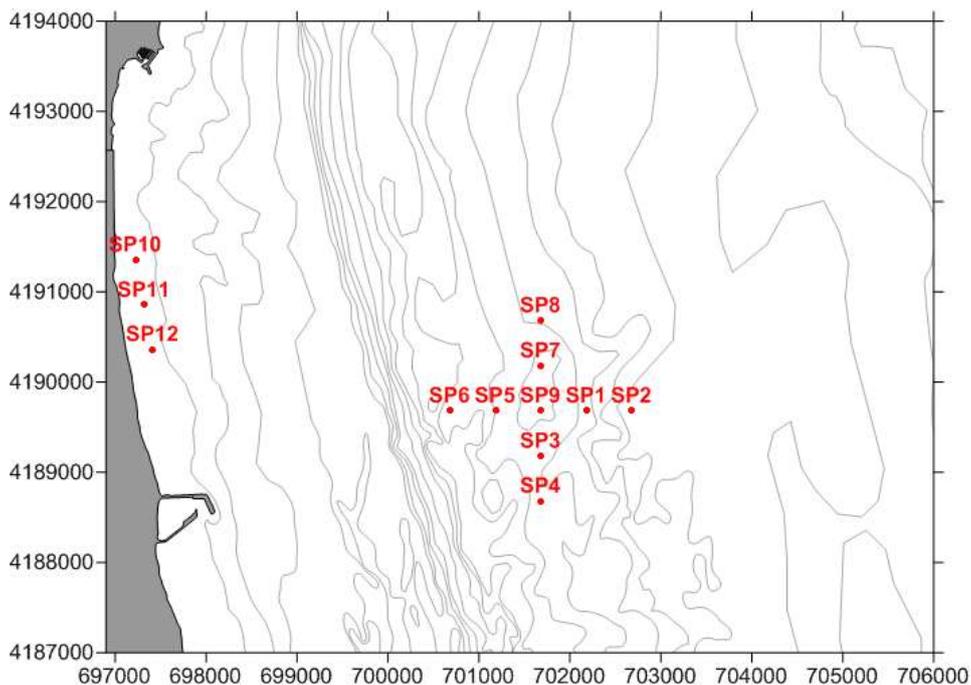


Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras.

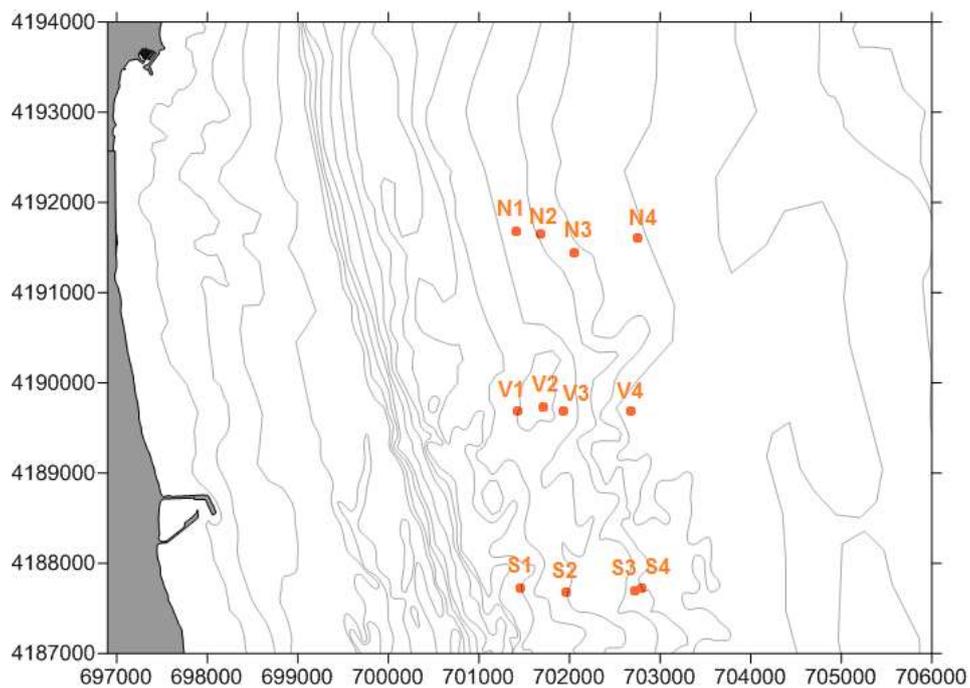


Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S).

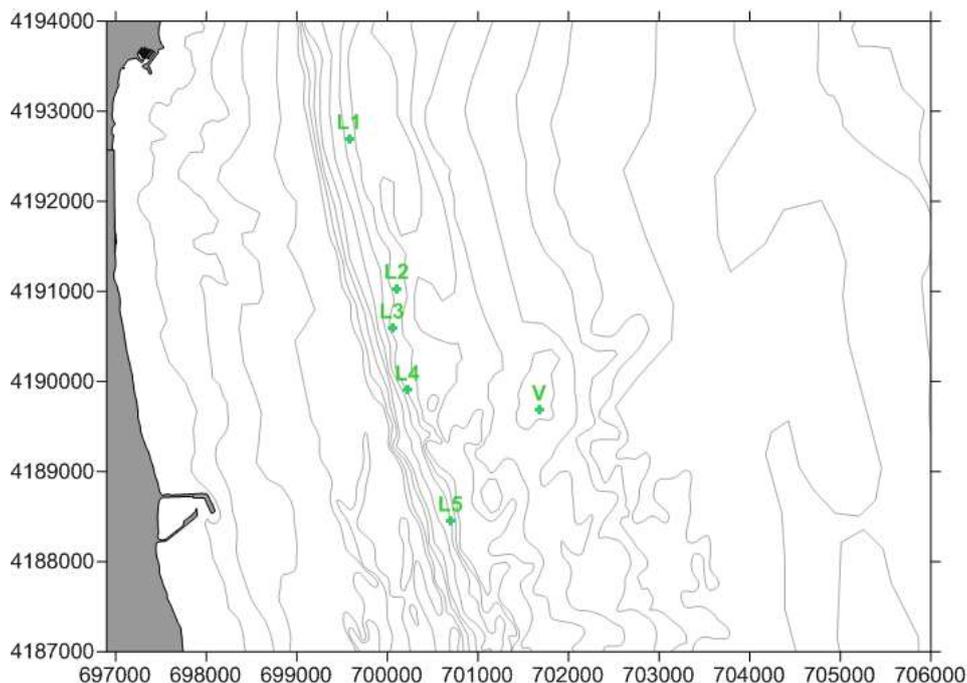


Figura 2.3. Estaciones de muestreo para el control de la pradera de *Posidonia oceanica* situadas aproximadamente a 26 m de profundidad.

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).

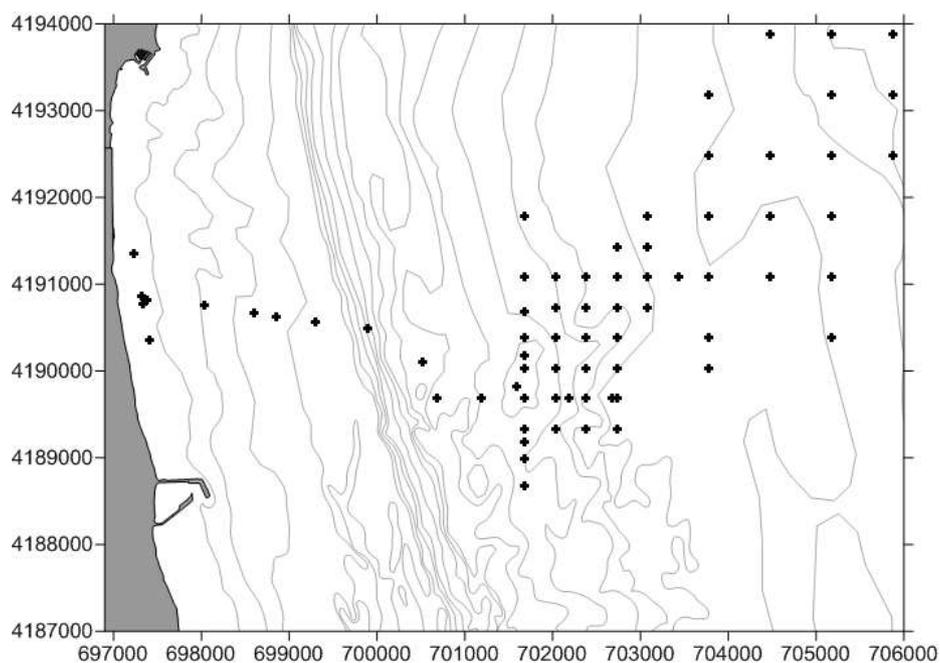


Figura 2.4. Estaciones de muestreo para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.

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, temperatura, salinidad, densidad, transparencia.
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>Primer trimestre</u>		Fecha:	9/02/2018
Corriente:	0.5 m/s N	Clima:	Soleado
Oleaje:	0.7 m	Viento:	4 m/s N
<u>Segundo trimestre</u>		Fecha:	3/05/2018
Corriente:	0.6 m/s W	Clima:	Soleado
Oleaje:	0.5m	Viento:	7 m/s W
<u>Tercer trimestre</u>		Fecha:	19/07/2018
Corriente:	0.2 m/s W	Clima:	Soleado
Oleaje:	0.5 m	Viento:	6 m/s SE
<u>Cuarto trimestre</u>		Fecha:	17/10/2018
Corriente:	0.03 m/s NO	Clima:	Soleado
Oleaje:	0.15m	Viento:	4 m/s N

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>Primer trimestre</u>	Fecha: 19/01/2018
Corriente: 0.1 m/s E	Clima: nublado
Oleaje: 0 m W	Viento: 1 m/s NW
<u>Segundo trimestre</u>	Fecha: 16/05/2018
Corriente: 0.5 m/s E	Clima: soleado
Oleaje: 0.5 m	Viento: 3 m/s NE
<u>Tercer trimestre</u>	Fecha: 06/08/2018
Corriente: 0.5 m/s E	Clima: Soleado
Oleaje: 0.8 m	Viento: 5 m/s NE
<u>Cuarto trimestre</u>	Fecha: 22/11/2018
Corriente: 0.3 m/s SO	Clima: Soleado
Oleaje: 0.2 m	Viento: 3 m/s N

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		

<p>Código estación: V1 Localización UTM E50: 701433 4189681 Distancia a la costa: 4100 m Profundidad: 33 m Tipo de sustrato: arenas</p>		
<p>Código estación: V2 Localización UTM E50: 701706 4189727 Distancia a la costa: 4450 m Profundidad: 33.8 m Tipo de sustrato: arenas</p>		
<p>Código estación: V3 Localización UTM E50: 701933 4189681 Distancia a la costa: 4700 m Profundidad: 32 m Tipo de sustrato: arenas</p>		
<p>Código estación: V4 Localización UTM E50: 702683 4189681 Distancia a la costa: 5450 m Profundidad: 37.4 m Tipo de sustrato: arenas</p>		
<p>Código estación: S1 Localización UTM E50: 701454 4187729 Distancia a la costa: 3850 m Profundidad: 28.9 Tipo de sustrato: arenas</p>		
<p>Código estación: S2 Localización UTM E50: 701958 4187682 Distancia a la costa: 4400 m Profundidad: 32.7 Tipo de sustrato: arenas</p>		
<p>Código estación: S3 Localización UTM E50: 702721 4187690 Distancia a la costa: 5100 m Profundidad: 33.4 m Tipo de sustrato: arenas, rocas</p>		
<p>Código estación: S4 Localización UTM E50: 702792 4187719 Distancia a la costa: 5250 m Profundidad: 32.8 m Tipo de sustrato: arenas, rocas</p>		

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: 04/12/2018

Corriente: 0.3 m/s E

Clima: Soleado

Oleaje: 0.3 NE

Viento: 4 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 estas estaciones 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 empleando 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. Apartado 6.3.2.2
Oxígeno disuelto y pH	Sonda multiparamétrica HANNA HI 769828. Método electrométrico	ITC-MMA.EECC-1/06 Pp. 84, 85, 87
Temperatura y salinidad	RBR XR-420-CTD. Termometría y Electrometría	ITC-MMA.EECC-1/06 Pp. 91,
Transparencia	Disco de Secchi	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 trabajaremos con los 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 2018) y las distintas campañas de muestreo de otoño (diciembre de 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2017 y 2018).

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° ind/m²), 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:

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

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. $Residual_{n(ij)}$ 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:

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

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 2018 (anexos 3, 4, 5, 6).

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

3.2.1.- Vigilancia estructural

Durante la realización de la vigilancia estructural del emisario submarino se ha detectado una fuga a una profundidad de -28 m y a unos 200 metros de distancia del límite inferior de Posidonia que se sitúa a -24-26 m. Dicha incidencia fue comunicada a las autoridades ambientales con fecha de 8 de enero junto con un informe provisional de la empresa que realiza dicha vigilancia estructural.

A continuación se incluye un extracto del informe de vigilancia estructural, el informe completo se adjunta al presente informe.

“A la vista del análisis de las grabaciones videográficas efectuadas por buceadores-inspectores y visualizadas por técnicos especialistas cabe señalar que, salvo por la incidencia detectada en la pieza de reparación del pinzamiento, la restante funcionalidad principal del emisario es aparente y razonablemente correcta, aunque continúan vigentes el resto de disfuncionalidades ya detectadas en ejercicios anteriores (incidencias previas), y que se consideran en una parte vinculadas a la agresividad del medio en que se ubican las conducciones submarinas y en otra, probablemente, a pequeños defectos de ejecución de la obra original asociados a las habituales dificultades

de ejecución en este tipo de obras subacuáticas, si bien no se considera que las mismas por si solas demanden actuaciones de reparación específicas con carácter inmediato.

En cuanto a la fuga detectada en la pieza de reparación del pinzamiento situada a -26,8 m. de profundidad en el subtramo nº4, su origen se estima puede estar relacionado con un deterioro del carrete metálico afectado por corrosión galvánica, a falta de apreciaciones posteriores que puedan precisar otras causas directas o concomitantes.

En este caso es difícil asegurar las causas del daño detectado sin más datos, porque los fenómenos son complejos y los agentes múltiples.

Por ejemplo, el movimiento del fluido corrosivo transportado en el interior de la conducción (salmuera) incrementa la velocidad de ataque a la superficie interior de la tubería debido a desgaste mecánico, lo que se denomina corrosión por erosión, provocando la remoción de películas superficiales protectoras como el propio galvanizado de protección.

Asimismo, los cloruros transportados en la salmuera son muy dañinos porque pueden romper localmente las películas pasivas originando fenómenos de corrosión por picadura, que suele aparecer cuando se producen esas pequeñas heterogeneidades superficiales asociadas a la rotura local de la capa de galvanizado, comenzando el ataque en zonas aisladas con la formación de pequeños túneles que avanzan hacia el interior con rapidez, y podrían estar detrás de la generación de la grieta por la que se produce la fuga.

Es evidente que el aire disuelto en el agua de mar y en la salmuera transportada en el interior del conducto es la fuente de oxígeno requerida en estos procesos corrosivos.

Los otros aspectos estructurales más destacables de la nueva inspección realizada a finales de 2018 a nuestro juicio están asociados de nuevo a las incidencias comentadas y detectadas en inspecciones de ejercicios previos, que no se han visto modificadas con carácter general en intensidad, a saber:

1. Afección al lastrado de los conductos submarinos, en dos vertientes:

□ Existe un número elevado de mantas de protección de doble pared inyectadas con microhormigón que presentan deterioro por aparición de grietas y fisuras longitudinales, principalmente en la generatriz cenital y en algún caso en generatrices laterales, que empeoran su funcionalidad fundamentalmente como elementos de lastrado y en menor medida como elementos de protección frente a agresiones externas (anclas, artes de pesca,...) lo que de seguir evolucionando negativamente podría comprometer la seguridad frente a fenómenos desestabilizadores sobre las conducciones. En los subtramos nº7, nº8 y nº9, se estima un porcentaje de afección por este motivo del orden del 60-70%, parecido al del 2013, siendo que el grado de deterioro de los citados elementos de protección presenta una amplia variabilidad, ya que abarca desde unidades de protección con fisuras de algunos decímetros de longitud a otras que abarcan toda la pieza con desplazamiento de la misma de su posición original descubriendo la tubería.

□ Se aprecia una significativa aleatoriedad en la disposición de los lastres en horquilla (U invertida) que no parece seguir una secuencia clara de intercalación entre los lastres de sustentación (cilíndricos), por ejemplo vinculada a la profundidad y al riesgo de afección por agentes hidrodinámicos.

No obstante a este respecto señalar que el grado de enterramiento importante en muchos de los tramos donde se presentan estas circunstancias hace que el conjunto de tubo lastrado semienterrado presente una estabilidad razonable frente a las acciones que pudieran actuar desestabilizando el conjunto, por lo que la situación no se considera alarmante y se recomienda, más bien, proceder al seguimiento periódico de su evolución, tal y como se está efectuando en este momento.

2. Holguras entre las conducciones y los lastres de protección/anclaje en forma de horquilla (U invertida). En las obras ejecutadas en 2009 se acometió el retacado con sacos de mortero de una parte de estas holguras, pero la actuación no fue completa ni en el número de lastres afectados ni en la intensidad de la actuación a que en algunos casos el retacado fue parcial y ese déficit de retacado ha permitido posteriormente que parte de los sacos

dispuestos se hayan caído de sus posiciones, perdiendo la funcionalidad original para la que fueron instalados.

3. Deformación por ovalización y aparición de pequeñas abolladuras por apoyo de conducto en crestones de roca en el subtramo nº5. Esta incidencia puede calificarse en este momento como persistente, a pesar de haberse actuado sobre ella en el punto más expuesto. El roce de la tubería de polietileno de alta densidad con los crestones del fondo rocoso debido a los movimientos oscilatorios de elevación y arrastre vinculados al oleaje o a acciones externas podría provocar a medio/largo plazo la aparición de grietas por la que se produjeran eventuales fugas. Hay que señalar que el efecto asociado a la retirada de un elemento de lastrado cilíndrico en este subtramo ha provocado pequeñas variaciones de la carga sobre el conducto, con efectos inducidos de modificación de la ovalización en la zona, aunque poco relevantes.

4. Ajuste de elementos de apriete y estanqueidad en la pieza carrete de reparación existente en el subtramo 4, así como de sus condiciones de apoyo.”

3.2.2 Resultados de los sensores conectados a las boyas.

Los valores de salinidad registrados por las boyas este y oeste situada 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 dichas boyas durante las necesarias operaciones de mantenimiento de las mismas desde el mes de marzo hasta abril. Además, la boya este tuvo que ser recuperada de un temporal durante el mes de enero, se cambió todo el fondeo y fue instalada después de las operaciones de mantenimiento. Durante los periodos en los que se han registrado datos, los valores de salinidad son normales sin detectarse una influencia del vertido.

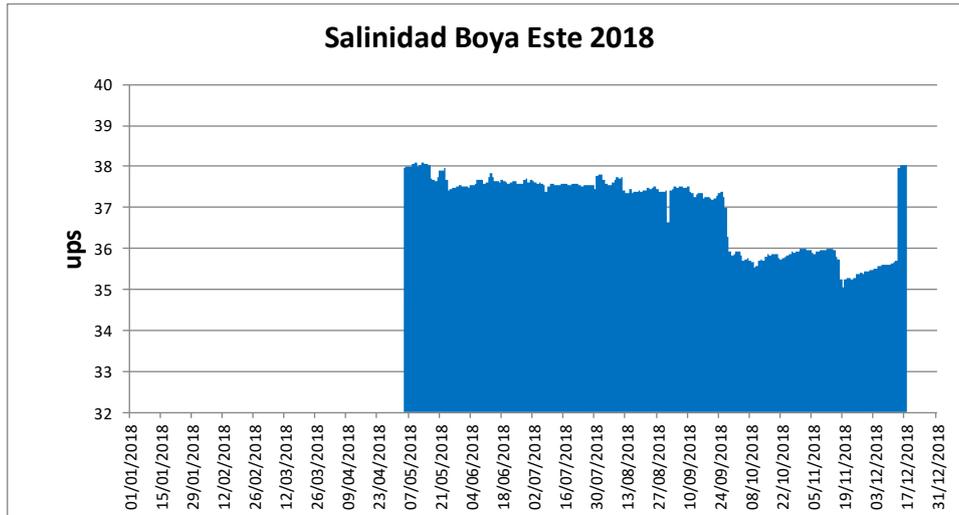


Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya este.

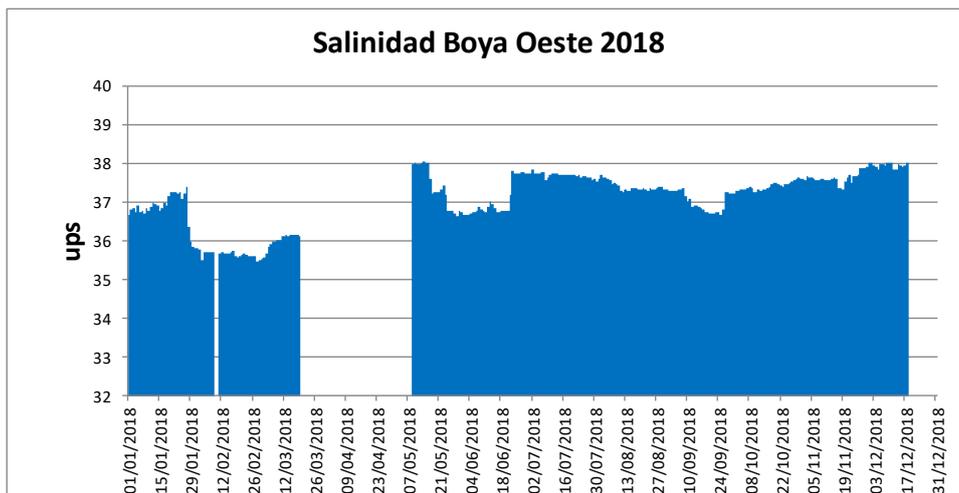


Figura 3.2. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya oeste.

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.

Febrero 2018

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	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018
Hora	9:50	10:12	10:00	10:50	11:05	11:23	11:45	12:05	12:25	12:43	12:52	13:04
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	2.05	0.96	2.83	2.59	0.76	0.80	0.93	0.76	0.94	1.05	0.97	2.07
Sólidos suspensión (mg/L)	2	3	1	2	< 1	< 1	2	< 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	< 0.02	< 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)	< 83	< 83	< 83	< 83	< 83	< 83	< 83	< 83	< 83	105	136	134
Hierro (µg/L)	4.7	5.9	7.2	6.3	4.8	4.3	< 3.4	4.4	5.1	6.8	13	15
Níquel (µg/L)	0.8	1.0	1.5	1.4	1.7	2.2	3.2	5.0	4.9	5.1	6.9	7.7
Cobre (µg/L)	< 1.4	< 1.4	2.8	< 1.4	< 1.4	< 1.4	< 1.4	< 1.4	< 1.4	< 1.4	< 1.4	< 1.4
Salinidad (‰)	37.44	37.31	37.32	37.34	37.32	37.34	37.36	37.38	37.30	37.29	37.24	37.27
Densidad (g/cm3)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
pH (U. pH.)	8.3	8.3	8.2	8.25	8.35	8.35	8.35	8.34	8.34	8.37	8.38	8.39
Oxígeno disuelto (%/ppm)	7.3/88.4	7.7/83	7.8/91.1	7.6/90.8	7.61/92.5	7.6/91.8	7.63/93.7	7.62/92.2	7.53/91.6	8.1/95.3	7.93/93	8.34/95.5
Temperatura (°C)	14.75	14.62	14.84	14.77	14.77	14.67	14.88	14.82	14.88	14.09	14.01	13.80
Transparencia (m.)	15	7	17	15	16	14	15	18	17	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

2018

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	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018
Hora	9:50	10:12	10:00	10:50	11:05	11:23	11:45	12:05	12:25	12:43	12:52	13:04
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	1,93	2,01	2,09	5,2	1,21	0,48	2,36	2,21	2,21	3,81	1,5	2,81
Sólidos suspensión (mg/L)	2	3	3	2	< 1	1	3	5	4	5	5	5
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	< 0,02	< 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)	110	131	118	89	98	< 83	102	< 83	< 83	< 83	< 83	< 83
Hierro (µg/L)	12	14	22	8,2	8,8	12	77	23	21	7,9	11	15
Níquel (µg/L)	7,5	7,2	7,9	6,2	5,8	6,5	5,9	4,9	5,5	4,3	4,1	4,0
Cobre (µg/L)	< 1,4	< 1,4	1,7	< 1,4	1,6	< 1,4	< 1,4	< 1,4	4,9	< 1,4	< 1,4	< 1,4
Salinidad (‰)	37.95	37.95	37.90	37.85	37.79	37.68	37.93	37.89	37.81	37.27	37.23	37.25
Densidad (g/cm3)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
pH (U. pH.)	8.34	8.32	8.33	8.33	8.34	8.36	8.33	8.34	8.32	8.38	8.38	8.39
Oxígeno disuelto (%/ppm)	7.6/92	7.4/90.2	7.2/88	7.6/92.8	7.8/94	7.5/90.4	7.52/91.60	7.49/90.2	7.43/90.3	8.2/96	8.06/94.8	8.5/98.2
Temperatura (°C)	14.57	14.54	14.60	14.61	14.61	14.52	14.58	14.58	14.52	14.07	13.93	13.78
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

2018

Mayo 2018

SUPERFICE	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	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018
Hora	9:50	10:02	10:20	10:30	10:45	10:58	11:14	11:28	11:41	12:04	12:11	12:19
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2.7	1.2
Turbidez (NTU)	2.52	1.99	1.59	2.32	0.29	2.05	2.11	1.94	1.88	2.77	4.68	3.74
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	< 0.02	< 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)	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95
Hierro (µg/L)	16	< 6.2	< 6.2	< 6.2	< 6.2	< 6.2	< 6.2	< 6.2	6.2	< 6.2	< 6.2	6.3
Níquel (µg/L)	0.8	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	< 0.3	0.5	0.5
Cobre (µg/L)	2.4	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	1.1	1.5
Salinidad (‰)	37.84	37.84	37.85	37.87	37.86	37.86	37.86	37.85	37.86	37.94	37.92	37.97
Densidad (g/cm3)	29.62	29.62	29.63	29.62	29.63	29.63	29.61	29.60	29.59	29.48	29.41	29.39
pH (U. pH.)	8.39	8.22	8.23	8.24	8.2	8.16	8.1	8.2	8.23	8.31	8.3	8.33
Oxígeno disuelto (%/ppm)	91.9/8.1	91.1/8	89.1/7.8	89/7.8	89.1/7.8	88.4/7.8	87.4/7.6	85.9/7.5	86.3/7.5	89.7/7.8	92.3/8.03	90.3/7.9
Temperatura (°C)	16.55	16.55	16.55	16.60	16.57	16.58	16.63	16.63	16.68	17.25	17.40	17.58
Transparencia (m.)	16	13	16	17	14	15	14	18	15	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

PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DEL VERTIDO DE LAS DESALINIZADORAS I Y II DEL NUEVO CANAL DE CARTAGENA EN SAN PEDRO DEL PINATAR: INFORME ANUAL

2018

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	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018	03/05/2018
Hora	9:50	10:02	10:20	10:30	10:45	10:58	11:14	11:28	11:41	12:04	12:11	12:19
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	1.58	6.22	3.41	4.25	7.20	1.35	5.59	3.70	4.03	3.11	3.25	3.38
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	< 0.02	< 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)	< 95	< 95	111	< 95	< 95	< 95	102	< 95	< 95	< 95	< 95	< 95
Hierro (µg/L)	5.2	13	6.4	7.5	16	< 6.2	16	< 6.2	19	< 6.2	6.9	< 6.2
Níquel (µg/L)	1.2	1.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6
Cobre (µg/L)	1.4	1.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	1.2	1.4	1.4	1.4
Salinidad (‰)	38.40	38.10	38.05	38.02	38.33	38.11	38.42	38.39	38.56	37.95	37.92	37.98
Densidad (g/cm3)	30.27	30.11	30.03	30.01	30.18	30.00	30.27	30.25	30.27	29.46	29.41	29.38
pH (U. pH.)	8.23	8.17	8.21	8.21	8.12	8.17	8.21	8.13	8.2	8.34	8.33	8.34
Oxígeno disuelto (%/ppm)	88.6/7.8	86.7/7.6	91.4/8.1	87.6/7.7	77/6.7	85.7/7.5	83.4/7.3	82.9/7.2	85.7/7.5	93.6/8.1	92.9/8.1	90.3/7.9
Temperatura (°C)	16.11	15.77	15.88	15.84	16.19	16.15	16.15	16.15	16.55	17.31	17.40	17.62
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

2018

Julio 2018

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	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018
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	5,1	1,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	1,7	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	1,8	< 1	5,9	1,6	1,3	1,5	1,3	2,5	1,2	< 1	< 1	1,2
Turbidez (NTU)	0,64	2,99	1,16	2,33	1,63	4,32	1,62	1,37	1,50	4,26	2,34	3,20
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	< 0,02	< 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	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	30	31	< 30
Hierro (µg/L)	5,5	3,9	< 2,5	7,7	< 2,5	4,7	6,0	3,5	5,0	6,2	4,0	20
Níquel (µg/L)	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5
Cobre (µg/L)	1,3	1,2	1,4	1,3	1,3	1,6	1,7	2,0	1,9	2,0	2,5	2,9
Salinidad (‰)	37,67	37,70	37,75	37,75	37,84	37,80	37,81	37,85	37,84	37,90	37,86	37,87
Densidad (g/cm3)	26,14	26,18	26,17	25,84	26,08	26,42	25,98	26,04	26,02	25,90	26,90	26,76
pH (U. pH.)	8,39	8,13	8,22	8,40	8,17	8,10	8,11	8,10	8,11	8,16	8,10	8,10
Oxígeno disuelto (%/ppm)	87.1/6.3	84.7/6.20	83.1/6.05	87.6/6.48	89.7/6.72	92.1/6.8	94.1/6.9	94.1/6.9	96.1/7	97.1/7.2	97.4/7.2	97.1/7.2
Temperatura (°C)	25,73	25,68	25,84	26,16	26,24	25,98	26,41	26,38	26,40	26,81	25,83	25,90
Transparencia (m.)	13	15	14	14	15	14	12	12	14	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

2018

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	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018	19/07/2018
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	1,6	1	3,1	< 1	1,7	1,9	3,1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	1	1,0	< 1	1,9	< 1	1,7	1,4	2,1	1,1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	2,95	2,35	2,96	3,0	3,25	3,45	3,91	4,20	3,37	1,61	3,50	2,20
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	< 0,02	< 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)	65	76	72	62	78	57	91	73	72	65	67	81
Hierro (µg/L)	4,7	8,4	9,5	21	18	4,0	21	15	16	5,6	10	11
Níquel (µg/L)	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
Cobre (µg/L)	2,3	2,6	2,6	2,4	2,3	2,1	2,2	2,0	2,1	1,9	2,3	2,1
Salinidad (‰)	38.13	38.08	37.97	37.97	37.97	37.91	38.52	38.09	38.87	37.84	37.86	37.88
Densidad (g/cm3)	29.73	29.78	29.53	29.55	29.45	29.39	29.79	29.60	30.12	25.93	26.66	27.00
pH (U. pH.)	8.13	8.15	8.14	8.17	8.16	8.15	8.15	8.14	8.14	8.11	8.10	8.12
Oxígeno disuelto (%/ppm)	88.1/6.3	89.7/6.42	88.9/6.3	88.7/6.3	93.1/6.7	91.2/6.6	92.1/6.7	93.1/6.75	92.5/6.61	95.5/6.9	96.3/6.91	97.6/7.01
Temperatura (°C)	16.98	16.72	17.16	17.11	17.40	17.41	17.85	17.28	17.82	26.61	25.93	25.81
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

Octubre 2018

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	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018
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
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	0.2	0.2	0.37	0.37	0.18	0.31	1.09	0.65	0.88	0.4	0.88	2.14
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	< 0.02	< 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)	80	80	78	78	91	108	89	72	83	78	73	< 71
Hierro (µg/L)	5.4	5.4	5.4	5.4	9.8	19	6.5	< 4.9	8.1	11	14	11.3
Níquel (µg/L)	2.2	2.2	3.6	3.6	2.9	2.8	2.6	2.3	1.9	1.8	1.6	1.5
Cobre (µg/L)	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5
Salinidad (‰)	37.65	37.69	37.62	37.59	37.61	37.58	37.64	37.65	37.63	37.41	37.41	37.35
Densidad (g/cm3)	27.05	27.07	27.00	26.96	26.99	26.95	27.03	27.03	27.01	26.98	27.06	27.11
pH (U. pH.)	8.27	8.27	8.45	8.80	8.50	8.40	8.30	8.40	8.28	8.21	8.20	8.20
Oxígeno disuelto (%/ppm)	98/7.28	97/7.23	95.6/7.06	95.4/7.06	94.6/7.05	98.9/7.4	90/7.67	100/7.5	100/7.4	96.8/7.23	95/7.12	97/7.3
Temperatura (°C)	23.31	23.37	23.37	23.41	23.40	23.43	23.35	23.36	23.38	22.93	22.73	22.46
Transparencia (m.)	14	13	14	14	12	13	14	15	16	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	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018	17/10/2018
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
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	1.23	0.58	1.55	1.19	3.25	4.2	4.13	3.22	3.32	2.16	4.47	1.95
Sólidos en suspensión (mg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2	2	1	1	< 1	3	< 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	< 0.02	< 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)	71	< 71	< 71	< 71	79	86	86	87	80	75	< 71	125
Hierro (µg/L)	7.4	6.4	12	14	25	39	17	21	44	11	13	21
Níquel (µg/L)	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5
Cobre (µg/L)	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5
Salinidad (‰)	37.58	37.60	37.57	37.56	37.59	37.52	37.55	37.57	38.08	37.39	37.39	37.36
Densidad (g/cm ³)	28.47	28.50	28.44	28.30	28.21	27.96	28.36	28.37	28.51	26.98	27.05	27.11
pH (U. pH.)	8.23	8.22	8.28	8.20	8.32	8.29	8.34	8.28	8.23	8.21	8.20	8.20
Oxígeno disuelto (%/ppm)	97/7.33	97.7/7.45	93.4/7.07	95.5/7.32	96/7.55	100/7.85	100/7.8	100/7.8	100/7.81	100/7.50	98.1/7.36	100/7.6
Temperatura (°C)	19.25	19.20	19.29	19.68	19.99	20.53	19.48	19.50	20.36	22.91	22.70	22.47
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 2018 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 2018.

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.

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 acompañadas por un mayor contenido de fangos en primavera, mientras que durante el invierno se detecta un incremento de las arenas gruesas y gravas. El sedimento de la estación V3 está compuesto por las distintas fracciones granulométricas en porcentajes similares, con un incremento de gravas durante primavera. Mientras que en V4 el sedimento se compone principalmente de lutitas, con un incremento de gravas y arenas medias durante la campaña de verano.

		Gravas	Arenas gruesas	Arenas medias	Arenas finas	Lutitas
N1	Invierno	0.57	1.67	1.91	11.56	84.29
	Primavera	0.43	0.74	0.95	13.56	84.32
	Verano	0.60	1.08	1.27	13.78	83.27
	Otoño	0.64	1.14	0.90	10.31	87.01
N2	Invierno	0.67	0.49	3.17	5.01	90.66
	Primavera	0.19	0.38	0.60	13.18	85.65
	Verano	0.36	0.50	0.61	7.45	91.08
	Otoño	0.74	0.78	0.57	5.12	92.79
N3	Invierno	0.64	2.10	5.64	8.01	83.61
	Primavera	1.02	2.56	3.13	20.39	72.90
	Verano	0.83	2.79	3.97	11.60	80.81
	Otoño	1.08	1.53	1.93	8.02	87.43
N4	Invierno	6.30	19.76	39.35	16.92	17.67
	Primavera	6.19	24.73	18.03	29.81	21.25
	Verano	1.09	11.21	29.71	23.19	34.80
	Otoño	3.85	25.42	41.88	19.03	9.81
V1	Invierno	4.00	11.30	11.87	38.81	34.02
	Primavera	2.26	5.60	3.27	31.05	57.81
	Verano	18.64	16.11	6.23	20.38	38.64
	Otoño	10.38	12.27	10.12	35.26	31.96
V2	Invierno	26.34	34.62	10.19	20.32	8.52
	Primavera	1.23	5.68	2.38	47.79	42.91
	Verano	10.77	23.83	7.81	51.15	6.43
	Otoño	5.01	9.11	6.76	72.37	6.76
V3	Invierno	17.34	28.43	22.59	11.67	19.97
	Primavera	40.92	29.11	15.63	7.49	6.86
	Verano	11.36	32.69	35.45	14.09	6.41
	Otoño	17.16	32.09	26.62	11.44	12.70
V4	Invierno	4.58	11.58	7.71	9.05	67.09
	Primavera	11.58	21.62	14.12	14.49	38.19
	Verano	30.97	35.38	13.28	11.35	9.01
	Otoño	23.14	13.19	6.44	6.28	50.95

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

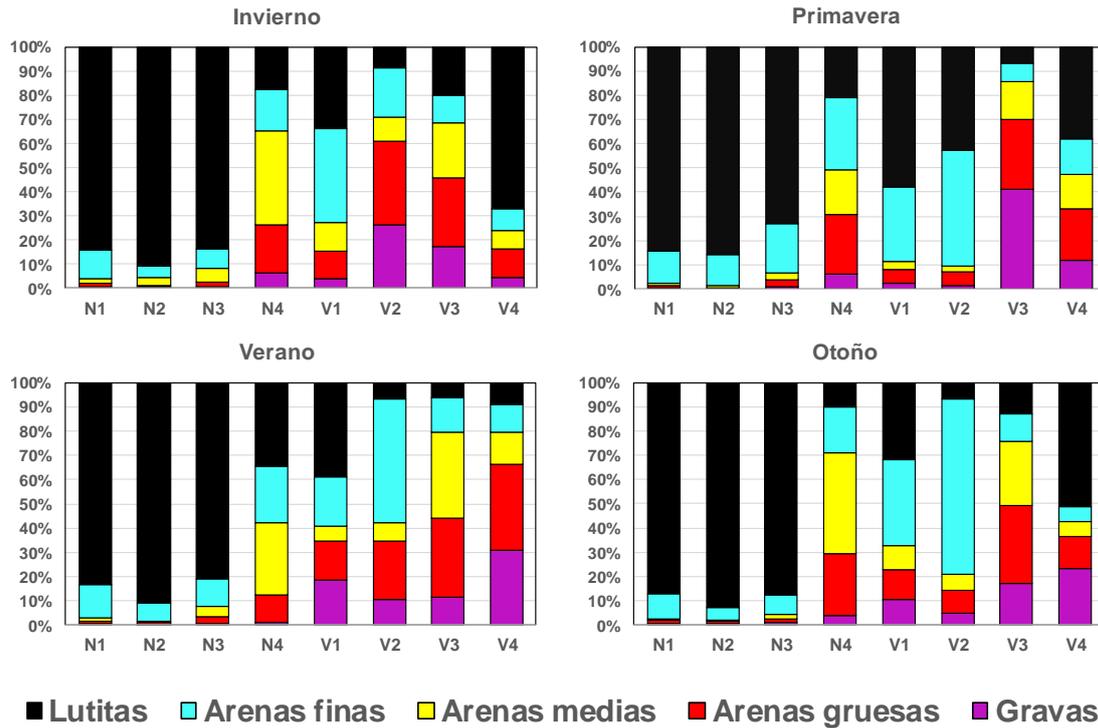


Figura 3.3. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada campaña del 2018.

En el diagrama triangular (Figura 3.4) se puede observar como 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 V4 arena fangosa. En el transecto V, V1 se clasifica como arena fangosa, excepto en primavera que se clasifica como fango arenoso. La estación del vertido, V2, se clasifica durante invierno como arena con gravas, en primavera como arena con fangos, y como arenas durante el verano y el invierno. La estación V3 se clasifica como arena excepto en primavera que se clasifica como arena con gravas. La estación V4 se clasifica como fango arenoso durante el invierno, arenas con fangos en primavera, arenas con gravas en verano y fangos con arenas y gravas en otoño.

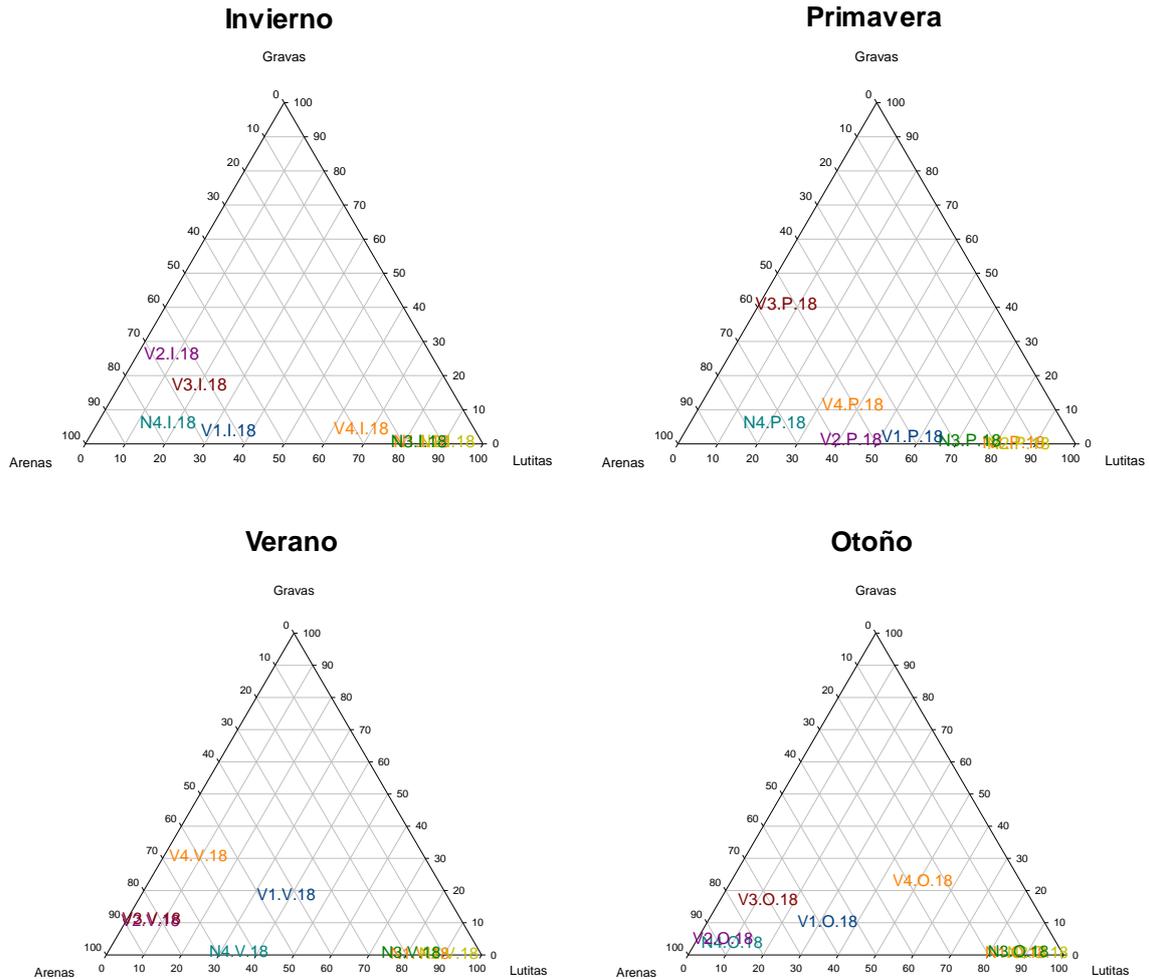


Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2018.

Otras características de los sedimentos.

El menor porcentaje de materia orgánica se obtiene en la estación V3 durante la campaña de invierno (1.34%). De manera general fue en las estaciones N1, N2 y N3 donde se obtuvieron valores de materia orgánica más altos, sin embargo el valor más alto se detectó en V4 durante otoño, campaña en la que se detectó un incremento (7.96%), (Tabla 3.6, figura 3.5).

Los valores de pH oscilan entre 7.34 y 7.90, correspondiendo el valor más bajo a la estación V3 durante la época estival; y el valor más alto a N4 durante la campaña de invierno (Tabla 3.6, figura 3.6).

El valor más alto de potencial redox (Figura 3.7) se obtiene en invierno en la estación V3, mientras que el valor más reducido se obtiene en la misma estación V3 en verano.

		N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
% Mat. Org.	Invierno	3.63	4.13	3.79	1.71	2.37	3.95	1.43	3.34
	Primavera	4.30	4.60	5.16	3.99	4.50	4.48	2.19	2.43
	Verano	4.84	4.24	3.93	1.47	2.82	3.65	3.11	2.56
	Otoño	5.51	6.43	5.23	1.84	2.19	5.39	2.85	7.96
pH	Invierno	7.56	7.57	7.46	7.90	7.44	7.72	7.73	7.52
	Primavera	7.50	7.40	7.40	7.42	7.58	7.47	7.50	7.44
	Verano	7.54	7.60	7.65	7.70	7.60	7.63	7.34	7.40
	Otoño	7.58	7.47	7.36	7.67	7.51	7.74	7.77	7.41
Eh	Invierno	-135	-176.6	-184.1	-140	-101.8	-91.9	32.4	-175.6
	Primavera	-275	-309	-289	-272	-286	-280	-82.6	-274
	Verano	-265	-281	-320	-250	-240	-180	-320	-178
	Otoño	-132.6	-248.0	-286.0	-120.7	-135.6	-230.0	-103.8	-168.2

Tabla 3.6. Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial redox en cada estación para cada campaña del 2018.

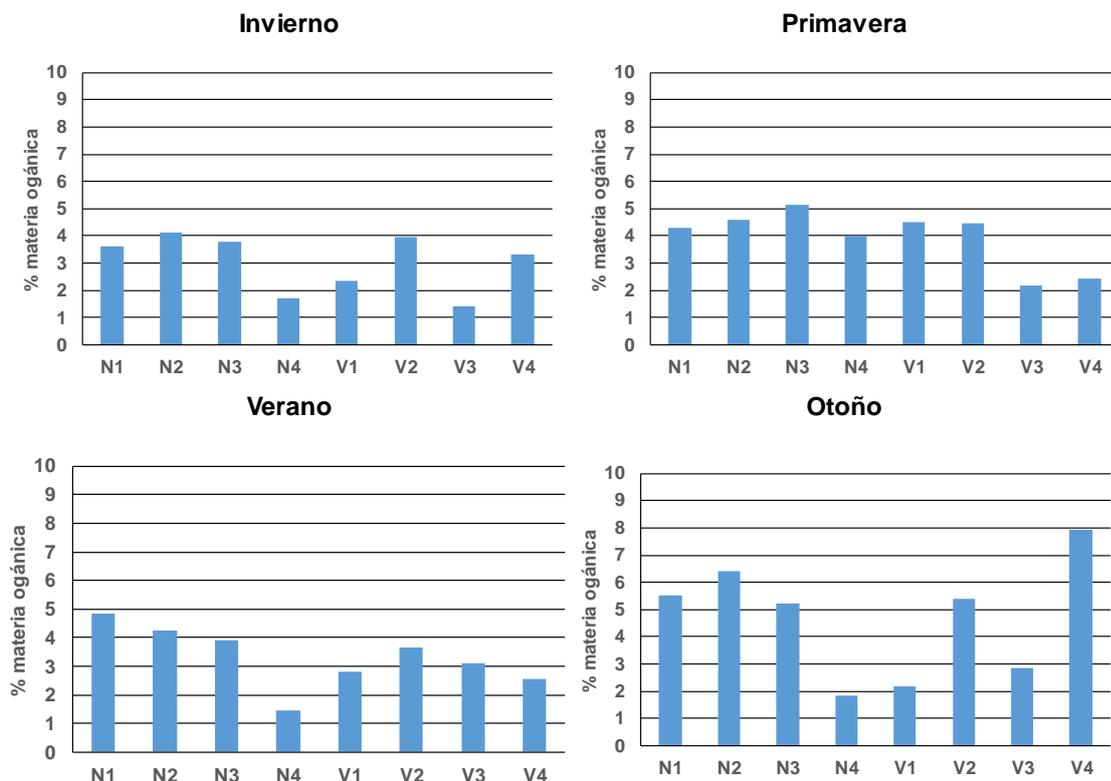


Figura 3.5. Representación del porcentaje medio de materia orgánica para cada estación y campaña de muestreo del 2018.

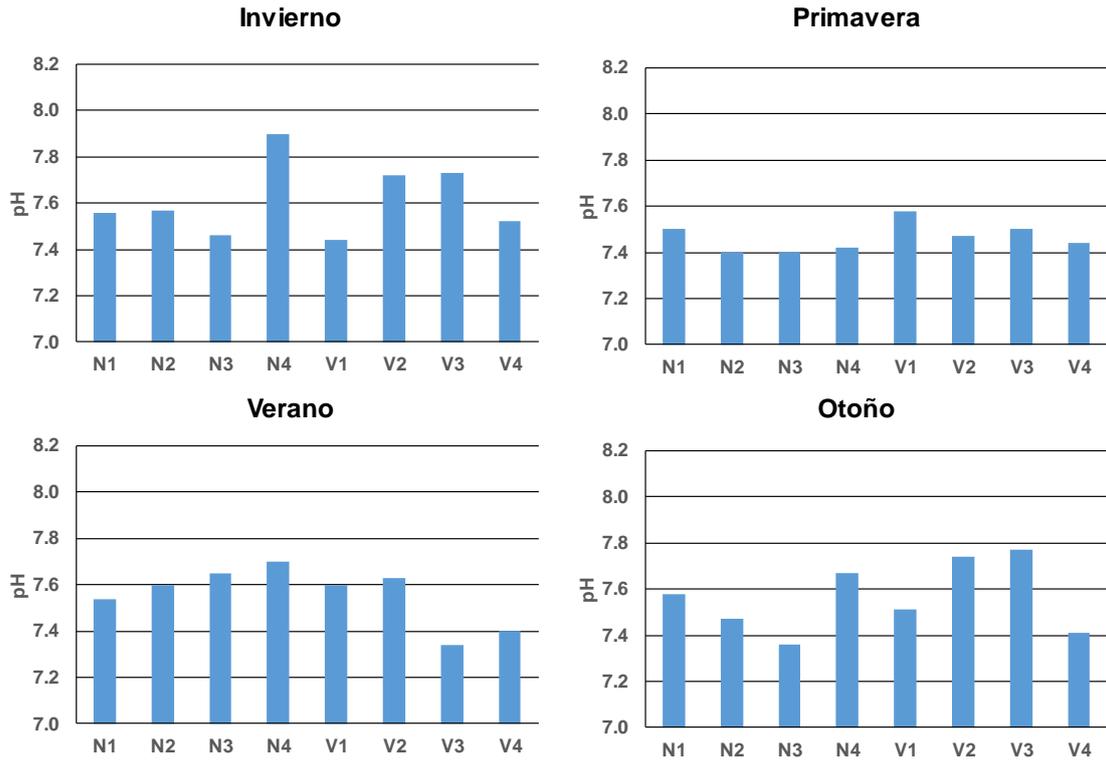


Figura 3.6. Representación del pH tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2018.

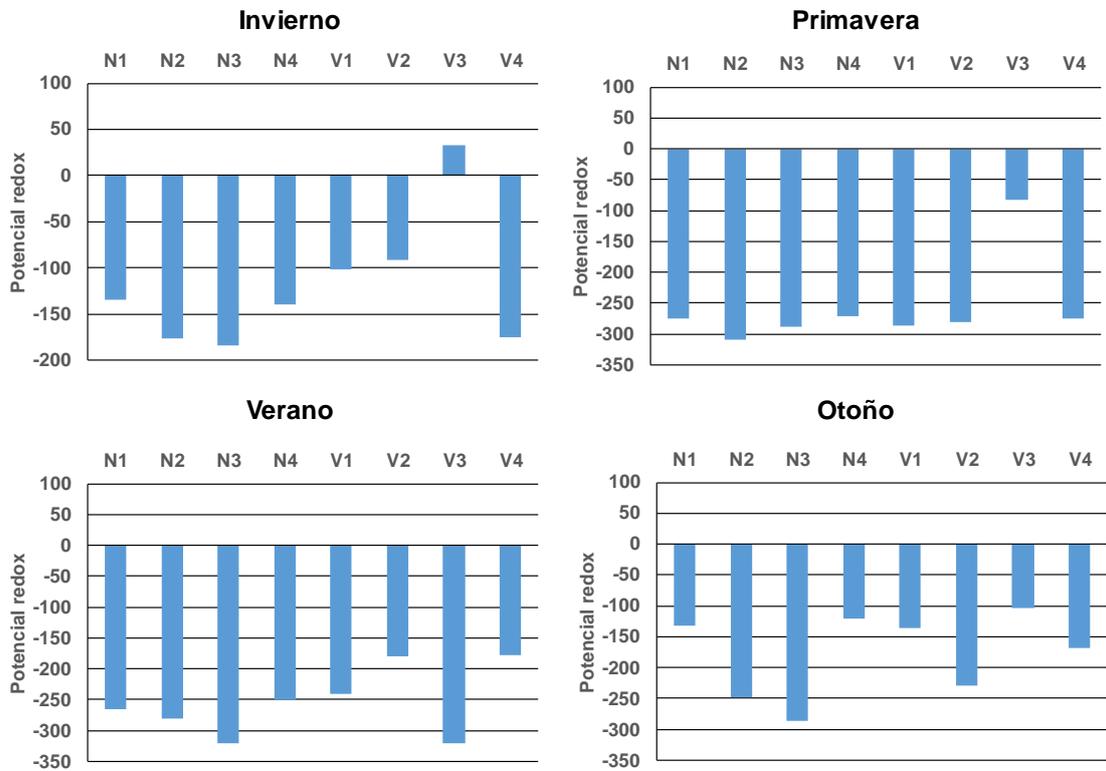


Figura 3.7. Representación del potencial redox tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2018.

Las muestras presentaron un contenido en Níquel entre 6.18 ppm y 8.63 ppm, en Hierro entre 0.5 % y 1.05 %, en Cromo entre 15.18 ppm y 24.80 ppm, en Zinc entre 17.63 ppm y 30.55 ppm y en Cobre entre un 3.61 ppm y 6.75 ppm. En general los valores más altos se registraron en las estaciones V3 y V4 excepto en el caso del cromo que el valor máximo se detectó en N3 (Tabla 3.7).

Muestra	Ni ppm	Fe %	Cromo Ppm	Zinc ppm	Cobre ppm
N1	8.59	0.93	15.92	20.71	4.48
N2	7.56	0.87	24.13	17.85	3.61
N3	8.17	0.94	24.80	26.17	4.68
N4	6.18	0.69	22.51	28.16	4.03
V1	6.83	0.77	15.18	26.02	4.41
V2	7.34	0.50	15.81	17.63	4.49
V3	7.79	1.05	20.15	30.55	6.75
V4	8.63	1.00	21.07	30.47	4.78

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

3.5.2.- Fauna general en la campaña de primavera de 2018.

Se han obtenido un total 4201 individuos clasificados en 23 grupos taxonómicos diferentes, entre los cuales domina la clase Polychaeta con 1909 individuos (45.44%); seguida por el orden Amphipoda con 1303 individuos (31.02%), la clase Bivalvia con 311 individuos (7.40%) y el orden Tanaidacea con 279 individuos (6.64%). Estos grupos están presentes en las ocho estaciones muestreadas (Tabla 3.8).

	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Nemertino	25.06	137.84	62.66	75.19	12.53	50.13	37.59	0.00
Nematoda	50.13	0.00	338.35	288.22	62.66	12.53	62.66	62.66
Annelida	1754.39	2869.67	2731.83	4686.72	2205.51	4436.09	2819.55	2418.55
Sipuncula	0.00	12.53	12.53	112.78	12.53	12.53	12.53	0.00
Ostracoda	25.06	50.13	0.00	175.44	75.19	125.31	37.59	25.06
Copepoda	112.78	50.13	50.13	137.84	50.13	125.31	0.00	25.06
Leptostraca	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	50.13	100.25	62.66	37.59	0.00	213.03	12.53	37.59
Mysidacea	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tanaidacea	1140.35	927.32	363.41	62.66	37.59	902.26	12.53	50.13
Isopoda	25.06	25.06	37.59	25.06	62.66	150.38	0.00	25.06
Amphipoda	3721.80	1541.35	588.97	852.13	877.19	7731.83	526.32	488.72
Decapoda	50.13	25.06	50.13	25.06	12.53	12.53	25.06	0.00
Pycnogonida	0.00	0.00	0.00	37.59	0.00	87.72	0.00	12.53
Gastropoda	25.06	25.06	12.53	62.66	12.53	37.59	37.59	0.00
Bivalvia	601.50	864.66	175.44	939.85	100.25	664.16	363.41	187.97
Asteroidea	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ophiuroidea	50.13	75.19	62.66	100.25	137.84	75.19	100.25	112.78
Echinoidea	0.00	12.53	0.00	12.53	25.06	37.59	25.06	0.00
Holothurioidea	0.00	25.06	0.00	0.00	12.53	50.13	0.00	0.00
Phoronis	0.00	0.00	0.00	37.59	0.00	12.53	0.00	0.00
Cephalochordata	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Anthozoa	25.06	25.06	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, no se detectan diferencias significativas para ambos factores. Sin embargo, se detecta cierto incremento en la abundancia de individuos en la estación más cercana al vertido, V2.

El mayor valor de abundancia media (Figura 3.8) se encuentra en la estación en V2.P.18 (14736.84). Mientras que el valor más bajo de abundancia media se obtiene en la estación V4.P.18 (3446.12 ind/m²).

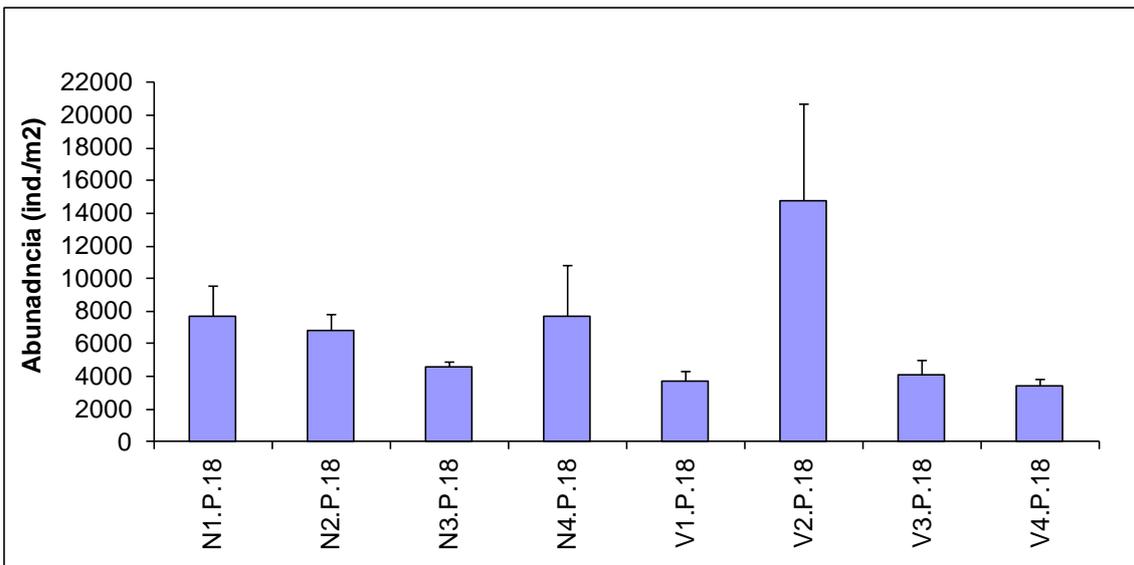


Figura 3.8. Abundancia media de individuos en las distintas estaciones de muestreo en primavera 2018.

En el caso de la riqueza taxonómica se detectan diferencias significativas entre transectos ($p < 0.05$). Detectándose una mayor riqueza en el transecto norte.

Los valores más altos de riqueza se encuentran en la estación N1.P.18, y N4.P.18 (12.33 taxones), mientras que los menores valores se registran en la estación del V4.P.18 (8.33 taxones) (Figura 3.9).

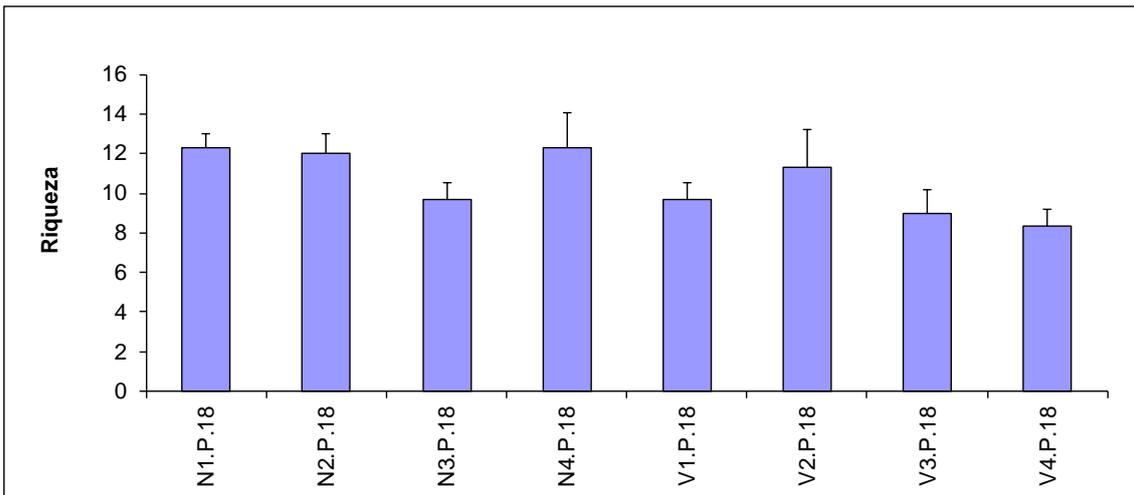


Figura 3.9. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en primavera 2018.

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 en la interacción de ambos factores ($p=0.01$). Los valores obtenidos en la estación V4 y V1 fueron menores a los obtenidos en el resto de estaciones del transecto vertido. Obteniendo en las distancia 1 menores valores en el transecto vertido respecto al norte y en la distancia 3 menores valores en el transecto norte respecto al vertido.

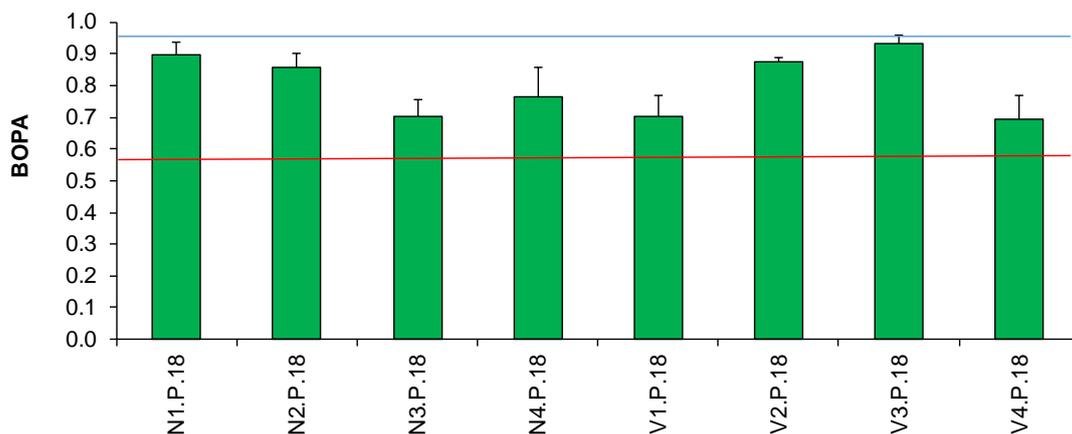


Figura 3.10. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en primavera 2018. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea verde el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015).

Análisis multivariante

El dendrograma de similitud (Figura 3.11) muestra como las estaciones forman dos grupos diferenciados. El grupo 1 lo forman las estaciones N1, N2 y V2, con una similitud entre ellas superior al 75%. El resto de estaciones forman el grupo 2 y presentan una similitud superior al 70%.

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.

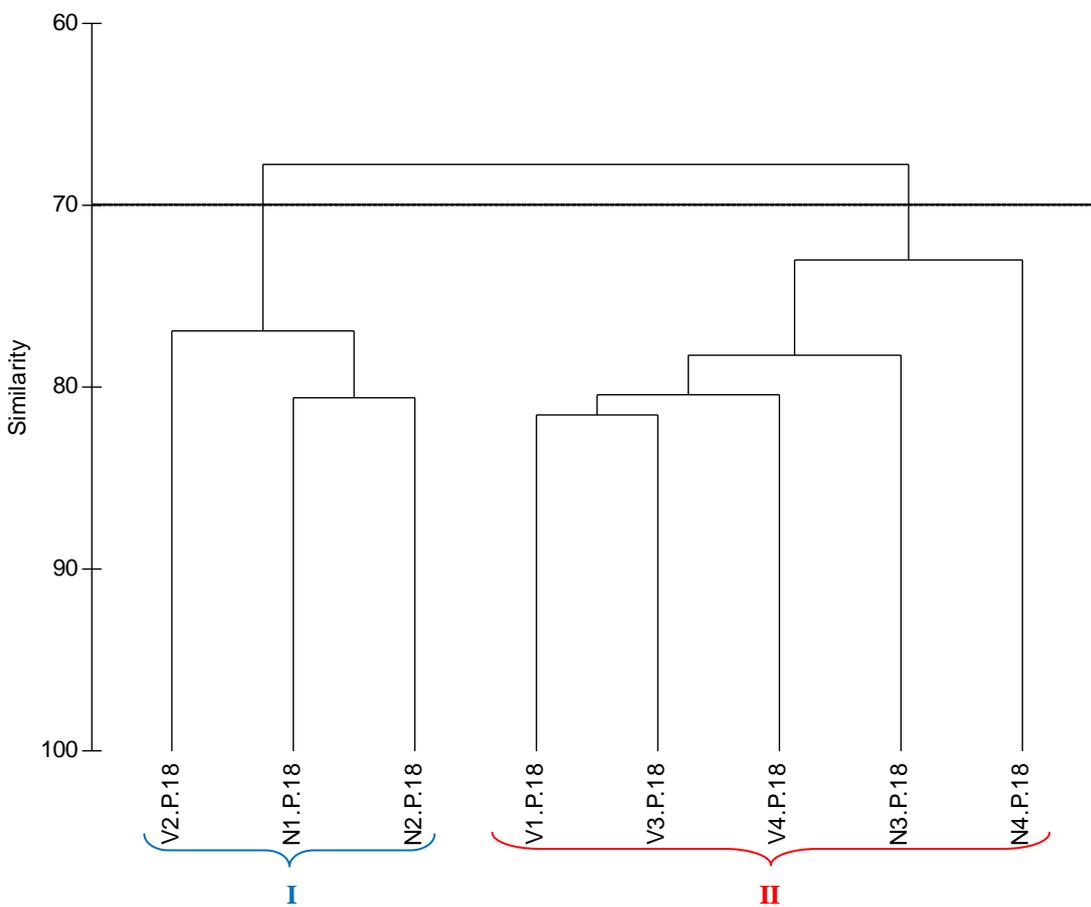


Figura 3.11. Representación del dendrograma respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.

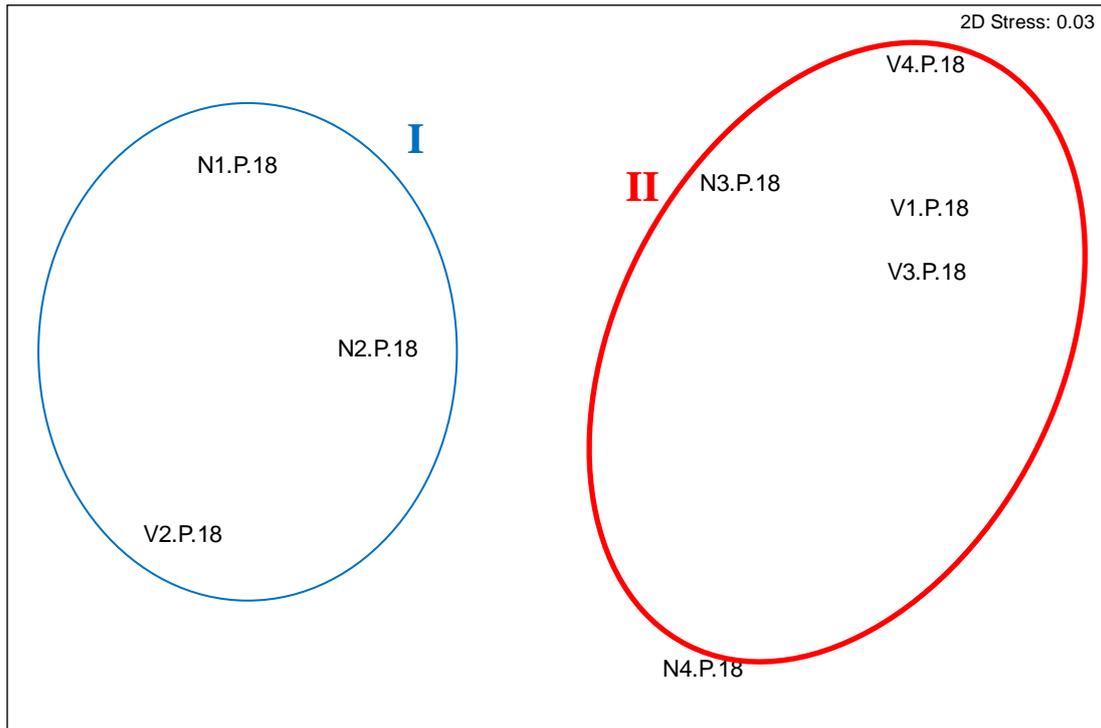


Figura 3.12. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.

Al aplicar el análisis de similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas para el factor transecto, con un nivel de significación del 22.9% y un $R=0.115$; ni se observan diferencias dentro del factor distancia, siendo el nivel de significación de 43.8%, con un $R=0.104$.

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 anfípodos el taxón que más contribuye en el grupo I, seguido de poliquetos, tanaidáceos, bivalvos, copépodos, cumáceos y ofiuras. Mientras que en el grupo 2, los poliquetos son el grupo que más contribuye, seguidos de anfípodos, bivalvos, ofiuras, nematodos, tanaidáceos, ostrácodos y copépodos (Tabla 3.9).

Grupo MDS	Grupo Taxon.	AM	PA
1			
SM: 78.13			
	Amphipoda	62.73	22.72
	Polychaeta	54.02	45.2
	Tanaidacea	31.42	60.09
	Bivalvia	26.57	72.39
	Copepoda	9.63	76.42
	Cumacea	10.56	80.37
	Ophiuroidea	8.14	84.11
2			
SM: 76.48			
	Polychaeta	53.99	37.23
	Amphipoda	25.63	54.91
	Bivalvia	17.34	64.38
	Ophiuroidea	10.06	71.39
	Nematoda	11.82	77.93
	Tanaidacea	8.75	82
	Ostracoda	6.61	84.7
	Copepoda	6.18	87.32

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 grupos, se observa como el grupo 1 se diferencia por presentar mayores abundancias de los diferentes grupos taxonómicos (anfípodos, tanaidáceos, bivalvos, poliquetos, cumáceos, copépodos, nemertinos, ostrácodos y holoturias) excepto de nematodos que son más abundantes en el grupo 2 (Tabla 3.10).

Grupos MDS	Grupo Taxon.	AM 1	AM 2	PA
1/2				
DM: 32.35				
	Amphipoda	62.73	25.63	25.76
	Tanaidacea	31.42	8.75	42.27
	Bivalvia	26.57	17.34	50.33
	Polychaeta	54.02	53.99	57.48
	Nematoda	3.54	11.82	63.25
	Cumacea	10.56	4.74	67.41
	Copepoda	9.63	6.18	70.55
	Nemertino	7.94	5.25	73.61
	Ostracoda	7.76	6.61	76.49
	Holothurioidea	4.03	0.71	79.12

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.

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. No se detectan correlaciones significativas con ninguno de los factores abióticos analizados.

Factores ambientales	Rho	P
Materia orgánica	-0.038	0.56
% Gravas	-0.003	0.45
% A. gruesa	0.017	0.41
% A. media	0.195	0.13
% A. fina	0.15	0.21
% Lutitas	-0.027	0.45
pH	-0.195	0.84
Eh	-0.334	0.98
Salinidad	0.04	0.33
Factores totales	-0.028	0.48

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.

3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en primavera 2018.

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Apistobranchidae	0.00	0.00	0.00	37.59	12.53	0.00	12.53	0.00
Ampharetidae	25.06	12.53	25.06	125.31	25.06	50.13	62.66	62.66
Aphroditidae	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00
Capitellidae	250.63	150.38	263.16	75.19	112.78	213.03	87.72	100.25
Chaetopteridae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00
Cirratulidae	62.66	150.38	150.38	175.44	112.78	263.16	125.31	150.38
Cossuridae	12.53	100.25	87.72	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Dorvilleidae	0.00	0.00	0.00	150.38	12.53	25.06	150.38	0.00
Eunicidae	0.00	12.53	0.00	75.19	75.19	162.91	50.13	75.19
Flabelligeridae	87.72	225.56	125.31	150.38	25.06	112.78	37.59	62.66
Glyceridae	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	25.06
Gonianidae	12.53	0.00	0.00	0.00	25.06	12.53	0.00	12.53
Hesionidae	0.00	25.06	0.00	12.53	0.00	25.06	37.59	12.53
Lumbrineridae	150.38	401.00	288.22	137.84	213.03	137.84	87.72	125.31
Magelonidae	25.06	62.66	75.19	87.72	213.03	338.35	0.00	37.59
Maldanidae	12.53	25.06	87.72	112.78	75.19	12.53	50.13	112.78
Nephtyidae	137.84	200.50	125.31	125.31	75.19	538.85	25.06	87.72
Nereididae	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	12.53	12.53
Oeonidae	12.53	0.00	12.53	12.53	12.53	0.00	0.00	0.00
Onuphidae	0.00	12.53	37.59	25.06	87.72	75.19	238.10	0.00
Opheliidae	25.06	0.00	0.00	50.13	12.53	50.13	37.59	12.53
Oweniidae	0.00	0.00	0.00	213.03	112.78	112.78	37.59	0.00
Paralacydoniidae	75.19	62.66	25.06	25.06	37.59	25.06	0.00	75.19
Paraonidae	213.03	463.66	739.35	676.69	488.72	764.41	75.19	626.57
Pectinariidae	0.00	0.00	0.00	12.53	37.59	0.00	12.53	12.53
Pholidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53
Phyllodocidae	0.00	0.00	25.06	87.72	62.66	12.53	12.53	25.06
Pilargidae	0.00	0.00	12.53	125.31	0.00	137.84	62.66	25.06
Poecilochaetidae	87.72	250.63	37.59	12.53	50.13	12.53	12.53	25.06
Polynoidae	0.00	0.00	12.53	25.06	0.00	25.06	37.59	12.53
Sabellidae	12.53	37.59	0.00	125.31	0.00	150.38	175.44	137.84
Scalibregmatidae	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	62.66	0.00
Sigalionidae	12.53	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spionidae	538.85	664.16	526.32	275.69	137.84	676.69	401.00	275.69
Syllidae	0.00	0.00	0.00	1666.67	75.19	488.72	889.72	288.22
Terebellidae	0.00	0.00	37.59	50.13	87.72	0.00	25.06	12.53
Trichobranchidae	0.00	12.53	12.53	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00

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

Se han analizado un total de 1909 individuos pertenecientes a 37 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 327 individuos representando casi el 17% de todos los individuos analizados, seguido de las familias Spionidae, con 279 individuos (14.6%), Syllidae, de las que se

identificaron 272 individuos (14.25%); la familia Lumbrineridae; con 123 individuos (6.44%), y por último, las familias Nephtyidae y Capitellidae; con un 5.5% y 5.24% del total de la abundancia (105 y 100 individuos, respectivamente). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos del 5% del total analizado.

Las familias Ampharetidae, Capitellidae, Cirratulidae, Flabelligeridae, Lumbrineridae, Maldanidae, Paraonidae, Poecilochaetidae y Spionidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. Durante esta campaña de muestreo, las familias Apistobranchidae, Aphroditidae, Chaetopteridae, Cossuridae, Glyceridae, Gonianidae, Hesionidae, Nereididae, Oeonidae, Opheliidae, Orbiniidae, Pectinariidae, Pholidae, Phyllodocidae, Polynoidae, Scalibregmatidae, Sigalionidae, Terebellidae y Trichobranchidae 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 49% del total de las familias).

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) ($p=0.1710$). Tampoco se detectan diferencias significativas para los dos factores estudiados (Transecto, $p=0.9454$; Distancia, $p=0.1932$). Aun así, se observa un incremento en las estaciones N4 y V2 respecto al resto de las estaciones; pero mostrando una gran variabilidad de los datos.

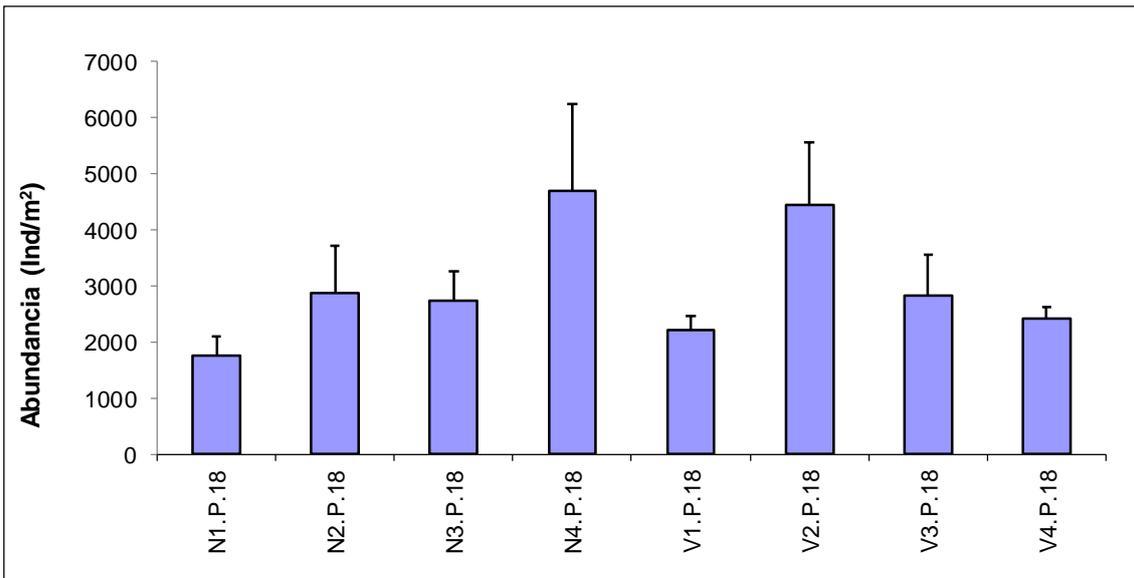


Figura 3.13: Abundancia media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la **riqueza**, se detectaron diferencias significativas para la interacción entre los dos factores analizados (transecto x distancia $p=0.0319$) ni para los factores por separados; Transecto ($p=0.1259$) y distancia ($p=0.0224$) ($p<0.01$). Aun así, se observa un descenso en las estaciones S1, V4 y N3 respecto al resto de las estaciones. Al analizar la interacción de los factores, aplicando el test SNK, para detectar que tratamientos dentro de cada factor están marcando las diferencias, se observa que dichas diferencias son debidas, principalmente, a un descenso de la riqueza en las estaciones localizadas al norte; principalmente en las N1 y N2; siendo N4 la estación con mayor riqueza.

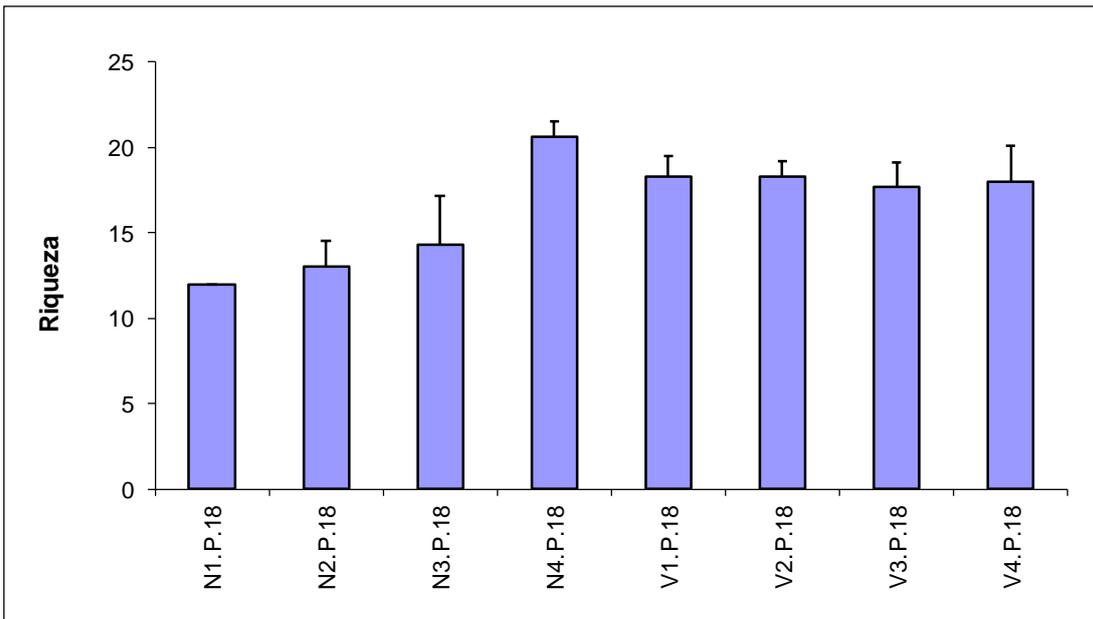


Figura 3.14: Riqueza media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la **diversidad** del poblamiento de poliquetos se observa un descenso en las estaciones localizadas al norte respecto al transecto vertido; obteniéndose los valores más bajos en las estaciones N1, N2 y N3 (diversidad entorno al 3). Esto puede indicar un ligero empobrecimiento en el poblamiento de poliquetos de dichas estaciones durante esta campaña, respecto al resto de las estaciones (diversidad superior a 3.34).

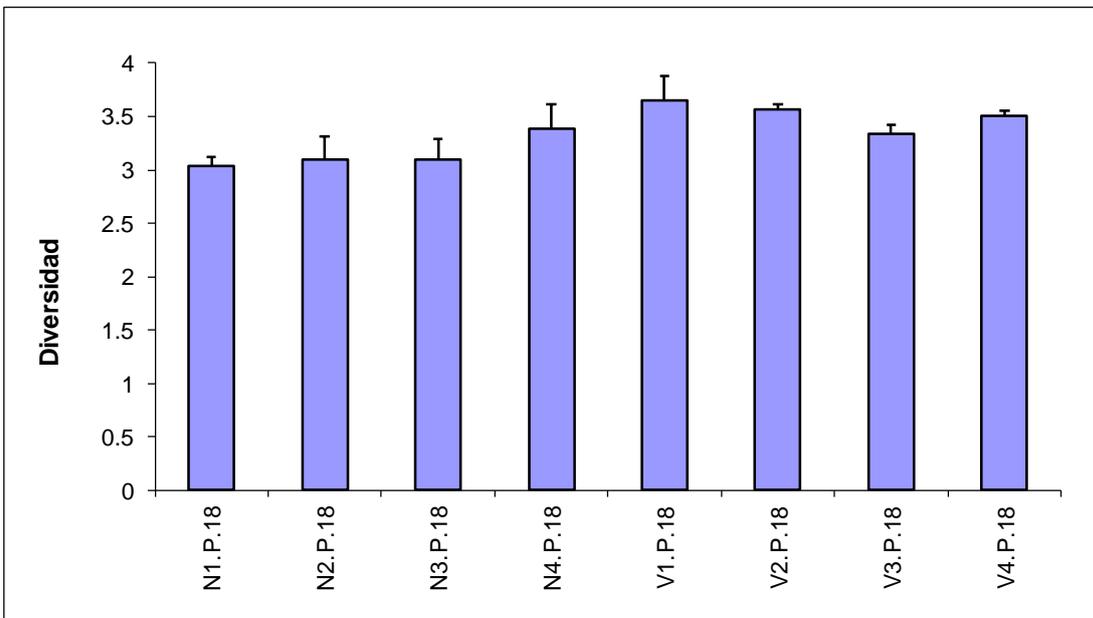


Figura 3.15: Diversidad media de poliquetos en cada estación.

Los valores de **equitatividad** en la zona de estudio superan una equitatividad de 0.77 en todas las estaciones; siendo algo más bajos en las estaciones localizadas al norte, principalmente N4; estación en las que un menor número de familias son las dominantes. Sin embargo, en la estación V1, se obtienen los valores más elevados de equitatividad (superando el 0.87); lo que nos indica un dominio similar del número de familias detectadas en dicha estación.

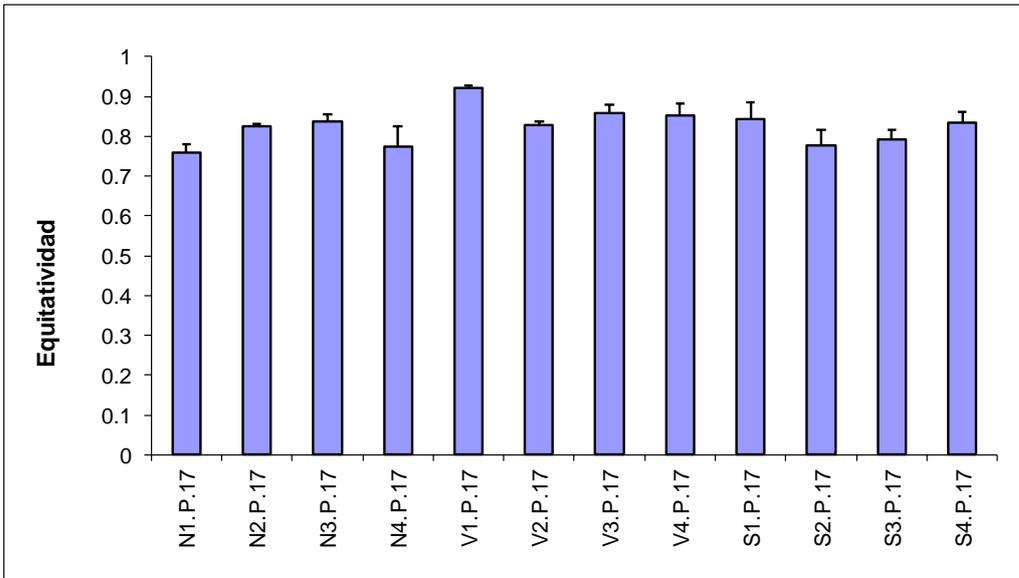


Figura 3.16: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.

Análisis multivariante.

Se detecta la formación de dos grupos principales con un 46% de disimilitud. El grupo A establecido por las estaciones localizadas al norte (N1.P.18, N2.P.18, N3.P.18) con una similitud de un 71 %. El grupo B, constituido por la mayoría de las estaciones localizadas en el vertido, junto a la estación N4.P.18; mostrando una similitud próxima al 60%. Cabe destacar la mayor heterogeneidad de la estación localizada en el vertido V3. P.18, que presenta una disimilitud superior a un 48 % respecto al resto de las estaciones.

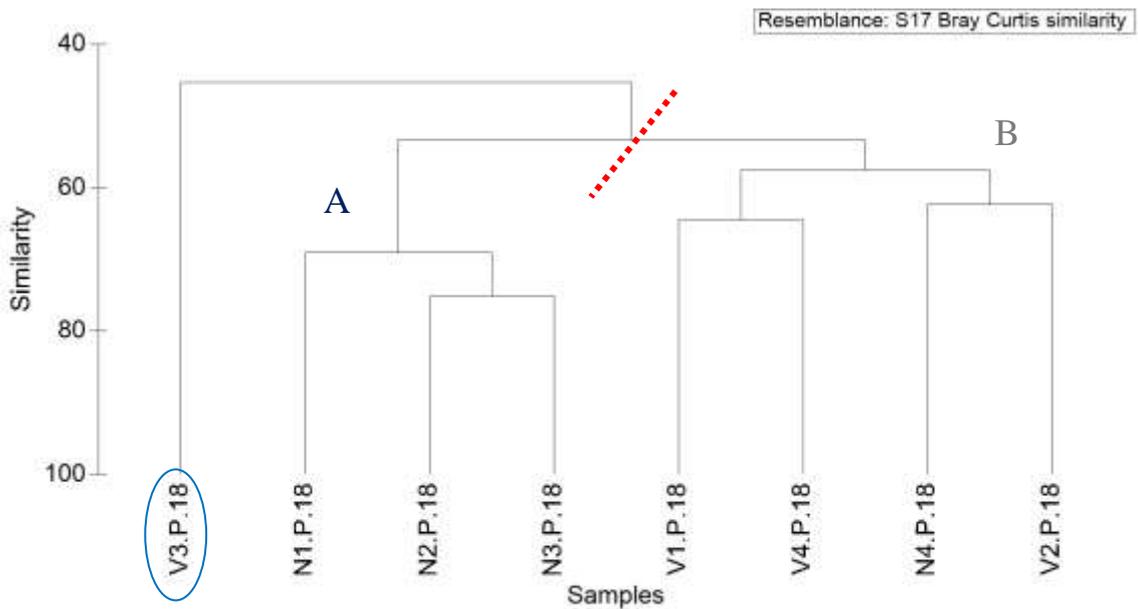


Figura 3.17: Representación del *cluster* respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

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, en cuanto a la composición del poblamiento de poliquetos. Durante esta campaña, la estación V3 presenta mayor heterogeneidad en el poblamiento de poliquetos, respecto al resto de las estaciones.

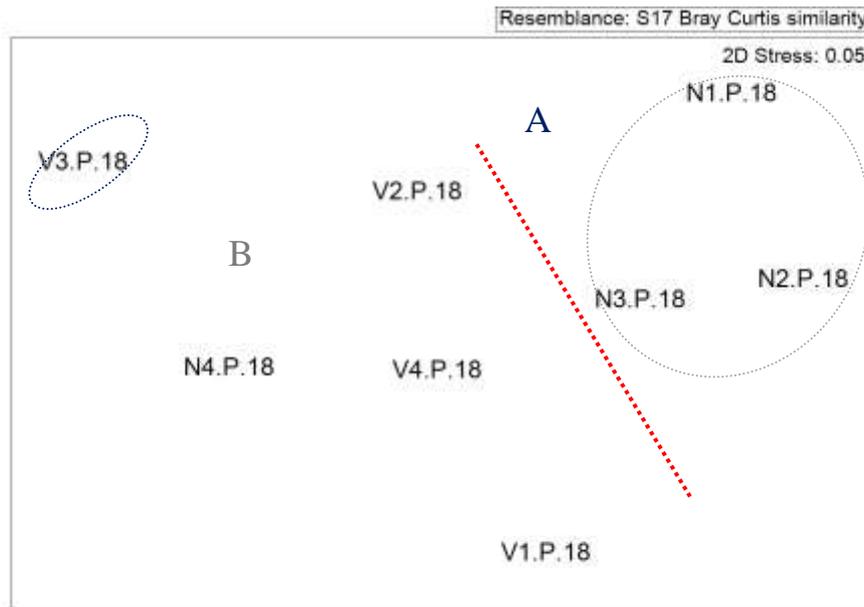


Figura 3.18: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se detectaron diferencias significativas entre las distintas distancias ($p=0.648$ y $R= -0.167$), ni entre los distintos transectos ($p=0.2$, $R=0.146$).

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 Spionidae, Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae, Nephtyidae, Flabelligeridae y Cirratulidae son las implicadas en el 87% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A (porcentaje de similitud de un 71.10%). Las estaciones incluidas en el grupo B presentan un porcentaje de similitud de un 59.56%. En este caso, son las familias Paraonidae, Spionidae, Syllidae, Cirratulidae y Lumbrineridae las que contribuyen en un 61.42% de la similitud.

Grupo	Familia	AM	PA
A			
SM: 71.10			
	Spionidae	576.44	30.74
	Paraonidae	472.01	47.27
	Lumbrineridae	279.87	58.28
	Capitellidae	221.39	69.09
	Nephtyidae	154.55	76.6

	Flabelligeridae	146.2	82.31
	Cirratulidae	121.14	87.41
B			
SM: 59.56			
	Paraonidae	639.1	28.21
	Spionidae	341.48	38.27
	Syllidae	629.7	48.04
	Cirratulidae	175.44	54.76
	Lumbrineridae	153.51	61.42

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, Spionidae, Paraonidae, Onuphidae, Lumbrineridae, Magelonidae y Nephtyidae, son las principales responsables de la mayor diferencia entre los grupos establecidos. La disimilitud se debe, principalmente al dominio de las familias Spionidae y Lumbrineridae en la mayoría de las estaciones del norte (N1.P.18, N2.P.18, N3.P.18), mientras que en las estaciones localizadas en el transecto vertido, junto con la estación N4.P.18, se observa un incremento de la abundancia de las familias Syllidae y Paraonidae, respecto al resto de las estaciones. La estación V3.P.18 se caracteriza por el dominio de las familias Syllidae y Onuphidae; siendo incluso en una única estación la abundancia de la familia Syllidae superior a la encontrada en el grupo B.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
A / B				
DM: 46.67				
	Syllidae	0.00	629.7	20.47
	Spionidae	576.44	341.48	31.9
	Paraonidae	472.01	639.1	41.18
A / C				
DM: 63.45				
	Syllidae	0.00	889.72	26.85
	Paraonidae	472.01	75.19	38.31
	Onuphidae	16.71	238.1	45.02
	Lumbrineridae	279.87	87.72	50.53
	Spionidae	576.44	401	55.73
B / C				
DM: 48.03				
	Syllidae	629.7	889.72	22.68

Paraonidae	639.1	75.19	41.56
Spionidae	341.48	401	48.38
Onuphidae	46.99	238.1	54.95
Magelonidae	169.17	0.00	60.56
Nephtyidae	206.77	25.06	66.08

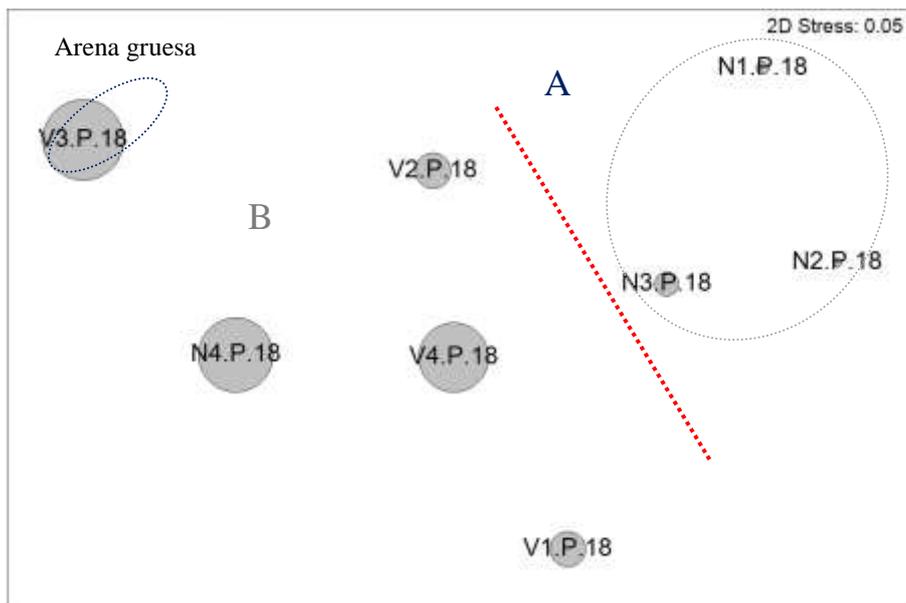
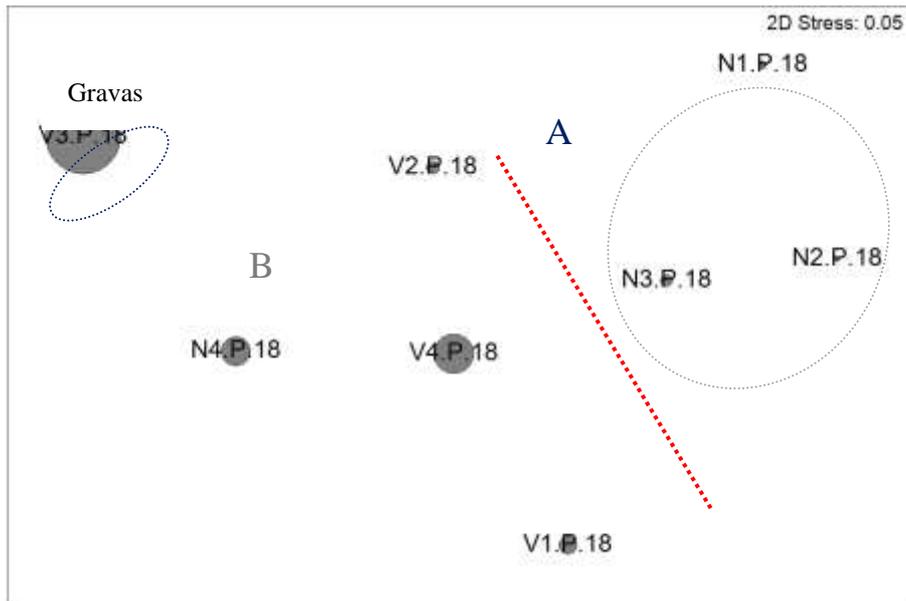
Tabla 3.14: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos y subgrupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

Mediante el procedimiento RELATE se observa correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz de los factores ambientales estudiados (profundidad, granulometría, materia orgánica, Eh, pH y salinidad). Se obtiene un nivel de significación de un 0.4% y con un Rho=0.606 (Tabla 3.16). Al analizar cada uno de los factores por separado, se observa que las gravas, la arena gruesa, arena media, y lutitas presentan los mayores valores de correlación. Por lo tanto, la distribución del poblamiento de poliquetos está determinada, principalmente, por el conjunto de dichos factores; es decir, principalmente por el tipo de granulometría que caracteriza la zona de estudio.

Factores ambientales	Rho	p
Materia orgánica	0.072	0.35
% Gravas	0.456	0.031
% A. gruesa	0.695	0.001
% A. media	0.479	0.016
% A. fina	0.075	0.356
% Lutitas	0.81	0.001
pH	0.054	0.381
Eh	0.315	0.108
Sal	0.245	0.116
Factores totales	0.606	0.004

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 grupo B, presentan mayor porcentaje de gravas arena gruesa y arena media. Sin embargo, las estaciones agrupadas en A, muestran una mayor homogeneidad del sedimento; estaciones que se caracterizan por la presencia de un elevado porcentaje de fangos y materia orgánica



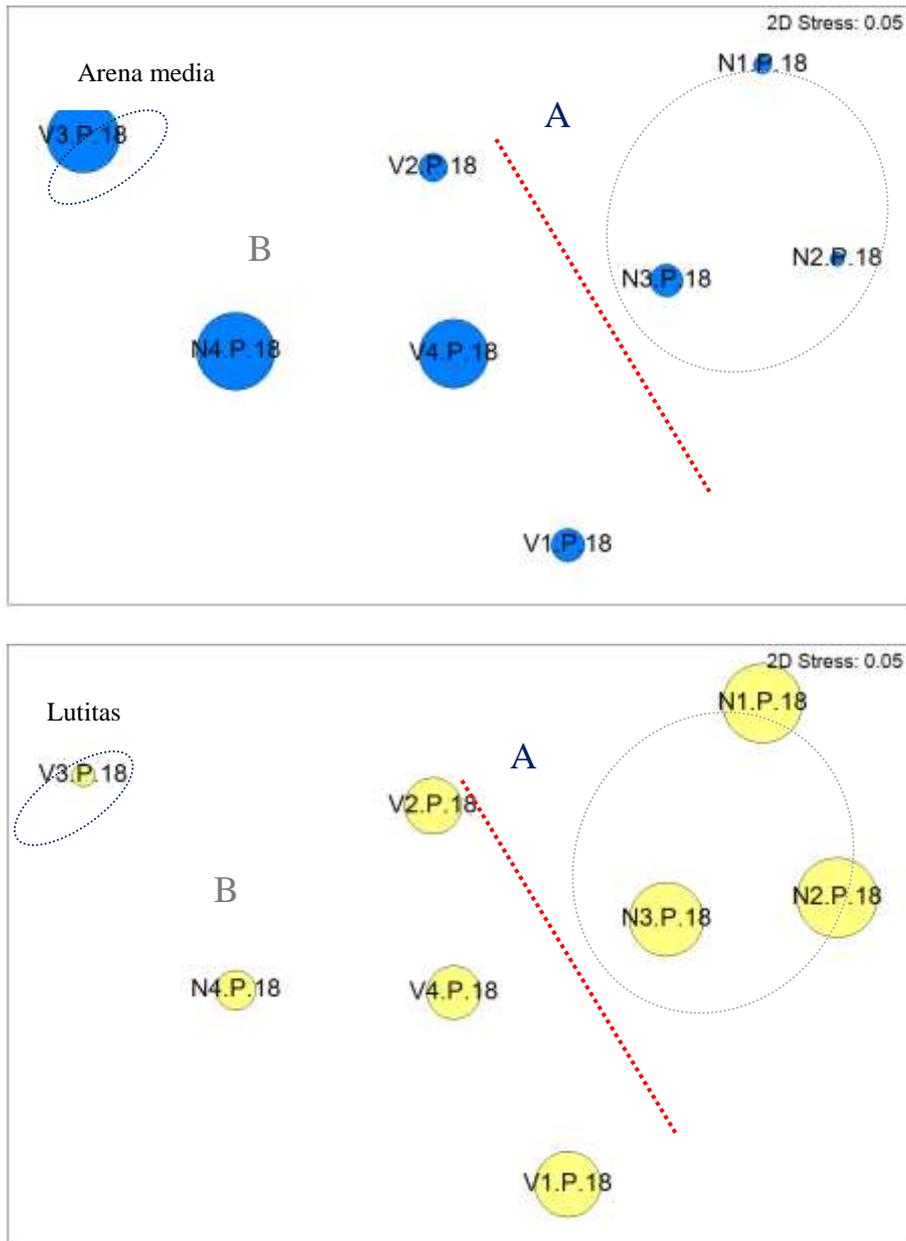


Figura 3.19. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (gravas, arena media, arena gruesa y lutitas).

3.5.4.- Fauna general en la campaña de otoño de 2018.

Se han capturado un total de 1867 individuos pertenecientes a 21 grupos taxonómicos diferentes. La clase Polychaeta fue el grupo taxonómico más abundante, con 1161 individuos (62.22%). Otros grupos presentan altas abundancias, como el orden Amphipoda del que se capturaron 208 individuos (11.15%) o el orden Tanaidacea del que se capturaron 176 individuos (9.43%).

	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Nemertina	0.00	37.59	12.53	75.19	0.00	12.53	0.00	25.06
Nematoda	12.53	12.53	75.19	75.19	37.59	25.06	37.59	25.06
Polychaeta	2080.20	1729.32	2155.39	1566.42	1904.76	1716.79	1253.13	2142.86
Platelminta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00
Sipuncula	25.06	0.00	12.53	37.59	37.59	0.00	0.00	87.72
Ostracoda	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	12.53	0.00	12.53
Copepoda	12.53	12.53	25.06	0.00	12.53	25.06	0.00	12.53
Cumacea	37.59	12.53	37.59	12.53	25.06	12.53	25.06	12.53
Tanaidacea	852.13	639.10	401.00	62.66	150.38	75.19	25.06	12.53
Isopoda	200.50	12.53	12.53	12.53	87.72	12.53	25.06	50.13
Amphipoda	939.85	488.72	238.10	150.38	225.56	275.69	150.38	137.84
Decapoda	0.00	50.13	0.00	12.53	12.53	125.31	25.06	12.53
Pycnogonida	12.53	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	25.06	0.00	0.00
Scaphopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.06
Gastropoda	62.66	87.72	62.66	12.53	25.06	12.53	37.59	87.72
Bivalvia	87.72	288.22	200.50	87.72	125.31	75.19	162.91	125.31
Asteroidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ophiuroidea	112.78	62.66	125.31	75.19	100.25	0.00	25.06	137.84
Echinoidea	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	12.53	50.13	0.00
Holothurioidea	12.53	0.00	0.00	12.53	12.53	0.00	0.00	12.53
Anthozoa	0.00	12.53	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 ($p=0.045$). Debido a las mayores abundancias detectadas en el transecto norte.

El mayor valor de abundancia media se obtiene en la estación N1.O.18 (4448.62 ind/m²); mientras que el valor más bajo de abundancia media se encuentra en la estación V3.O.18 (1829.57 ind/m²).

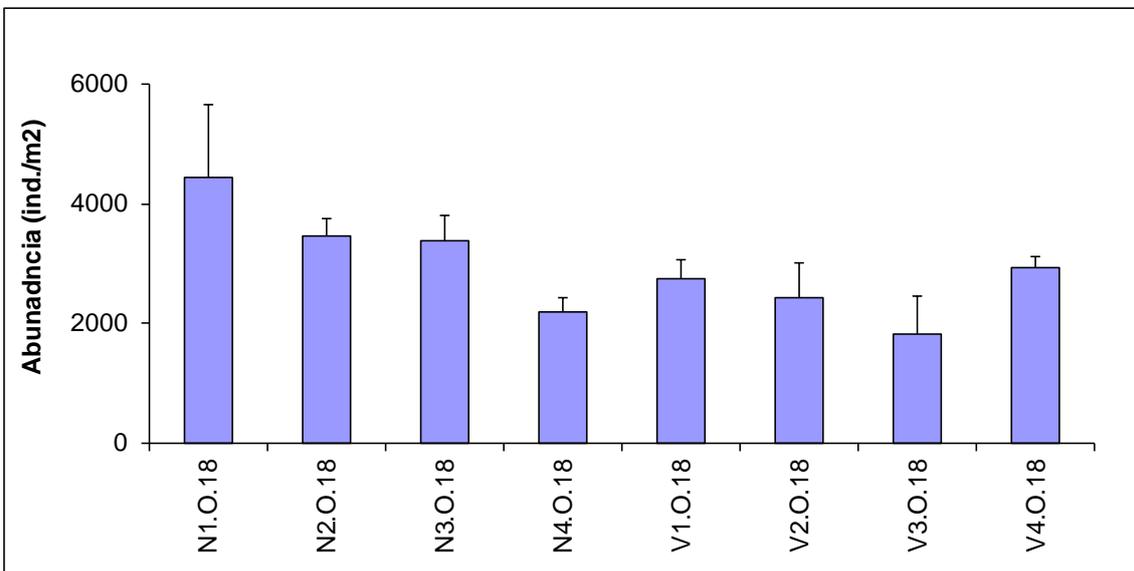


Figura 3.20. Abundancia media de individuos en cada estación en otoño 2018.

Por lo que se refiere a riqueza no se observan diferencias significativas para ninguno de los factores analizados.

Los mayores valores de riqueza taxonómica se encuentran en las estaciones V1.O.18 (9.67 taxones), mientras que el valor más bajo se obtiene en la estación N1.O.18, V2.I.18 y V3.I.18 (8.33 taxones) (Figura 3.21).

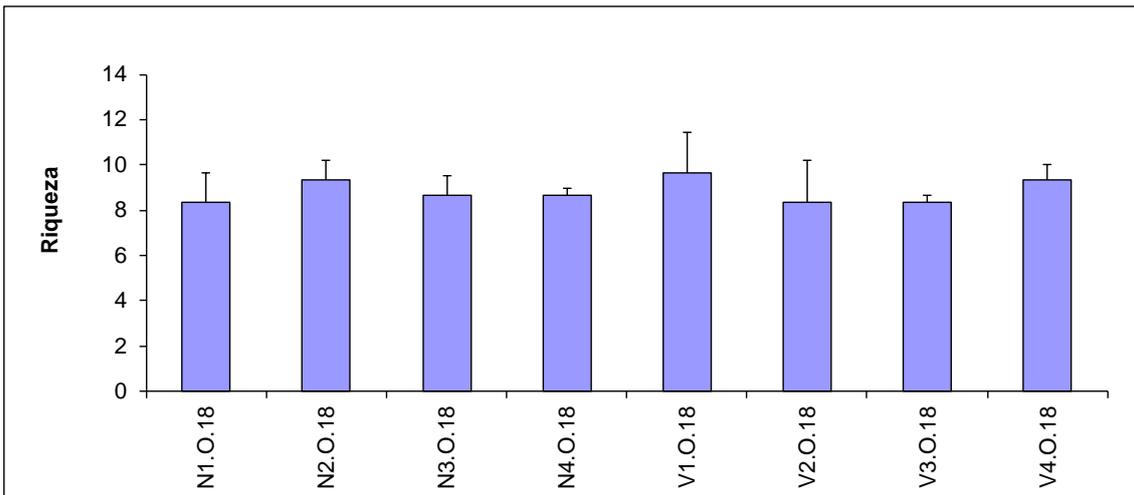


Figura 3.21. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en otoño 2018.

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 el factor distancia ($p=0.005$). Esto es debido a los valores más bajos detectados en la distancia 4 respecto al resto. Los valores más bajos se obtuvieron en N4 (0.55).

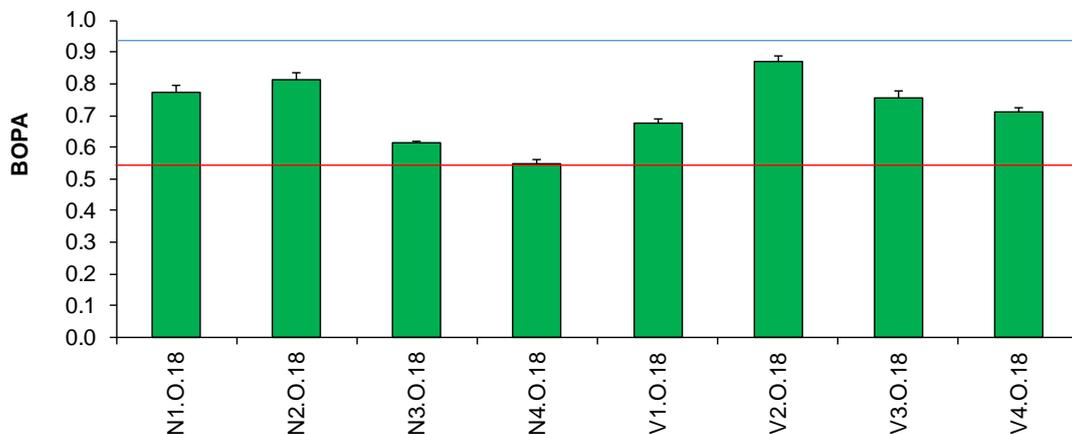


Figura 3.22. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en otoño 2017. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea verde el límite muy bueno/bueno (RD 817, 2015).

Análisis multivariante

El dendrograma muestra una alta similitud entre todas las muestras (>70%). Sin embargo, se pueden establecer dos grupos, en base a las mayores similitudes detectadas entre las estaciones V2 y V3 (grupo 1), respecto al resto

de estaciones que presentan una similitud entre ellas de más del 75% (grupo 2). (Figura 3.23).

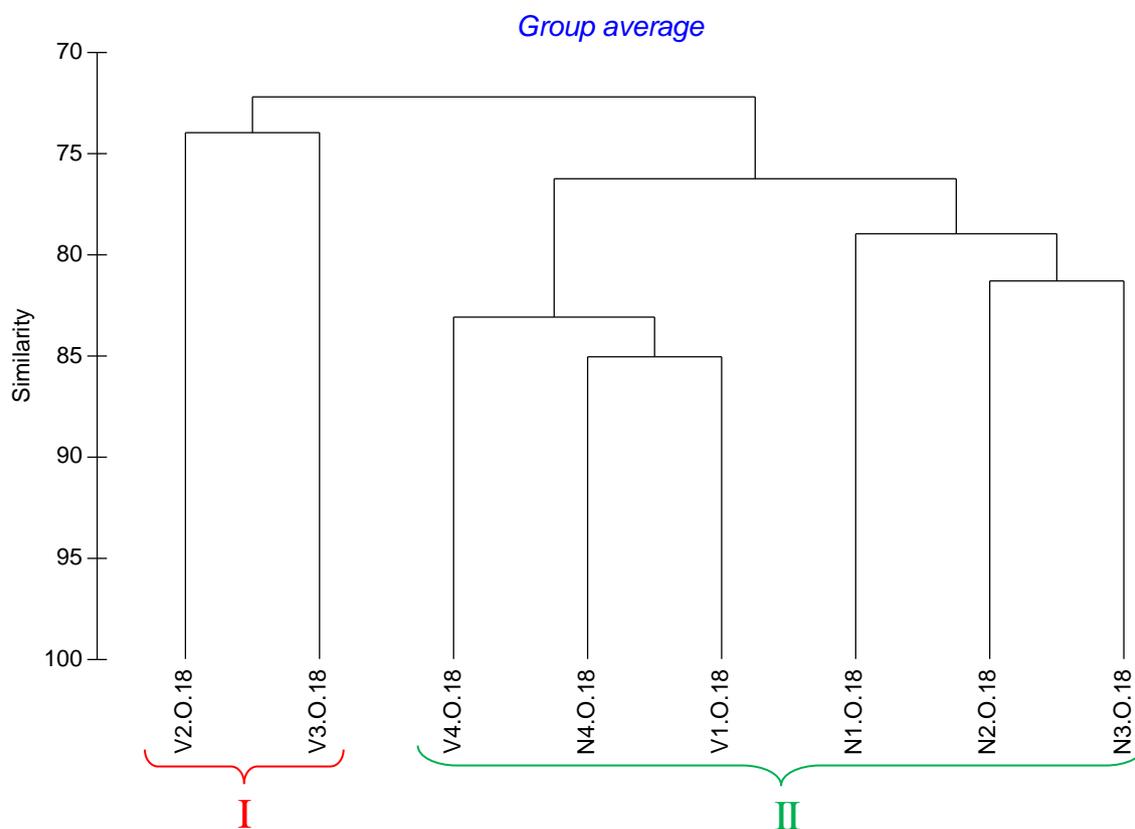


Figura 3.23. Representación del dendrograma de similitud respecto a los grupos faunísticos estudiados en las diferentes estaciones.

El gráfico bidimensional que representa el ordenamiento multiescalar (MDS) refleja la formación de los grupos (Figura 3.24).

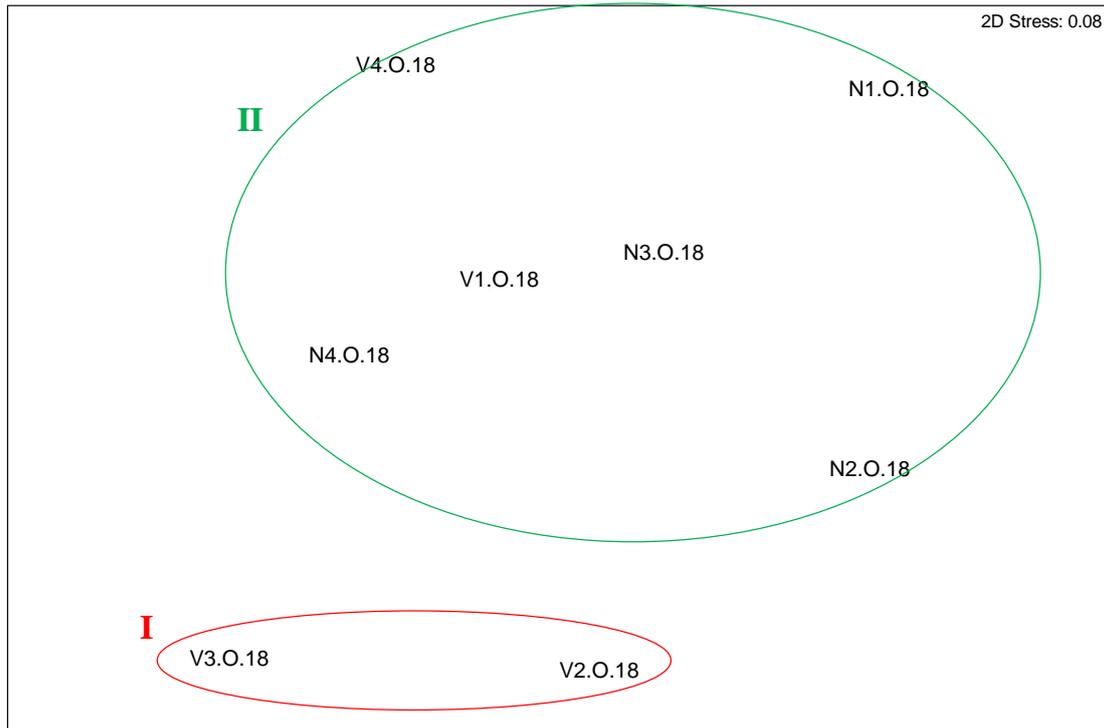


Figura 3.24. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas entre las estaciones para el factor transecto, con un nivel de significación del 45.7% y un $R=0.021$. Del mismo modo, no se detectan diferencias significativas para el factor distancia, ya que el nivel de significación resultante fue de 20%, con un $R=0.229$.

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER), 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.

La similitud del grupo 1 es 73.98% y del grupo 2 es superior al 75%. En ambos grupos esta similitud es debida principalmente a poliquetos, anfípodos y bivalvos, seguidos por nematodos, tanaidáceos, decápodos, cumaceos, e isópodos en el grupo 1, y por tanaidáceos, ofiuras, gasterópodos, nematodos e isópodos en el grupo 2.

Grupo MDS	Grupo Taxon.	AM	PA
1			
SM:73.98			
	Polychaeta	38.42	41.4
	Amphipoda	14.43	55.74
	Bivalvia	10.72	65.88
	Nematoda	5.57	71.73
	Tanaidacea	6.84	77.59
	Decapoda	8.1	83.44
	Cumacea	4.27	87.58
	Isopoda	4.27	91.72
Grupo MDS	Grupo Taxon.		
2			
SM:78.46			
	Polychaeta	43.86	36.94
	Amphipoda	17.87	48.87
	Bivalvia	12.04	57.9
	Tanaidacea	16.37	66.52
	Ophiuroidea	10.03	74.5
	Gastropoda	7.18	79.47
	Nematoda	5.93	83.51
	Isopoda	6.87	87.34

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.

El porcentaje de disimilitud entre ambos grupos es de 27.79 %. Esta disimilitud es debida a que en el grupo 1, se detectan menores abundancias de la mayor parte de taxones. De modo que, únicamente en el caso de decápodos y echinoideos las abundancias fueron menores en el grupo 2.

Grupos MDS	Grupo Taxon.	AMx	AMy	PA
1/2				
DM: 27.79				
	Tanaidacea	6.84	16.37	14.27
	Ophiuroidea	2.5	10.03	24.55
	Polychaeta	38.42	43.86	32.51
	Decapoda	8.1	2.95	39.93
	Amphipoda	14.43	17.87	47.19
	Sipuncula	0	5.03	54.25
	Echinoidea	5.31	0.59	60.88
	Nemertino	1.77	3.89	65.58
	Isopoda	4.27	6.87	70.02

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 utiliza el procedimiento RELATE para analizar la correlación entre la comunidad de infauna y los distintos parámetros abióticos: materia orgánica, pH, potencial redox, granulometría, profundidad y salinidad (Tabla 3.19). Se observa correlación con el porcentaje de lutitas, el cual es menor en las estaciones del grupo 1 (V2 y V3).

Parámetros Ambientales	Rho	p
Materia orgánica	-0.017	0.512
pH	0.243	0.103
Eh	0.093	0.318
% Gravas	0.169	0.230
% A. gruesas	0.431	0.023
% A. medias	0.165	0.28
% A. finas	-0.065	0.617
% Lutitas	0.427	0.001
Profundidad	-0.03	0.56
Salinidad	0.056	0.423
Factores totales	0.395	0.035

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

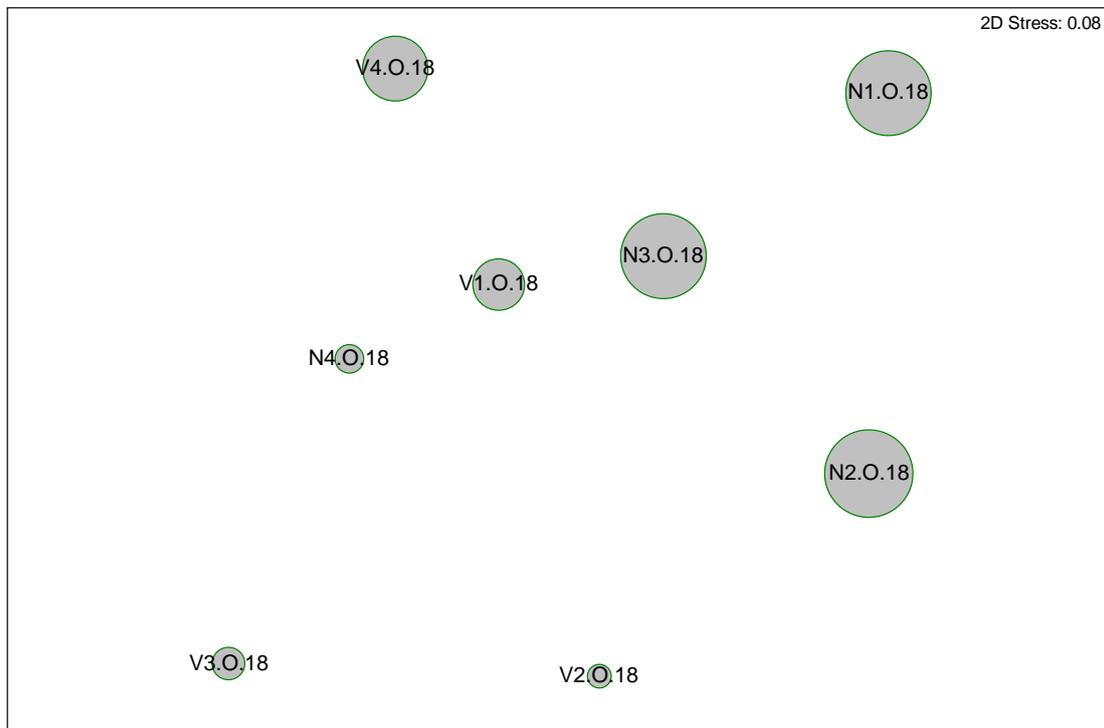


Figura 3.25. Representación bidimensional MDS para las abundancias de la comunidad de infauna en cada una de las estaciones con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (lutitas).

3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en primavera de 2018.

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Apistobanchidae	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Ampharetidae	12.53	12.53	37.59	0.00	25.06	0.00	12.53	12.53
Capitellidae	413.53	200.50	288.22	125.31	263.16	50.13	112.78	50.13
Chaetopteridae	0.00	0.00	0.00	0.00	25.06	0.00	0.00	0.00
Cirratulidae	50.13	87.72	100.25	62.66	50.13	62.66	100.25	175.44
Cossuridae	12.53	25.06	50.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chrysopetalidae	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	25.06	0.00	0.00
Dorvilleidae	0.00	0.00	0.00	25.06	0.00	137.84	87.72	25.06
Eunicidae	0.00	0.00	62.66	225.56	263.16	125.31	150.38	125.31
Flabelligeridae	87.72	112.78	75.19	25.06	87.72	37.59	0.00	125.31
Glyceridae	12.53	0.00	0.00	12.53	0.00	12.53	12.53	12.53
Gonianidae	0.00	0.00	12.53	0.00	50.13	12.53	0.00	0.00
Hesionidae	0.00	12.53	25.06	12.53	0.00	12.53	12.53	0.00
Lumbrineridae	225.56	187.97	275.69	75.19	213.03	37.59	87.72	100.25
Lacydoniidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00
Magelonidae	62.66	0.00	87.72	12.53	75.19	25.06	0.00	25.06
Maldanidae	62.66	100.25	62.66	62.66	37.59	25.06	37.59	100.25
Nepthyidae	25.06	25.06	75.19	25.06	37.59	50.13	62.66	12.53
Nereididae	0.00	0.00	0.00	12.53	50.13	75.19	25.06	12.53
Oeonidae	0.00	12.53	25.06	12.53	12.53	12.53	0.00	0.00
Onuphidae	0.00	0.00	25.06	12.53	62.66	275.69	50.13	37.59
Opheliidae	25.06	25.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.06
Oweniidae	0.00	0.00	0.00	0.00	75.19	0.00	0.00	0.00
Paralacydoniidae	12.53	25.06	37.59	100.25	25.06	0.00	0.00	0.00
Paraonidae	476.19	350.88	601.50	451.13	125.31	50.13	50.13	501.25
Pectinariidae	0.00	25.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phyllodocidae	0.00	25.06	12.53	25.06	37.59	213.03	87.72	150.38
Pilargidae	25.06	0.00	0.00	37.59	25.06	25.06	12.53	0.00
Pisionidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00
Poecilochaetidae	338.35	238.10	50.13	25.06	125.31	12.53	0.00	0.00
Polynoidae	0.00	0.00	25.06	12.53	12.53	25.06	12.53	0.00
Sabellidae	0.00	12.53	12.53	25.06	12.53	50.13	50.13	200.50
Scalibregmatidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00
Serpulidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53
Sigalionidae	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00
Spionidae	187.97	225.56	162.91	25.06	25.06	112.78	125.31	162.91
Syllidae	12.53	0.00	12.53	100.25	137.84	200.50	150.38	225.56
Terebellidae	12.53	12.53	12.53	25.06	25.06	25.06	0.00	37.59
Trichobanchidae	25.06	12.53	25.06	25.06	0.00	0.00	0.00	12.53

Tabla 3.20: Abundancias medias (nº ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

Se han analizado un total de 1161 individuos pertenecientes a 39 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 208 individuos,

representando casi el 18% de todos los individuos analizados, seguida de las familias Capitellidae, de la que se identificaron 120 individuos (11.34%), Lumbrineridae con 96 individuos (8.27%), Spionidae con 82 individuos (7.06%), la familia Syllidae de la que se identificaron 67 individuos (5.77%), y por último, la familia Poecilochaetidae, representando el 5.43% (63 individuos). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos que el 5 % del total analizado.

Las familias Capitellidae, Lumbrineridae, Maldanidae, Paraonidae y Spionidae son las más representativas, apareciendo en las 12 estaciones estudiadas. De las 39 familias encontradas en la zona de estudio, 20 aparecen con abundancias inferiores al 1%. Dichas familias son: Apistobranchidae, Ampharetidae, Chaetopteridae, Cossuridae, Chrysopetalidae, Glyceridae, Gonianidae, Hesionidae, Lacydoniidae, Oeonidae, Opheliidae, Oweniidae, Poecilochaetidae, Pilargidae, Pisionidae, Polyonidae, Scalibregmatidae, Serpulidae, Sigalionidae y Trichobranchidae.

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 ($p=0.3579$), ni para cada uno de los factores estudiados; factor distancia ($p=0.8789$); factor transecto ($p=0.6564$). Aunque no se detectan diferencias significativas, las estaciones V3 y N4 son las que presentan valores de abundancia más bajos (1253.13 ind/m² y 1566.42 ind/m², respectivamente).

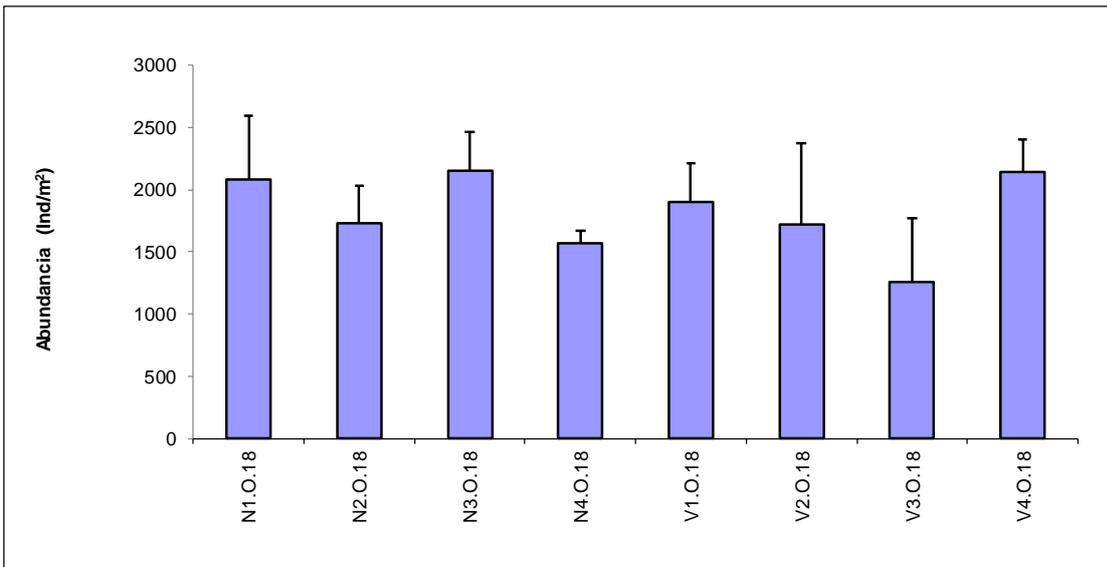


Figura 3.26: Abundancia media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la **riqueza** tampoco se detectan diferencias significativas para la interacción entre los factores TrXDi ($p=0.2358$), ni para los factores transecto ($p=0.803$), ni distancia ($p=0.8732$). Aunque no se detectan diferencias significativas, las estaciones N1 y V3 son las que presentan valores medios de familias de poliquetos más bajos (12.66 familias) y la estación N2 con un promedio de 13 familias. La estación con un mayor número de familias promedio (17.66) ha sido V1.

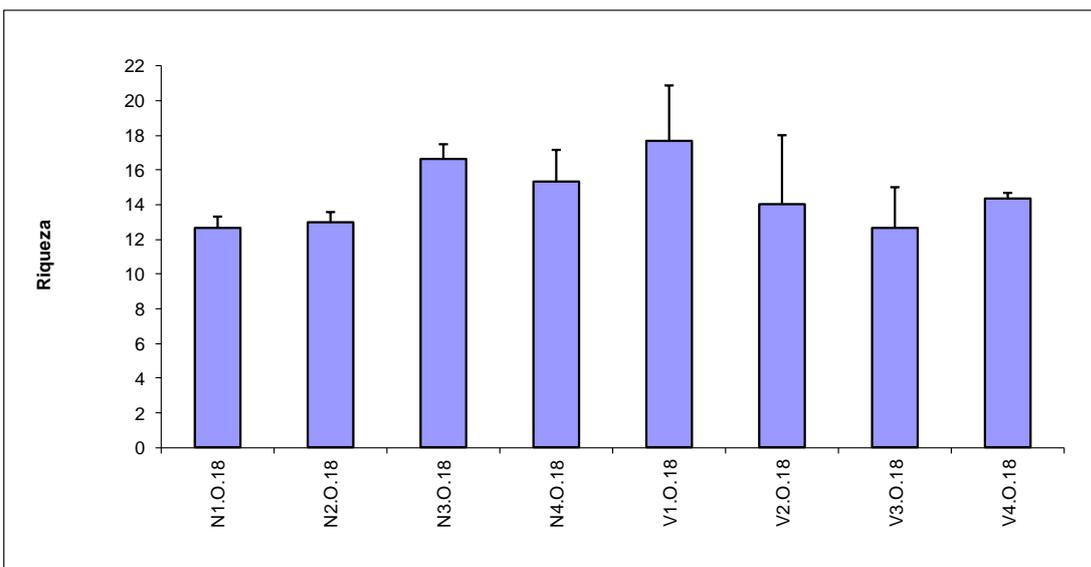


Figura 3.27: Riqueza media de poliquetos en cada estación.

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 y N2. Este hecho indica que existe un cierto empobrecimiento de la comunidad en estas estaciones respecto al resto de las estaciones. La estación V1 muestra los mayores valores de diversidad (3.67); estaciones en las que se detectan los mayores valores de riqueza.

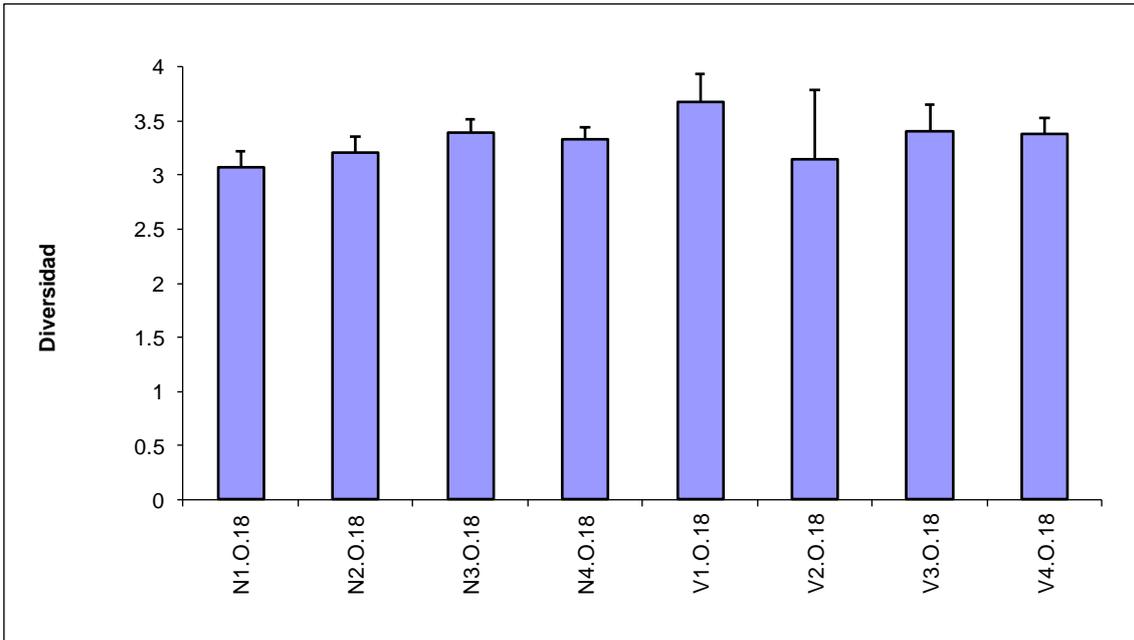


Figura 3.28: Diversidad media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la **equitatividad** se obtienen valores elevados, oscilando entre los 0.83 y 0.95. Son las estaciones localizadas al norte, junto a V2, donde se detectan los menores valores de equitatividad; estaciones donde se obtienen bajos valores de riqueza y diversidad, lo que indica que en dichas estaciones hay un mayor dominio de ciertas familias. Sin embargo, en la estación localizadas al sur V3 muestra los mayores valores de equitatividad (0.95).

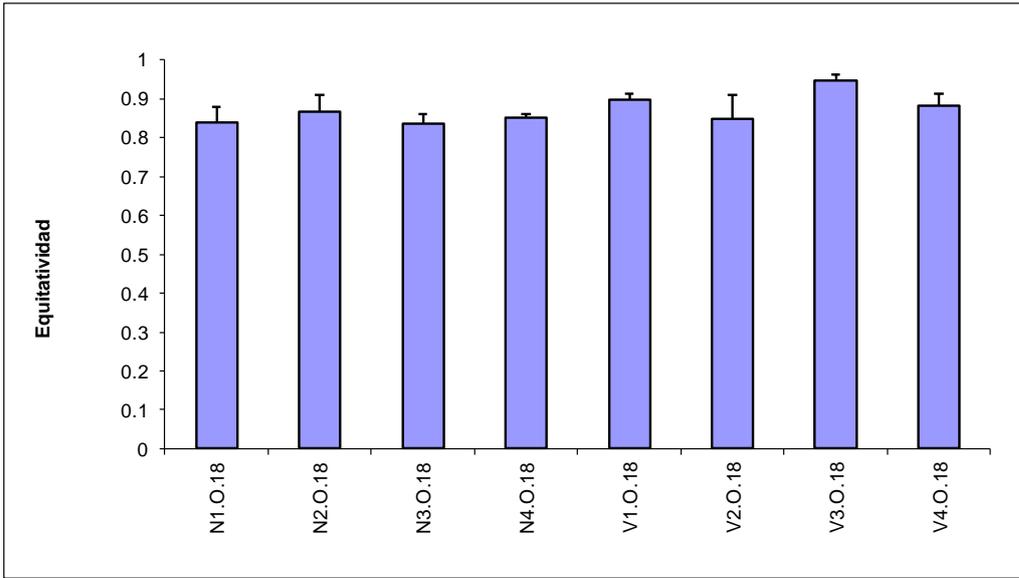


Figura 3.29: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.

Análisis multivariante.

Se observa la formación de dos grupos principales con una disimilitud superior al 55%. El grupo A, establecido por las estaciones del vertido V2.O.18 y V3.O.18. El segundo grupo, grupo B, establecido por las estaciones localizadas al norte; junto a las estaciones V1.O.18 y V4.O.18, que presenta más de un 59% de similitud. Cabe destacar la segregación de la estación V1.O.18

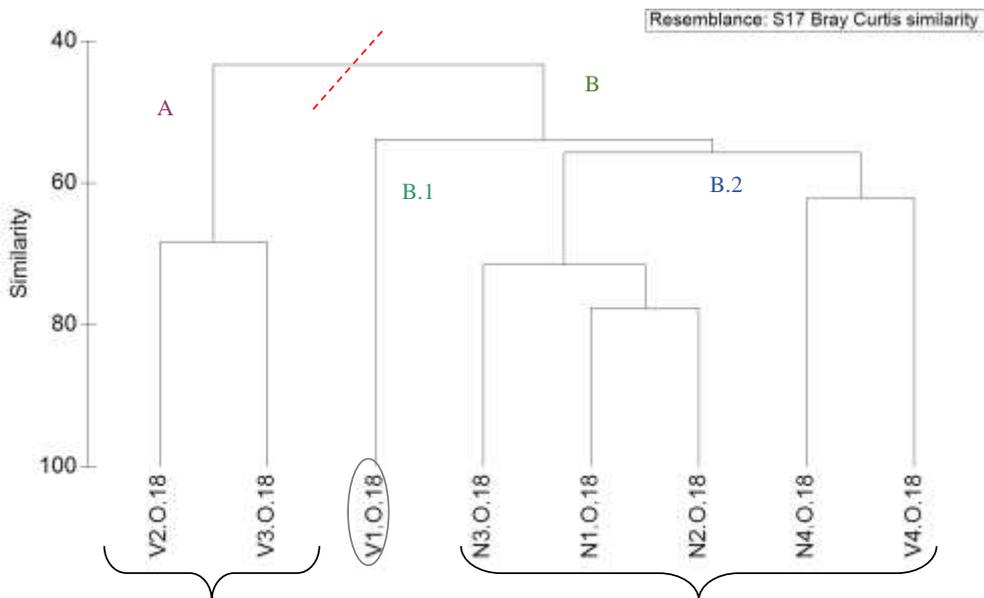


Figura 3.30. Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) se puede apreciar, 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.

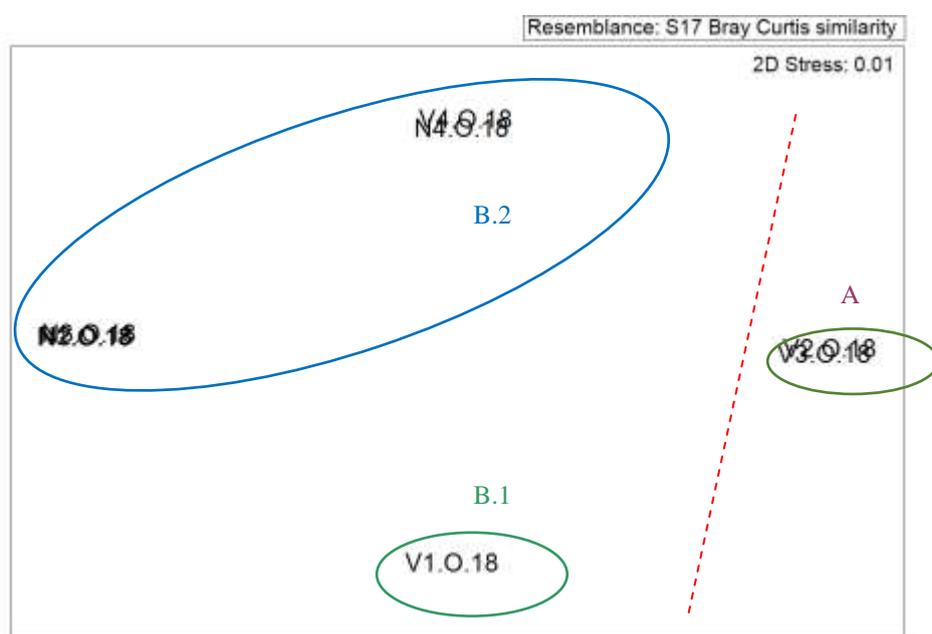


Figura 3.31. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se detectan diferencias entre los distintos transectos ($R=0.458$, $p=0.086$), ni para las distintas distancias ($R=0.208$ y $p=0.733$).

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, Spionidae, Dorvilleidae, Phyllodocidae y Cirratulidae son las implicadas en el 61.63% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A. En las estaciones incluidas en el grupo B son las

familias Paraonidae, Capitellidae, Lumbrineridae, Spionidae, Flabelligeridae, Cirratulidae y Maldanidae las que contribuyen casi al 75.43% de la similitud detectada (59.11%). Siendo las mismas familias Syllidae, Spionidae, Eunicidae, Lumbrineridae, Nephtyidae, Sabellidae y Oweniidae las implicadas en la similitud del grupo D (tabla 3.25).

Grupo	Familia	AM	PA
A			
SM: 68.36			
	Syllidae	175.44	14.82
	Eunicidae	137.85	27.16
	Spionidae	119.05	38.27
	Dorvilleidae	112.78	46.91
	Phyllodocidae	150.38	55.55
	Cirratulidae	81.46	61.73
B			
SM: 59.11			
	Paraonidae	417.71	28.24
	Capitellidae	223.48	40.93
	Lumbrineridae	179.62	52.48
	Spionidae	131.58	59.45
	Flabelligeridae	85.63	65.07
	Cirratulidae	87.72	70.42
	Maldanidae	71.01	75.43

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 Paraonidae, Capitellidae, Onuphidae, Poecilochaetidae, Phyllodocidae, Lumbrineridae, Syllidae, Dorvilleidae y Eunicidae son las implicadas en la disimilitud detectada entre los dos grupos principales establecidos. Dicha disimilitud es debida al dominio de las familias Onuphidae, Phyllodocidae, Syllidae y Dorvilleidae en las estaciones incluidas en el grupo A (V2.O.18 y V3.O.18), mientras que en las estaciones del norte, junto a V1.O.18 y V4.O.18 las familias dominantes son Paraonidae, Capitellidae, Poecilochaetidae y Lumbrineridae.

Centrándonos en las estaciones del grupo B, las principales diferencias detectadas entre la estación V1.O.18 del resto de las estaciones del grupos B son debidas al dominio de las familias Eunicidae y Syllidae en la estación V1.O.18 mientras que en el resto dominan las familias Paraonidae y Spionidae.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
A / B				
DM: 56.67				
	Paraonidae	50.13	417.71	18.98
	Capitellidae	81.46	223.48	26.69
	Onuphidae	162.91	22.97	33.72
	Poecilochaetidae	6.27	129.49	40.25
	Phyllodocidae	150.38	41.77	46.28
	Lumbrineridae	62.66	179.62	52.29
	Syllidae	175.44	81.45	57.98
	Dorvilleidae	112.78	8.35	63.32
	Eunicidae	137.85	112.78	68.4
B1 / B2				
DM: 46.09				
	Paraonidae	125.31	476.19	19.71
	Eunicidae	263.16	82.71	29.8
	Spionidae	25.06	152.88	36.92
	Poecilochaetidae	125.31	130.33	43.99
	Capitellidae	263.16	215.54	50.65
	Syllidae	137.84	70.17	56.41

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 (profundidad, granulometría, materia orgánica, salinidad Eh y pH). Se obtiene un nivel de significación de un 2.2% y con un Rho =0.435 (Tabla 3.27). Al analizar por separado cada uno de los factores ambientales se observa que existe correlación con la fracción del sedimento correspondiente a las lutitas y la salinidad.

Parámetros ambientales	Rho	p
% Gravas	0.172	0.164
% A. gruesa	0.224	0.106
% A. media	0.099	0.264
% A. fina	0.338	0.054
% Lutitas	0.559	0.01
Materia orgánica	0.021	0.395
ph	0.249	0.101
Eh	-0.187	0.849
Salinidad	0.414	0.039
Profundidad	0.194	0.18
Factores totales	0.435	0.022

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 presentan un mayor porcentaje de lutitas; siendo las estaciones localizadas en el transecto V las que presentan mayor heterogeneidad de sedimentos. En las estaciones V1 y V2 se detectan mayores valores de salinidad.

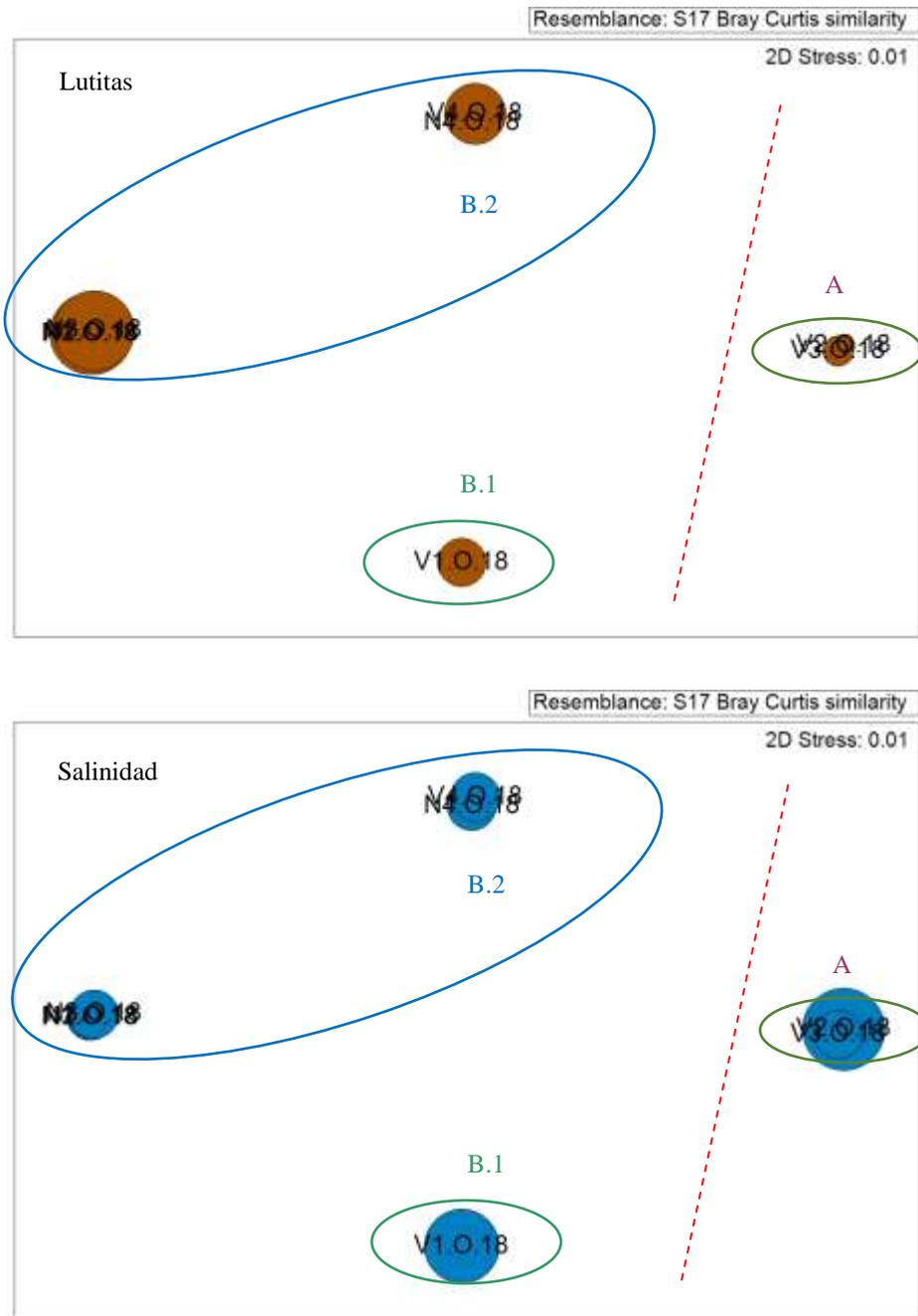


Figura 3.32: Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (Lutitas y Salinidad).

3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2018.

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, con 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 V2 cierto descenso en el porcentaje de lutitas durante todas las campañas excepto primavera, y un aumento de lutitas en V4 durante primavera y verano.

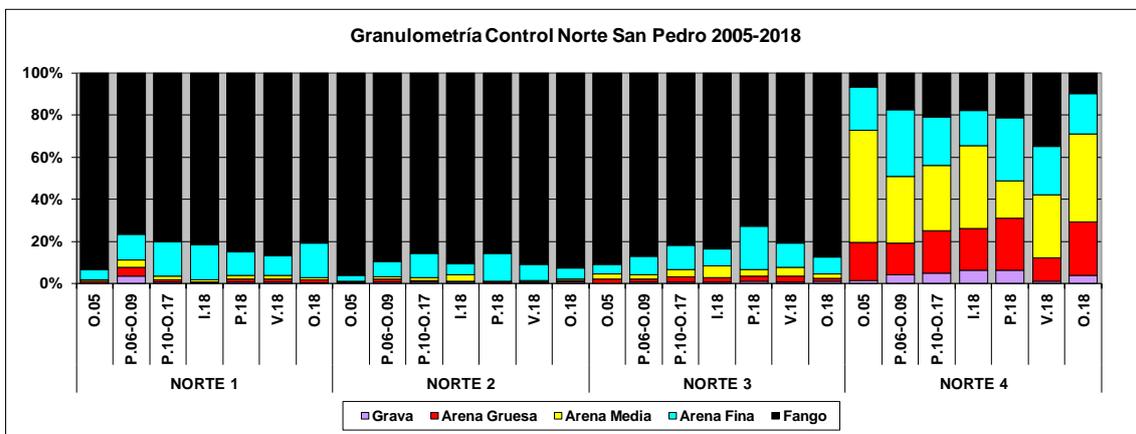


Figura 3.33. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta otoño 2017. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.18, P.18, V.18 y O.18).

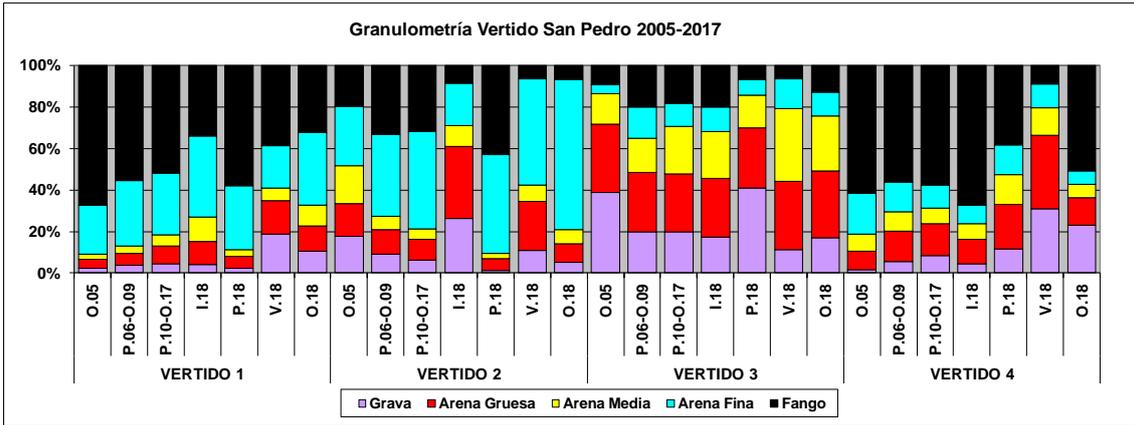


Figura 3.34. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño 2017. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.18, P.18, V.18 y O.18).

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 observa cierto de desplazamiento hacia las lutitas en verano y hacia las arenas en otoño.

En el transecto del vertido, la estación V1 se desplaza hacia las gravas durante el verano, y hacia las arenas durante invierno y otoño. En la estación V2, se observa un desplazamiento hacia las arenas durante verano y otoño, y hacia arenas con gravas en invierno. La estación V3 se desplaza hacia las arenas durante verano y hacia arenas con gravas durante primavera, al igual que ocurrió durante la campaña del 2005. Finalmente, V4 se desplaza hacia las arenas con gravas durante el verano.

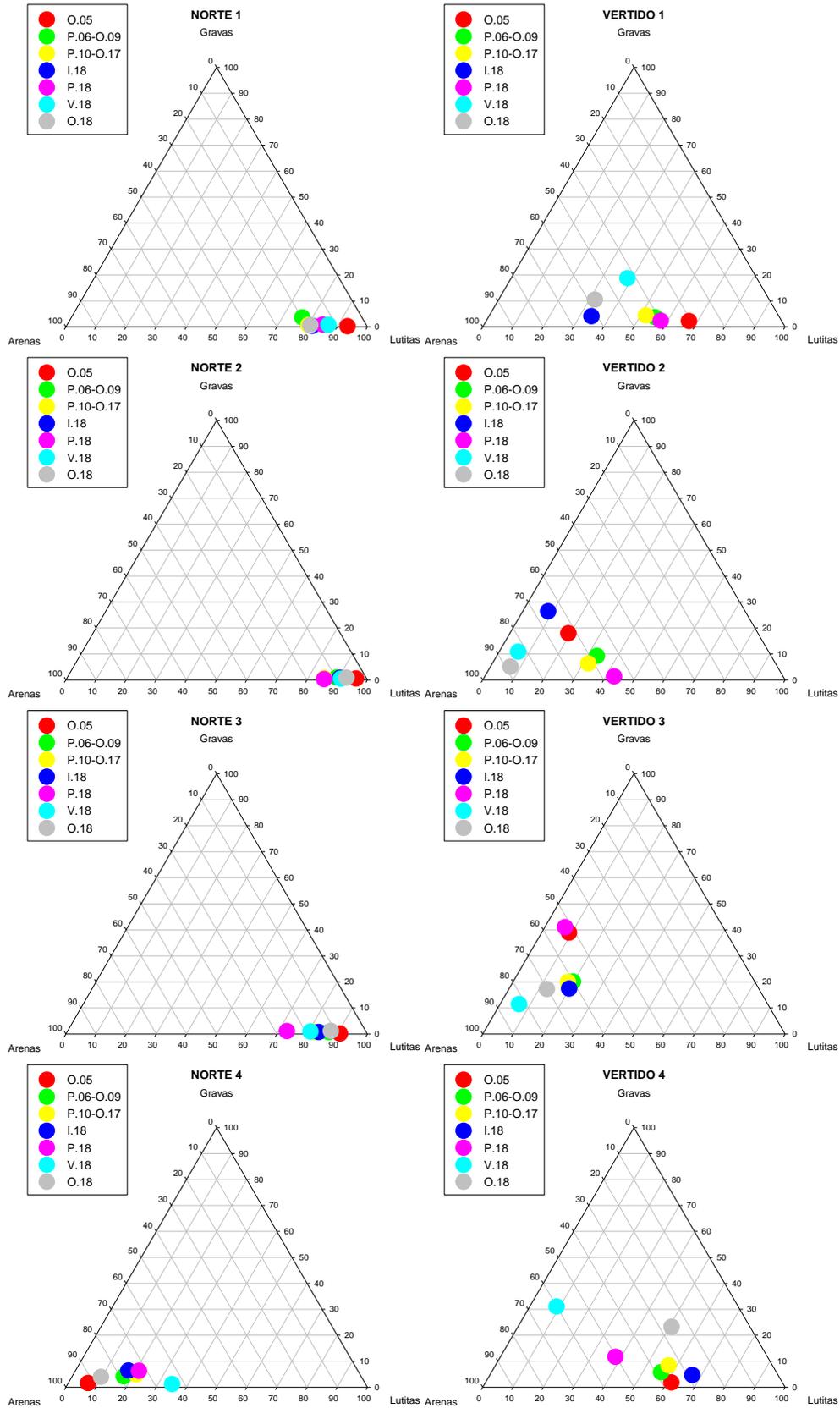


Figura 3.35. Representación del diagrama triangular de granulometría para estación muestreada a lo largo y en cada época de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.18, P18, V18 y O.18).

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 las estaciones N2, V2 y especialmente V4 se detecta un incremento durante la campaña de otoño. Mientras que en N4 se detecta un incremento durante primavera.

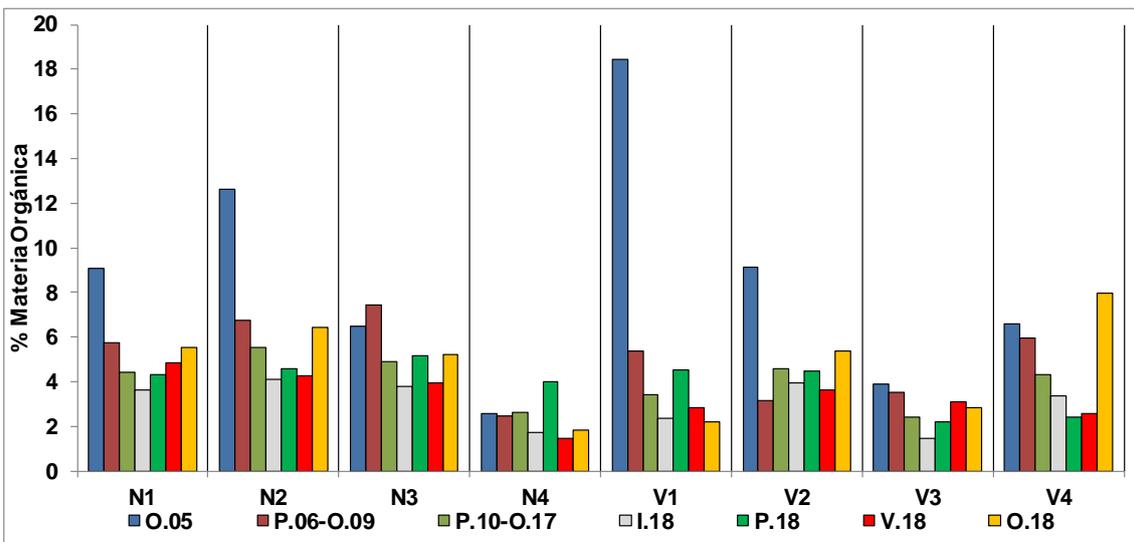


Figura 3.36. Representación en histograma del porcentaje medio de materia orgánica en cada estación y en cada época de muestreo Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.18, P.18, V.18 y O.18).

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. Detectándose un incremento en invierno en la estación N4, y un descenso en N4 durante primavera, en V3 durante verano y en V4 durante primavera, verano y otoño.

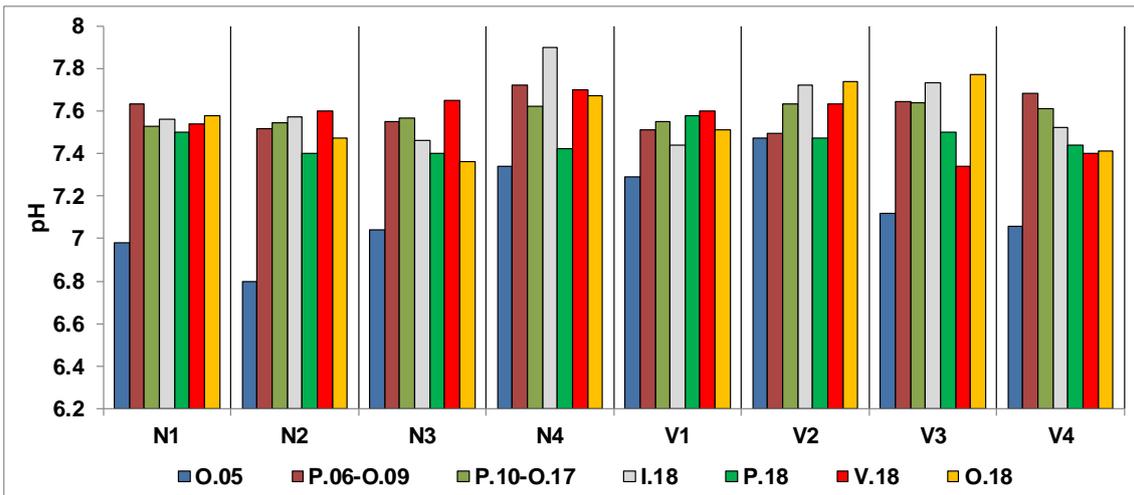


Figura 3.37. Representación en histograma del pH tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.18, P.18, V.18 y O.18).

El potencial redox presenta valores negativos en la mayor parte de las estaciones y campañas. En el transecto norte y en V1 este año se detectaron valores más reducidos durante la campaña de primavera, verano. En V2 se obtuvieron más reducidos en primavera y otoño. Mientras que en V3 se observó un valor positivo durante invierno y un valor más reducido en verano. Finalmente, en V4 el valor más reducido se obtuvo durante primavera.

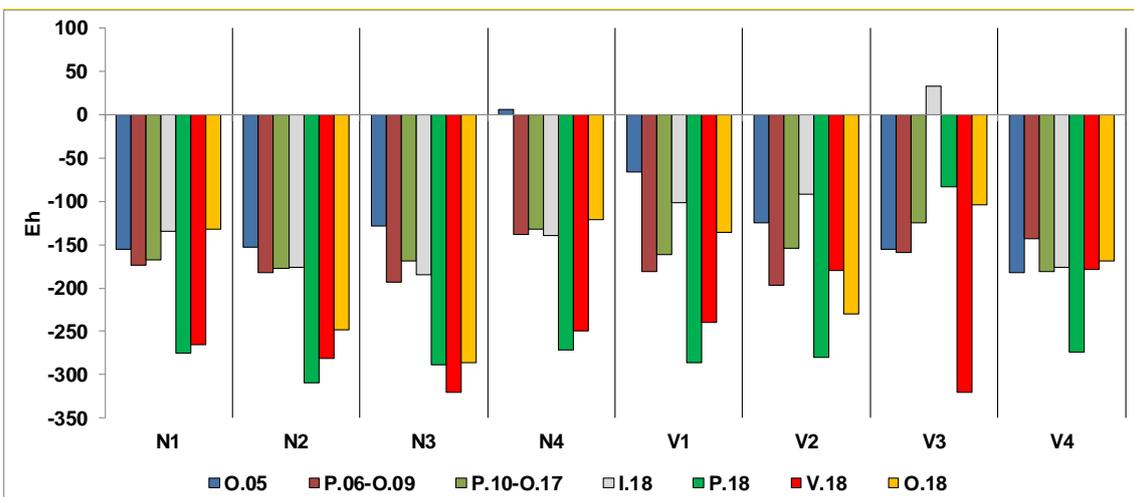


Figura 3.38. Representación en histograma del potencial redox tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.18), las campañas actuales (I.17, P.18, V.18 y O.18).

3.5.6.2.- Estudio de la fauna general.

3.5.6.2.1.- Comparación de las campañas de primavera de 2006 a 2018.

Los valores de abundancia total de la comunidad de infauna muestran una variabilidad temporal entre las distintas campañas de muestreo realizadas durante el mes de junio. Durante la campaña actual el valor medio de abundancia es 6580.51 individuos/m², obteniendo valores mayores a los de la mayoría de las campañas anteriores. Únicamente durante la campaña del año 2017 se obtuvo un valor mayor.

La riqueza taxonómica también presenta variación temporal. Durante la última campaña, al igual que ocurre con la abundancia, se observa un incremento general respecto a los valores medios obtenidos durante la primavera de la mayoría de las campañas anteriores.

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 primavera desde 2006 hasta 2018.

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 primavera de 2006), T2 (primavera de 2007), T3 (primavera de 2008), T4 (primavera de 2009), T5 (primavera de 2010), T6 (primavera de 2011), T7 (primavera de 2012), T8 (primavera de 2013), T9 (primavera de 2014), T10 (primavera de 2015), T11 (primavera 2016), T12 (primavera de 2017) y T13 (primavera de 2018); **transecto** (norte, y vertido); **distancia** (1, 2, 3 y 4).

Al analizar los valores de abundancia total, se detectan diferencias significativas en la interacción entre los tres factores $TiXTrXD_i$ ($p = 3.6e-14$). El test SNK muestra como en las estaciones se detecta una alta variabilidad anual. Durante la campaña actual, se detecta un incremento de la abundancia en la estación del vertido con respecto a todas las campañas previas, excepto con 2017. Mientras que en las otras tres estaciones del transecto V no se

detectan diferencias significativas. En el caso de la estación N1, se detectan mayores abundancias respecto a la campaña del 2006 y menores respecto a 2017. En N2 se detecta un incremento significativo respecto a las campañas de 2006, 2009, 2011 y 2013. En la estación N3 se detecta un incremento significativo respecto a campañas del 2006 y 2009. Mientras que en N4 el incremento es significativo respecto a las campañas del 2006 al 2015, exceptuando la del año 2013..

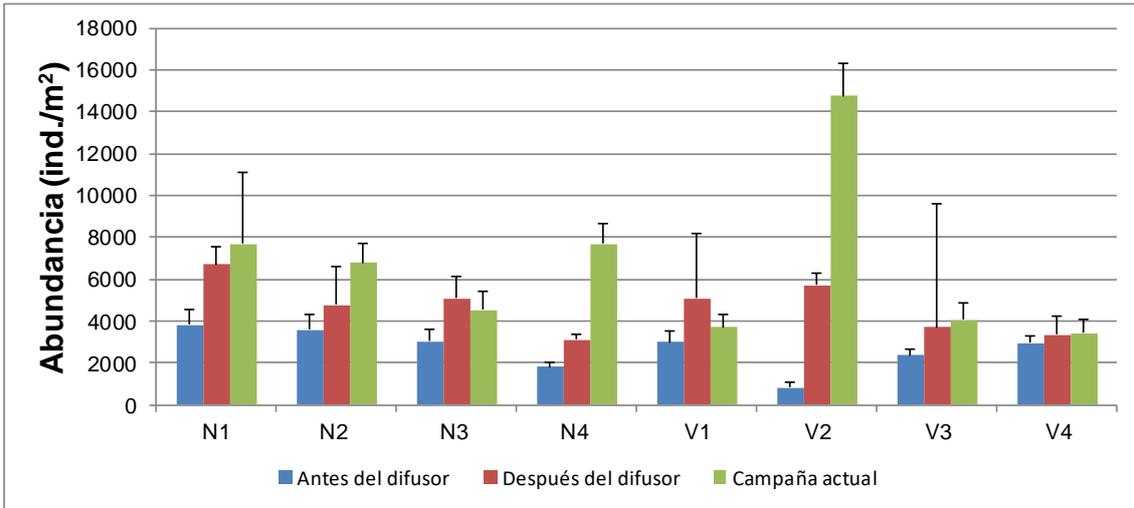


Figura 3.39. Abundancia de la fauna general en cada localidad durante las distintas campañas de muestreo de primavera. Antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017) así como en la campaña actual (campaña del 2018).

El estudio de la riqueza taxonómica reveló diferencias significativas en la interacción entre los tres factores estudiados TixTrxDi ($p= 3.56e-06$). Durante la presente campaña se observa un incremento en la estación del vertido respecto a las campañas previas a la instalación del difusor y el año 2013. En la estación V1 se detecta un incremento respecto a las campañas del 2009 y 2011. Mientras que en V3 y V4 no se detectan diferencias significativas. En el transecto norte, se detecta incremento significativo respecto a todas las campañas 2006, 2009, 2011, 2013, 2014 y 2016 en N1. Mientras que en N2 el aumento es significativo respecto a las campañas del 2006, 2009, 2011, 2013 y 2015; en N3 respecto 2009 y en N4 respeto 2009, 2010, 2011, 2014 y 2015.

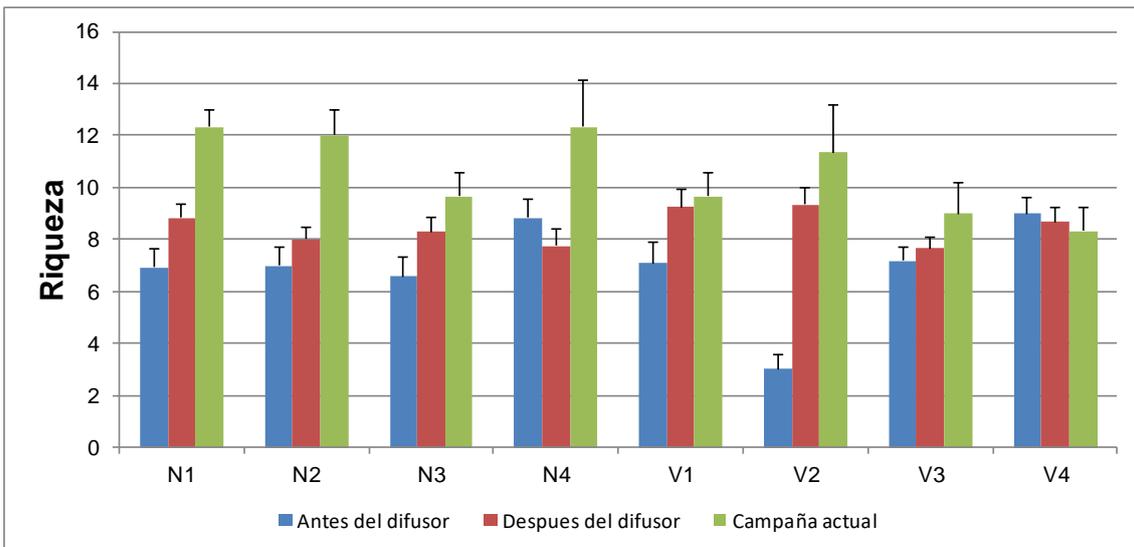


Figura 3.40. Riqueza taxonómica de la fauna general en cada localidad durante las campañas de primavera. Antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016 y 2017) así como en la campaña actual (campaña del 2018).

Análisis multivariante.

Se realizó un análisis multivariante de los muestreos de primavera. Se obtuvo un MDS (Figura 3.41) donde se observa como la similitud entre la estación V2 y el resto varía entre los distintos años. La similitud de esta estación con el resto de estaciones bajó en 2006 y 2009, y ha aumentado durante los últimos años, especialmente desde la campaña del 2011. Con el fin de establecer que taxones generan esta variabilidad temporal se establecen cuatro grupos en base a la similitud. El grupo 1 incluye la mayor parte de las estaciones, las estaciones del vertido de los últimos años y todas las estaciones de la campaña actual. El grupo 2 lo forma el resto de estaciones junto con las estaciones del vertido de los años 2007 y 2008. Mientras que el grupo 3 lo forman la estación del vertido de los años 2006 y 2009, y el grupo 4 la estación del vertido del 2010 (Figura 3.41).

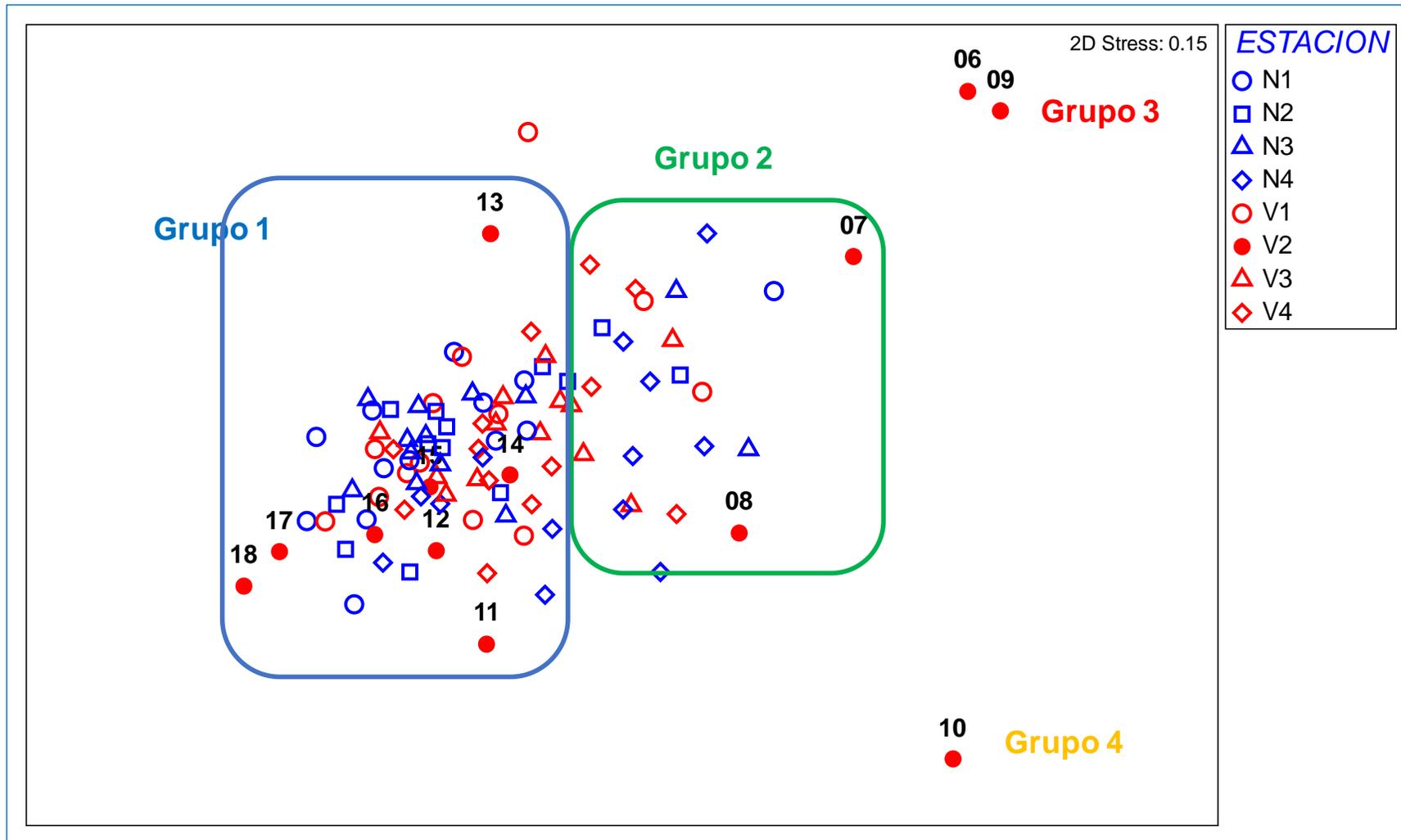


Figura 3.41. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las diez campañas de muestreo en primavera (2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2018).

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER), con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a la formación de los distintos grupos. La clase Polychaeta es el taxón que más contribuye a la similitud de los distintos grupos establecidos. Seguido por Amphipoda y Bivalvia en los grupos 1 y 2, y la clase Bivalvia en el grupo 3.

Grupo	Grupos Taxon.	AM	PA
1			
SM: 67.35			
	Polychaeta	3297.77	74.93
	Amphipoda	853.15	85.32
	Bivalvia	279.57	90.45
2			
SM: 67.31			
	Polychaeta	965.85	76.67
	Amphipoda	168.95	86.26
	Bivalvia	203.08	93.96
3			
SM: 79.38			
	Polychaeta	205.83	88.19
	Bivalvia	41.67	96.06

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 cinco grupos formados en el análisis multiescalar MDS y los grupos taxonómicos que más contribuyen a la disimilitud entre ellas.

Así, se observa como en el grupo 3 (V2.P.06 y V2.P.09), se detecta un descenso en la abundancia de los taxones que más contribuyen a la disimilitud y una desaparición de los anfípodos. Este descenso es menor en el grupo 4 (V2.P.10), en el que aumentan las abundancias de taxones como bivalvos o escafópodos, respecto a los grupos 1 y 2. El grupo 1, donde se incluyen las estaciones de la campaña actual, se diferencia del grupo 2 en que presenta mayores abundancias de poliquetos, anfípodos, bivalvos, nematodos y tanaidáceos.

Grupo (x/y)	Grupos Taxon.	AM x	AM y	PA
1/2				
DM: 56.89				
	Polychaeta	3297.77	965.85	58.33
	Amphipoda	853.15	168.95	73.08
	Bivalvia	279.57	203.08	79.84
	Nematoda	237.41	114.94	85.91
	Tanaidacea	197.73	31.85	90.02
1/3				
DM: 88.81				
	Polychaeta	3297.77	205.83	64.52
	Amphipoda	853.15	0	79.01
	Bivalvia	279.57	41.67	84.1
	Nematoda	237.41	4.17	89.04
	Tanaidacea	197.73	10.83	92.44
1/4				
DM: 84.03				
	Polychaeta	3297.77	360	38.66
	Bivalvia	279.57	2666.67	73.13
	Amphipoda	853.15	13.33	82.68
	Scaphopoda	1.65	400	88.4
	Nematoda	237.41	0	91.59
2/3				
DM: 70.33				
	Polychaeta	965.85	205.83	58.43
	Amphipoda	168.95	0	70.98
	Bivalvia	203.08	41.67	80.94
	Nematoda	114.94	4.17	88.59
	Tanaidacea	31.85	10.83	90.89
2/4				
DM: 77.41				
	Bivalvia	203.08	2666.67	62.58
	Polychaeta	965.85	360	77.44
	Scaphopoda	2.01	400	87.47
	Amphipoda	168.95	13.33	91.26
3/4				
DM: 87.11				
	Bivalvia	41.67	2666.67	78.48
	Scaphopoda	0	400	90.43

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.

3.5.6.2.2.- Comparación de las campañas de otoño de 2005 a 2018.

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 (2924.5 ind./m²) es inferior al obtenido durante las últimas campañas, superando únicamente a los valores obtenidos durante las campañas de otoño de los años 2006, 2007, 2009 y 2011.

También se obtiene una variación temporal en la riqueza taxonómica. Durante la campaña actual se obtiene un valor medio de riqueza superior al obtenido durante la mayoría de las campañas, aunque inferior al obtenido durante las campañas 2012, 2015 y 2017.

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 2018.

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)); transecto (norte, vertido) y distancia (1, 2, 3 y 4).

Al analizar los valores de abundancia total, se detectaron diferencias significativas en la interacción entre los tres factores $TiXTrXD_i$ ($p= 0.0111577$). El test SNK muestra una alta variabilidad anual. Durante la campaña actual se detecta un descenso en la abundancia en N2 respecto los años 2013 y 2017; en N3 respecto al 2014 y en N4 respecto al año 2015. En el transecto del vertido, se detecta un descenso en la abundancia en la estación V2 respecto al año 2016 y en la estación V3 respecto al 2013 y 2015.

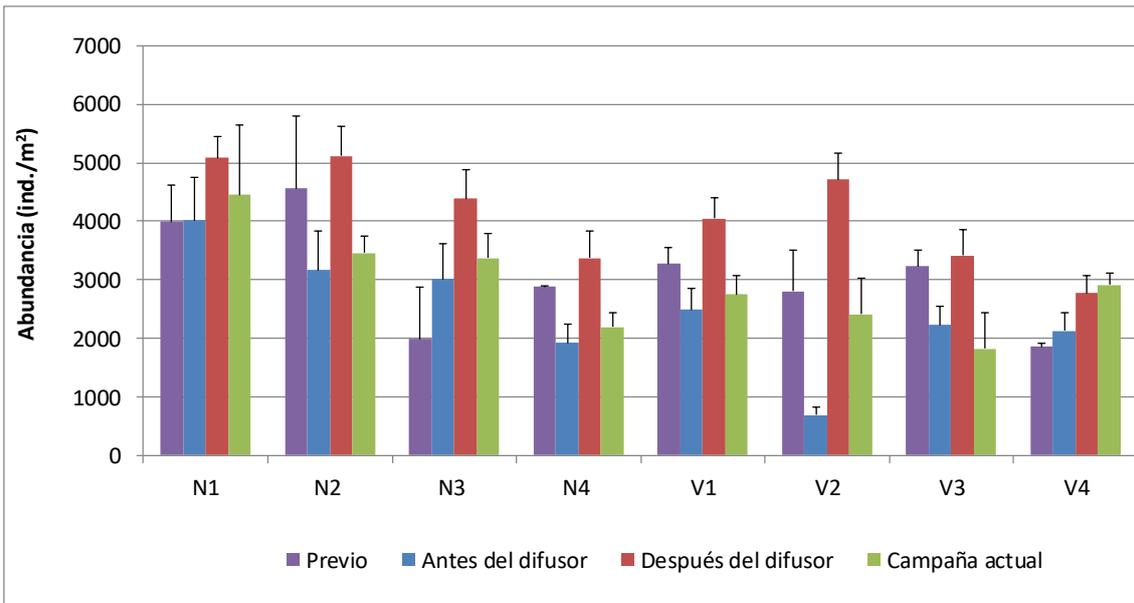


Figura 3.42. Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017), así como en la campaña actual (campaña del 2018).

El estudio de la riqueza taxonómica también revela diferencias significativas en la interacción entre los tres factores estudiados TixTrxDi ($p= 0.01504$). En el transecto norte, el test SNK detecta diferencias significativas en la estación N2, detectándose un incremento respecto a la campaña del 2006. En el transecto del vertido durante la campaña actual, en la estación del vertido se obtienen valores de riqueza significativamente superiores a las campañas de los años 2007, 2008 y 2009 correspondientes a la etapa anterior a la instalación del difusor.

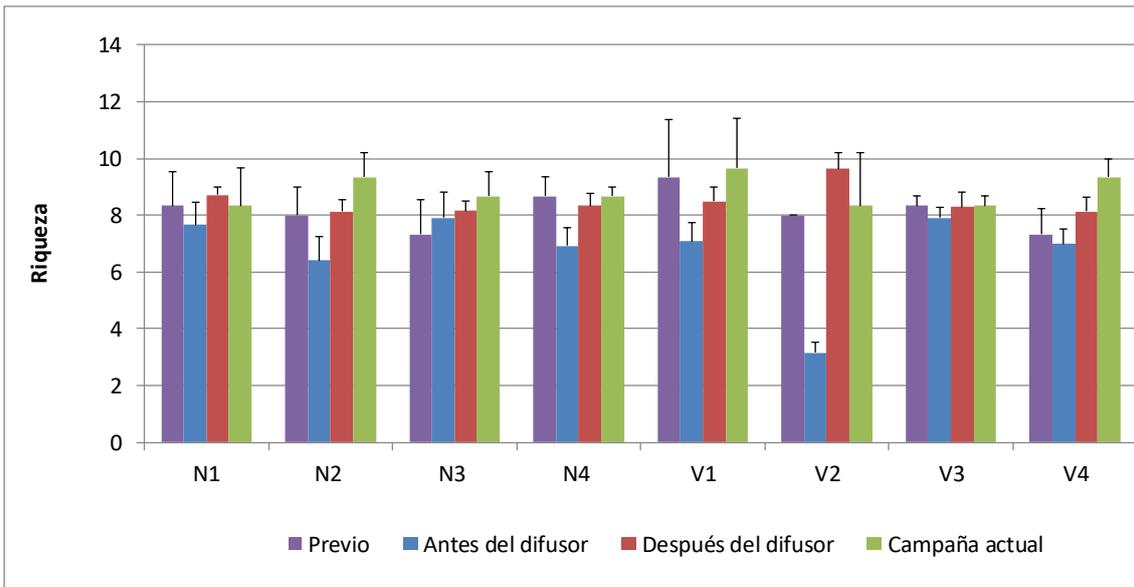


Figura 3.43. Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017), y la campaña actual (campaña del 2018).

Análisis multivariante.

Se realizó un análisis multivariante de los muestreos de otoño realizados del 2005 al 2017. Se obtuvo un MDS (Figura 3.44) donde se puede observar la variación de V2 respecto al resto de estaciones entre los distintos años. La mayoría de las estaciones alejadas del vertido se diferencian en los grupos 1 y 2. Además de estas estaciones, el grupo 1 lo forma la estación del vertido del estudio previo y de las últimas campañas, incluyendo la campaña actual (2011-2015 y 2018). La estación del vertido de los años 2010, 2016 y 2017 forman el grupo 4. El resto de estaciones de la campaña actual, mantienen una situación similar a la detectada en campañas anteriores dentro del grupo 1. Mientras que el grupo 2 lo forman el resto de las estaciones alejadas del vertido y la estación del vertido del año 2006. La estación del vertido de los años 2007, 2008 y 2009 componen el grupo 3.

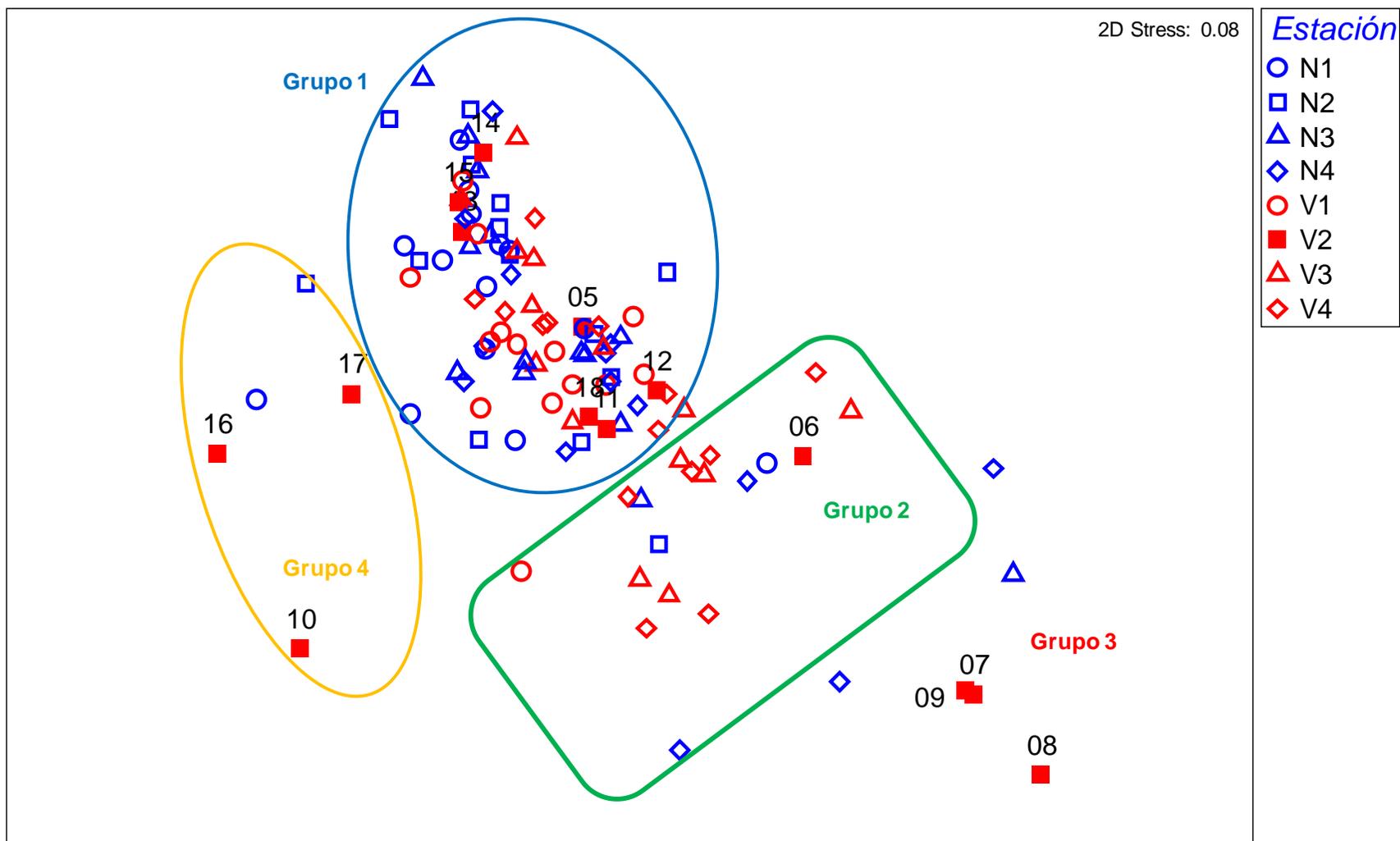


Figura 3.44. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las once campañas de muestreo en otoño (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018).

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) (Tabla 3.26), 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 es el taxón que más contribuye. Sin embargo, mientras que en los grupos 1, 2 y 4 anfípodos es el siguiente taxón con mayor contribución, en el grupo 3 (formado por la estación V2 durante los años 2007, 2008 y 2009), son los bivalvos.

Grupo	Grupos Taxon.	AM	PA
1			
SM: 71.46			
	Polychaeta	2815.72	79.15
	Amphipoda	320.36	86.66
	Bivalvia	147.74	90.29
2			
SM: 70.84			
	Polychaeta	1024.89	76.9
	Amphipoda	169.08	85.33
	Bivalvia	89.25	90.37
3			
SM: 67.88			
	Polychaeta	401.79	79.97
	Bivalvia	62.65	90.46
4			
SM: 55.60			
	Polychaeta	1706.98	42.15
	Amphipoda	2297.76	82.77
	Tanaidacea	330.81	89.6
	Bivalvia	239.56	93.32

Tabla 3.26. 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 3.27, 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 2 de los distintos taxones

capturados. Sin embargo, al comparar ambos grupos con el grupo 3 se obtienen valores de disimilitud superiores al 50, debido a las mayores abundancias de poliquetos, anfípodos, bivalvos y tanaidáceos de los grupos 1 y 2. El mayor número de anfípodos, tanaidáceos y bivalvos, y un menor número de poliquetos y nematodos, diferencia el grupo 4 del 1. Mientras que respecto al grupo 2, el grupo 4 presenta un mayor número anfípodos, tanaidáceos y bivalvos, y de poliquetos. La disimilitud entre los grupos 3 y 4, fue debida principalmente al menor número de individuos detectados en el grupo 3 de todos los grupos taxonómicos excepto de nematodos.

Grupo (x/y)	Grupos Taxon.	AM x	AM y	PA
1/2				
DM: 46.83				
	Polychaeta	2815.72	1024.89	63.75
	Amphipoda	320.36	169.08	71.88
	Tanaidacea	184.76	125.12	79.07
	Nematoda	167.58	114.38	85.44
	Bivalvia	147.74	89.25	88.9
	Nemertina	46.35	0.78	90.51
1/3				
DM: 72.46				
	Polychaeta	2815.72	401.79	69.69
	Amphipoda	320.36	42.23	78.12
	Nematoda	167.58	118.06	83.42
	Tanaidacea	184.76	12.78	88.59
	Bivalvia	147.74	62.65	91.34
1/4				
DM: 50.03				
	Amphipoda	320.36	2297.76	40.56
	Polychaeta	2815.72	1706.98	76.71
	Tanaidacea	184.76	330.81	82.41
	Bivalvia	147.74	239.56	86.7
	Nematoda	167.58	39.5	90.27
2/ 3				
DM: 52.92				
	Polychaeta	1024.89	401.79	50.27
	Nematoda	114.38	118.06	62.46
	Amphipoda	169.08	42.23	74.54
	Tanaidacea	125.12	12.78	83.23
	Bivalvia	89.25	62.65	87.48
2/ 4				

DM: 54.83			
Amphipoda	169.08	2297.76	49.38
Polychaeta	1024.89	1706.98	72.36
Tanaidacea	125.12	330.81	79.9
Bivalvia	89.25	239.56	84.9
Nematoda	114.38	39.5	88.55
Ophiuroidea	15.58	65.48	90.09
3/ 4			
DM: 73.90			
Amphipoda	42.23	2297.76	45.81
Polychaeta	401.79	1706.98	74.44
Tanaidacea	12.78	330.81	81.99
Bivalvia	62.65	239.56	86.04
Nematoda	118.06	39.5	89.57

Tabla 3.27. 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 primavera del 2006 al 2018.

Se observa una variación temporal en la abundancia de poliquetos en el área de estudio en los muestreos de primavera. En el total de muestras analizadas se han separado e identificado un número de individuos que oscila entre los 862 individuos de 2006 a los 2414 individuos de 2018. Del mismo modo el número de familias de poliquetos en el total de muestras ha oscilado desde 32 en 2006 a 39 en las campañas del 2014, 2015, 2106 y 2017; siendo 37 las familias identificadas en esta última campaña. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, siguen formando parte del grupo de las familias más abundantes en el poblamiento de poliquetos de la zona de estudio a lo largo de todas las campañas de muestreo en primavera.

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 primavera 2006), T2 (primavera 2007), T3 (primavera 2008), T4 (primavera 2009), T5 (primavera 2010), T6 (primavera 2011), T7 (primavera 2012), T8 (primavera 2013), T9 (primavera 2014), T10 (primavera 2015), T11 (primavera 2016), T12 (primavera 2017) y T13 (primavera 2018).

Considerando los valores de abundancia se detectan diferencias significativas para la interacción de los tres factores TixTrxDi ($p < 0.05$). Se aplica el test SNK para detectar que tratamientos dentro de cada factor están marcando las diferencias. Al analizar los cambios temporales se mantiene el patrón cíclico de los valores de abundancia en la mayoría de las estaciones a lo largo de la mayoría de las campañas de muestreo, siendo más acusado en las estaciones N1.P.18, V1.P.018, V4.P.18. Este patrón se interrumpe en la estación próxima al vertido, debido al descenso significativo de la abundancia durante el periodo de actividad de la planta desaladora, mientras que se detecta un incremento significativo a partir de la campaña del 2011; una vez instalado el difusor.

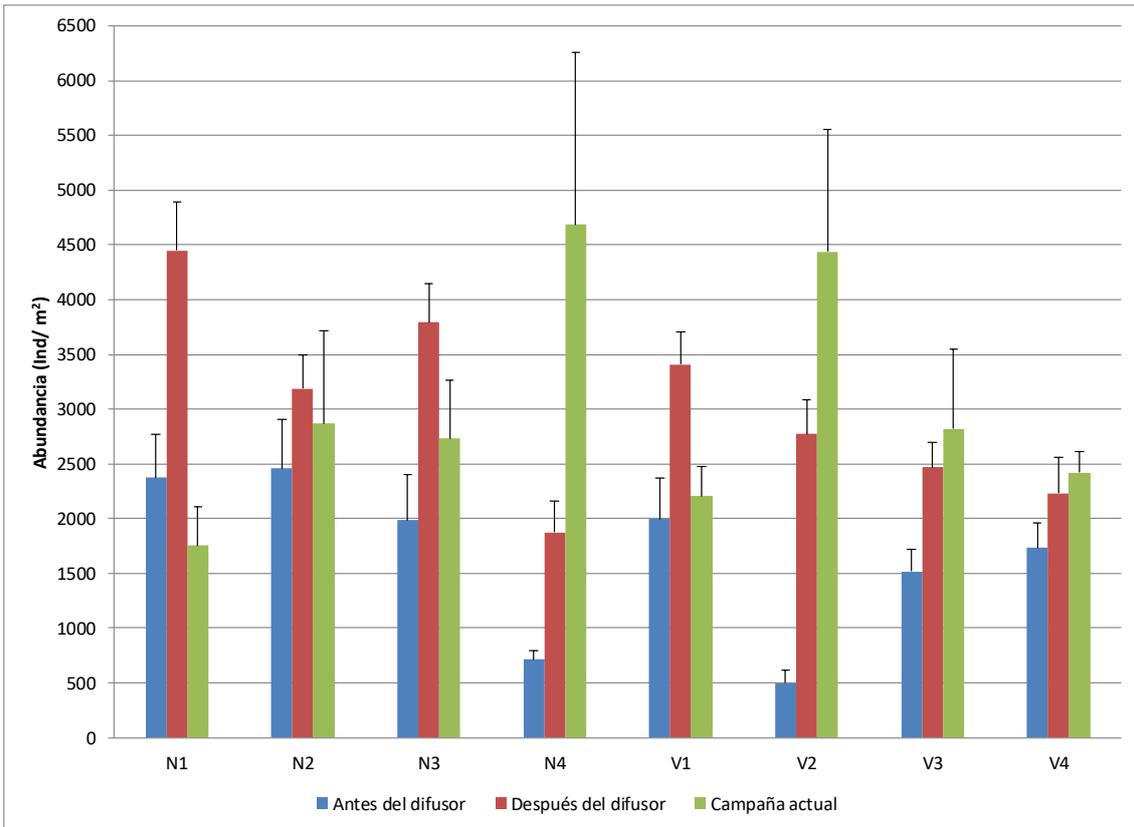


Figura 3.45: Abundancia media en cada estación para las campañas de primavera; antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017), así como en la campaña actual (campaña del 2018).

Considerando **la riqueza**, también se detectan diferencias significativas para la interacción entre los tres factores $Ti \times Tr \times Di$ ($p=0.0000$). Se aplica el test SNK para detectar que tratamientos dentro de cada factor están marcando las diferencias. Al considerar la interacción de los factores las principales diferencias vienen marcadas en el transecto del vertido. En dicho transecto se produce un descenso significativo de la riqueza en la estación V2, desde el comienzo de la actividad de desalación en 2006 hasta el 2010; siendo más acusado en la campaña del 2009, y recuperándose a niveles similares a los de las estaciones control a partir de la campaña del 2011. Este patrón se mantiene en la campaña actual (primavera del 2018).

También se detectan cambios temporales para la riqueza de familias de poliquetos a lo largo de las distintas campañas de muestreo, siendo algo más

acusado en las estaciones del norte. En las estaciones V1 y V4 riqueza se distribuye en dos periodos principales; un periodo inicial donde la riqueza es menor y un segundo periodo; donde los valores incrementan.

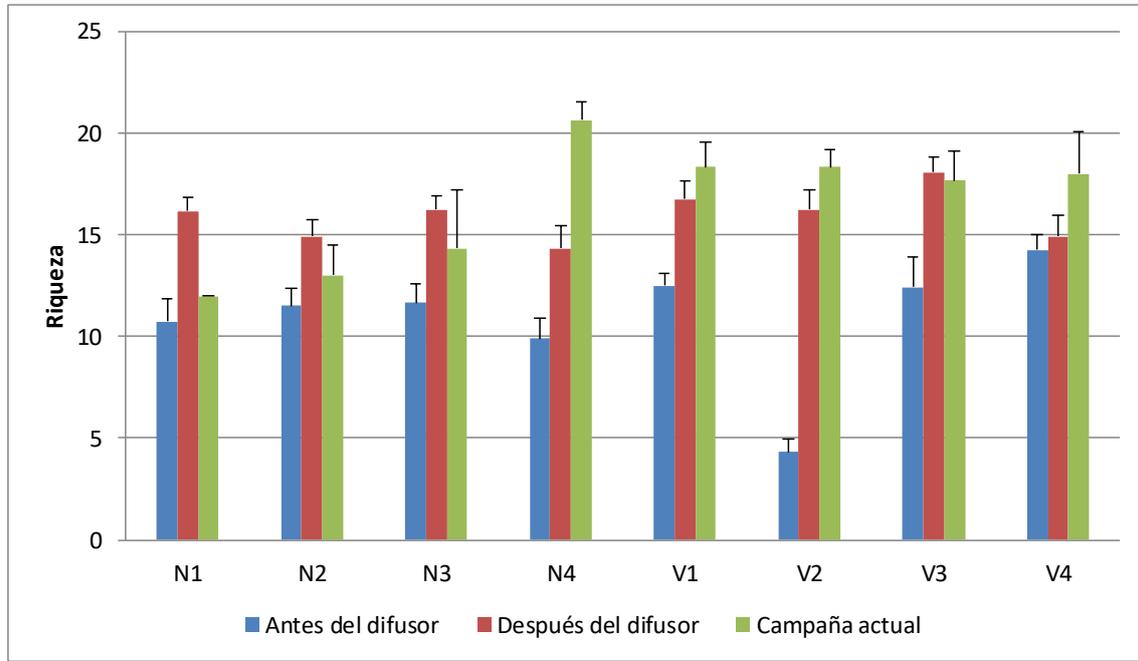


Figura 3.46: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de primavera, antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017) así como en la campaña actual (campaña del 2018).

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. Este nos separa la mayoría de las estaciones localizadas en el transecto norte (N1, N2 y N3), junto con las estaciones V1 (grupo D), de la mayoría de las estaciones situadas en los transecto vertido. Las estaciones del vertido, junto a la estación N4, distribuyen de forma más heterogénea. Esta segregación es debida a las características físicas del sedimento, ya que, mientras que, en las estaciones localizadas al norte, junto con las del vertido V1, predominan los fangos y presentan un mayor porcentaje de materia orgánica; el resto de las estaciones están caracterizadas por una mayor heterogeneidad de sedimentos. Estaciones en las que dominan las fracciones

más gruesas y con bajos porcentajes de fango y materia orgánica. En segundo lugar, se detecta una segregación de la composición de la comunidad de poliquetos en la estación próxima al vertido, siendo más acusada en las campañas del 2006, 2009 y 2010 (grupo A) de manera que en esta estación parece que estuvo afectada por el vertido de salmuera en esos años. Este patrón de segregación no se mantiene entre las campañas del 2011 al 2018, lo que indica la recuperación de la comunidad tras la introducción de la pieza difusora.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas entre los distintos transectos y distancias, aunque con un estadístico R muy bajo ($p=0.001$, $R=0.139$, en ambos casos). También se detectan diferencias significativas entre los distintos tiempos ($p=0.001$, $R=0.238$).

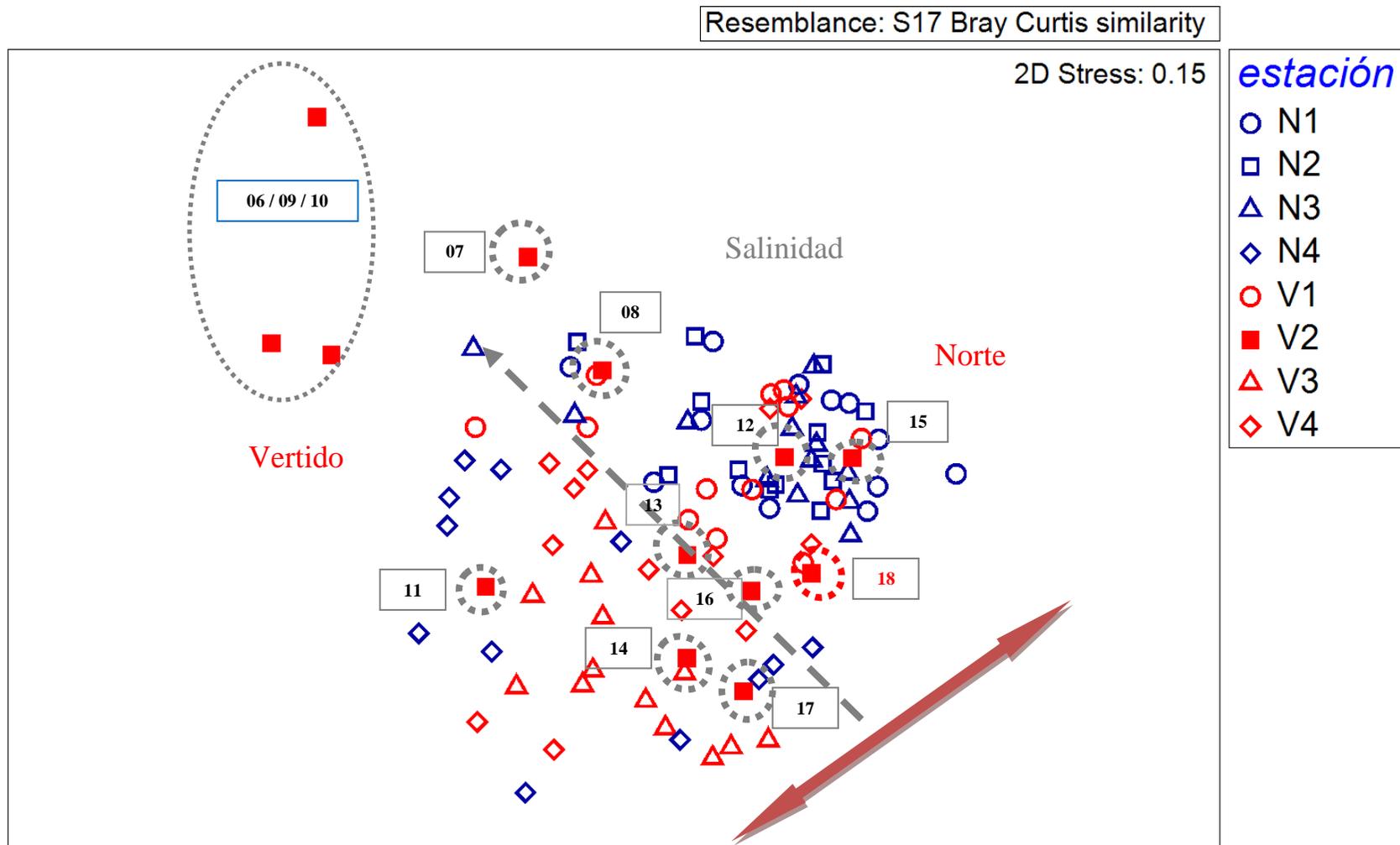


Figura 3.47: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en primavera.

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

Las familias Nepthyidae, Lumbrineridae, Paraonidae y Magelonidae son las implicadas en el 75.1% de similitud detectada en el grupo A (39.52%). Las familias Spionidae, Syllidae, Paraonidae y Onuphidae son las implicadas en la similitud dentro del grupo B (51.95%), un pequeño grupo establecido por las estaciones V4.P.13; y N4. P.14 y 15. En las estaciones del transecto las principales familias responsables de la similitud (53.11%) han sido Syllidae, Onuphidae, Lumbrineridae, Paraonidae, Spionidae, Sabellidae y Cirratulidae. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Nepthyidae, Magelonidae, Cirratulidae y Capitellidae son las que caracterizan la comunidad dominante en la mayoría de las estaciones pertenecientes al grupo D.

Grupo	Familia	AM	PA
A			
SM: 39.52			
	Nepthyidae	135.45	29.33
	Lumbrinereidae	79.35	50
	Paraonidae	60.23	66.81
	Magelonidae	21.47	75.1
B			
SM: 51.95			
	Spionidae	200.5	44.74
	Syllidae	87.72	60.27
	Paraonidae	75.19	68.12
	Onuphidae	25.06	73.96
C			
SM: 53.11			
	Syllidae	572.58	24.99
	Onuphidae	182.09	33.65
	Lumbrinereidae	147.08	40.62
	Paraonidae	174.68	47.35
	Spionidae	196.14	53.1
	Sabellidae	159.09	58.41
	Cirratulidae	98.06	63.68
D			
SM: 51.27			
	Paraonidae	788.77	31.73
	Lumbrinereidae	320.33	46.76
	Nepthyidae	186.86	54.98

Magelonidae	225.68	62.69
Cirratulidae	172.5	69.59
Capitellidae	177.6	75.65

Tabla 3.28: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Las familias Spionidae, Nephtyidae, Syllidae, Lumbrineridae, Paraonidae, Magelonidae, Onuphidae, Sabellidae, Cirratulidae, Capitellidae y Paracalydoniidae son las implicadas en la disimilitud entre los distintos grupos establecidos. Estas diferencias son debidas al dominio de las familias Lumbrineridae, Paraonidae, Magelonidae, Cirratulidae, Capitellidae y Paracalydoniidae 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, Onuphidae y Sabellidae. 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 2011.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
A / B				
DM: 75.54				
	Spionidae	3.58	200.5	19.57
	Nephtyidae	135.45	0	30.78
	Syllidae	17.9	87.72	37.78
	Lumbrinereidae	79.35	8.35	44.03
	Paraonidae	60.23	75.19	49.87
	Magelonidae	21.47	50.13	55.1
A / C				
DM: 74.28				
	Syllidae	17.9	572.58	21.8
	Onuphidae	16.11	182.09	30.08
	Spionidae	3.58	196.14	37.45
	Sabellidae	48.34	159.09	43.13
	Paraonidae	60.23	174.68	48.45
	Nephtyidae	135.45	90.8	53.11
A / D				
DM: 75.17				
	Paraonidae	60.23	788.77	25.59
	Lumbrinereidae	79.35	320.33	35.51
	Spionidae	3.58	285.57	44.22

Magelonidae	21.47	225.68	51.34
Cirratulidae	8.95	172.5	57.32
Capitellidae	21.48	177.6	63.28
Nepthyidae	135.45	186.86	68.98
Paralacydoniidae	17.3	122.59	73.27
B / C			
DM:65.72			
Syllidae	87.72	572.58	19.12
Onuphidae	25.06	182.09	27.1
Spionidae	200.5	196.14	34.84
Lumbrinereidae	8.35	147.08	41.16
Paraonidae	75.19	174.68	46.63
Sabellidae	29.24	159.09	51.92
B / D			
DM:73.37			
Paraonidae	75.19	788.77	23.53
Lumbrinereidae	8.35	320.33	35.13
Spionidae	200.5	285.57	45.54
Nepthyidae	0.00	186.86	52.57
Magelonidae	50.13	225.68	59.24
Capitellidae	54.3	177.6	64.52
Cirratulidae	25.06	172.5	69.57
C / D			
DM:63.90			
Paraonidae	174.68	788.77	17.56
Syllidae	572.58	80.88	32.13
Spionidae	196.14	285.57	40.52
Lumbrinereidae	147.08	320.33	46.91
Magelonidae	50.47	225.68	52.46
Onuphidae	182.09	33.12	57.67
Capitellidae	112.78	177.6	61.86

Tabla 3.29: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos, considerando el eje 1. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

3.5.6.3.2.- Comparación de las campañas de otoño del 2005 al 2018.

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 campaña se

identificaron un total de 1161 individuos, identificados en los transectos norte y vertido. 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. En esta última campaña (2018) también se detecta un elevado número de familias (39). Las familias Paraonidae, Lumbrineridae y Syllidae dominan la comunidad de la zona de estudio durante las catorce 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, sur), **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 (2017) y T14 (2018)).

Considerando los valores de **abundancia** se detectan diferencias significativas para la interacción $T_i \times Tr \times D_i$ ($p < 0.05$). 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; siendo significativos principalmente en las estaciones localizadas al norte (N1 y N2); junto a la estación V3. Cabe destacar la estación más próxima al vertido, donde no se mantiene el patrón cíclico observado en el resto de las estaciones. En esta estación hay un descenso progresivo de la abundancia desde el comienzo de la actividad, siendo más acusado y significativo en las campañas del 2007, 2008 y 2009. Sin embargo, a partir de la campaña del 2010, momento de la instalación del difusor se detecta un incremento en los valores de abundancia y a partir de la campaña del 2012 se comienza a detectar el patrón cíclico observado en otras estaciones.

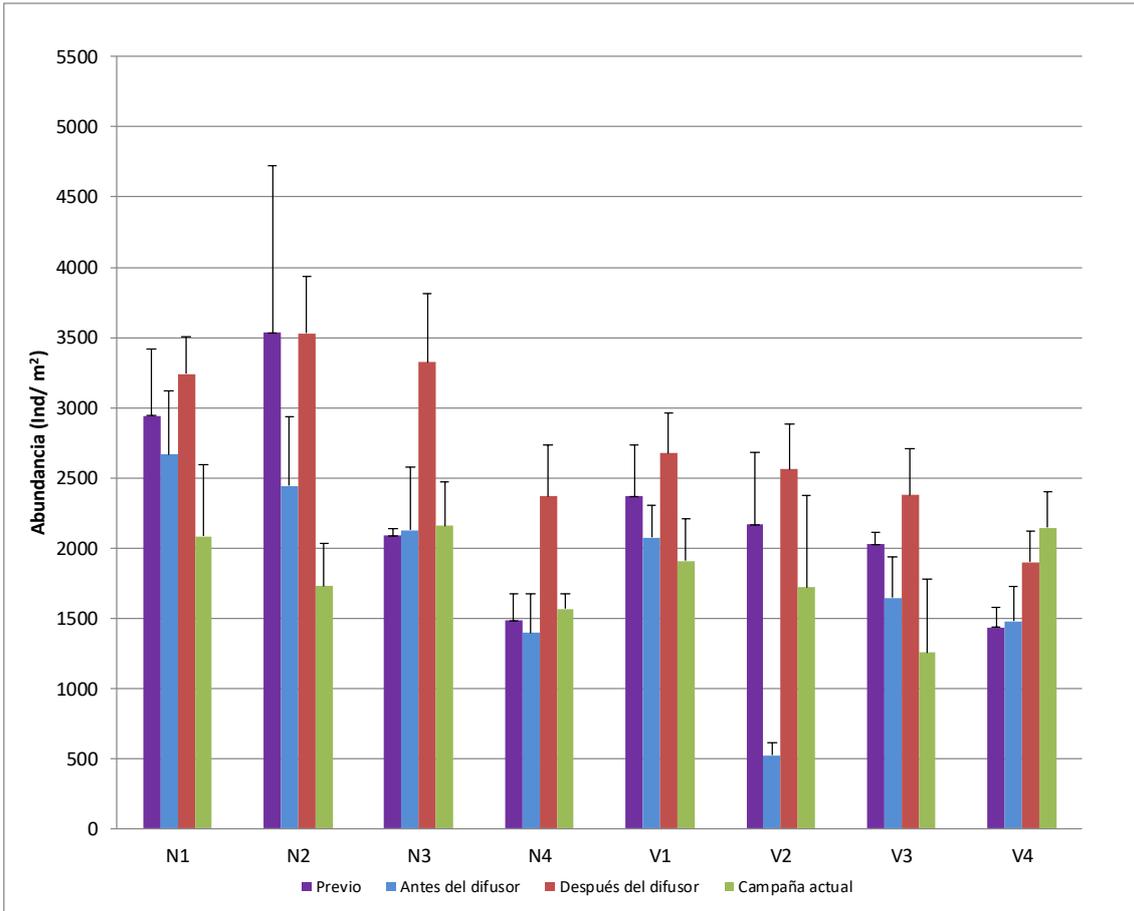


Figura. 3.48: Abundancia media en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017), así como en la campaña actual (campaña del 2018).

Considerando la **riqueza**, se detectan diferencias significativas para la interacción de los tres factores TixTrxDi ($p < 0.05$). 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 han instalado los difusores. Por lo que no se detectan diferencias significativas en las ocho últimas campañas (2010 al 2018).

Al igual que lo observado en la abundancia; al analizar la evolución temporal de las familias de poliquetos también se detectan variaciones interanuales; siendo significativos estos cambios en la gran parte de las estaciones.

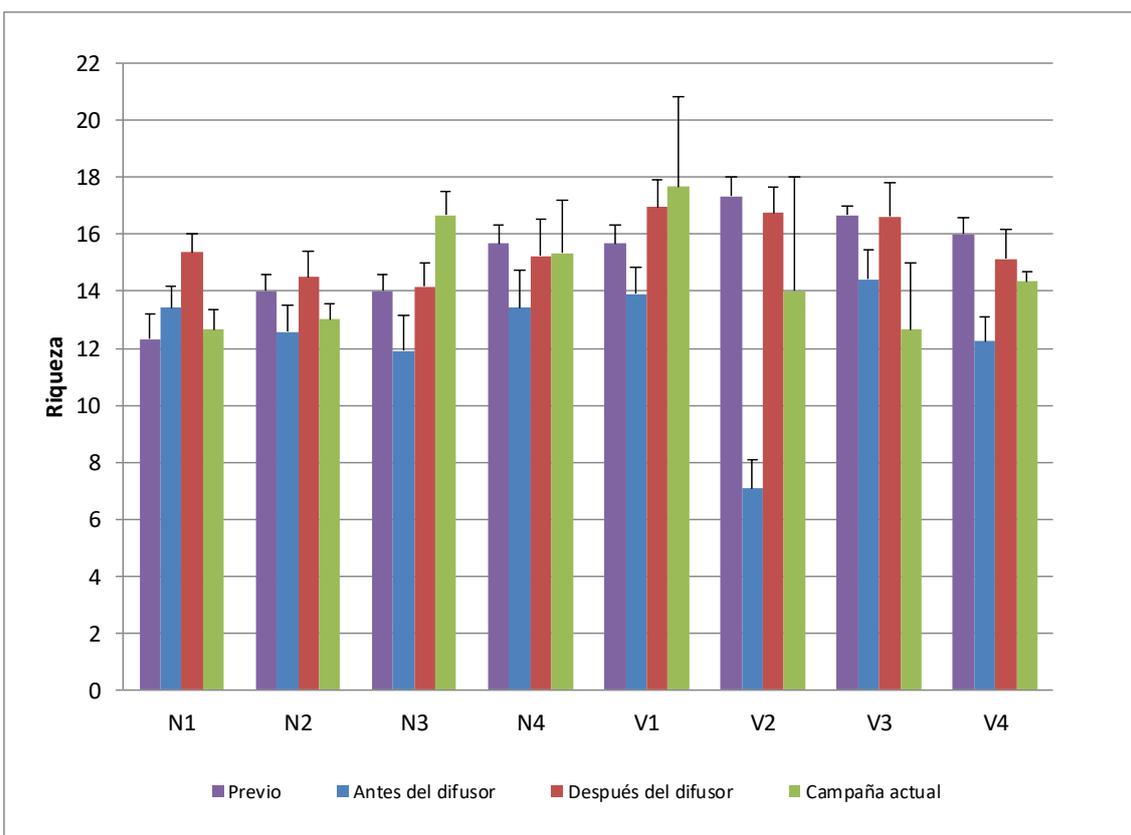


Figura. 3.49: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.2017), así como en la campaña actual (campaña del 2018).

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 2018) 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 y 18). El grupo A se caracteriza por presentar un número reducido de estaciones sin ningún patrón determinado (V2.O.10, V3.O. 10 y 11, V3.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).

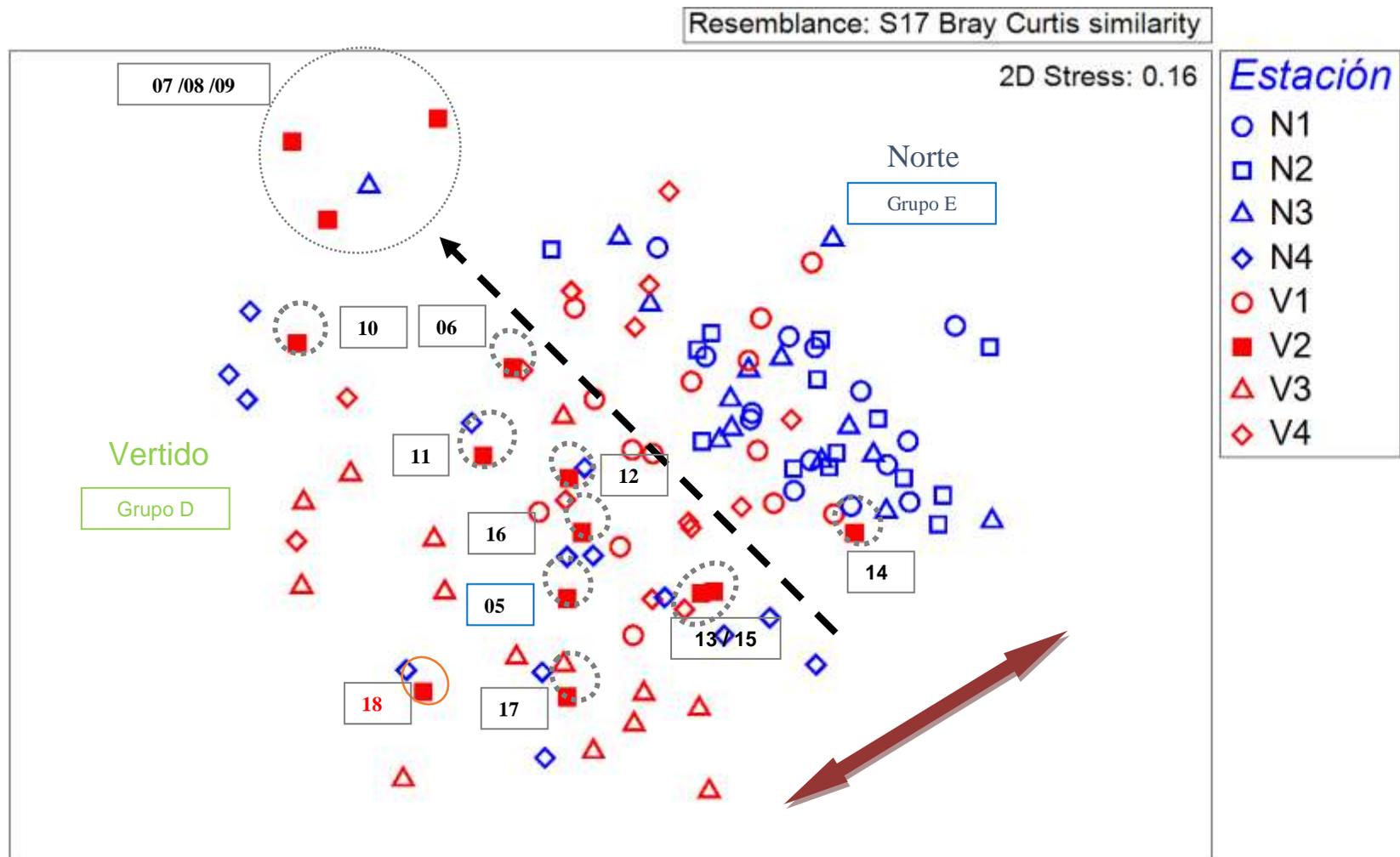


Figura. 3.50: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo de otoño.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas entre los distintos transectos ($p=0.001$, $R=0.169$) y entre las distintas distancias, pero con menores valores de correlación ($p=0.001$, $R=0.102$). También se detectan diferencias entre las distintas campañas de muestreo ($p=0.001$; $R=0.296$).

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 66.40% de similitud (50.34%) han sido Syllidae, Paraonidae, Lumbrineridae, Eunicidae, Capitellidae, Cirratulidae, Onuphidae y Spionidae. Finalmente, las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Magelonidae, Capitellidae y Cirratulidae están implicadas en la similitud detectada en el grupo E (55.63%).

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: 50.34			
	Syllidae	290.16	13.88
	Paraonidae	234.27	25.66
	Lumbrineridae	147.92	34.54
	Eunicidae	138.35	42.01
	Capitellidae	139.4	49.32
	Cirratulidae	135.82	56.07
	Onuphidae	105.65	61.29
	Spionidae	154.97	66.4
E			
SM: 55.63			
	Paraonidae	739.78	29.63
	Lumbrineridae	386.63	48.17
	Magelonidae	302.69	60.47
	Capitellidae	198.4	68.14
	Cirratulidae	193.58	74.97

Tabla 3.30: 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, 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 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 y Eunicidae 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 A (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 Onuphidae, Lumbrineridae y Syllidae las más

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

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: 67.20				
	Syllidae	54.8	290.16	10.76
	Paraonidae	43.84	234.27	20.75
	Spionidae	9.4	154.97	27.57
	Cirratulidae	13.57	135.82	33.55
	Capitellidae	44.89	139.4	38.68
	Onuphidae	68.39	105.65	43.8
	Lumbrinereidae	53.77	147.92	48.91
	Sabellidae	20.36	117.89	53.95
A / E				
DM: 78.34				
	Paraonidae	43.84	739.78	23.78
	Lumbrinereidae	53.77	386.63	36.04
	Magelonidae	22.45	302.69	46.3
	Spionidae	9.4	252.94	53.58
	Capitellidae	44.89	198.4	59.62
	Cirratulidae	13.57	193.58	65.55
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: 75.50			
Syllidae	9.4	290.16	12.54
Paraonidae	82.39	234.27	21.23
Spionidae	0	154.97	28.01
Eunicidae	7.3	138.35	34.41
Cirratulidae	9.38	135.82	40.45
Capitellidae	33.36	139.4	45.9
Onuphidae	0	105.65	51.32
B / E			
DM: 76.34			
Paraonidae	82.39	739.78	24.67
Lumbrinereidae	81.31	386.63	37.03
Magelonidae	63.6	302.69	47.15
Spionidae	0	252.94	55.31
Capitellidae	33.36	198.4	62.44
Cirratulidae	9.38	193.58	69.2
C / D			
DM: 66.17			
Paraonidae	537.5	234.27	13.39
Lacydoniidae	335.94	2.19	24.54
Cossuridae	252.6	6.27	32.54
Syllidae	96.88	290.16	39.61
C / E			
DM: 65.47			
Paraonidae	537.5	739.78	15.07
Lumbrinereidae	2.08	386.63	26.56
Lacydoniidae	335.94	0	37.03
Magelonidae	104.17	302.69	43.75
Spionidae	32.81	252.94	50.02
Cossuridae	252.6	85.88	55.7
Sabellidae	195.83	39.8	61.2
Cirratulidae	2.6	193.58	66.49
D / E			
DM: 60.30			
Paraonidae	234.27	739.78	16.84
Syllidae	290.16	22.17	25.47
Lumbrinereidae	147.92	386.63	33.65
Spionidae	154.97	252.94	41.28
Magelonidae	99.7	302.69	48.64

Tabla 3.31: 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 primavera y otoño se observaron diferencias en la composición de especies y sustrato entre las distintas estaciones.

En las estaciones situadas al norte del vertido se observó un sustrato sedimentario. Se observaron individuos del orden Pennatulacea, los cuales fueron especialmente abundantes durante primavera en las estaciones N1 y N2.

En el transecto del vertido se observaron individuos dispersos de la familia *Gorgoniidae* en las estaciones V2, V3 y V4. También se observaron individuos de *Echinaster sepositus* en las estaciones V2 y V3 y *Sparus aurata* en la estación V2.

Por lo que se refiere a las estaciones del transecto sur en las estaciones S3 y S4 se observó una alta densidad de *Gorgoniidae*, diferenciándose varias especies como *Eunicella singularis* o *Eunicella cavolinii*. Además se observan individuos del equiruido *Bonellia viridis*, poríferos y de la estrella *Echinaster sepositus*.

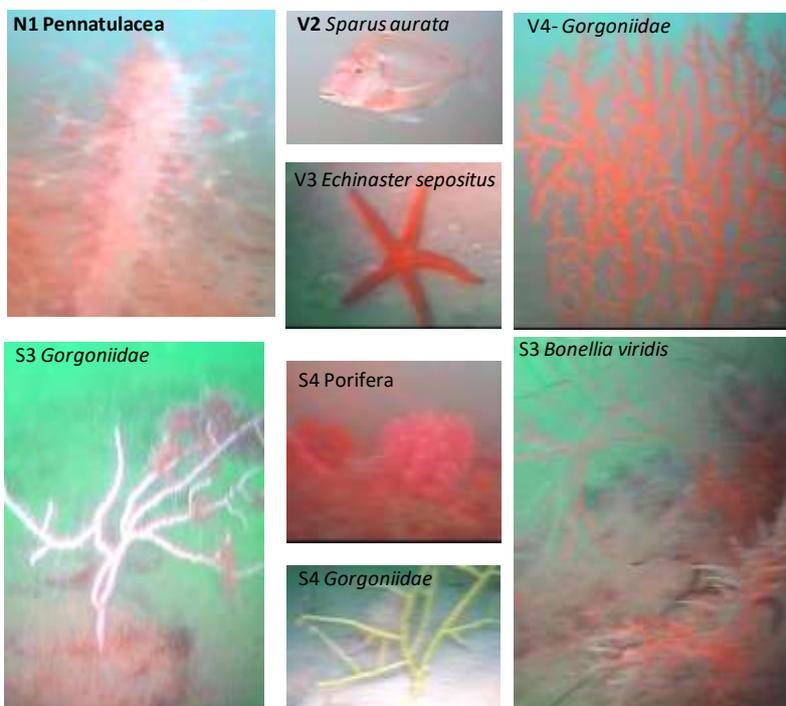


Figura. 3.51. Grupos taxonómicos observados durante la realización de los transectos con videocámara.

3. 6.-Pradera de Posidonia oceanica

3.6.1.- Densidad

En el muestreo de este año tampoco se detectaron diferencias significativas para la densidad de haces vivos entre las distintas localidades estudiadas (Tabla 3.32). Los valores de densidad más elevados se vuelven a observar en la localidad L4 (120 haces m⁻²) y en la localidad L5 (106 haces m⁻²). En el resto de localidades las densidades estuvieron comprendidas entre 82 y 98 haces m⁻² (Figura 3.52).

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 3.32 y Figura 3.52).

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Densidad (haces m ⁻²)	Tiempo	13	10704.7144	6.98	***	Residual
	Localidad	4	32361.2506	21.09	***	Residual
	Tiempo*Localidad	52	2799.9776	1.82	**	Residual
	Residual	210	1534.3967			
Mortalidad (haces m ⁻²) (transf. $\sqrt{x+1}$)	Tiempo	13	40.8158	32.09	***	Residual
	Localidad	4	74.1345	58.29	***	Residual
	Tiempo*Localidad	52	4.8589	3.82	***	Residual
	Residual	210	1.2719			

Tabla 3.32: 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 - 2018) 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 3.52), con valores comprendidos entre 0 y 6 haces m⁻². Además, también se observa un cambio significativo de este descriptor respecto a la interacción de la localidad por el tiempo (Tabla 3.32), 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 2012-2013.

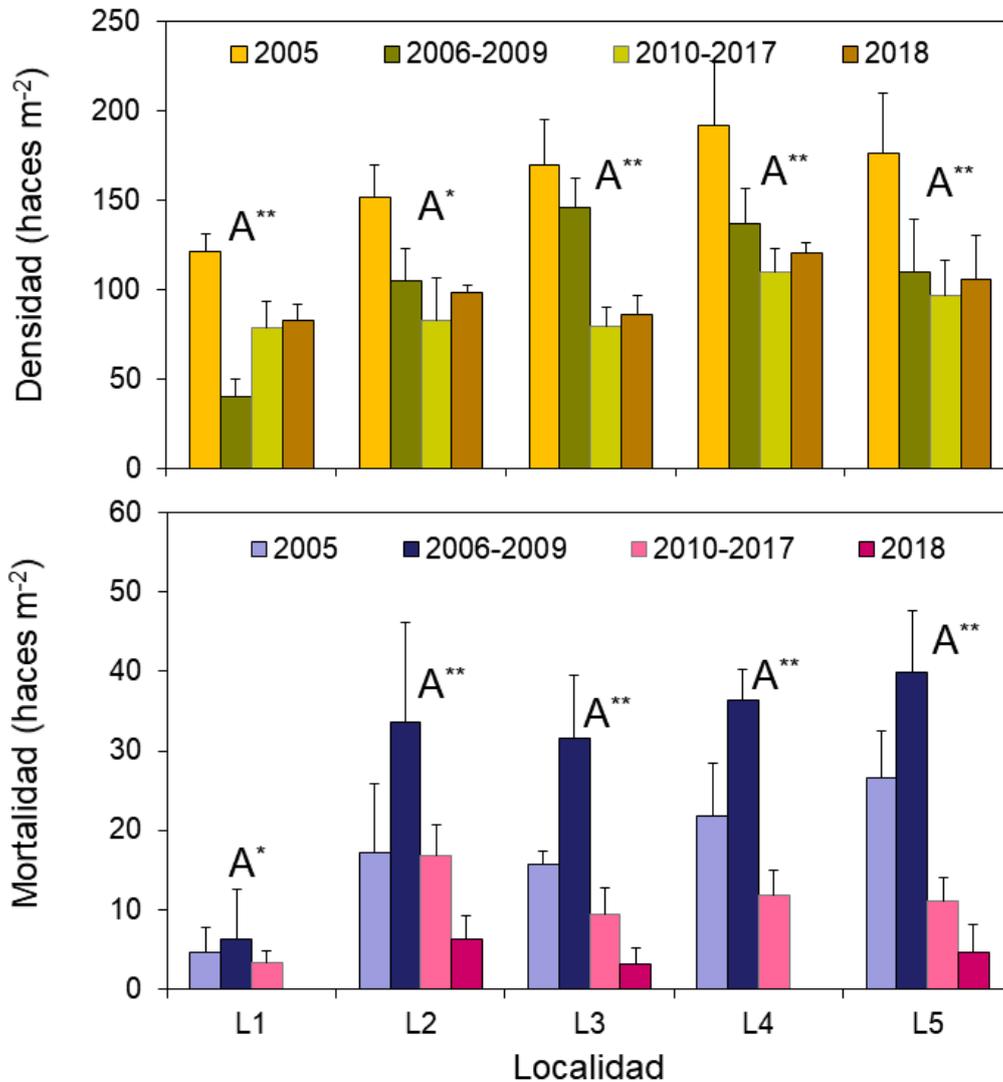


Figura 3.52: Representación gráfica de los datos de densidad media y densidad de haces muertos (haces m⁻²) obtenidos en las localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2018) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (*<0.05 y **<0.01).

Respecto a los porcentajes de haces plagiotropos (Figura 3.53), no se detectan diferencias significativas entre las localidades de estudio, con valores comprendidos entre un 1 y un 7 %.

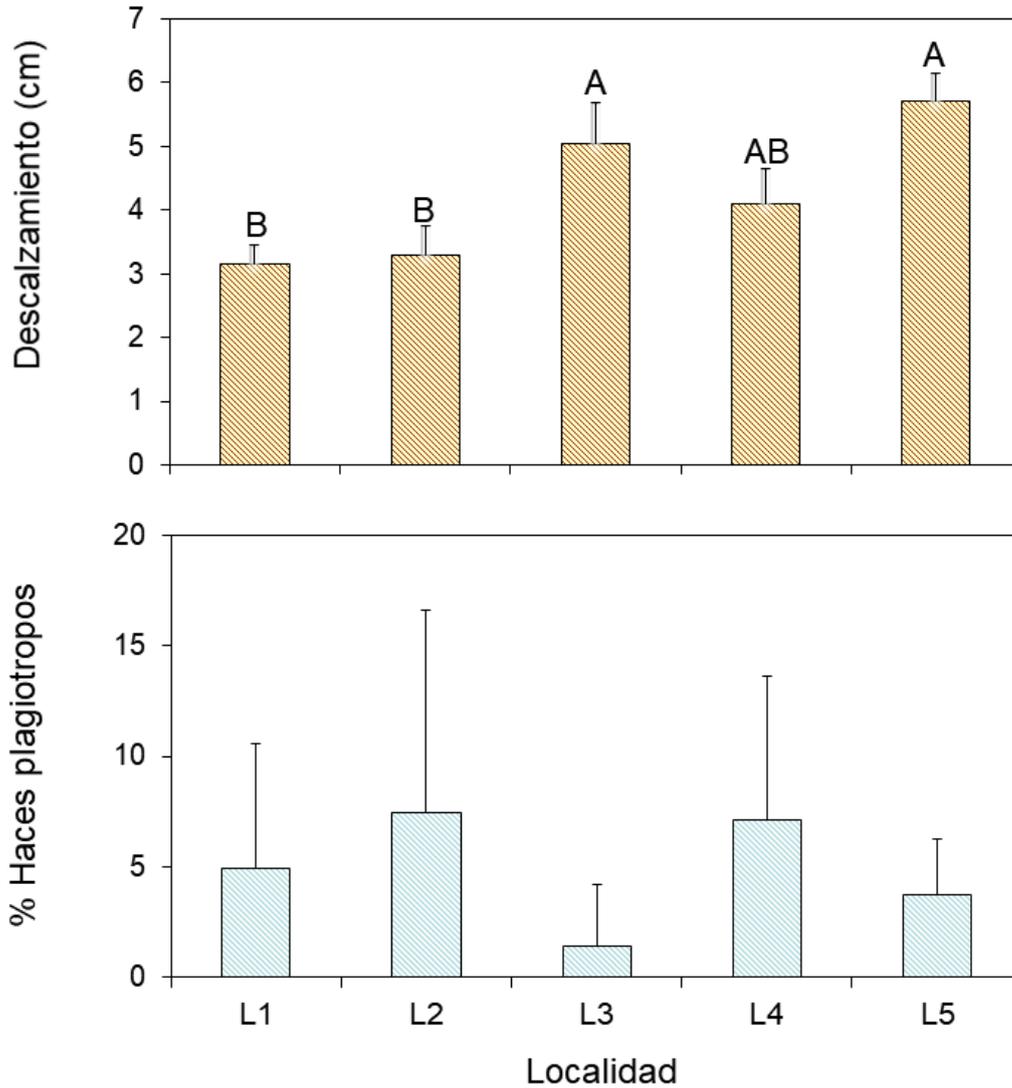


Figura 3.53: Representación gráfica de los datos de descalzamiento de los haces de *Posidonia oceanica* (cm) y del porcentaje de haces plagiotropos (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico).

En este muestreo sí se detectaron diferencias entre el descalzamiento de los haces de las cinco localidades (Figura 3.53), destacando las localidades L3 y L5, con 5.1 y 5.7 cm, respectivamente.

3.6.2.- Cobertura

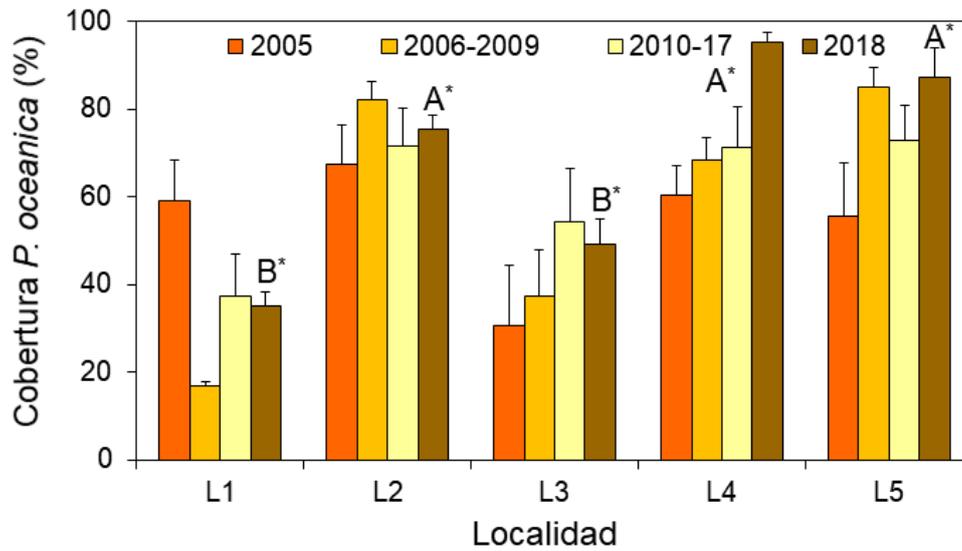


Figura 3.54: Representación gráfica de los datos de cobertura de *Posidonia oceanica* (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2018) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de localidad con 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 3.54. En la zona de estudio este año no se detectaron diferencias significativas entre las distintas localidades (Tabla 3.34). Pero sí se volvieron a observar unos valores máximos para las localidades L5 (87 %) y L4 (95 %), mientras que se detectó una cobertura de 35-50 % de *Posidonia* en las localidades L1 y L3.

Comparando los datos de este año con los del anterior, se detecta un aumento de este parámetro en las localidades L4 y L5. Al compararlo con el resto de años también se detectó un incremento significativo de este parámetro para la localidad L1 (Figura 3.54), probablemente debido a la alta variabilidad asociada al método de muestreo empleado.

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Cobertura (%)	Tiempo	13	519.7809	2.21	*	Residual
	Localidad	4	14130.6986	59.98	***	Residual
	Tiempo*Localidad	52	770.2746	3.27	***	Residual
	Residual	140	235.5952			

Tabla 3.34: 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. GI = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.

3.6.3.- Fenología

Al caracterizar los haces de *Posidonia oceanica* procedentes de las distintas localidades en el presente muestreo siguen sin observarse diferencias significativas para la mayoría de los descriptores analizados (Figura 3.55, Tabla 3.35). Sin embargo, si se detectaron variaciones significativas entre los trece años de muestreo para casi todos los descriptores, así como una interacción del factor tiempo con la localidad para los mismos (Tabla 3.35).

Así, se puede detectar la tendencia de que los haces de la localidad L1 presentan una menor longitud foliar que el resto de las localidades, o como los haces de las localidades L5 presentan una mayor longitud, biomasa foliar y biomasa de epífitos que los del resto de localidades (Tabla 3.35, Figura 3.55)

Este año se detecta un incremento en la carga de epífitos en la localidad L4, pero no se puede asociar ni al vertido (más próximo a la localidad L3), ni a otra causa conocida, y probablemente sea debido a la variabilidad natural (tanto a nivel espacial como temporal).

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Número de hojas (hojas haz^{-1})	Tiempo	13	28.2554	32.55	***	Residual
	Localidad	4	0.9107	1.05	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	52	1.5623	1.80	***	Residual
	Residual	630	0.8679			
Longitud media foliar (cm)	Tiempo	13	463.7151	57.02	***	Residual
	Localidad	4	131.0809	18.49	***	Residual
	Tiempo*Localidad	52	1.7499	3.18	***	Residual
	Residual	630	6.2322			
Longitud máxima foliar (cm)	Tiempo	13	4121.7412	81.15	***	Residual
	Localidad	4	448.1109	8.82	***	Residual

	Tiempo*Localidad	52	157.0284	3.09	***	Residual
	Residual	630	50.7916			
Anchura media foliar (cm)						
	Tiempo	13	0.0331	9.22	***	Residual
	Localidad	4	0.0128	3.57	**	Residual
	Tiempo*Localidad	52	0.0092	2.55	***	Residual
	Residual	630	0.0036			
Anchura máxima foliar (cm)						
	Tiempo	13	0.0416	8.66	***	Residual
	Localidad	4	0.0281	5.87	***	Residual
	Tiempo*Localidad	52	0.0104	2.17	***	Residual
	Residual	630	0.0048			
Superficie foliar (cm² haz⁻¹)						
	Tiempo	13	17589.9719	32.64	***	Residual
	Localidad	4	6777.6302	12.58	***	Residual
	Tiempo*Localidad	52	1227.6645	2.28	***	Residual
	Residual	630	538.9536			
Biomasa foliar (g ps haz⁻¹)						
	Tiempo	13	0.2480	29.70	***	Residual
	Localidad	4	0.0714	8.55	***	Residual
	Tiempo*Localidad	52	0.0217	2.60	***	Residual
	Residual	630	0.0083			
Biomasa de epifitos (g ps haz⁻¹)						
	Tiempo	13	0.0348	32.67	***	Residual
	Localidad	4	0.0122	11.41	***	Residual
	Tiempo*Localidad	52	0.0063	5.89	***	Residual
	Residual	630	0.0011			
Epifitos por s.f. (mg ps cm⁻²)						
	Tiempo	13	3.9453	20.17	***	Residual
	Localidad	4	1.2754	6.52	***	Residual
	Tiempo*Localidad	52	0.8692	4.44	***	Residual
	Residual	630	0.1956			
Herbivorismo (% hojas haz⁻¹)						
	Tiempo	13	1506.4219	17.32	***	Residual
	Localidad	4	383.6044	4.41	**	Residual
	Tiempo*Localidad	52	339.3596	3.90	***	Residual
	Residual	630	86.9925			

Tabla 3.35: 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.

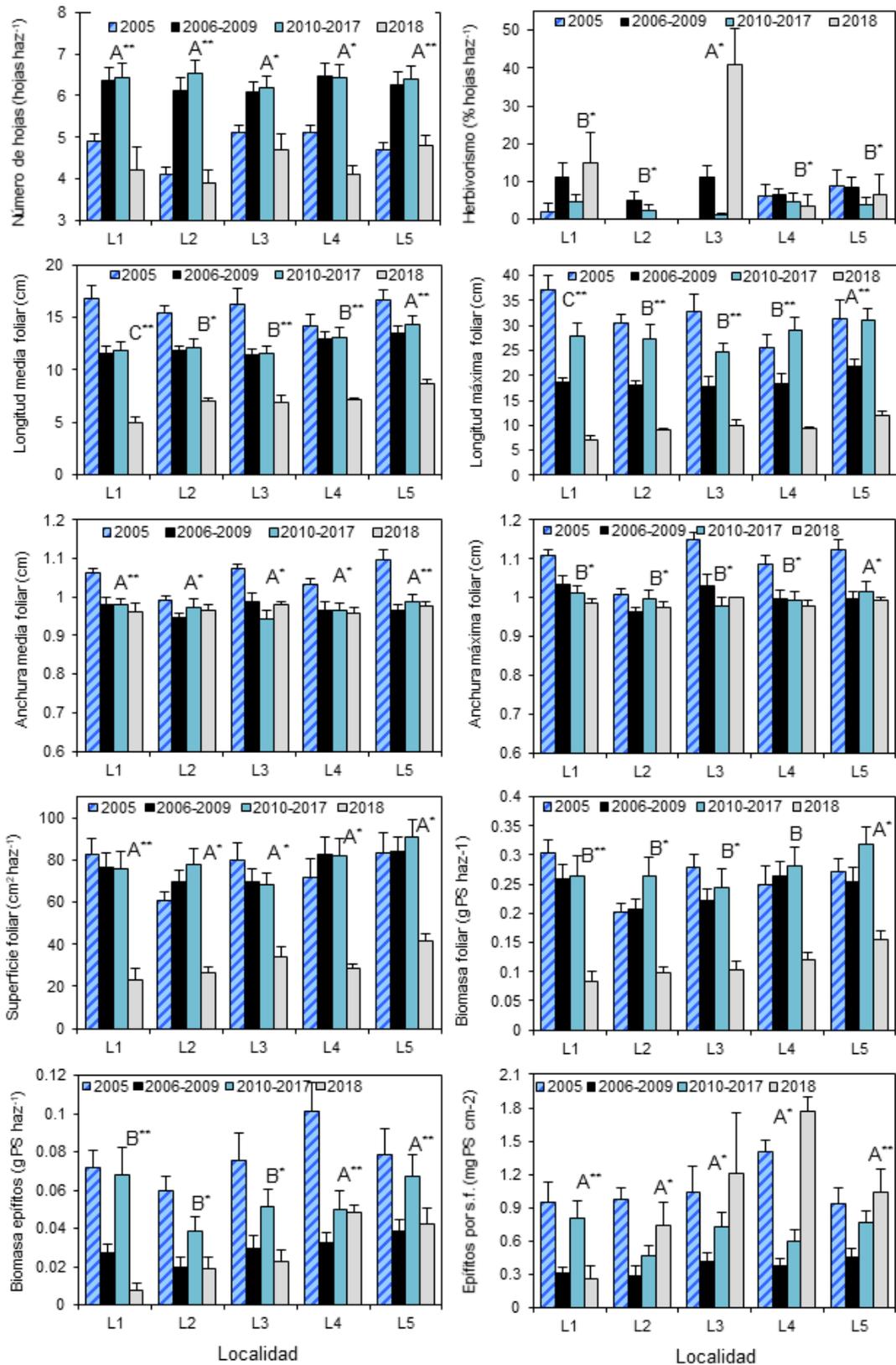


Figura 3.55: Representación de los datos de fenología obtenidos para los haces de las cinco localidades con anterioridad (2005) y posterioridad (2006-2009, 2010-2017 y 2018) del funcionamiento del emisario. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo ($* < 0.05$ y $** < 0.01$).

3.6.4.-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 3.56) se sigue manteniendo cierta agrupación de las localidades en función de su situación y del año de muestreo.

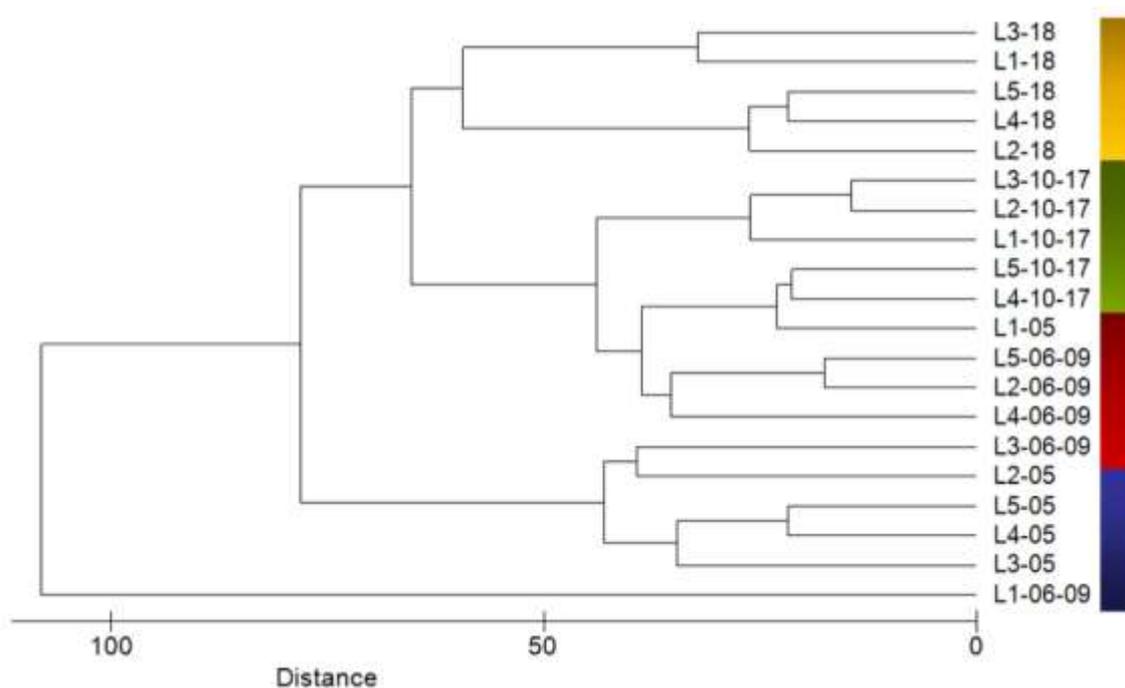


Figura 3.56: Representación del dendrograma realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.

Esta misma agrupación se puede observar de una forma más visual en la representación bidimensional del MDS (Figura 3.57).

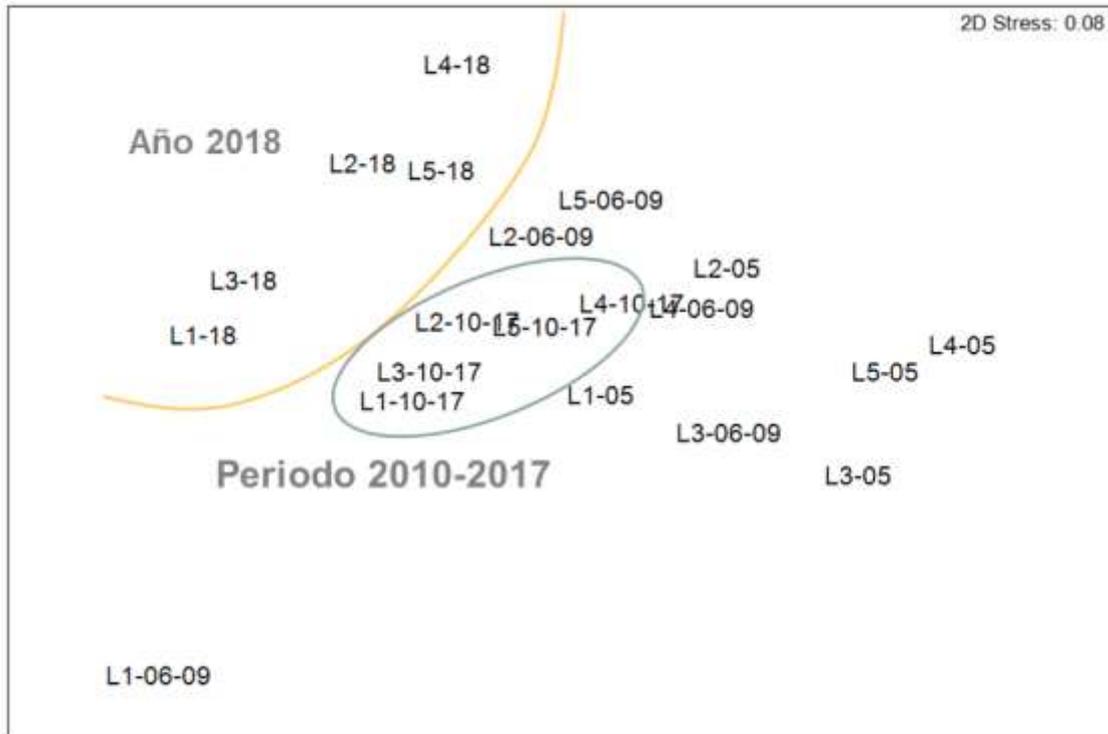


Figura 3.57: Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.

3.6.5.-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 sí solo explicaba el 82 % del total de la variabilidad, mientras que el segundo explicaba el 15.2 %, 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 3.58). A partir de estos valores, se calculó el EQR (Tabla 3.73).

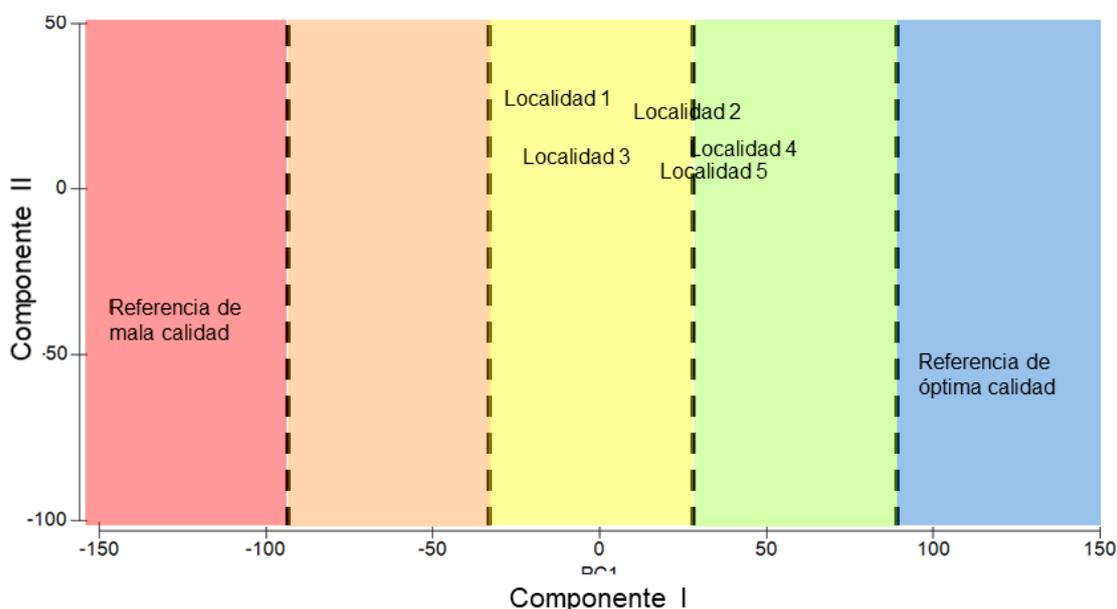


Figura 3.58: Resultado del análisis de los componentes principales (PCA) de las localidades estudiadas (incluyendo las localidades de referencia). El color rojo agrupa a las localidades muy degradadas, el naranja a las de calidad deficiente, el amarillo a aquellas con calidad media, el verde las que 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 3.36) 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.

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 3.36: 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	0.4378	Moderada
Localidad 2	0.5253	Moderada
Localidad 3	0.4322	Moderada
Localidad 4	0.5857	Buena
Localidad 5	0.5969	Buena

Tabla 3.37: Valoración de la calidad ecológica de las localidades estudiadas en función del componente I del ACP.

3.7.- Equinodermos

Las especies de equinodermos encontradas de forma mayoritaria durante el 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 (Tabla 3.38 y Figura 3.59).

En este muestreo aparecía un ejemplar de otra especie de equinoideo, *Paracentrotus lividus*, en la Localidad 3, aun así, tal y como se puede observar en la Tabla 3.74 estos resultados son similares a los de años anteriores.

L.	2005	2006-2009	2010-2017	2018
L 1	<i>Holothuria sp.</i> <i>Echinaster sepositus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i> <i>Paracentrotus lividus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i> <i>Paracentrotus lividus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>
L 2	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i> <i>Astropecten spinulosus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>Paracentrotus lividus</i>
L 3	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i> <i>Sphaerechinus granularis</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>
L 4	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i> <i>Marthasterias glacialis</i> <i>Paracentrotus lividus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>
L 5	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>

Tabla 3.38: Especies de equinodermos identificadas en cada una de las cinco localidades durante los muestreos del 2005, 2006-2009, 2010-2017 y 2018.

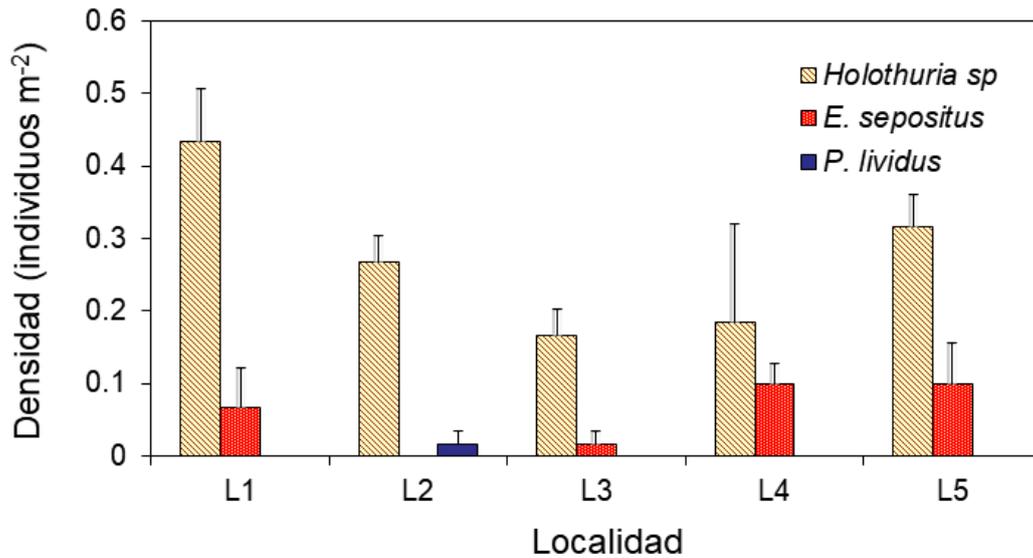


Figura 3.59: Representación gráfica de los datos de densidad de las distintas especies de equinodermos (nº individuos m⁻²) obtenidos en el año 2018 en las cinco localidades de estudio, sobre pradera de *P. oceanica* a - 26 m de profundidad (las barras representan el error típico).

En cuanto a los valores de densidad total de equinodermos durante este muestreo, estos mostraron diferencias significativas (Tabla 3.38), con valores más elevados en la Localidad 1 (0.5 individuos m⁻²), frente al resto, con valores comprendidos entre 0.18 y 0.41 individuos m⁻² (Figura 3.60). En todas las localidades menos en L3 y L4 estos valores son superiores 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. Ln _x +1)	Tiempo	13	0.8437	67.33	***	Residual
	Localidad	4	0.0891	7.11	***	Residual
	Tiempo*Localidad	52	0.1126	8.98	***	Residual
	Residual	210	0.0125			

Tabla 3.38: 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.

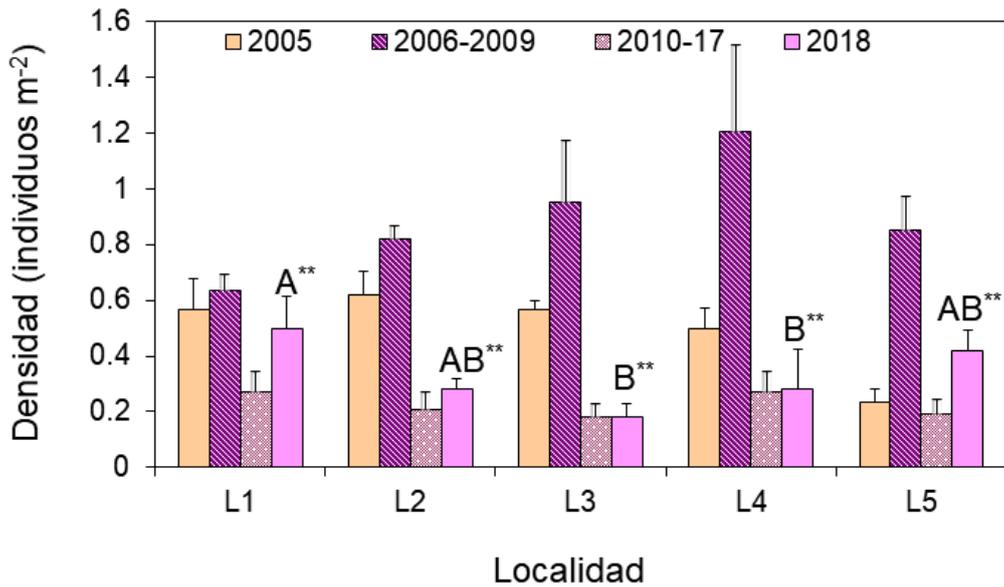


Figura 3.60: Densidad total de equinodermos (número de individuos por m²) en las cinco localidades de estudio, obtenida antes (2005) y después (2006 - 2018) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las 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 cuatro campañas de salinidad (febrero, mayo, agosto y octubre) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma salina durante el año 2018.

La salinidad máxima registrada en profundidad ha sido de 38.1 durante el mes de febrero, 38.68 durante el mes de mayo, 39.05 durante el mes de agosto y 38 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.

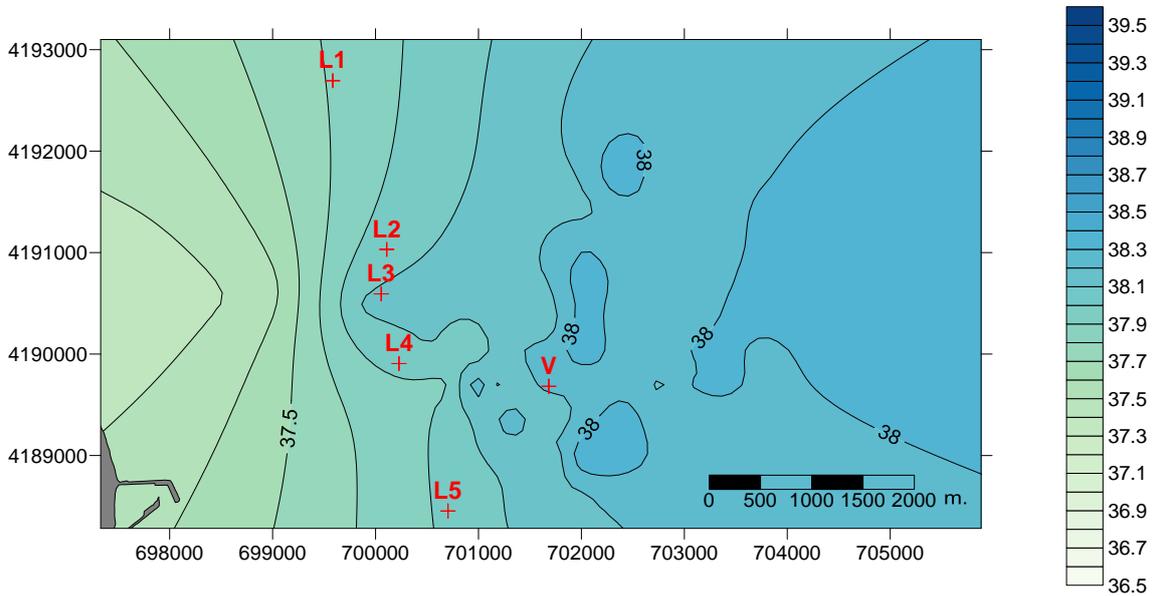


Figura 3.61. Campaña de salinidad en profundidad de febrero 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

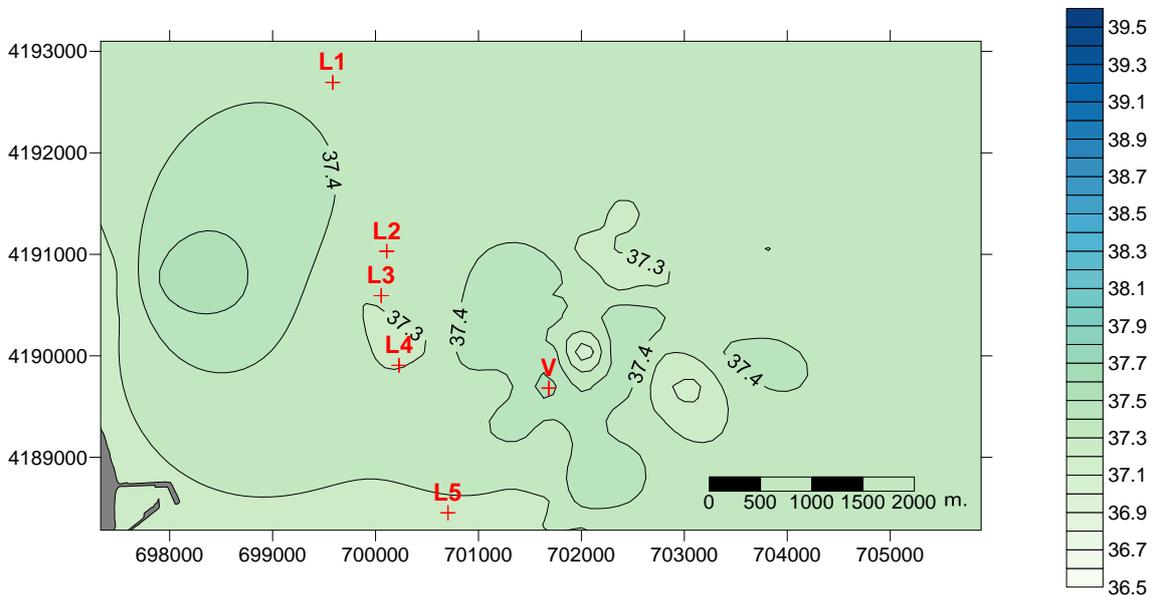


Figura 3.62. Campaña de salinidad en superficie de febrero 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

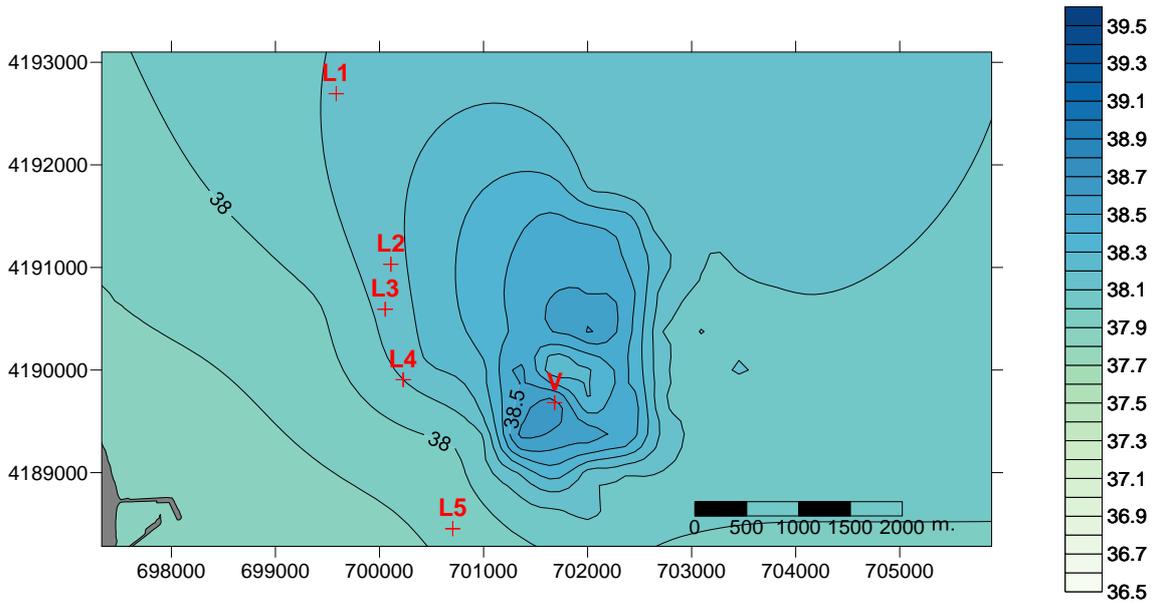


Figura 3.63. Campaña de salinidad en profundidad de mayo 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

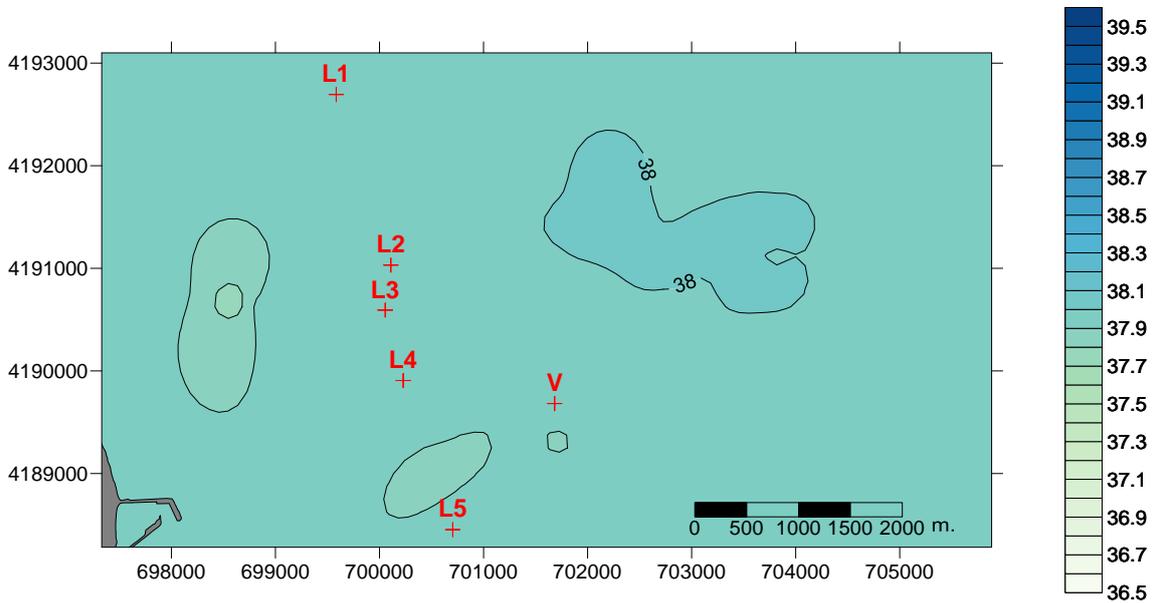


Figura 3.64. Campaña de salinidad en superficie de mayo 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

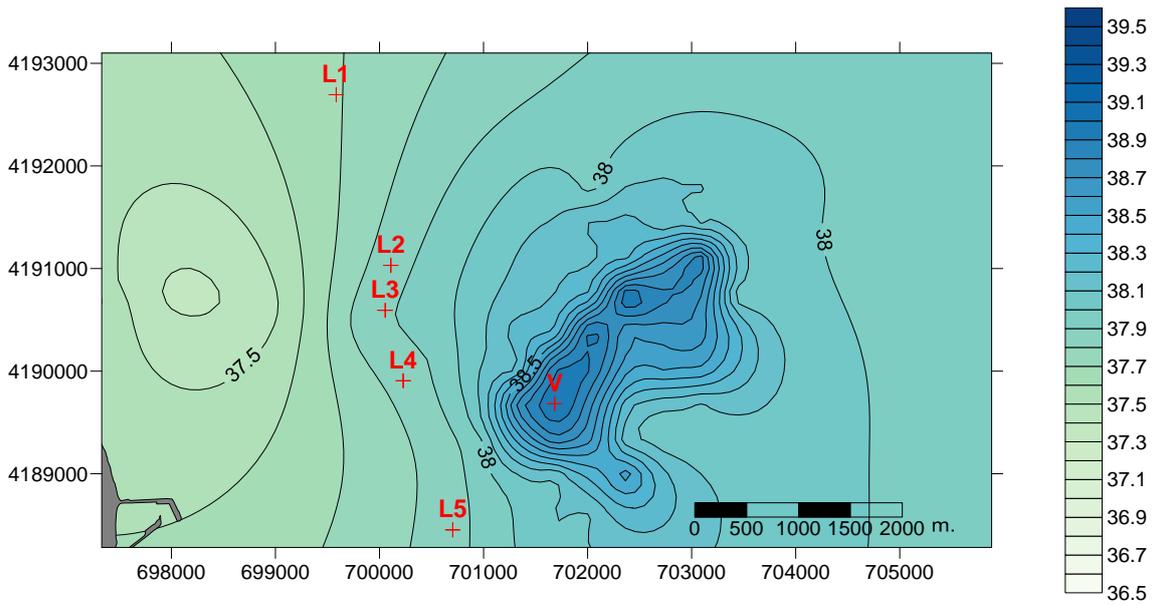


Figura 3.65. Campaña de salinidad en profundidad de agosto 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

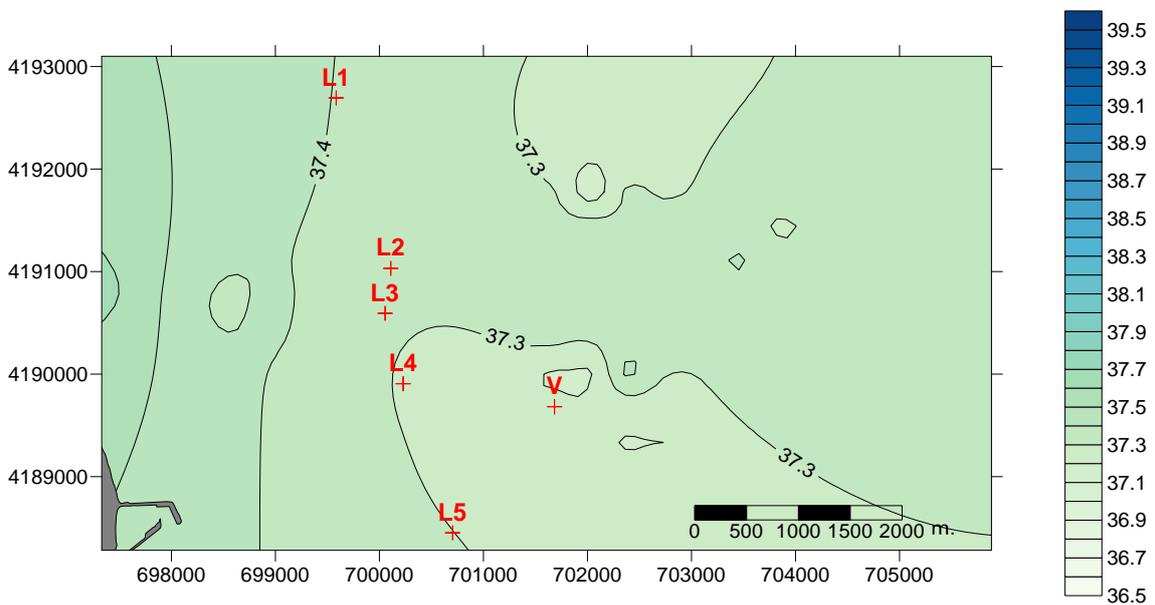


Figura 3.66. Campaña de salinidad en superficie de agosto 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

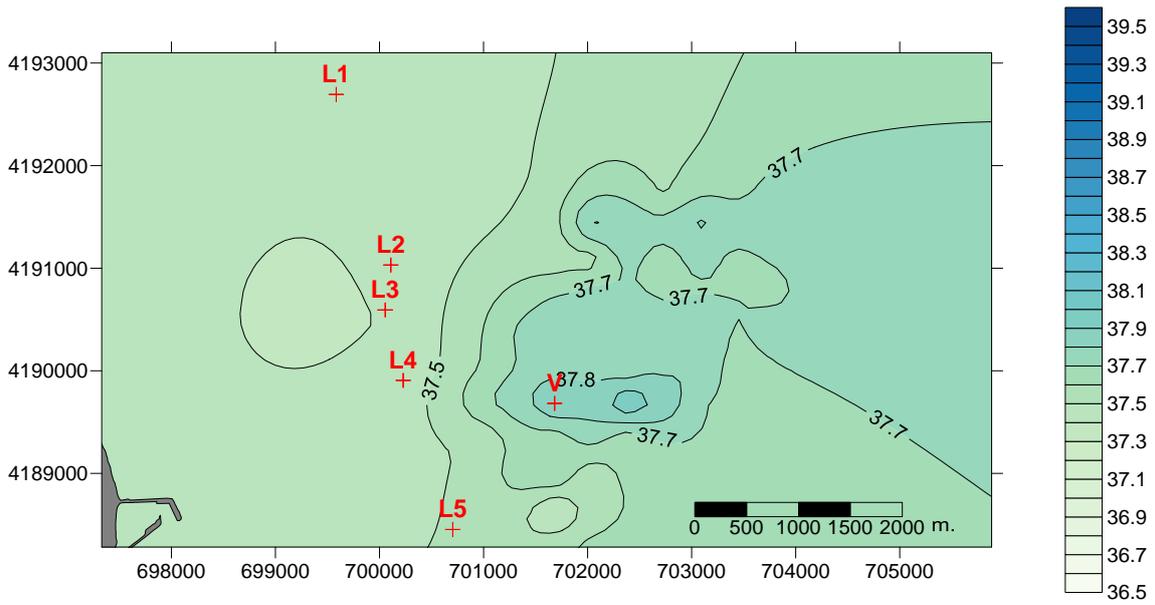


Figura 3.67. Campaña de salinidad en profundidad de octubre 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

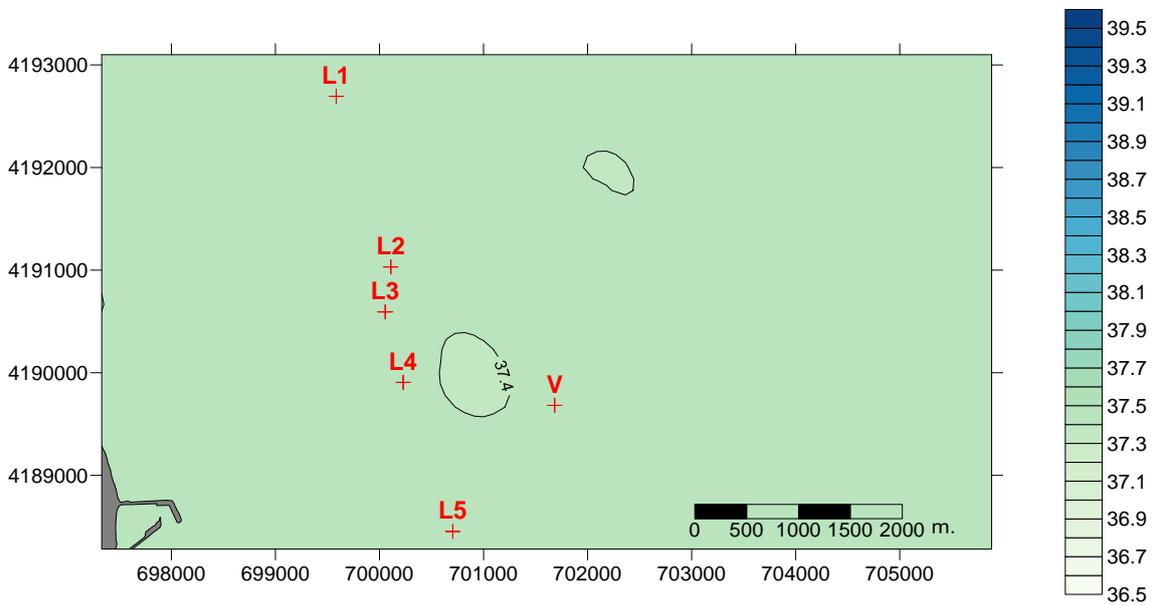


Figura 3.68. Campaña de salinidad en superficie de octubre 2018. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

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

Las figuras siguientes presentan los resultados de temperatura de las cuatro campañas (febrero, mayo, agosto y octubre) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma durante el año 2018.

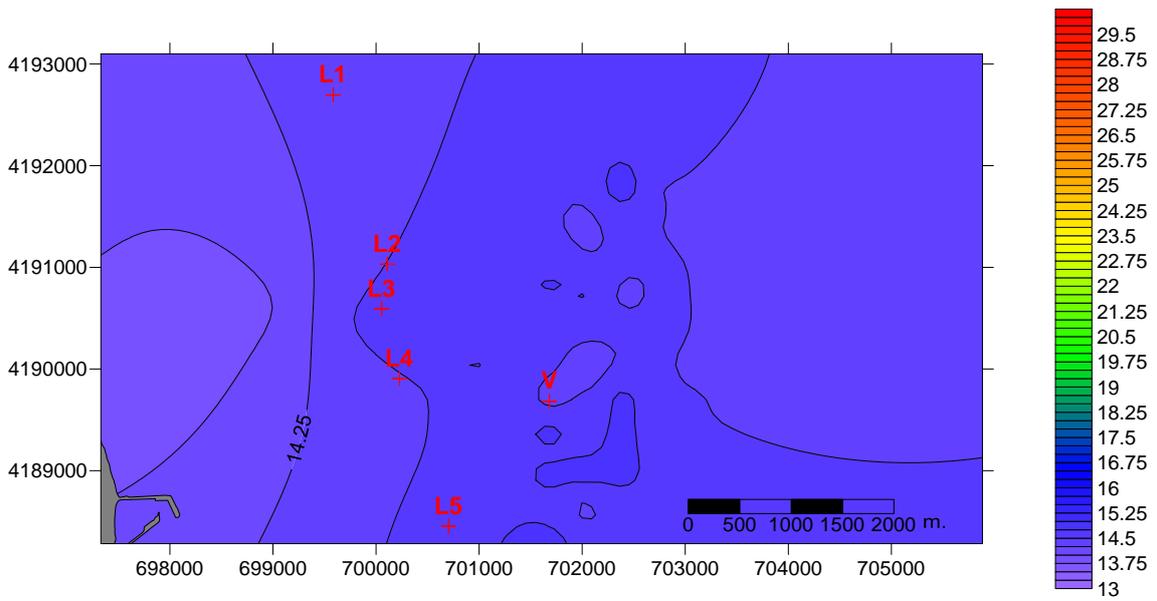


Figura 3.69. Temperatura en el fondo en febrero del 2018. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

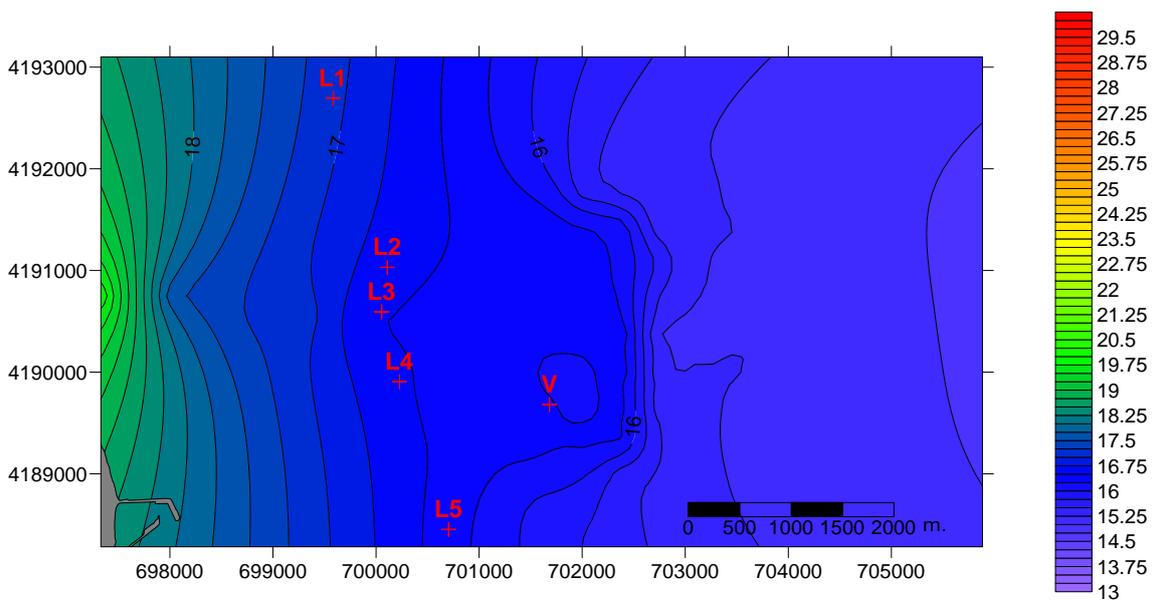


Figura 3.70. Temperatura en el fondo en mayo del 2018. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

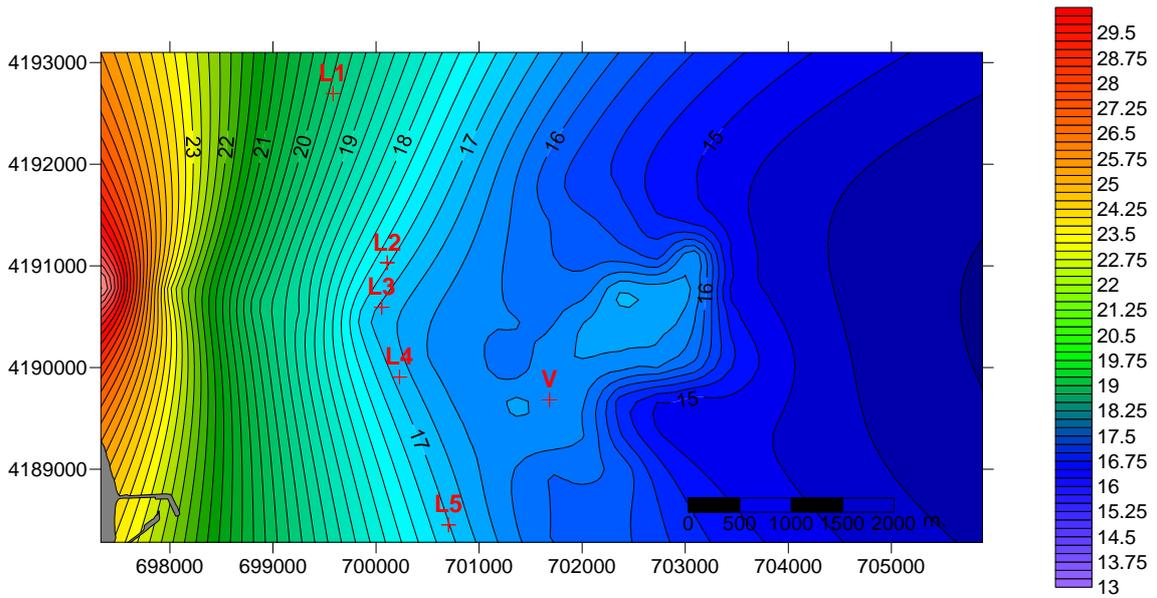


Figura 3.71. Temperatura en el fondo en agosto del 2018. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

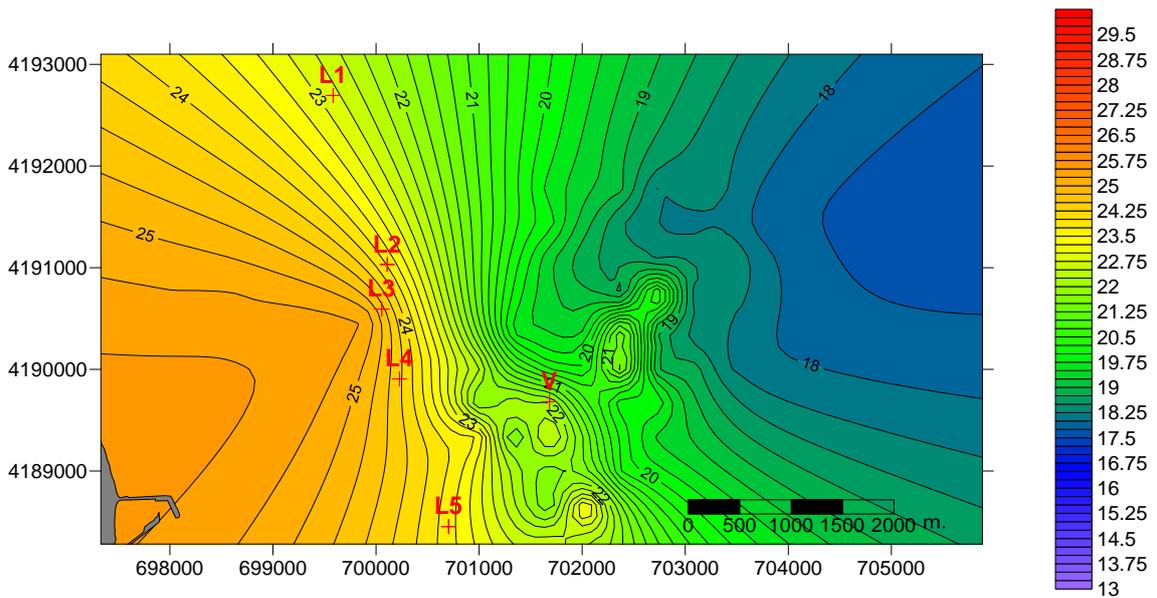


Figura 3.72. Temperatura en el fondo en octubre del 2018. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES

Las campañas de salinidad indican que la zona de influencia de la pluma de salinidad es menor a lo observado antes de la instalación del difusor en el 2010 debido a la mayor mezcla en el campo cercano. De este modo, el valor máximo de salinidad registrado durante las campañas del 2018 no supera 39.1 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.

Se ha detectado una fuga en el emisario a través de una fisura producida, probablemente por corrosión, en la pieza metálica instalada en 2013 para reparar el pinzamiento existente en el emisario desde su construcción. Esta fuga se produce a una profundidad de -28 m y a unos 200 metros de distancia del límite inferior de Posidonia que se sitúa a -24-26 m. Debido a la distancia a la que se encuentra del límite inferior de la pradera y a la diferencia de batimetría no parece posible que dicha rotura afecte a la pradera de Posidonia por la mayor densidad del vertido. En el punto de rotura las comunidades bentónicas son similares a las existentes al final del emisario donde viene produciéndose el vertido desde el inicio.

Estas condiciones son similares a las que se produjeron durante la anterior rotura del emisario detectada en febrero de 2010, que produjo un vertido por debajo del límite inferior de la pradera de posidonia por lo que se propone adoptar el mismo protocolo que se adoptó en aquel momento de acuerdo con las autoridades ambientales de la Región de Murcia:

1.- Iniciar por la vía de urgencia las acciones necesarias para la reparación del emisario. Informar a la Consejería de los progresos realizados en este sentido y de los plazos estimados para su finalización. Valorar si es conveniente realizar una actuación provisional mientras se estudia y acomete la solución definitiva.

2.- En caso de que la salmuera afectara a las praderas de Posidonia, parar las plantas inmediatamente y comunicarlo a la Consejería. Los sistemas de control de la salinidad en las praderas actuales con las 5 estaciones en el límite inferior y las dos boyas se estiman suficientes. Si las actuaciones de mantenimiento de

las boyas incluyen su retirada temporal, se recomienda instalar sensores en el fondo, en las mismas posiciones, para limitar la pérdida de datos.

3.- Hasta la reparación del emisario ampliar la zona de estudio para la distribución de la pluma del vertido incluyendo la zona de la rotura para caracterizar con detalle las zonas afectadas por la rotura. Aumentar la frecuencia de campañas de una al trimestre a una al mes.

4.- Realizar un muestreo adicional de seguimiento de sedimentos y organismos en la zona de la rotura así con en dos controles para caracterizar los cambios que se pudieran producir en la infauna durante el vertido accidental y con posterioridad para ver la recuperación de la zona.

Hasta el momento, 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.

El análisis del sedimento muestra 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 manera puntual en la estación vertido respecto a campañas anteriores, con un incremento de lutitas durante primavera y de arenas gruesas y gravas durante el invierno.

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. Respecto a campañas anteriores se observan ligeras variaciones estacionales, como es un aumento en la estación del vertido y en V4 durante otoño.

Por lo que se refiere al pH, se observan ciertas diferencias entre campañas relacionadas con cambios estacionales, con valores más bajos en el verano y más altos en invierno. Respecto a años anteriores se detecta un incremento en invierno en la estación N4, y un descenso en N4 durante primavera, en V3 durante verano y en V4 durante primavera, verano y otoño

La comunidad de infauna durante la primavera del 2018 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. En la estación del vertido se detecta un ligero incremento en el número de anfípodos, tanaidáceos, bivalvos, poliquetos, cumáceos, copépodos, nemertinos, ostrácodos y holoturias respecto al resto de estaciones del transecto del vertido. De modo que la abundancia detectada en esta estación aumenta respecto a la detectada en la mayoría de los años anteriores, manteniendo una composición muy similar.

Durante la campaña de otoño las abundancias fueron menores en el transecto del vertido, aunque la composición de la comunidad fue muy similar entre las distintas estaciones muestreadas. Únicamente se detecta un ligero descenso de abundancia en las estaciones V2 y V3, que se relaciona con la composición granulométrica. En la estación V2 desciende la abundancia respecto a la campaña del 2016 pero mantiene valores de abundancia y riqueza superiores a los obtenidos durante las campañas de antes de la instalación del difusor. De hecho, esta estación mantiene una comunidad muy similar a la obtenida en las estaciones alejadas del vertido de años anteriores, aunque presente un menor número de anfípodos, tanaidáceos o bivalvos respecto a las campañas del 2016 y 2017.

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 (2018) de tal modo que se alcanzan valores similares a los controles.

Durante la campaña de primavera 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, junto a la estación V1 y las estaciones localizadas al sur, junto a las estaciones N4 de la mayoría de las campañas de muestreo. Estas diferencias son debidas al dominio de las familias Lumbrineridae, Paraonidae, Magelonidae, Cirratulidae, Capitellidae y Paralacydoniidae 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, Onuphidae y Sabellidae. 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 2018 no se detectan diferencias significativas ni para la abundancia ni para la riqueza. Sin embargo, se observa cierta disgregación de las estaciones V2 y V3 en cuanto a la composición y estructura del poblamiento de poliquetos, siendo las estaciones localizadas en el transecto vertido las que presenta mayor heterogeneidad. Cabe destacar, que la estación V2, junto a V1, muestran los valores más elevados de salinidad, no superando los 38.6 ups. En las estaciones V2 y V3 dominan las familias Onuphidae, Phyllodocidae, Syllidae y Onuphidae, mientras que, en las estaciones localizadas al norte, junto a V4, dominan principalmente las familias Paraonidae, y Spionidae.

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 Paraonidae, 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 y Eunicidae 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). 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. 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](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.