



**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 2023**

Han intervenido en la realización de este estudio:

**Unidad de Biología Marina**

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

José Luis Sánchez Lizaso (Coordinador)

Yoana del Pilar Ruso

Yolanda Fernández Torquemada

Javier Aguilar Escribano

Esther Armina Sánchez Beresaluze

Adrián Rodríguez Montoya

Iraida Català Sáez

**Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Alicante**

Adoración Carratalá Giménez

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

Daniel Prats Rico

Liuba Domínguez Chabalíná

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

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente escrito, en Alicante a 19 de febrero de 2024.



Fdo: Dr José Luis Sánchez Lizaso



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	7
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	11
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	17
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	17
2.1.- Vigilancia estructural .....	17
2.2.- Control del efluente.....	17
2.3.- Control del medio receptor.....	18
2.3.1. – Estaciones de muestreo .....	18
2.3.2. – Métodos de muestreo.....	25
2.3.3. – Métodos de análisis.....	29
2.3.4.- Análisis de los datos.....	31
<b>3. RESULTADOS</b> .....	36
3.1.- Régimen de funcionamiento de las desalinizadoras.....	36
3.2.- Vigilancia estructural y resultados de los sensores conectados a las boyas.....	37
3.2.1.- Vigilancia estructural <sup>1</sup> .....	37
3.2.2 Resultados de los sensores conectados a las boyas. ....	39
3.3.- Control del efluente.....	40
3.4.- Control de las aguas receptoras.....	40
3.5.- Control de sedimentos y organismos. ....	49
3.5.1.- Sedimentología durante el año 2023. ....	49
3.5.2.- Fauna general en la campaña de invierno 2023.....	58
3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en invierno de 2023.....	68
3.5.4.- Fauna general en la campaña de verano de 2023.....	79
3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en verano 2023. ....	88
3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2023. ....	101
3. 6.- Pradera de Posidonia oceanica .....	129
3.6.1.- Densidad .....	129
3.6.2.- Cobertura .....	132
3.6.3.- Fenología.....	133
3.6.4.-Análisis multivariante de las localidades .....	136
3.6.5.-Clasificación del estado ecológico de las localidades según la DMA.....	137

<b>3.7.- Equinodermos .....</b>	<b>139</b>
<b>3.8.- Caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad. ....</b>	<b>142</b>
<b>3.9.- Caracterización espacio-temporal de la distribución de temperatura en el fondo. .....</b>	<b>146</b>
<b>4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>149</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>151</b>
<b>6. ANEXOS DIGITALES .....</b>	<b>153</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Estaciones de muestreo .....	19
Tabla 2.2. Características de las estaciones muestreadas para el control de aguas receptoras .....	22
Tabla 2.3. Características de las estaciones muestreadas para el control de sedimentos y organismos .....	23
Tabla 2.4. Características de las estaciones muestreadas para el control de la pradera de <i>Posidonia oceanica</i> .....	24
Tabla 2.5. Métodos de muestreo empleados en el control de cada elemento .....	28
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) ....	29
Tabla 2.7. Métodos de análisis de sedimentos y organismos .....	31
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 .....	32
Tabla 2.9. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos. ....	33
Tabla 2.10. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.....	36
Tabla 3.1. Consumo de reactivos durante el año 2023 (valores proporcionados por las IDAM)	37
Tabla 3.2. Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (superficie) en el periodo de invierno 2023 .....	41
Tabla 3.3. Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (fondo) en el periodo de invierno 2023 .....	42
Tabla 3.4. Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (superficie) en el periodo de primavera 2023 .....	43
Tabla 3.5. Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (fondo) en el periodo de primavera 2023 .....	44
Tabla 3.6. Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (superficie) en el periodo de verano 2023 .....	45
Tabla 3.7. Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (fondo) en el periodo de verano 2023 .....	46
Tabla 3.8. Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (superficie) en el periodo de otoño 2023 .....	47
Tabla 3.9. Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (fondo) en el periodo de otoño 2023 .....	48
Tabla 3.10. Porcentaje de las fracciones granulométricas en cada punto de muestreo para los transectos norte (N) y vertido (V) a lo largo del año 2023 .....	50
Tabla 3.11. Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial RedOx en cada estación para cada campaña del 2023 .....	53
Tabla 3.12. Valores de metales pesados: Níquel (Ni), Hierro (Fe), Cromo (Cr), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) en los sedimentos del transecto Norte (N) a lo largo del año 2023 .....	56
Tabla 3.13. Valores de metales pesados: Níquel (Ni), Hierro (Fe), Cromo (Cr), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) en los sedimentos del transecto Vertido (V) lo largo del año 2023 .....	57

Tabla 3.14. Abundancias medias (nº ind/m <sup>2</sup> ) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación en invierno de 2023 .....	58
Tabla 3.15. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. SM: Similitud media entre cada estación. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado .....	63
Tabla 3.16. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado .....	64
Tabla 3.17. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado .....	65
Tabla 3.18. Abundancias medias (nº ind/m <sup>2</sup> ) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones en el invierno del 2023 .....	68
Tabla 3.19. 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 .....	75
Tabla 3.20. 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 .....	76
Tabla 3.21. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado .....	76
Tabla 3.22. Abundancias medias (nº ind/m <sup>2</sup> ) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación en el verano de 2023 .....	79
Tabla 3.23. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. SM: Similitud media entre cada estación. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado .....	84
Tabla 3.24. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado .....	85
Tabla 3.25. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado .....	86
Tabla 3.26. Abundancias medias (nº ind/m <sup>2</sup> ) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones de los transectos Norte y Vertido en el verano de 2023 .....	88
Tabla 3.27. 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 .....	95
Tabla 3.28. 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 .....	95
Tabla 3.29. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado .....	96
Tabla 3.30. 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 .....	111
Tabla 3.31. 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 .....	116

Tabla 3.32. 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 .....	123
Tabla 3.33. 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 .....	122
Tabla 3.34. 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 .....	127
Tabla 3.35. 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 .....	128
Tabla 3.36: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad y mortalidad de haces de <i>Posidonia oceanica</i> obtenidos en las parcelas permanentes previa (2005) y posteriormente (2006 - 2023) 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 3.37: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de cobertura de <i>Posidonia oceanica</i> 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 .....	132
Tabla 3.38: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de fenología de los haces de <i>Posidonia oceanica</i> 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 .....	133
Tabla 3.39: 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) .....	139
Tabla 3.40: Valoración de la calidad ecológica de las localidades estudiadas en función del componente I del ACP .....	139
Tabla 3.41: Especies de equinodermos identificadas en cada una de las cinco localidades durante los muestreos del 2005, 2006-2009, 2010-2022 y 2023 .....	140
Tabla 3.42: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad de equinodermos (individuos m <sup>-2</sup> ) obtenidos en las cinco localidades de estudio (L1 – L5) previa y posteriormente a que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$ , ** = $p < 0.01$ , *** = $p < 0.001$ , ns = no significativo .....	141



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras.....	20
Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control del control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S).....	20
Figura 2.3. Estaciones de muestreo para el control de la pradera de Posidonia oceanica situadas aproximadamente a 26 m de profundidad. ....	21
Figura 2.4. Estaciones de muestreo para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.....	21
Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya ESTE en 2023	39
Figura 3.2. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya OESTE en 2023. ....	40
Figura 3.3. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada una de las campañas realizadas en el año 2023 .....	51
Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2023: a) Invierno 2023 (I), b) Primavera 2023 (P), c) Verano 2023 (V) y d) Otoño 2023 (O) .....	52
Figura 3.5. Representación de los valores de materia orgánica (%) obtenidos en cada estación y campaña de muestreo del 2023 .....	54
Figura 3.6. Representación de los valores para el pH obtenidos en cada estación y campaña de muestreo del 2023 .....	55
Figura 3.7. Representación de los valores para el potencial Redox obtenidos en cada estación y campaña de muestreo del 2023 .....	55
Figura 3.8. Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en invierno de 2023. ....	59
Figura 3.9. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en invierno de 2023. ....	60
Figura 3.10. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en invierno de 2023. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015). ....	61
Figura 3.11. Representación del cluster respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo en el invierno de 2023 .....	62
Figura 3.12. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo en el invierno de 2023 .....	62
Figura 3.13. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de gravas. ....	66
Figura 3.14. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas. Mediante círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas gruesas .....	66
Figura 3.15. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas. Mediante círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de lutitas .....	67
Figura 3.16. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas. Mediante círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje del potencial RedOx .....	67

Figura 3.17. Abundancia media de poliquetos en cada estación .....	70
Figura 3.18. Riqueza media de poliquetos en cada estación .....	70
Figura 3.19: Diversidad media de poliquetos en cada estación .....	71
Figura 3.20. Equitatividad media de poliquetos en cada estación .....	72
Figura 3.21. Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas .....	73
Figura 3.22. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas .....	74
Figura 3.23. 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 gruesa, Arena media, Lutitas y Potencial redox) .....	77
Figura 3.24. Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en verano de 2023 .....	80
Figura 3.25. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en verano de 2023 .....	81
Figura 3.26. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en verano de 2023. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015) .....	82
Figura 3.27. Representación del cluster respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo en el verano de 2023 .....	83
Figura 3.28. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo en el verano de 2023 .....	83
Figura 3.29. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas. Mediante círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de lutitas .....	87
Figura 3.30. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas. Mediante círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje del potencial RedOx .....	87
Figura 3.31: Abundancia media de poliquetos en cada estación .....	90
Figura 3.32: Riqueza media de poliquetos en cada estación .....	91
Figura 3.33: Diversidad media de poliquetos en cada estación .....	91
Figura 3.34: Equitatividad media de poliquetos en cada estación .....	92
Figura 3.35: Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas .....	93
Figura 3.36: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas .....	94
Figura 3.37: Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (gravas, arenas gruesas, arenas medias, lutitas y potencial redox) .....	99

Figura 3.38. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta otoño de 2023. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), y las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21, O.21, I.22, P.22, V.22, O.22, I.23, P.23, V.23 y O.23) .....	102
Figura 3.39. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño de 2023. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), y las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21, O.21, I.22, P.22, V.22, O.22, I.23, P.23, V.23 y O.23) .....	102
Figura 3.40. Representación de la evolución de la granulometría en cada una de las estaciones muestreadas en el transecto V (vertido), durante los periodos denominados: previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las campañas actuales de 2020, 2021, 2022 y 2023 .....	103
Figura 3.41. Representación de la evolución de la granulometría en cada una de las estaciones muestreadas en el transecto V (vertido), durante los periodos denominados: previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las campañas actuales de 2020, 2021, 2022 y 2023 .....	104
Figura 3.42. Representación en histograma del porcentaje medio de materia orgánica en cada estación y en cada época de muestreo Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las últimas campañas desde 2020 a 2023 .....	105
Figura 3.43. Representación en histograma del pH tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las últimas campañas desde 2020 a 2023 .....	106
Figura 3.44. Representación en histograma del potencial redox tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las últimas campañas desde 2020 a 2023 .....	107
Figura 3.45. Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de invierno de 2021, 2022 y 2023 .....	109
Figura 3.46. Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas de invierno de 2021, 2022 y 2023 .....	109
Figura 3.47. Representación bidimensional del MDS respecto a los grupos de fauna identificados en las estaciones estudiadas, durante las campañas de invierno de 2021, 2022 y 2023 .....	110
Figura 3.48. CLUSTER respecto a los grupos de fauna identificados en las estaciones estudiadas, durante las campañas de invierno de 2021, 2022 y 2023 .....	110
Figura 3.49. Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de verano de 2020, 2021, 2022 y 2023 .....	113
Figura 3.50. Riqueza taxonómica de la fauna general en cada estación para las campañas de verano de 2020, 2021, 2022 y 2023 .....	114
Figura 3.51. Representación bidimensional del MDS respecto a los grupos de fauna identificados en las estaciones estudiadas, durante las campañas de verano de 2020, 2021, 2022 y 2023 .....	115
Figura 3.52. CLUSTER respecto a los grupos de fauna identificados en las estaciones estudiadas, durante las campañas de verano de 2020, 2021, 2022 y 2023 .....	115
Figura 3.53: Abundancia media en cada estación para las campañas de invierno 2021, 2022 y 2023 .....	118
Figura 3.54: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de invierno 2021, 2022 y 2023 .....	119

Figura 3.55: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en invierno .....	120
Figura 3.56: Abundancia media en cada estación para las campañas de verano 2020, 2021, 2022 y 2023 .....	124
Figura 3.57: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de verano 2020, 2021, 2022 y 2023 .....	125
Figura 3.58: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en verano de los años 2020, 2021, 2022 y 2023 .....	126
Figura 3.59: 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 - 2023) 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 (**<0.01) .....	130
Figura 3.60: Representación gráfica de los datos de descalciamiento 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) .....	131
Figura 3.61: Representación gráfica de los datos de cobertura de Posidonia oceanica (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2023) 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) .....	132
Figura 3.62: Representación de los datos de fenología obtenidos para los haces de las cinco localidades con anterioridad (2005) y posterioridad (2006-2009, 2010-2022 y 2023) 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) .....	135
Figura 3.63: Representación del dendrograma realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio .....	135
Figura 3.64: Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio .....	137
Figura 3.65: 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 .....	138
Figura 3.66: Representación gráfica de los datos de densidad de las distintas especies de equinodermos (nº individuos m-2) obtenidos en el año 2023 en las cinco localidades de estudio, sobre pradera de P. oceanica a - 26 m de profundidad (las barras representan el error típico) .....	140
Figura 3.67: Densidad total de equinodermos (número de individuos por m2) en las cinco localidades de estudio, obtenida antes (2005) y después (2006 - 2023) 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) .....	141
Figura 3.68. Campaña de salinidad en profundidad de invierno 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	142

Figura 3.69. Campaña de salinidad en superficie de invierno 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	143
Figura 3.70. Campaña de salinidad en profundidad de primavera 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	143
Figura 3.71. Campaña de salinidad en superficie de primavera 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	144
Figura 3.72. Campaña de salinidad en profundidad de verano de 2023. “V” indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	144
Figura 3.73. Campaña de salinidad en superficie de verano 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	145
Figura 3.74. Campaña de salinidad en profundidad de otoño 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	145
Figura 3.75. Campaña de salinidad en superficie de otoño 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	146
Figura 3.76. Temperatura en el fondo en invierno del 2023. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	147
Figura 3.77. Temperatura en el fondo en primavera del 2023. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	147
Figura 3.78. Temperatura en el fondo en verano del 2023. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	148
Figura 3.79. Temperatura en el fondo en otoño del 2023. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad .....	148



## **1. INTRODUCCIÓN**

De acuerdo con 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 es necesario realizar un informe anual que recoja los resultados del seguimiento de las comunidades marinas.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1.- Vigilancia estructural**

Se ha realizado, como establece la autorización de vertido, un informe de vigilancia estructural del emisario. La inspección se realizó por grabación submarina empleando un ROV SIBIU PRO. Dicho informe se ha enviado por separado a la Dirección General de Calidad Ambiental de la Comunidad Autónoma de Murcia. Adicionalmente la resolución de 2006 para el vertido conjunto de las dos desalinizadoras establece que se deben instalar dos boyas para la transmisión de datos en tiempo real. Los datos de las boyas correspondientes al año 2023 se incluyen en este informe.

### **2.2.- Control del efluente**

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

## 2.3.- Control del medio receptor

### 2.3.1. – Estaciones de muestreo

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

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

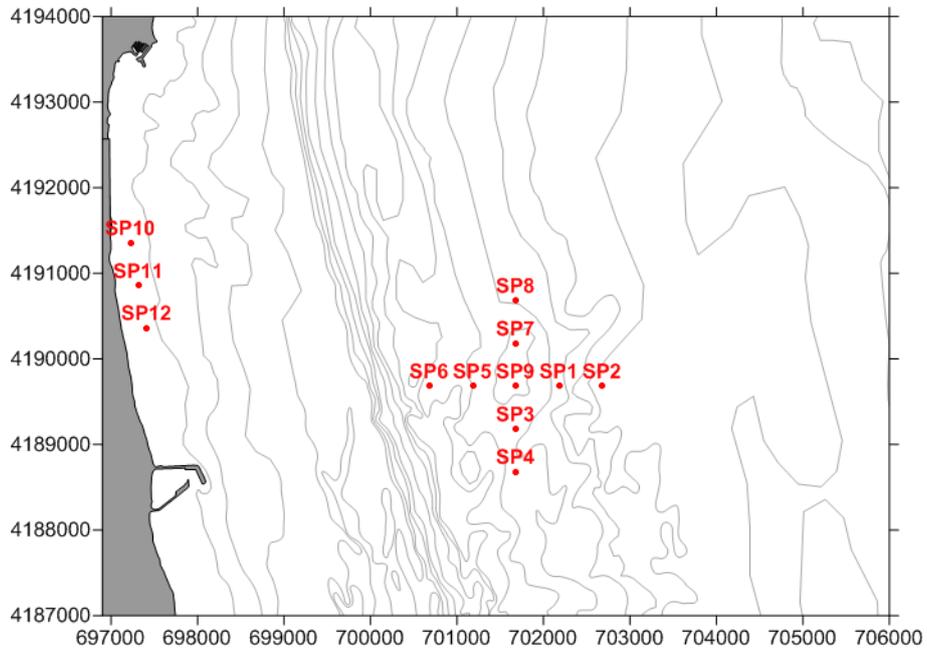
El control de sedimentos y organismos marinos se realizó en 8 estaciones, distribuidas en tres transectos denominados N, V (Tabla 2.1, Figura 2.2). El transecto V, perpendicular a la costa, corresponde a la zona del vertido, mientras que el transectos N se localiza paralelamente al V, a una distancia de 2000 metros; N al norte. 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).

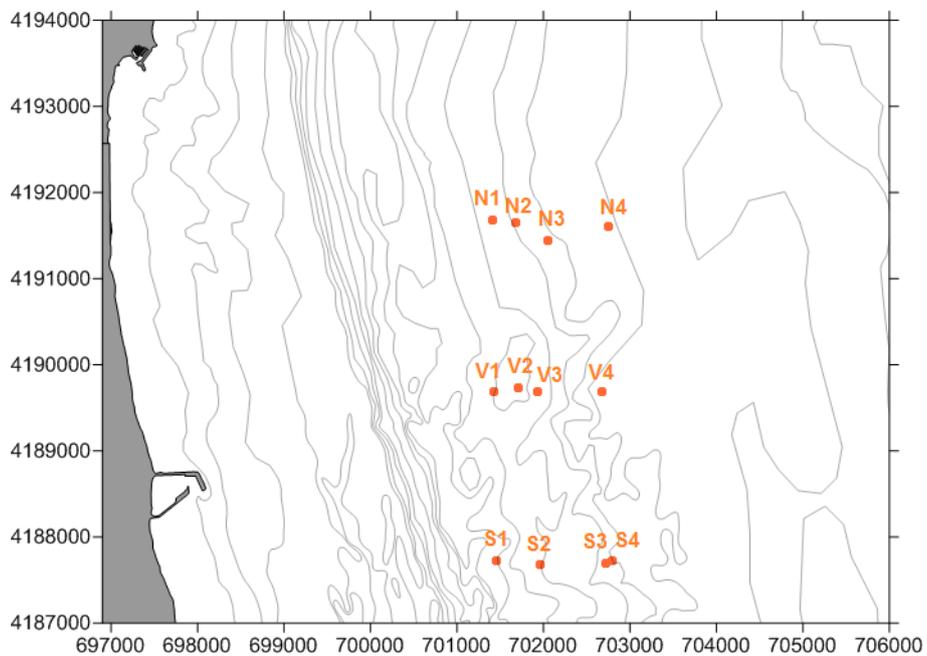
A continuación, se presenta la tabla donde se indican las estaciones de muestreo para cada uno de los elementos del medio receptor así como los códigos identificativos, situación respecto al vertido y localización, y mapas de dichas estaciones de muestreo.

**Tabla 2.1.** Estaciones de muestreo.

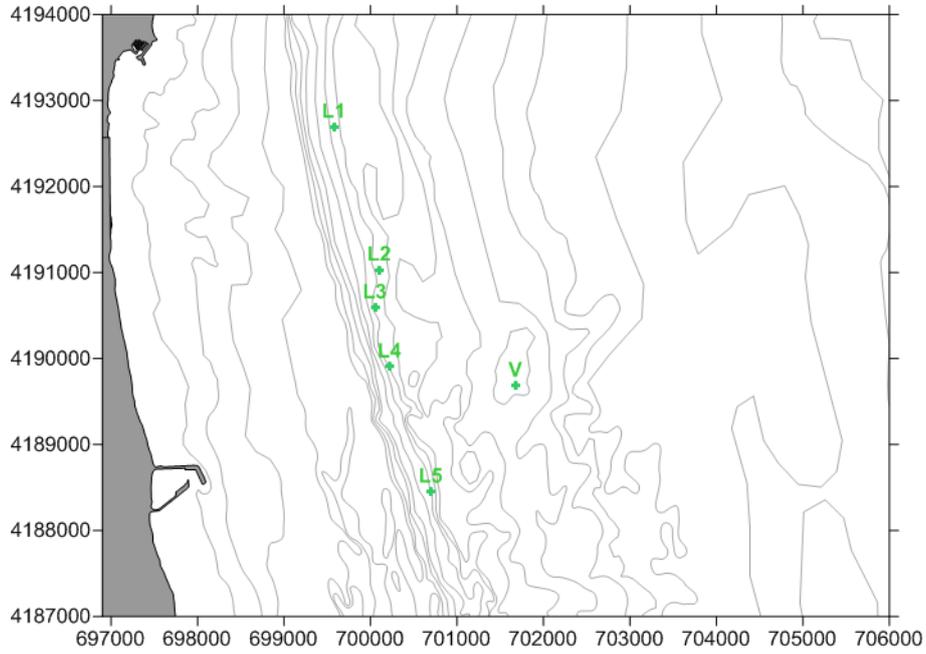
Elemento	Código	Situación respecto al vertido	Localización UTM ED 50	
			X (m)	Y (m)
Aguas receptoras	AR.SP1	500 m E	702183	4189682
Aguas receptoras	AR.SP2	1000 m E	702683	4189682
Aguas receptoras	AR.SP3	500 m S	701683	4189182
Aguas receptoras	AR.SP4	1000 m S	701683	4188682
Aguas receptoras	AR.SP5	500 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. oceanica</i>	L1	2000 m N emisario	699651	4192721
Pradera de <i>P. oceanica</i>	L2	500 m N emisario	700135	4171040
Pradera de <i>P. oceanica</i>	L3	Emisario	700064	4190595
Pradera de <i>P. oceanica</i>	L4	500 m S emisario	700228	4189906
Pradera de <i>P. oceanica</i>	L5	2000 m S emisario	700704	4188453



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

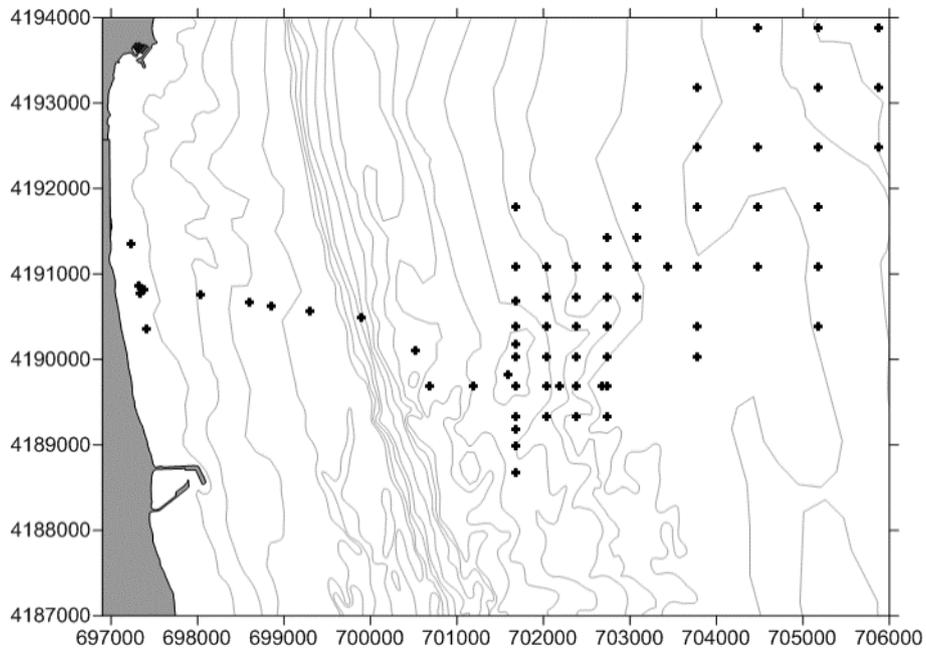


**Figura 2.2.** Estaciones de muestreo para el control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S). En los últimos años no se está muestreando en el transecto sur.



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

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**

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

<b>Periodicidad muestreo:</b>	Trimestral			
<b>Parámetros medidos in situ:</b>	pH, temperatura, salinidad, densidad, transparencia.			
<b>Muestras recogidas por estación y trimestre:</b>	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)			
<b>Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.</b>				
<u>Primer trimestre</u>				
Fecha:			08/03/2023	
Corriente:	0.157 m/s N	Clima:	Soleado	
Oleaje:	0.25 m	Viento:	2.31 m/s SW	
<u>Segundo trimestre</u>				
Fecha:			15/06/2023	
Corriente:	0.191 m/s NE	Clima:	Soleado	
Oleaje:	0.22 m	Viento:	5.56 m/s SE	
<u>Tercer trimestre</u>				
Fecha:			13/10/2023	
Corriente:	0.058 m/s E	Clima:	Soleado	
Oleaje:	0.2 m	Viento:	1.42 m/s S	
<u>Cuarto trimestre</u>				
Fecha:			22/12/2023	
Corriente:	0.233 m/s N	Clima:	Soleado	
Oleaje:	0.33 m	Viento:	1.63 m/s SW	
<b>Estaciones muestreadas</b>				
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

## **Control de sedimentos y organismos**

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

<b>Periodicidad muestreo:</b> Trimestral (control de sedimentos) Semestral (control de organismos)	
<b>Parámetros <i>in situ</i> medidos:</b> Semestral: salinidad profunda y temperatura profunda. Trimestral: pH y potencial redox del sedimento.	
<b>Muestras recogidas:</b> Sedimento, 3 réplicas trimestralmente (control de sedimentos) y 3 réplicas semestralmente (control de organismos).	
<b>Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.</b>	
<u>Primer trimestre</u>	Fecha: 10/03/2023
Corriente: 0.14 m/s SW	Clima: Soleado
Oleaje: 0.28 m	Viento: 4.77 m/s NW
<u>Segundo trimestre</u>	Fecha: 06/06/2023
Corriente: 0.089 m/s SW	Clima: Soleado
Oleaje: 0.48 m	Viento: 3.6 m/s NE
<u>Tercer trimestre</u>	Fecha: 16/10/2023
Corriente: 0.092 m/s NE	Clima: Soleado
Oleaje: 0.5 m	Viento: 2.26 m/s SW
<u>Cuarto trimestre</u>	Fecha: 29/11/2023
Corriente: 0.233 m/s NE	Clima: Soleado
Oleaje: 0.33 m	Viento: 1.28 m/s W

<b>Estaciones muestreadas – Transecto NORTE (N)</b>	
<b>Código estación:</b> N1	
<b>Localización UTM E50:</b> 701416 4191683	
<b>Distancia a la costa:</b> 4450 m	
<b>Profundidad:</b> 34.3 m	
<b>Tipo de sustrato:</b> fangos	
<b>Código estación:</b> N2	
<b>Localización UTM E50:</b> 701685 4191645	
<b>Distancia a la costa:</b> 4700 m	
<b>Profundidad:</b> 34.4 m	
<b>Tipo de sustrato:</b> fangos	
<b>Código estación:</b> N3	
<b>Localización UTM E50:</b> 702050 4191445	
<b>Distancia a la costa:</b> 5000 m	
<b>Profundidad:</b> 35.6 m	
<b>Tipo de sustrato:</b> fangos	
<b>Código estación:</b> N4	
<b>Localización UTM E50:</b> 702748 4191604	
<b>Distancia a la costa:</b> 5750 m	
<b>Profundidad:</b> 36.2 m	
<b>Tipo de sustrato:</b> arenas	

Estaciones muestreadas – Transecto VERTIDO (V)	
<b>Código estación:</b> V1 <b>Localización UTM E50:</b> 701433 4189681 <b>Distancia a la costa:</b> 4100 m <b>Profundidad:</b> 33 m <b>Tipo de sustrato:</b> fangos	
<b>Código estación:</b> V2 <b>Localización UTM E50:</b> 701706 4189727 <b>Distancia a la costa:</b> 4450 m <b>Profundidad:</b> 33.8 m <b>Tipo de sustrato:</b> arenas	
<b>Código estación:</b> V3 <b>Localización UTM E50:</b> 701933 4189681 <b>Distancia a la costa:</b> 4700 m <b>Profundidad:</b> 32 m <b>Tipo de sustrato:</b> arenas	
<b>Código estación:</b> V4 <b>Localización UTM E50:</b> 702683 4189681 <b>Distancia a la costa:</b> 5450 m <b>Profundidad:</b> 37.4 m <b>Tipo de sustrato:</b> fangos	

### **Control de la pradera de *Posidonia oceanica***

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

<b>Periodicidad muestreo:</b> Anual	
<b>Parámetros medidos:</b> Salinidad profunda y temperatura profunda en continuo. Cobertura y densidad de <i>Posidonia oceanica</i> . Densidad de equinodermos	
<b>Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.</b>	
Fecha: 19/12/2023	
Corriente: 0.214 m/s E	Clima: Soleado
Oleaje: 0.98 m	Viento: 2.32 m/s NW
<b>Muestras recogidas:</b> 10 haces de <i>Posidonia oceanica</i> por localidad	
<b>Estaciones muestreadas</b>	
<b>Código estación:</b> L1 <b>Localización UTM E50:</b> 699651 4192721 <b>Distancia a la costa:</b> 2700 m <b>Profundidad:</b> 25.8 <b>Tipo de sustrato:</b> Arena y <i>Posidonia oceanica</i>	

<p><b>Código estación:</b> L2  <b>Localización UTM E50:</b> 700135 4171040  <b>Distancia a la costa:</b> 3200 m  <b>Profundidad:</b> 26.6  <b>Tipo de sustrato:</b> Arena y <i>Posidonia oceanica</i></p>	
<p><b>Código estación:</b> L3  <b>Localización UTM E50:</b> 700064 4190595  <b>Distancia a la costa:</b> 3000 m  <b>Profundidad:</b> 26  <b>Tipo de sustrato:</b> Arena y <i>Posidonia oceanica</i></p>	
<p><b>Código estación:</b> L4  <b>Localización UTM E50:</b> 700228 4189906  <b>Distancia a la costa:</b> 3150 m  <b>Profundidad:</b> 25.3  <b>Tipo de sustrato:</b> Arena y <i>Posidonia oceanica</i></p>	
<p><b>Código estación:</b> L5  <b>Localización UTM E50:</b> 700704 4188453  <b>Distancia a la costa:</b> 3300 m  <b>Profundidad:</b> 25.7  <b>Tipo de sustrato:</b> Arena y <i>Posidonia oceanica</i></p>	

### 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 localizaciones 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 Crison 507. Los valores de temperatura y salinidad profunda se obtuvieron con un registrador de conductividad, temperatura y profundidad RBR XR-420-CTD. Adicionalmente en cada estación se realizaron transectos de videocámara para análisis de las especies indicadoras.

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

### **Pradera de *Posidonia oceanica*.**

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

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

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

Las parcelas permanentes consisten en cuadrados de 40 x 40 cm rodeados por alambre plastificado y señalizados mediante piquetas con boyarines, numeradas para su posterior reconocimiento. Dentro de cada parcela se contaron y anotaron todos los haces presentes, incluyendo el número de rizomas muertos para su comparación con los resultados del estudio preoperacional, pudiéndose determinar si ha habido un aumento significativo de la tasa de división o mortalidad de las plantas en forma de balance total. Esta técnica permite estimar la evolución de la pradera de *P. oceanica* y su densidad, número de haces por metro cuadrado de pradera (Sánchez-Lizaso, 1993). También se tomaron datos de enterramiento y porcentaje de haces plagiotropos, permitiendo el cálculo del índice Valencian CS. Además, al comparar los resultados obtenidos con los de las parcelas más alejadas del punto vertido, podremos afirmar si existe alguna afección por parte de las plantas desalinizadoras sobre esta comunidad.

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

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

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

<b>Elemento analizado</b>	<b>Método de muestreo</b>	<b>Norma de referencia</b>
<b>Control de aguas receptoras</b>		
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
<b>Control de sedimentos y organismos.</b>		
Sedimento	Draga Van Veen	ISO 16665 Apartado B.2.1 ISO 5667-2 Apartado 6.3.2.3.
<b>Pradera de <i>Posidonia oceanica</i></b>		
Cobertura <i>Posidonia oceanica</i>	Buceo escafandra autónoma. Cinta métrica	
Densidad <i>Posidonia oceanica</i>	Buceo escafandra autónoma. Cuadrados 40x40cm	Descrita en apartado correspondiente
Haces de <i>Posidonia oceanica</i>	Buceo escafandra autónoma.	

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 (tabla 2.6).

**Tabla 2.6.** Métodos de análisis para aguas receptoras y límite de cuantificación. 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).

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Límite de cuantificación</b>
Clorofila <i>a</i>	Espectrofotometría de absorción molecular	1 µg/L
Clorofila <i>b</i>	Espectrofotometría de absorción molecular	1 µg/L
Clorofila <i>c</i>	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

#### **Control de sedimentos y organismos.**

Las muestras destinadas al estudio de los organismos fueron tamizadas por un tamiz de 0.5 mm, fijadas 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 mantenidos con etanol al 70 % y son etiquetados correctamente. 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 réplica 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.

**Tabla 2.7.** Métodos de análisis de sedimentos y organismos.

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

### **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 10 haces seleccionados aleatoriamente en cada una de las estaciones (Romero, 1985).

Inicialmente se separa el haz del rizoma, manteniendo siempre el rango de inserción de las hojas. Las hojas separadas se mantienen en una bandeja con agua para evitar su desecación durante el periodo de manipulación, en el cual se procede a la separación de los epífitos de las hojas y se toman 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.

Con respecto 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 (tabla 2.8). 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 realizadas.

**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.

Índice	Fórmula	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)

Para comprobar las posibles variaciones de los distintos grupos taxonómicos y de los poblamientos de poliquetos entre las estaciones localizadas en las zonas control y las localizadas en la zona de impacto, se analizaron los valores de abundancia media ( $n^\circ$  ind/m<sup>2</sup>) 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 y V, 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 coincida con el rango de orden de similitud a partir de una matriz triangular. En esta representación existe un proceso de minimización del coeficiente de estrés. Para una correcta interpretación de la representación, el estrés debe oscilar entre 0 y 0.2. Valores mayores de estrés se corresponden con distribuciones al azar de las muestras dentro de la ordenación.

Se 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.

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

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

### **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 es:

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

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

Cuando el ANOVA dio resultados significativos se empleó el test de comparación múltiple SNK (Student-Newman-Keuls), con el fin de determinar las diferencias específicas entre las localidades. Todos los cálculos fueron realizados con el programa estadístico RStudio (RStudio Team, 2020), empleando un nivel de significación mínimo de  $p < 0.05$ .

Para realizar el análisis multivariante de los datos se empleó el paquete estadístico PRIMER 6 (Clarke y Warwick, 1994). Para ello se creó una matriz de datos en la que venían representados los distintos parámetros junto con las localidades a analizar. A partir de estos datos se calculó una matriz de similitud entre cada par de muestras, basada en el cálculo de la distancia Euclídea normalizada, ya que se emplearon descriptores medidos en unidades distintas.

Con la matriz de similitud se pudo realizar un *cluster*, que representa mediante un dendrograma a todas las localidades agrupadas según la similitud de sus valores obtenidos para cada descriptor. También con la matriz de similitud se

pudo realizar un MDS (Técnica de Escalamiento Multidimensional), que consiste en una representación gráfica bidimensional del *cluster*.

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

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

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

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

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*.

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

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

### 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 2023 (anexos 3, 4, 5, 6).

Además, se adjunta tabla de consumo de reactivos durante el año 2023 para las diferentes plantas (tabla 3.1).

**Tabla 3.1.** Consumo de reactivos durante el año 2023 (valores proporcionados por las IDAM).

REACTIVOS	IDAM San Pedro I	IDAM San Pedro II
Hipoclorio sódico	206.583	159.441
Ácido sulfúrico	1.335.766	1.507.284
Dioxido de carbono	26.660	82.937
Hidróxido cálcico	590.988	430.784

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

#### **3.2.1.- Vigilancia estructural<sup>1</sup>**

**Nota<sup>1</sup>:** Extracto del informe de vigilancia estructural, el informe completo se adjunta al presente informe.

El análisis de las filmaciones submarinas tomadas con los ROVs usados para la inspección estructural del emisario submarino de las desaladoras de San Pedro del Pinatar, muestra un estado aparentemente correcto, sin identificar ningún defecto grave, como fugas o microfugas a través de la conducción principal ni en las uniones embridadas entre los subtramos identificados.

Al igual que en anteriores inspecciones, no se han detectado fugas en la pieza del carrete metálico de unión entre los subtramos nº 4 y nº 5.

El estado estructural de las mantas hormigonadas observadas a partir del subtramo nº6 es un estado deteriorado, identificándose numerosas mantas fisuradas y algunas de ellas rotas en numerosas secciones del emisario submarino.

El estado general de los lastres de protección y de sustentación desde el tramo del difusor hasta el subtramo nº 9, en general, se puede considerar correcto.

Respecto a los lastres de protección en “U” invertida, al igual que en inspecciones anteriores, se han observado numerosos lastres con una funcionalidad incompleta. Por un lado, se ha observado un gran número de lastres de protección en “U” invertida que presentan holguras visuales de tamaño considerable, principalmente entre los subtramos 1 y 4, en los cuales no se han realizado ninguna acción de retacado.

También se han identificado 9 lastres en “U” invertida (lastres de protección) que estaban tumbados sobre el lomo de la tubería, presentes en los subtramos 2, 3, 4, 5, 6, y en el subtramo nº 8; en algunos casos estos lastres también presentan

holguras de gran envergadura, mostrando que han perdido su funcionalidad de protección.

El conjunto de estos lastres de protección en “U” invertida con holguras visibles, en mayor o menor medida, representan aproximadamente un 52,46 % del total de lastres de protección observados en esta inspección.

En este trabajo se han identificado lastres de protección en los cuales se realizaron labores de retacado con sacos de mortero, sobre todo en la segunda parte del emisario, es decir entre los subtramos nº 5 y 10. Algunos de estos lastres de protección han perdido sus sacos, situación que podría ser debida a la acción de agentes externos, como podrían ser las condiciones oceanográficas y/o meteorológicas, que han ido afectando a la estructura desde que se realizó la última labor de retacado.

Los vídeos muestran que a partir del tramo nº 6 (éste incluido) hay numerosas mantas hormigonadas de protección deterioradas, fracturadas parcialmente e incluso rotas. Los subtramos nº 7 y 8 presentan un gran número de estas mantas hormigonadas, presentando fisuras o grietas longitudinales e incluso mantas rotas por completo, que en algunos casos se han perdido o se identifican en el fondo por donde avanza la conducción principal, perdiendo su funcionalidad como elemento de protección frente a elementos de agresión externos.

Los dos últimos subtramos, el 9 y el 10, y en especial el 10, no se puede determinar el correcto estado del emisario debido, principalmente a que poseen un alto grado de enterramiento, ya sea parcial o completo, en gran parte de las secciones del emisario; en estos tramos se han identificado mantas con holguras que podrían terminar con fisuras y/o romperse por completo, como se ha observado en los tramos descritos anteriormente.

Tras los resultados obtenidos en la inspección estructural del emisario, se recomienda revisar las mantas hormigonadas en estado deteriorado desde el tramo nº 7, tal y como se indicó en el informe de revisión estructural de años anteriores.

En general, se aconseja realizar labores de retacado y/o reparación en los lastres en “U” que presentan holguras de gran envergadura, y un reposicionamiento de los lastres que están tumbados/desplazados sobre la tubería principal, debido a que han perdido por completo su función de protección respecto a la conducción principal.

### 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. En ninguna de ellas se observan valores de salinidad anómalamente altos que serían indicadores de una posible fuga.

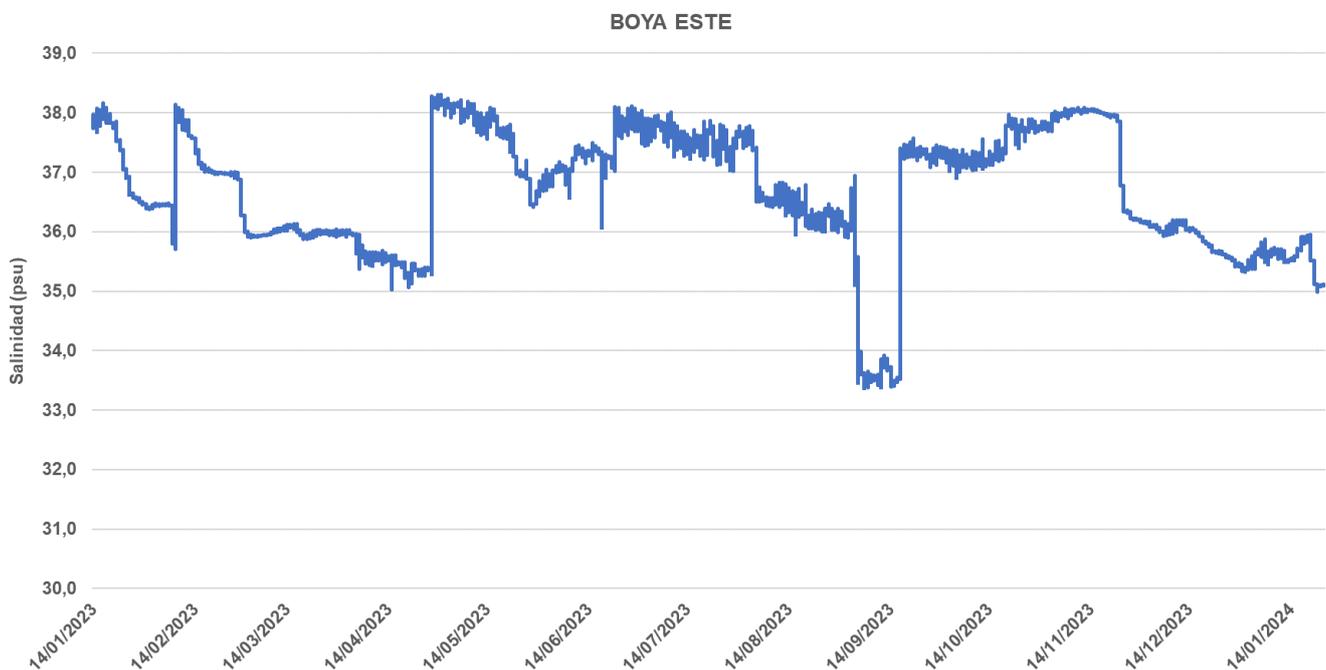
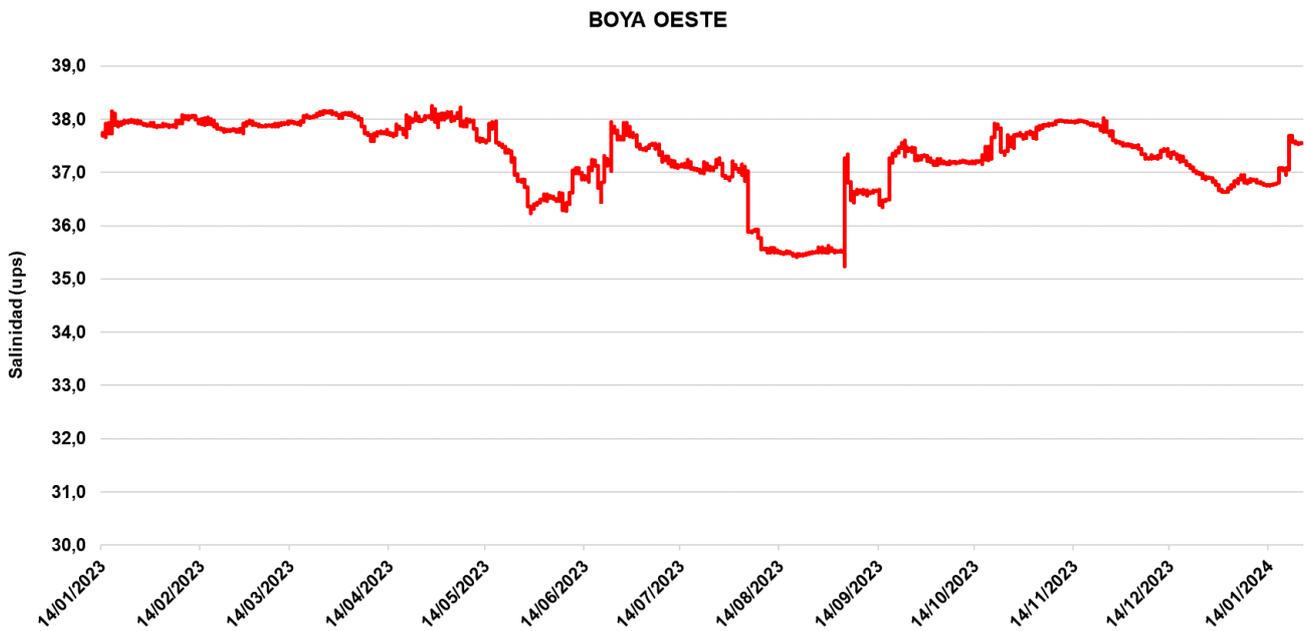


Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya ESTE en 2023.



**Figura 3.2.** Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya OESTE en 2023.

### 3.3.- Control del efluente.

Los valores de caudal, salinidad, temperatura y análisis mensuales se han incluido en los informes trimestrales (ver Anexos digitales 3, 4, 5 y 6).

### 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 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9.

## Invierno 2023

Tabla 3.2. Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (superficie) en el periodo de invierno 2023.

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	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023
Hora	9:55	10:17	10:32	10:51	11:07	11:26	11:47	12:08	12:26	12:46	12:57	13:09
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)	0.55	0.95	0.56	0.73	1.39	0.06	0.64	0.50	0.70	0.54	1.24	0.65
Sólidos suspensión (mg/L)	2	2	3	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	<1	<1
Amonio (mg/L)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.18	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitratos (mg/L)	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.1	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
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)	<133	<133	<133	<133	<133	<39	<133	<133	<133	<133	<133	<133
Hierro (µg/L)	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	2.1	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2
Níquel (µg/L)	<2.5	<2.5	<2.5	2.7	3.6	0.6	3.5	5.8	3.7	5.7	6.0	4.8
Cobre (µg/L)	2.1	1.9	3.4	2.3	2.6	2.7	2.8	2.8	2.7	2.5	2.2	2.7
Salinidad (‰)	37.96	37.97	38.05	38.03	38.11	38.10	37.99	37.96	38.00	37.93	37.94	37.94
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	28.41	28.44	28.51	28.46	28.54	28.51	28.38	28.34	28.44	28.30	28.32	28.33
pH (U. pH.)	7.95	7.95	8.05	7.89	8.07	8.03	7.99	8.04	8.02	8.13	8.07	8.02
Oxígeno disuelto (%/ppm)	8.8	8.9	9	8.7	8.5	8.7	7.9	9.1	8.3	10.2	8.9	9.5
Temperatura (°C)	14.30	14.18	14.18	14.31	14.22	14.36	14.50	14.62	14.31	14.68	14.62	14.57
Transparencia (m.)	13.5	14	15.5	14	15	12.5	15	12	15.5	Fondo	Fondo	Fondo
Profundidad (m.)	32.7	37.2	32	32.2	31.7	28.8	34.3	31.1	33.4	2.6	3.1	2.8

**Tabla 3.3.** Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (fondo) en el periodo de invierno 2023.

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	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023	08/03/2023
Hora	9:51	10:13	10:02	10:52	11:08	11:27	11:44	12:07	12:26	12:45	12:53	13:07
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)	2.55	5.00	3.06	4.61	4.97	1.69	5.29	10.30	2.88	2.15	0.94	0.82
Sólidos suspensión (mg/L)	1.0	4	1	1	<1	<1	<1	4	<1	<1	1	<1,0
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)	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
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)	<133	<133	<133	<133	<133	<133	<133	<133	<133	<133	<133	<133
Hierro (µg/L)	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	6	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2	<3.2
Níquel (µg/L)	3.9	5.1	4.4	4.7	6.9	6.3	5.2	5.2	4.9	6	6.7	5.3
Cobre (µg/L)	2.3	2.9	2.1	3.8	2.8	2.4	2.3	3.8	2.5	2.2	2.3	2.2
Salinidad (‰)	38.14	38.09	38.13	38.02	38.00	37.94	38.43	38.03	38.60	37.87	37.90	37.97
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	28.81	28.78	28.80	28.70	28.69	28.65	29.02	28.73	29.15	28.31	28.37	28.40
pH (U. pH.)	8.01	8.06	7.99	8.02	8.04	8.06	8.04	8.06	8.04	8.13	8.07	8.02
Oxígeno disuelto (%/ppm)	8.3	8.5	9.1	8.3	8.6	9.1	8.4	8.7	8.9	10.2	8.9	9.5
Temperatura (°C)	13.81	13.84	13.80	13.8	13.80	13.71	13.86	13.82	13.88	14.48	14.37	14.45
Profundidad (m.)	32.7	37.2	32.0	32.2	31.7	28.8	34.3	33.8	33.4	2.6	3.1	2.8

## Primavera 2023

**Tabla 3.4.** Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (superficie) en el periodo de primavera 2023.

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	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023
Hora	9:54	10:06	10:24	10:34	10:49	11:02	11:18	11:32	11:45	12:08	12:15	12:23
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)	0.37	0.04	0.32	0.43	0.56	0.12	0.33	2.1	0.05	1.38	1.05	0.75
Sólidos suspensión (mg/L)	3.00	<1	6.00	1	<1	<1	2	1	<1	<1	<1	2
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)	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.1	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
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)	<48	<48	<48	<48	<48	54	62	55	49	51	47	57
Hierro (µg/L)	15	<8.4	<4.8	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4
Níquel (µg/L)	<0.6	<0,6	<0.6	0.6	0.6	<0.6	0.8	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6
Cobre (µg/L)	1.7	3.6	4.4	5.4	6.4	5.9	6,4	6.1	6.4	6.3	6.6	5.9
Salinidad (‰)	36.96	37.08	37.09	37.00	37.21	36.91	37.03	37.04	37.08	37.53	24.46	23.91
Densidad (g/cm3)	25.28	25.47	25.47	25.35	25.53	25.24	25.44	25.40	25.45	24.62	25.20	25.03
pH (U. pH.)	7.85	7.98	8.03	8.05	8.07	8.06	8.00	8.05	8.03	8.07	8.08	8.09
Oxígeno disuelto (%/ppm)	6.2	6.0	6.0	6.2	5.9	6.3	6.0	6.0	7.3	5.5	5.5	6.8
Temperatura (°C)	23.50	23.13	23.20	23.37	23.26	23.52	23.14	23.26	23.23	27.05	23.91	24.46
Transparencia (m.)	20.5	23.0	19.5	20.5	21.13	20.5	20.5	18.5	25	Fondo	Fondo	Fondo
Profundidad (m.)	32,7	37,2	32	32,2	31,7	28,8	34,3	31,1	33,4	2,6	3,1	2,8

**Tabla 3.5.** Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (fondo) en el periodo de primavera 2023.

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	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023	15/06/2023
Hora	9:29	9:40	9:57	10:08	10:23	10:39	10:56	11:15	11:31	11:56	12:06	12:16
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)	12.67	15.46	6.82	6.93	9.55	3.95	8.02	20.5	5.42	1.34	0.74	0.66
Sólidos suspensión (mg/L)	3	<1	<1	6	4	3	1	6.00	<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)	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
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)	53	54	57	68	60	53	52	<48	53	48	51	48
Hierro (µg/L)	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4	<4.8	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4	<8.4
Níquel (µg/L)	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6
Cobre (µg/L)	6.7	6.6	6.7	6.4	6.2	6.0	6.6	6.6	6.5	5.9	5.6	6
Salinidad (‰)	38.35	38.18	38.16	38.26	38.27	38.61	38.21	38.44	38.60	37.53	37.00	36.56
Densidad (g/cm3)	28.10	27.97	28.28	28.25	28.17	28.24	28.04	28.14	28.29	24.63	25.41	24.97
pH (U. pH.)	7.94	7.97	8.00	8.02	8.04	8.04	8.02	8.01	8.01	8.07	8.08	8.09
Oxígeno disuelto (%/ppm)	6.5	5.9	6.0	5.9	6.0	6.1	6.0	6.0	6.5	5.5	5.5	6.8
Temperatura (°C)	17.58	17.48	16.29	16.68	17.02	17.80	17.33	17.62	17.55	27.02	23.19	23.55
Profundidad (m.)	32,7	37,2	32	32,2	31,7	28,8	34,3	31,1	33,4	2,6	3,1	2,8

## Verano 2023

**Tabla 3.6.** Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (superficie) en el periodo de verano 2023.

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	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023
Hora	10:12	10:43	11:12	11:25	11:46	11:57	12:11	12:30	12:50	13:09	13:19	13:27
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	1.2	1.1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	1.1	< 1	1.6	< 1	< 1	< 1	1.7	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	3.8	3.3	5.4	< 1	< 1	< 1	6	3.4	< 1
Turbidez (NTU)	0.04	2.14	0.94	0,41	0.42	0.15	1.47	0.45	0.96	0.14	1.15	0.26
Sólidos suspensión (mg/L)	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	<1	< 1	<1	<1	<1
Amonio (mg/L)	3.2	1.79	1.09	1.68	1.7	0.54	0.27	0.14	0.14	<0.16	0.1	0.19
Nitratos (mg/L)	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.1	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	<0.4
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)	3.3	< 2	< 2	1.78	1.8	0.64	0.37	0.24	0.24	0.26	0.2	0.29
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)	40.00	29.00	26.00	35.00	23.00	<20	21.00	<20	19.00	<20	<20	<20
Hierro (µg/L)	21	<4.8	3.8	10	<4.8	8.00	7.00	10.00	8.1	8.6	7.9	8.9
Níquel (µg/L)	1.1	0.4	0.3	1.3	0.4	0.5	0.5	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
Cobre (µg/L)	2	1.7	1.7	2.3	2.3	2.8	3.2	3.5	3.4	3.4	3.7	3.7
Salinidad (‰)	37.08	37.06	37.05	37.61	37.09	37.11	37.07	37.07	37.11	37.18	37.18	37.11
Densidad (g/cm3)	24.97	24.96	24.95	25.64	24.93	24.93	24.91	24.93	34.96	24.94	24.90	24.87
pH (U. pH.)	8.17	8.91	8.23	8.02	8.16	7.98	8.21	8.14	8.09	8.16	8.14	8.12
Oxígeno disuelto (%/ppm)	8.1	7.5	8.2	7.8	7.3	7.7	8.1	8.0	8.1	7.9	8.1	7.9
Temperatura (°C)	24.81	24.80	24.80	23.93	24.98	25.03	25.00	24.94	24.94	25.16	25.29	25.22
Transparencia (m.)	27.0	25.0	25.5	23.5	26.5	27.5	23.	24.0	25.0	Fondo	Fondo	Fondo
Profundidad (m.)	32.7	37.2	32	32.2	31.7	28.8	34.3	31.1	33.4	2.6	3.1	2.8

**Tabla 3.7.** Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (fondo) en el periodo de verano 2023.

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	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023	13/10/2023
Hora	10:14	10:45	11:14	11:27	11:48	11:59	12:13	12:32	12:52	13:11	13:21	13:29
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)	13.44	7.25	4.49	6.1	4.14	0.91	15.25	171	1.74	38.4	21.3	9.53
Sólidos suspensión (mg/L)	16	9.00	2	4	11	<1	37	205	10	4	7	1
Amonio (mg/L)	0.29	0.1	0.06	0.06	< 0.05	0.08	0.8	0.32	0.71	1.38	0.12	0.11
Nitratos (mg/L)	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	<0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	<0.4	<0.4
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)	0.39	< 0.2	0.16	0.16	< 2	0.18	0.9	0.42	0.81	1.48	0.22	0.21
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)	48	77	38	42	28	<20	37	39	43	28.00	21	21
Hierro (µg/L)	8.6	10	12	12	11	10	13	12	13.00	14.00	13	12
Níquel (µg/L)	0.7	0.8	0.7	0.9	1.2	0.6	0.9	0.7	0.7	1.3	0.6	0.7
Cobre (µg/L)	3	3.6	4	4.2	3.7	3.7	3.9	4.1	4.3	4	4.1	3.7
Salinidad (‰)	37.48	37.64	37.52	37.51	37.50	37.08	37.63	37.40	37.32	37.17	37.16	37.11
Densidad (g/cm3)	27.41	27.73	27.36	27.41	27.15	26.37	27.52	27.35	27.30	24.95	24.91	24.88
pH (U. pH.)	8.2	8.14	8.3	8.19	8.17	8.18	8.17	8.21	8.16	8.16	8.14	8.12
Oxígeno disuelto (%/ppm)	7.7	7.6	8.0	7.7	6.8	7.4	7.3	7.4	7.5	7.9	8.1	7.9
Temperatura (°C)	17.66	16.93	17.95	17.69	18.71	20.37	17.69	17.63	17.58	25.15	25.28	25.22
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

## Otoño 2023

Tabla 3.8. Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (superficie) en el periodo de otoño 2023.

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	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023
Hora	9:28	9:39	9:56	10:07	10:22	10:38	10:55	11:14	11:30	11:55	12:05	12:15
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)	0.8	0.59	0.67	0.81	0.05	1.67	0.08	0.32	0.39	0.62	0.58	0.70
Sólidos suspensión (mg/L)	6	3	<1	<1	3	<1	<1	<1	2	< 1	5	<1
Amonio (mg/L)	< 0.05	0.09	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitratos (mg/L)	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	0.8	0.9	< 0.4
Nitritos (mg/L)	< 0.02	< 0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	< 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)	89	76	41	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39
Hierro (µg/L)	19	12	5.3	7.3	3.7	20.00	4.2	5.8	4.7	5.5	8.7	5.1
Níquel (µg/L)	1.5	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	0.6	<0.6	<0.6	<0.6
Cobre (µg/L)	2.6	1.6	1.1	1.4	0.6	2.4	0.7	1.0	1.5	0.6	0.9	3.0
Salinidad (‰)	37.20	37.19	37.28	37.24	37.26	37.33	37.20	37.24	37.25	37.46	37.44	37.72
Densidad (g/cm3)	27.75	27.74	27.83	27.78	27.81	27.84	27.75	27.79	27.80	28.14	28.15	28.34
pH (U. pH.)	8.34	8.06	8.36	8.34	8.38	8.23	8.45	8.40	8.38	8.42	8.42	8.39
Oxígeno disuelto (%/ppm)	8.2	6.2	6.1	6.5	4.7	4.2	5.2	4.9	6.4	4.7	4.9	4.4
Temperatura (°C)	14.63	14.64	14.58	14.64	14.58	14.67	14.63	14.60	14.57	13.78	13.68	13.78
Transparencia (m.)	24	26	21	24	23	24	25	24	23	Fondo	Fondo	Fondo
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

**Tabla 3.9.** Resultados de los análisis realizados sobre las aguas receptoras (fondo) en el periodo de otoño 2023.

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	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023	22/12/2023
Hora	9:27	9:38	9:55	10:06	10:21	10:37	10:54	11:13	11:29	11:55	12:04	12:16
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)	1.37	0.54	1.52	1.23	0.79	0.50	1.42	3.10	1.44	0.29	1.07	1.38
Sólidos en suspensión (mg/L)	5	7	14	10	11	11	11	17	10	7	13	4
Amonio (mg/L)	0.07	0.11	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitratos (mg/L)	< 0.4	< 0.4	< 0.4	0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	0.5	0.9	< 0.4
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)	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39
Hierro (µg/L)	9.8	10	14	8.0	13	5.9	18	70	7.2	2.7	5.0	13
Níquel (µg/L)	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6
Cobre (µg/L)	0.7	1.1	1.4	2.2	0.8	1.1	0.6	0.7	1.1	<0.6	0.6	1.2
Salinidad (‰)	37.64	37.73	37.81	37.54	37.91	37.54	37.67	37.67	38.06	37.42	37.40	37.49
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	28.30	28.37	28.40	28.20	28.46	28.16	28.30	28.30	28.59	28.13	28.15	28.21
pH (U. pH.)	8.33	8.16	8.45	8.32	8.28	8.27	8.32	8.33	8.30	8.42	8.42	8.39
Oxígeno disuelto (%/ppm)	7.6	6.1	7.2	6.6	5.5	4.3	4.9	4.7	5.8	4.7	4.9	4.4
Temperatura (°C)	14.39	14.44	14.47	14.41	14.54	14.54	14.46	14.48	14.50	13.74	13.55	13.61
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

Los perfiles verticales de salinidad, temperatura y densidad obtenidos en cada campaña se presentan en el anexo digital nº 1 de este informe.

### **3.5.- Control de sedimentos y organismos.**

#### **3.5.1.- Sedimentología durante el año 2023.**

##### **Granulometría**

El análisis de la granulometría según la clasificación de Wentworth, muestra heterogeneidad en el sedimento de la zona de muestreo (Tabla 3.10). 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 75% de los casos, disminuyendo este porcentaje en N1 en la estación de otoño, donde esta fracción del sedimento reduce su porcentaje de representación hasta el 51,97 %.

La estación N4, como en años anteriores, obtiene una mayor representación de las fracciones de arenas, fundamentalmente medias y finas en las estaciones de verano y otoño, mientras que en invierno y primavera son las arenas gruesas las que poseen un valor mayor de representación.

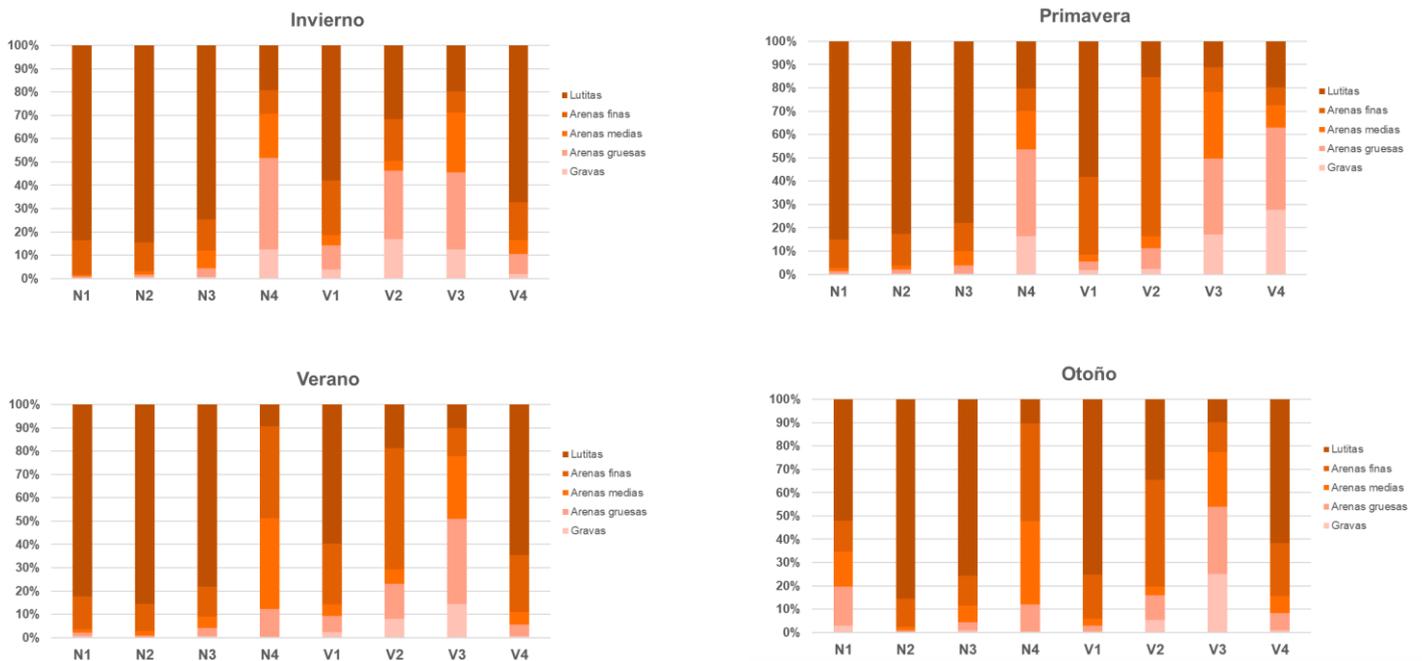
En el transecto denominado como V, correspondiente al área más influencia por el vertido, las lutitas son la fracción más representada en los puntos de muestreo V1 y V4 con valores por encima del 50 % llegando al 75 % en V1 otoño.

**Tabla 3.10.** Porcentaje de las fracciones granulométricas en cada punto de muestreo para los transectos norte (N) y vertido (V) a lo largo del año 2023.

		Gravas	Arenas gruesas	Arenas medias	Arenas finas	Lutitas
N1	Invierno	0,13	0,69	0,94	14,71	83,53
	Primavera	0,19	1,09	1,54	12,10	85,08
	Verano	0,56	1,51	1,59	14,12	82,22
	Otoño	2,95	16,64	15,07	13,36	51,98
N2	Invierno	0,74	0,99	1,46	12,19	84,62
	Primavera	0,29	1,90	1,67	13,54	82,59
	Verano	0,28	0,54	2,00	11,57	85,61
	Otoño	0,01	0,83	1,47	12,21	85,48
N3	Invierno	0,57	3,83	7,55	13,39	74,66
	Primavera	0,49	3,43	6,03	12,12	77,93
	Verano	0,64	3,38	5,09	12,78	78,10
	Otoño	0,83	3,55	7,15	12,87	75,61
N4	Invierno	12,40	39,19	19,11	10,10	19,21
	Primavera	16,47	37,16	16,53	9,68	20,17
	Verano	0,52	11,68	39,00	39,43	9,36
	Otoño	0,50	11,42	35,90	41,89	10,29
V1	Invierno	3,88	10,23	4,51	23,38	58,00
	Primavera	1,80	3,65	3,11	33,16	58,28
	Verano	2,38	6,94	4,92	26,16	59,60
	Otoño	0,50	2,41	3,06	18,94	75,09
V2	Invierno	16,88	29,32	4,37	17,96	31,47
	Primavera	2,38	8,93	5,17	68,17	15,34
	Verano	7,97	15,08	6,33	51,92	18,71
	Otoño	5,41	10,47	3,86	45,89	34,37
V3	Invierno	12,48	33,01	25,56	9,32	19,62
	Primavera	17,27	32,34	28,78	10,36	11,25
	Verano	14,48	36,50	26,86	12,00	10,16
	Otoño	25,19	28,68	23,40	12,82	9,90
V4	Invierno	1,91	8,56	5,99	16,14	67,39
	Primavera	27,80	35,14	9,68	7,61	19,77
	Verano	0,64	4,84	5,58	24,26	64,67
	Otoño	0,99	7,32	7,43	22,65	61,60

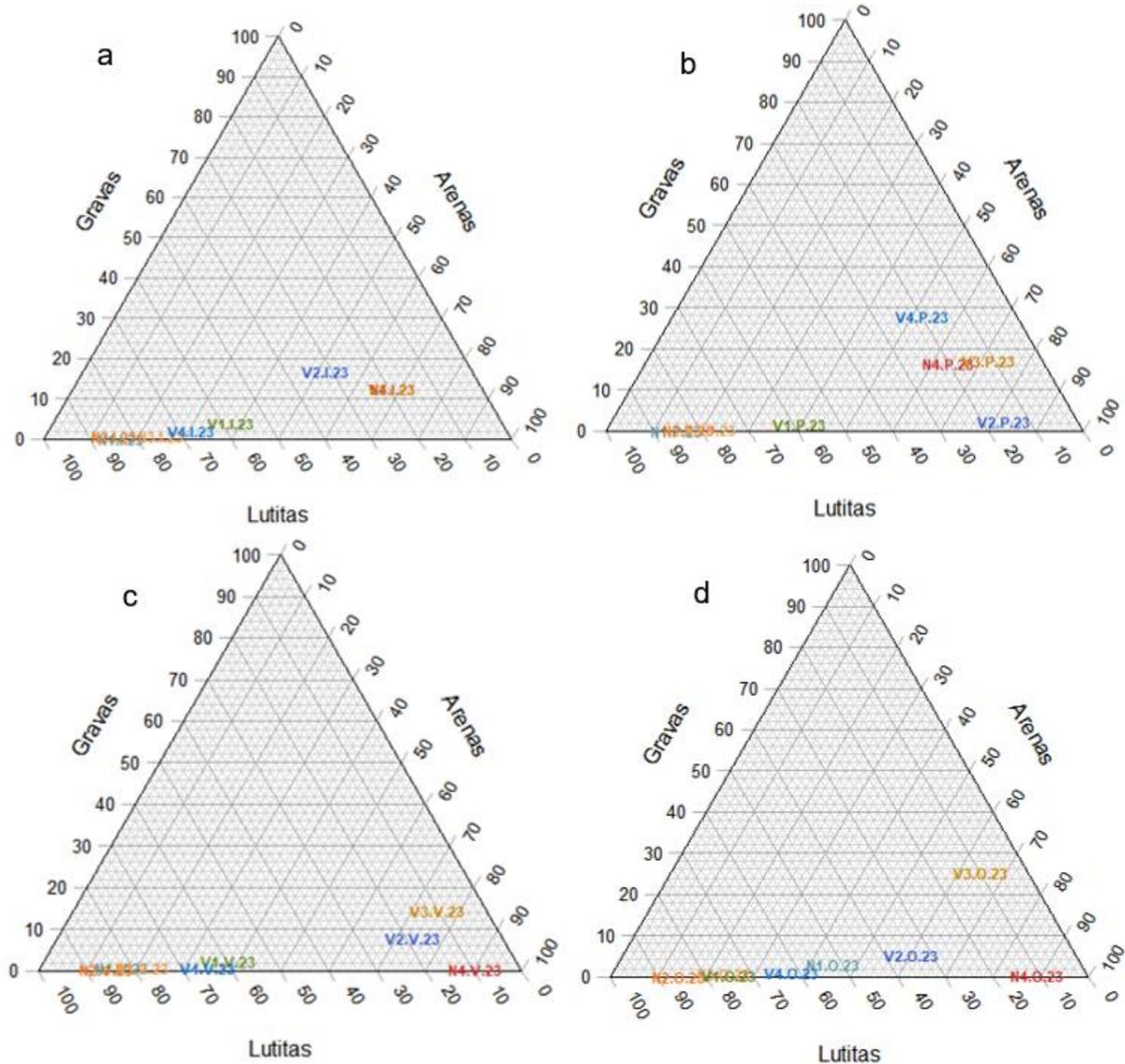
La localidad V2 está dominada por las arenas finas a lo largo del año, a excepción del muestreo de invierno, donde la representación mayoritaria está dividida entre lutitas y arenas gruesas. Por último, el punto de muestreo V3 está compuesto principalmente por las fracciones de arenas gruesas y medias, con valores de representación entre el 23 % y el 36 %. El resto de fracciones, es decir, gravas arenas finas y lutitas mantienen unos valores de representación similares, en una horquilla entre el 9,90 % y el 20 % en la mayoría de los casos.

En la figura 3.3 podemos ver la representación gráfica de los valores de representación obtenidos por las diferentes fracciones de sedimento para cada uno de los puntos de muestreo a lo largo de los muestreos realizados en el año 2023.



**Figura 3.3.** Porcentaje de las fracciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada una de las campañas realizadas en el año 2023.

En el diagrama triangular (Figura 3.4) se puede observar cómo las estaciones N1, N2 y N3 se clasifican con un elevado contenido en lutitas durante todo el año. N4, a diferencia de los otros puntos de muestreo dentro del transecto N, se clasifica como sedimento arenoso con un contenido en lutitas entorno al 10 % en verano y otoño, aumentando este valor en invierno y primavera hasta el 20 %.



**Figura 3.4.** Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2023: a) Invierno 2023 (I), b) Primavera 2023 (P), c) Verano 2023 (V) y d) Otoño 2023 (O).

Si nos fijamos en los puntos de muestreo del transecto vertido, V1 se clasifica como fango arenoso tanto en verano como en otoño mientras que en invierno y primavera dominan las gravas y arenas gruesas. La estación del vertido, V2, se clasifica como arena fangosa excepto en otoño. La estación V3 se clasifica como arenas durante todo el año. Por último, V4 se clasificó como arenas fangosas durante todo el año

### **Otras características de los sedimentos.**

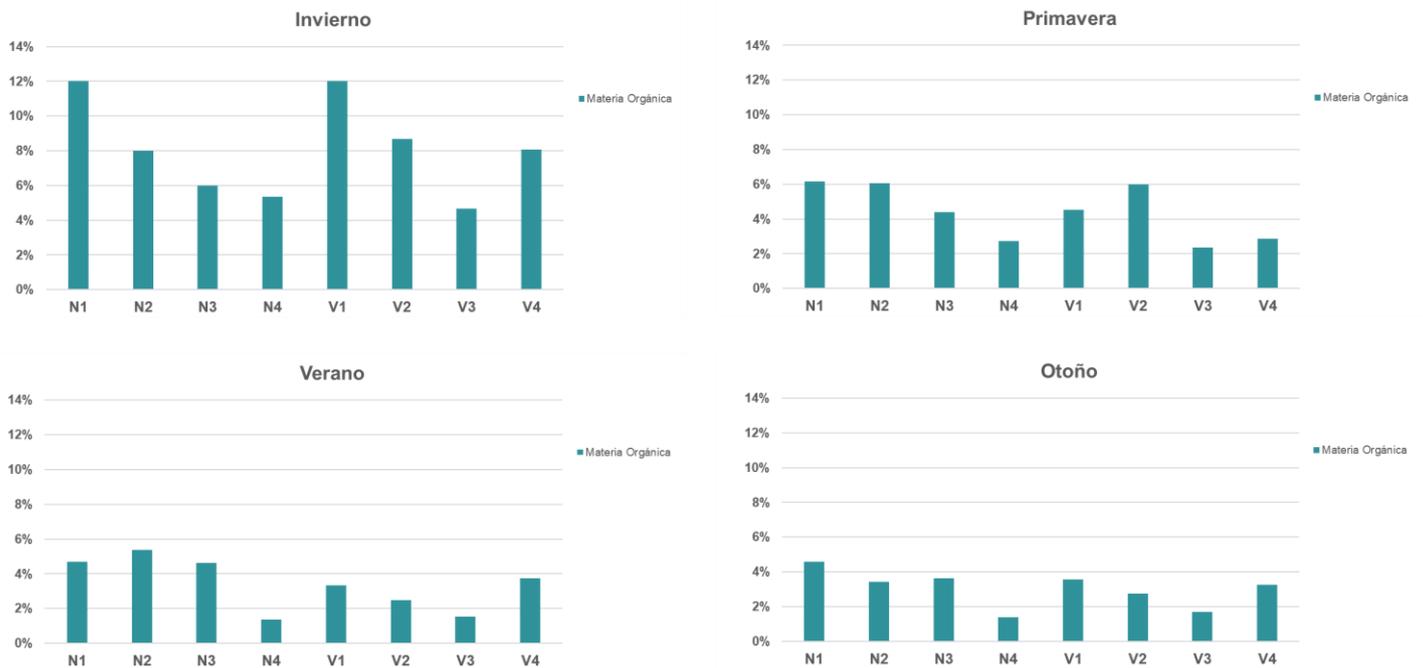
El valor más elevado respecto al parámetro de materia orgánica se obtiene en la estación V1 durante la campaña de invierno (12 %), mientras que el valor más bajo se obtuvo en la estación N4 durante la campaña de verano (1,36 %). La estación V3 es la que presenta los valores más bajos a lo largo del año 2023, mientras que las estaciones N2 y V1 son las estaciones que presentan valores promedio más altos para el año 2023 (Tabla 3.11, Figura 3.5).

**Tabla 3.11.** Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial RedOx en cada estación para cada campaña del 2023.

		N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
<b>MO (%)</b>	<b>Invierno</b>	4,00	8,00	6,00	5,33	12,00	8,67	4,67	8,05
	<b>Primavera</b>	6,15	6,07	4,38	2,73	4,53	5,99	2,36	2,88
	<b>Verano</b>	4,68	5,38	4,63	1,36	3,34	2,49	1,54	3,75
	<b>Otoño</b>	4,58	3,42	3,62	1,40	3,53	2,75	1,68	3,27
<b>pH</b>	<b>Invierno</b>	8,30	8,06	7,95	7,99	7,25	8,15	7,96	7,94
	<b>Primavera</b>	7,2	7,23	7,42	7,81	7,41	7,83	7,84	7,83
	<b>Verano</b>	8,75	8,23	8,59	8,27	8,94	8,63	8,71	8,45
	<b>Otoño</b>	7,40	7,66	7,90	7,34	7,40	7,93	7,80	7,19
<b>RedOx</b>	<b>Invierno</b>	-231,0	-220,0	-210,0	-167,8	-201,0	-47,5	-115,5	-216,0
	<b>Primavera</b>	-177,8	-166,0	-171,6	-124,9	-190,6	-16,4	-87,2	-23,8
	<b>Verano</b>	-147,0	-163,0	-159,0	-132,0	-169,0	-144,0	-76,0	-43,0
	<b>Otoño</b>	-140,0	-143,0	-159,0	-91,0	-173,0	-76,0	-42,0	-32,0

Los valores de pH oscilan entre 7 y 9, correspondiendo el valor más bajo a la estación V4 durante otoño (7.19), y el valor más alto a V1 (8.94) durante la campaña de verano (Tabla 3.7, Figura 3.6).

El valor más alto de potencial redox (Tabla 3.7, Figura 3.7) se obtiene en invierno en la estación V2 en primavera (-16.4), mientras que el valor menor se obtiene en la estación N1 (-231.0) durante la campaña de invierno.



**Figura 3.5.** Representación de los valores de materia orgánica (%) obtenidos en cada estación y campaña de muestreo del 2023.

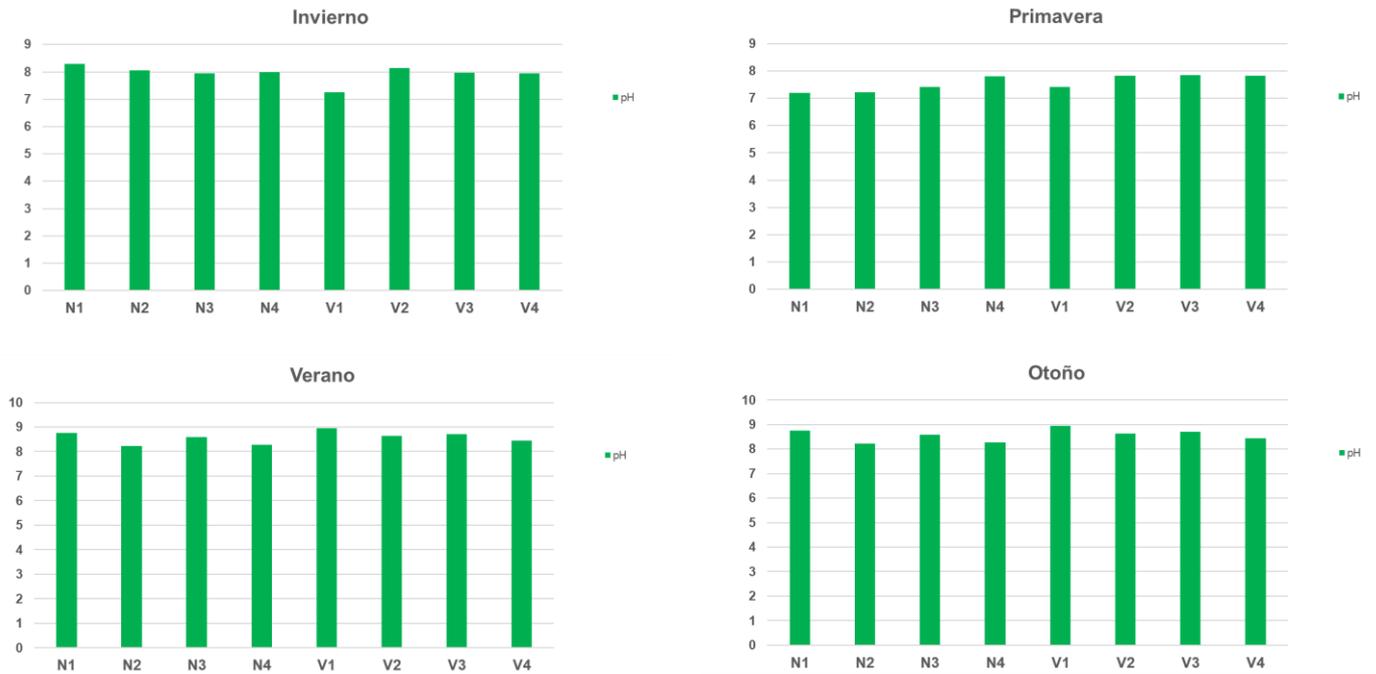


Figura 3.6. Representación de los valores para el pH obtenidos en cada estación y campaña de muestreo del 2023.

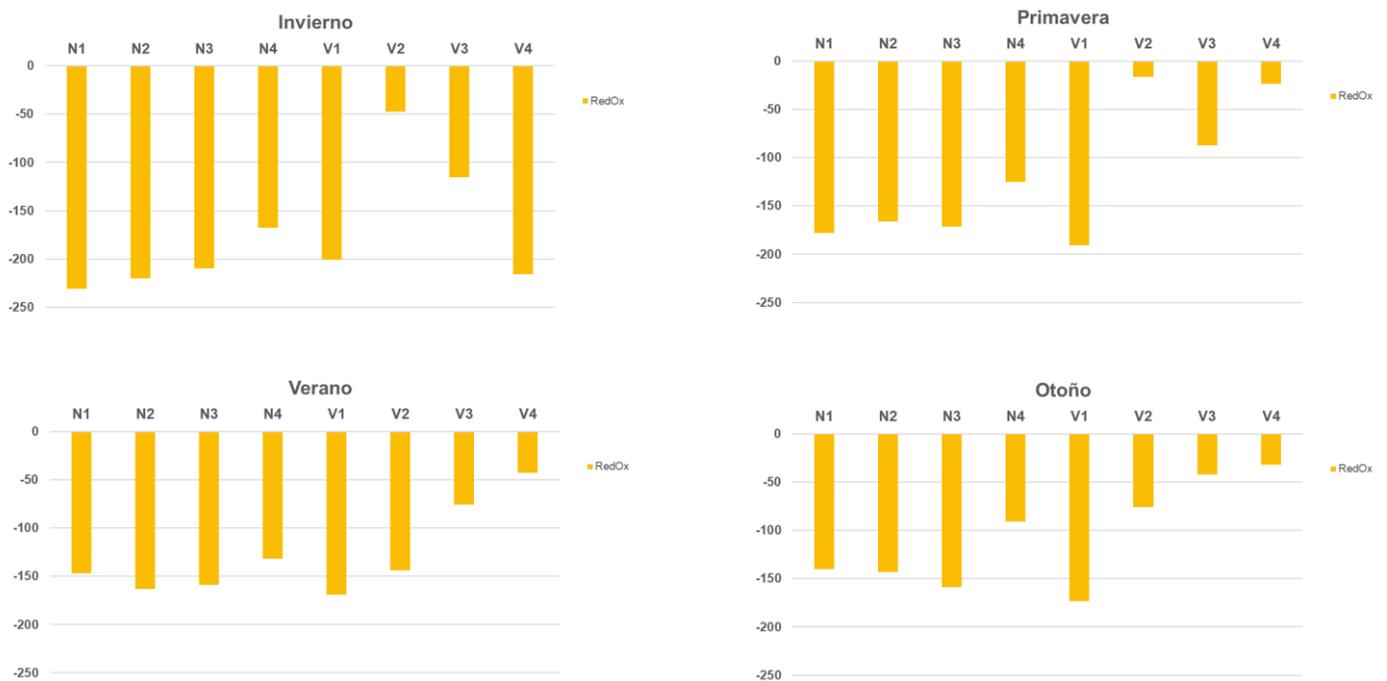


Figura 3.7. Representación de los valores para el potencial Redox obtenidos en cada estación y campaña de muestreo del 2023.

Respecto al estudio de los metales pesados en el sedimento, en las tablas 3.12 y 3.13 se muestran los valores obtenidos en los diferentes análisis realizados en cada uno de los puntos de muestreo a lo largo del año 2023.

**Tabla 3.12.** Valores de metales pesados: Níquel (Ni), Hierro (Fe), Cromo (Cr), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) en los sedimentos del transecto Norte (N) a lo largo del año 2023.

Muestra	Ni (ppm - mg/kg)	Fe (% - g/100g)	Cr (ppm - mg/kg)	Zn (ppm - mg/kg)	Cu (ppm - mg/kg)
N1-INV-23	5,8	0,7	14,8	15,7	3,3
N2-INV-23	7,7	0,8	13,8	19,8	4,1
N3-INV-23	7,3	0,8	21,6	19,6	4,4
N4-INV-23	1,7	0,4	23,8	6,4	0,9
N1-PRIM-23	6,9	0,7	15,4	14,3	6,6
N2-PRIM-23	7,2	0,7	20,2	14,7	5,2
N3-PRIM-23	7,7	0,8	20,2	17,0	6,1
N4-PRIM-23	7,6	0,7	27,8	12,1	7,7
N1-VER-23	6,2	0,7	12,6	16,4	3,4
N2-VER-23	6,4	0,7	18,6	18,1	3,5
N3-VER-23	6,8	0,8	20,7	19,1	4,1
N4-VER-23	1,5	0,3	25,7	4,9	0,6
N1-OTOÑO-23	6,3	0,7	14,3	14,1	4,4
N2-OTOÑO-23	5,5	0,6	10,1	16,0	2,8
N3-OTOÑO-23	7,1	0,8	16,7	17,8	5,3
N4-OTOÑO-23	9,4	0,9	28,8	10,7	10,2

**Tabla 3.13.** Valores de metales pesados: Níquel (Ni), Hierro (Fe), Cromo (Cr), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) en los sedimentos del transecto Vertido (V) lo largo del año 2023.

Muestra	Ni (ppm - mg/kg)	Fe (% - g/100g)	Cr (ppm - mg/kg)	Zn (ppm - mg/kg)	Cu (ppm - mg/kg)
V1-INV-23	4,9	0,6	11,6	13,5	2,6
V2-INV-23	2,9	0,4	16,9	9,7	1,5
V3-INV-23	1,9	0,3	14,2	6,5	1,0
V4-INV-23	6,5	0,8	17,5	18,9	4,1
V1-PRIM-23	6,3	0,7	13,4	16,7	5,7
V2-PRIM-23	5,7	0,6	17,0	9,9	6,4
V3-PRIM-23	4,1	0,5	14,1	5,4	5,6
V4-PRIM-23	9,3	0,8	25,0	20,5	9,0
V1-VER-23	6,6	0,7	12,7	18,9	4,2
V2-VER-23	3,0	0,5	15,9	8,5	1,3
V3-VER-23	1,3	0,3	15,2	4,7	0,6
V4-VER-23	6,3	0,7	20,7	18,7	3,7
V1-OTOÑO-23	4,6	0,5	9,7	12,6	4,4
V2-OTOÑO-23	5,8	0,6	17,6	10,6	6,9
V3-OTOÑO-23	2,9	0,4	8,3	7,2	4,1
V4-OTOÑO-23	8,3	0,8	20,8	18,1	7,5

Las muestras presentaron un contenido en Níquel (Ni) entre 1,3 y 9,4 ppm, en Hierro (Fe) los valores se sitúan entre 0,3 y 0,9 %, en Cromo (Cr) entre 8,3 y 28,8 ppm, en Zinc (Zn) entre 4,7 y 20,5 ppm y, por último, en Cobre (Cu) entre 0,6 y 10,2 ppm.

Entre todas los muestreos realizados, destacan las muestras V4 de primavera y N4 de otoño, acumulando la mayoría de los valores máximos observados para cada uno de los metales analizados.

### 3.5.2.- Fauna general en la campaña de invierno 2023.

Se han obtenido un total 3165 individuos clasificados en 26 grupos taxonómicos diferentes, entre los cuales dominan la clase Polychaeta con 1656 individuos (48.05%); seguida por el orden Bivalvia con 506 individuos (14.68%) y la clase Amphipoda con 323 individuos (9.37%). Estos grupos están presentes en las ocho estaciones muestreadas (Tabla 3.14).

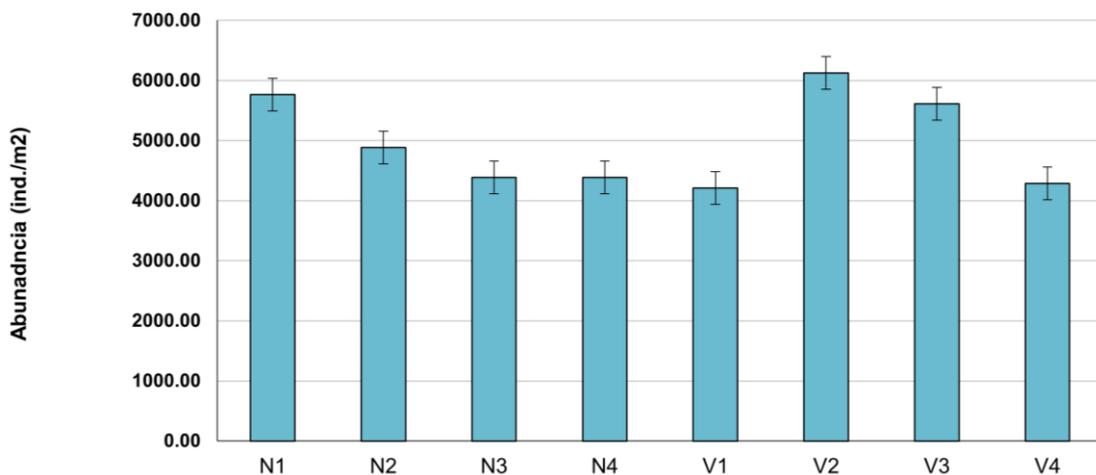
**Tabla 3.14.** Abundancias medias (nº ind/m<sup>2</sup>) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación en el invierno de 2023.

	Transecto NORTE				Transecto VERTIDO			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Hidrozoa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Anthozoa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nemertino	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nematoda	41.67	41.67	108.33	275.00	25.00	50.00	183.33	33.33
Polychaeta	2150.00	2041.67	1525.00	1416.67	1783.33	1691.67	1550.00	1641.67
Platelminta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sipuncula	91.67	8.33	50.00	241.67	83.33	116.67	58.33	125.00
Oligochaeta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ostracoda	33.33	0.00	8.33	25.00	100.00	275.00	33.33	16.67
Copepoda	0.00	8.33	0.00	8.33	0.00	8.33	0.00	0.00
Leptostraca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	133.33	58.33	83.33	41.67	8.33	41.67	33.33	25.00
Mysidacea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tanaidacea	150.00	183.33	208.33	58.33	0.00	91.67	66.67	0.00
Isopoda	58.33	25.00	33.33	33.33	41.67	58.33	8.33	50.00
Stomatopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	516.67	300.00	275.00	250.00	241.67	533.33	275.00	300.00
Decapoda	33.33	16.67	41.67	8.33	8.33	25.00	41.67	16.67
Pycnogonida	33.33	8.33	0.00	8.33	8.33	41.67	0.00	0.00
Acari	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Placophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Scaphopoda	0.00	8.33	16.67	8.33	16.67	16.67	8.33	8.33
Gastropoda	66.67	125.00	75.00	41.67	50.00	150.00	216.67	141.67
Bivalvia	350.00	383.33	366.67	400.00	341.67	883.33	1125.00	366.67
Asteroidea	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ophiuroidea	116.67	33.33	125.00	100.00	58.33	83.33	25.00	116.67
Echinoidea	41.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.00	8.33
Holothurioidea	8.33	8.33	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
Phoronis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cephalochordata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00
Pennatulacea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## **Análisis univariante**

Para el estudio de la estructura de la infauna asociada a fondos blandos, se analizaron la abundancia y la riqueza taxonómica por separado, mediante un Análisis de la Varianza (ANOVA) y el índice BOPA.

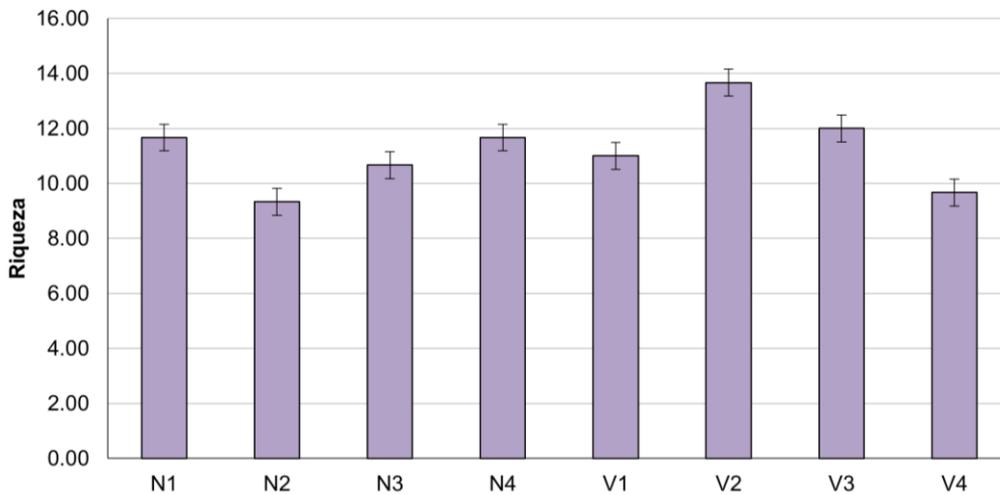
Por lo que se refiere a la abundancia, no se detectan diferencias significativas para ninguno de los factores analizados (transecto, distancia al punto de vertido y la interacción entre ambos). El mayor valor de abundancia media (Figura 3.8) se encuentra en la estación en V2 (6127.82 ind/m<sup>2</sup>), y el valor más bajo de abundancia media se obtiene en la estación V1 (4210.53 ind/m<sup>2</sup>).



**Figura 3.8.** Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en invierno de 2023.

En el caso de la riqueza taxonómica únicamente se detectan diferencias significativas en la interacción de los factores (transecto-distancia). En el transecto del vertido, existen diferencias significativas entre las estaciones V2 y V1 y entre V2 y V4.

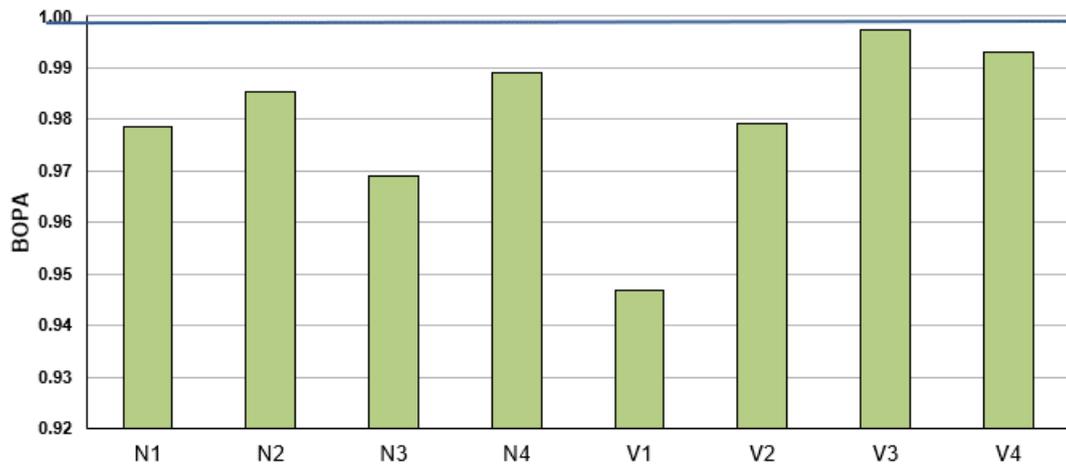
Teniendo como referencia el factor distancia, existen diferencias significativas entre los transectos en la distancia 2; es decir, entre las estaciones V2 y N2. Los valores más altos de riqueza se encuentran en las estaciones V2 y V3 (13.67-12 taxones/m<sup>2</sup>), mientras que los valores más bajos se registran en las estaciones de V4 y N2 (9.67-9.33 taxones/m<sup>2</sup>) (Figura 3.9).



**Figura 3.9.** Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en invierno de 2023.

Por lo que se refiere al índice BOPA todas las estaciones obtuvieron valores por encima del límite bueno/moderado ( $>0.6$ ) y por debajo del límite muy bueno/bueno ( $<1$ ). Los resultados del ANOVA indican que existen diferencias significativas en el factor distancia y en la interacción de los factores distancia y transecto.

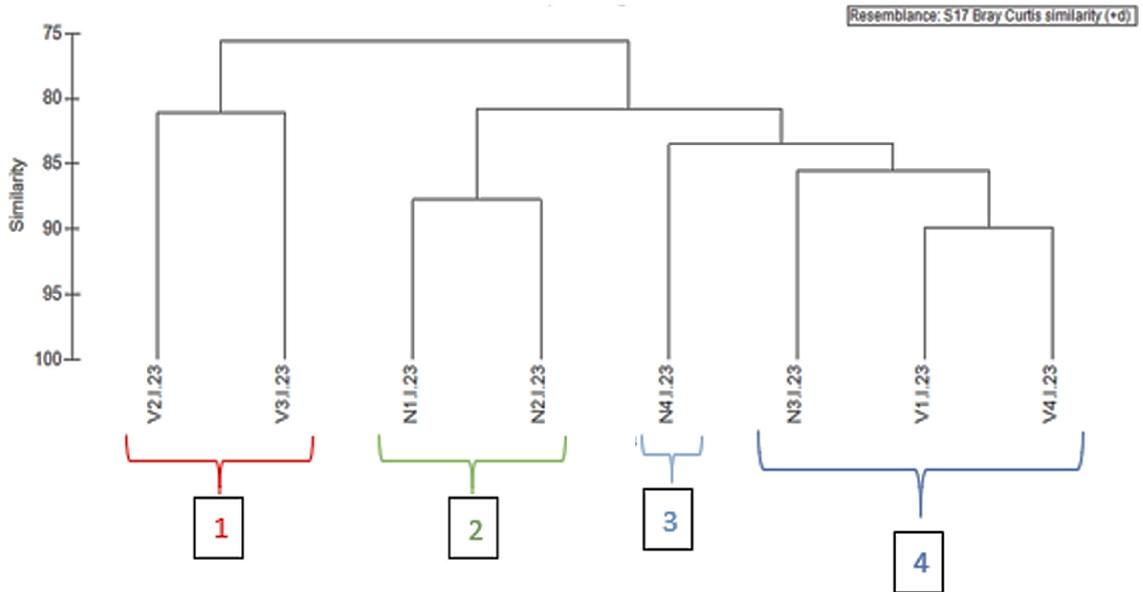
En el transecto del vertido, existen diferencias significativas entre las siguientes estaciones: V2/V1, V3/V1 y V4/V1. Teniendo en cuenta la distancia al vertido; existen diferencias significativas entre ambos transectos a las distancias 1 y 3. Es decir, entre las estaciones N1/V1 y N3/V3 (Figura 3.10).



**Figura 3.10.** Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en invierno de 2023. La línea azul representa el umbral del límite muy bueno/bueno. Todas las estaciones se encuentran por encima del límite del límite bueno/ moderado ( $>0.6$ ) y por debajo del límite muy bueno/bueno ( $<1$ ) (RD 817/2015).

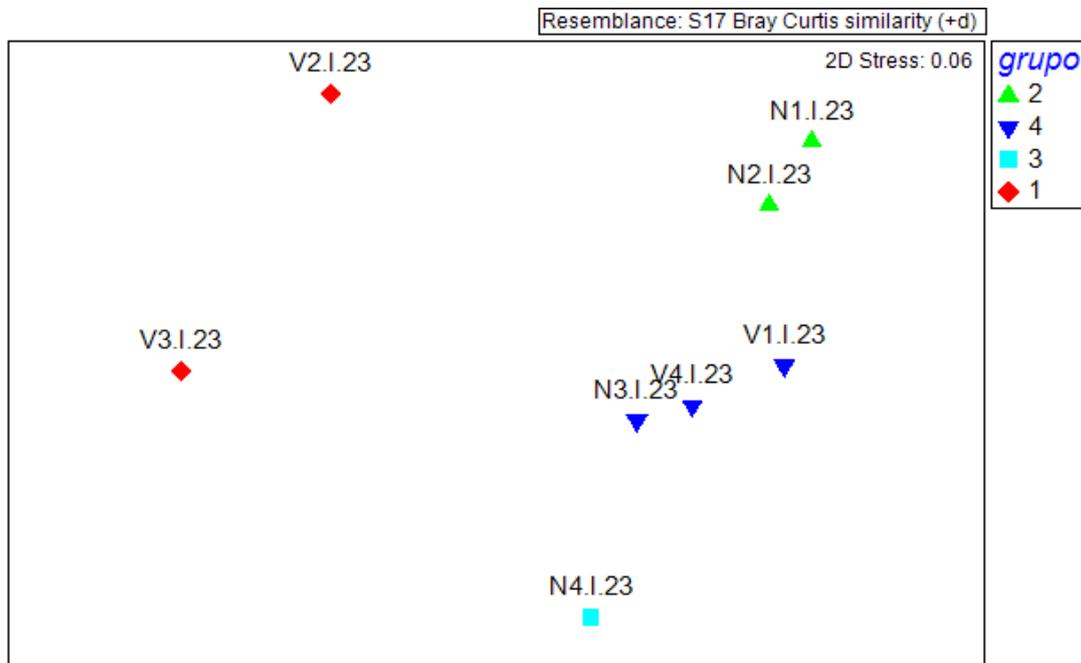
### **Análisis multivariante**

El dendrograma de similitud (Figura 3.11) muestra como las estaciones forman cuatro grupos diferenciados. El grupo 1 lo forman las estaciones V2 y V3, el grupo 2 lo forman las estaciones N1 y N2, el grupo 3 está formado exclusivamente por la estación N4 y finalmente el grupo 4 lo forman las estaciones N3, V1 y V4.



**Figura 3.11.** Representación del cluster respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo en el invierno de 2023.

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 3.12.** Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo en el invierno de 2023.

Al aplicar el análisis de similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas para el factor transecto, con un nivel de significación del 25.7% y un  $R = 0.125$ ; ni se observan diferencias en el factor distancia al vertido, siendo el nivel de significación de 25.7%, con un  $R = 0.125$ .

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. La estación N4 (grupo 3) no muestra porcentaje de similitud al ser un grupo formado por una única estación. Para el resto de los tres grupos (1, 2 y 4) los taxones que más contribuyen a su similitud fueron los poliquetos, bivalvos y anfípodos. Aunque, para los tres grupos (1, 2, 4) también tuvieron relevancia los gasterópodos, tanaidáceos y las ofiuras respectivamente. (Tabla 3.15).

**Tabla 3.15.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. SM: Similitud media entre cada estación. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Grupo	Organismo	AM	PA
<b>1</b>			
<b>SM: 81.11%</b>			
	Polychaeta	1620.83	48.95
	Bivalvia	1004.17	76.84
	Amphipoda	404.17	85.53
	Gastropoda	183.33	90.26
<b>2</b>			
<b>SM: 87.76%</b>			
	Polychaeta	2095.83	65.68
	Bivalvia	366.67	76.94
	Amphipoda	408.33	86.60
	Tanaidacea	166.67	91.42
<b>3</b>			
<b>4</b>			
<b>SM: 87.02%</b>			
	Polychaeta	1650.00	63.21
	Bivalvia	358.33	77.35
	Amphipoda	272.22	87.55
	Ophiuroidea	100.00	90.69

Al analizar la disimilitud entre los grupos, se observa como anfípodos, poliquetos y bivalvos son los grupos que más contribuyen a la disimilitud entre grupos. El grupo 2 fue el que obtuvo una mayor abundancia de poliquetos respecto al resto de grupos, también fue el grupo que obtuvo la mayor abundancia de anfípodos. (Tabla 3.16).

**Tabla 3.16.** Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

Grupo	Organismo	AM x	AM y	PA
<b>1 &amp; 2</b>				
DM: 25.87				
	Bivalvia	1004.17	16.35	28.58
	Polychaeta	1620.83	49.31	51.69
	Ostracoda	154.17	14.52	61.54
	Amphipoda	404.17	0.85	69.41
	Tanaidacea	79.17	3.69	75.94
	Gastropoda	183.33	3.68	81.03
	Nematoda	116.67	1.65	85.84
	Cumacea	37.50	1.90	88.65
	Sipuncula	87.50	0.93	91.44
<b>1 &amp; 3</b>				
DM: 25.68				
	Bivalvia	1004.17	400.00	34.68
	Polychaeta	1620.83	1416.67	46.24
	Nematoda	116.67	275.00	55.19
	Sipuncula	87.50	241.67	64.04
	Amphipoda	404.17	250.00	72.66
	Gastropoda	183.33	41.67	80.80
	Ostracoda	154.17	25.00	88.00
	Ophiuroidea	54.17	100.00	90.66
<b>2 &amp; 3</b>				
DM: 25.62				
	Polychaeta	2095.83	1416.67	40.98
	Nematoda	41.67	275.00	55.12
	Sipuncula	50.00	241.67	66.84
	Amphipoda	408.33	250.00	76.13
	Tanaidacea	166.67	58.33	82.74
	Gastropoda	95.83	41.67	86.10
	Cumacea	95.83	41.67	89.27
	Ophiuroidea	75.00	100.00	91.87
<b>1 &amp; 4</b>				
DM: 22.98%				
	Bivalvia	1004.17	358.33	41.87
	Amphipoda	404.17	272.22	50.73
	Ostracoda	154.17	41.67	59.26
	Polychaeta	1620.83	1650.00	66.37
	Tanaidacea	79.17	69.44	72.53
	Gastropoda	183.33	88.89	78.69
	Nematoda	116.67	55.56	83.97
	Ophiuroidea	54.17	100.00	87.49
	Echinoidea	37.50	2.78	89.96
	Sipuncula	87.50	86.11	92.20

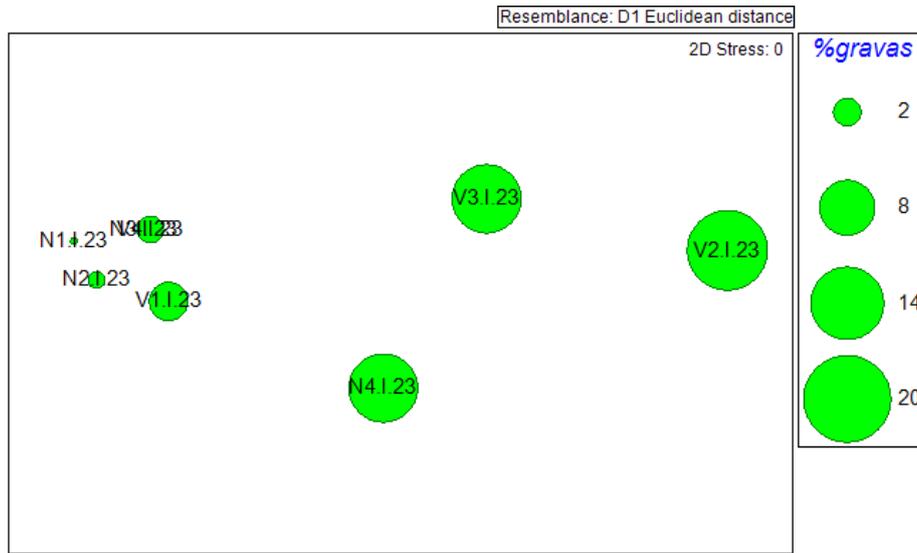
<b>2 &amp; 4</b>				
DM: 17.06%				
	Polychaeta	2095.83	1650.00	40.69
	Amphipoda	408.33	272.22	52.77
	Tanaidacea	166.67	69.44	64.34
	Cumacea	95.83	38.89	70.24
	Sipuncula	50.00	86.11	75.20
	Ophiuroidea	75.00	100.00	79.38
	Gastropoda	95.83	88.89	83.12
	Ostracoda	16.67	41.67	86.73
	Nematoda	41.67	55.56	89.53
	Echinoidea	20.83	2.78	91.37
<b>3 &amp; 4</b>				
DM: 16.51%				
	Polychaeta	1416.67	1650.00	24.65
	Nemtoda	275.00	55.56	47.76
	Sipuncula	241.67	86.11	64.11
	Tanaidacea	58.33	69.44	73.41
	Gastropoda	41.67	88.89	78.37
	Bivalvia	400.00	358.33	82.76
	Ostracoda	25.00	41.67	86.29
	Cumacea	41.67	38.89	89.50
	Ophiuroidea	100.00	100.00	92.43

Se emplea el procedimiento RELATE para analizar la correlación de la comunidad con cada parámetro ambiental: salinidad, granulometría, materia orgánica, pH y potencial RedOx. Se detectaron correlaciones significativas en los valores de porcentaje de gravas, arenas gruesas, lutitas y potencial redox (<0.05) (Tabla 3.17).

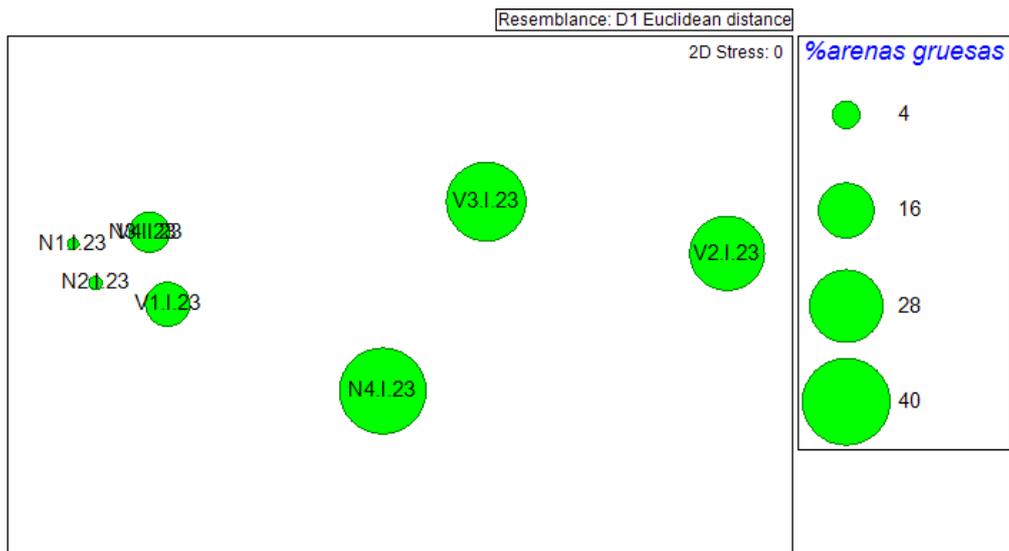
**Tabla 3.17.** Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

<b>Factores ambientales</b>	<b>Rho</b>	<b>P</b>
<b>Granulometría</b>		
% Gravas	0.907	<b>0.001</b>
% Arenas gruesas	0.684	<b>0.012</b>
% Arenas medias	0.256	0.175
% Arenas finas	0.108	0.27
% Lutitas	0.677	<b>0.009</b>
Potencial Redox	0.972	<b>0.001</b>
Salinidad	-0.313	0.953
Materia orgánica	-0.075	0.553
pH	-0.111	0.588

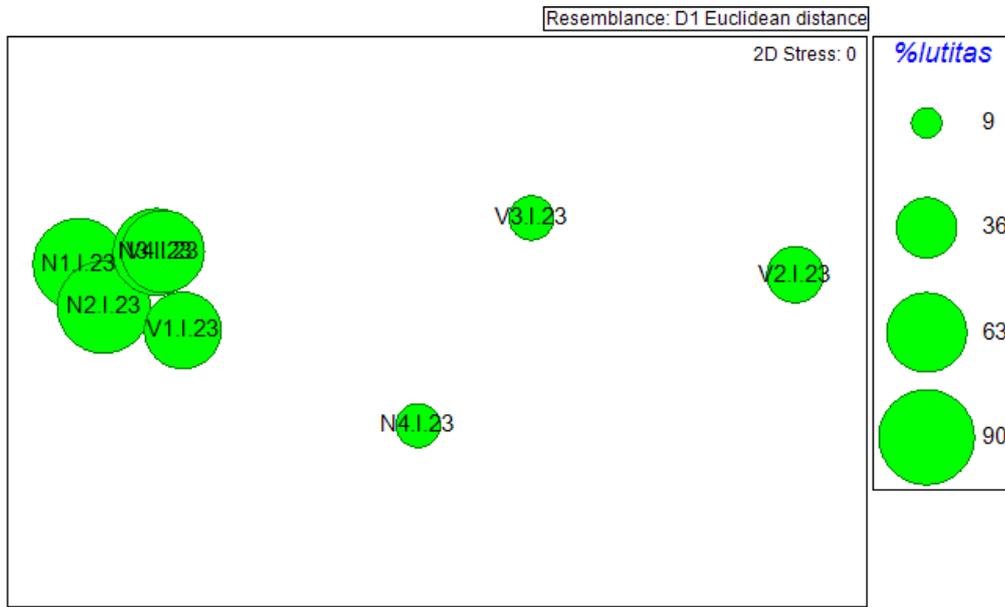
A partir de los resultados obtenidos en el RELATE, se representaron las estaciones en un MDS en función a su similitud, teniendo en cuenta la comunidad de infauna. Se representaron cada una de las variables ambientales que han demostrado influir de forma significativa en su composición (figuras 3.13, 3.14, 3.15 y 3.16).



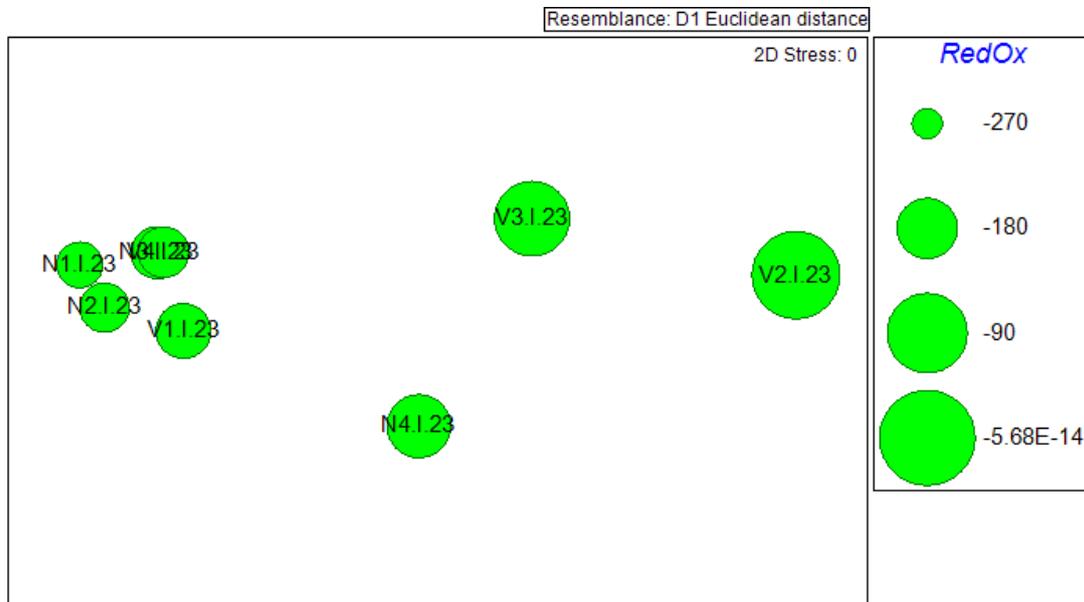
**Figura 3.13.** Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas. Mediante círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de gravas.



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



**Figura 3.15.** Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas. Mediante círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de lutitas.



**Figura 3.16.** Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas. Mediante círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje del potencial RedOx.

### 3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en invierno de 2023.

Se han analizado un total de 1668 individuos pertenecientes a 38 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 394 individuos, representando casi el 25% de todos los individuos analizados, seguida de las familias Lumbrineridae, de la que se identificaron 243 individuos (15.36%), Capitellidae, con 212 individuos (13.40%), la familia Onuphidae, con 94 individuos identificados (6%), y por último las familias Syllidae y Spionidae, representando el 5.5 % y 5%, respectivamente% (87 y 80 individuos). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos que el 5 % del total analizado (tabla 3.18).

**Tabla 3.18.** Abundancias medias (nº ind/m<sup>2</sup>) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones invierno de 2023.

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
<b>Ampharetidae</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	16.67
<b>Capitellidae</b>	200.00	175.00	266.67	133.33	291.67	233.33	91.67	375.00
<b>Chaetopteridae</b>	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00	8.33	16.67	0.00
<b>Cirratulidae</b>	87.50	141.67	116.67	50.00	58.33	75.00	41.67	75.00
<b>Cossuridae</b>	12.50	83.33	58.33	8.33	8.33	0.00	0.00	8.33
<b>Dorvilleidae</b>	0.00	0.00	0.00	50.00	41.67	58.33	141.67	0.00
<b>Eunicidae</b>	0.00	0.00	16.67	91.67	108.33	100.00	41.67	33.33
<b>Euprosinidae</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
<b>Flabelligeridae</b>	0.00	8.33	8.33	8.33	0.00	25.00	25.00	8.33
<b>Glyceridae</b>	12.50	16.67	8.33	25.00	66.67	41.67	33.33	58.33
<b>Goniadidae</b>	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	41.67	0.00	8.33
<b>Lumbrineridae</b>	175.00	425.00	350.00	100.00	308.33	233.33	125.00	308.33
<b>Lacydoniidae</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00
<b>Magelonidae</b>	25.00	75.00	41.67	8.33	108.33	100.00	0.00	83.33
<b>Maldanidae</b>	12.50	33.33	33.33	41.67	66.67	16.67	33.33	41.67
<b>Nepthyidae</b>	25.00	33.33	16.67	8.33	0.00	33.33	16.67	25.00
<b>Nereididae</b>	12.50	25.00	16.67	0.00	8.33	8.33	150.00	0.00
<b>Oeonidae</b>	37.50	8.33	8.33	0.00	8.33	8.33	0.00	8.33
<b>Onuphidae</b>	12.50	0.00	33.33	275.00	108.33	83.33	191.67	75.00
<b>Opheliidae</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00
<b>Orbiniidae</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
<b>Oweniidae</b>	0.00	0.00	8.33	8.33	33.33	50.00	75.00	0.00
<b>Paralacydoniidae</b>	0.00	8.33	8.33	16.67	33.33	0.00	0.00	8.33
<b>Paraonidae</b>	1125.00	583.33	366.67	250.00	391.67	225.00	8.33	333.33
<b>Pectinariidae</b>	0.00	0.00	0.00	41.67	0.00	0.00	8.33	0.00
<b>Pholoidae</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00

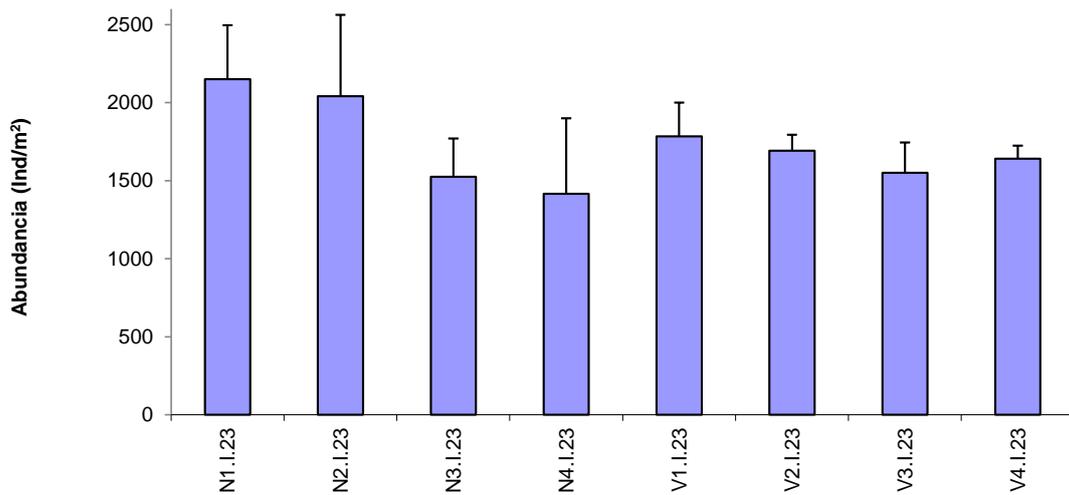
	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
<b>Phyllodocidae</b>	0.00	0.00	0.00	16.67	8.33	16.67	33.33	0.00
<b>Pilargidae</b>	0.00	16.67	50.00	25.00	16.67	8.33	8.33	0.00
<b>Pisionidae</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00
<b>Poecilochaetidae</b>	75.00	116.67	0.00	0.00	8.33	8.33	0.00	50.00
<b>Polynoidae</b>	50.00	8.33	33.33	16.67	8.33	0.00	25.00	16.67
<b>Questidae</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00
<b>Sabellidae</b>	50.00	16.67	8.33	33.33	16.67	58.33	116.67	25.00
<b>Serpulidae</b>	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	33.33	0.00	0.00
<b>Sigalionidae</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
<b>Spionidae</b>	212.50	266.67	66.67	8.33	0.00	0.00	50.00	58.33
<b>Syllidae</b>	0.00	0.00	8.33	266.67	66.67	158.33	216.67	8.33
<b>Terebellidae</b>	12.50	0.00	0.00	8.33	8.33	16.67	58.33	16.67

Las familias Capitellidae, Cirratulidae, Glyceridae, Lumbrineridae, Maldanidae, Paraonidae y Sabellidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. De las 38 familias encontradas en la zona de estudio, 19 aparecen con abundancias inferiores al 1%. Dichas familias son: Ampharetidae, Chaetopteridae, Euphrosinidae, Flabelligeridae, Goniadidae, Lacydoniidae, Oeonidae, Opheliidae, Orbiniidae, Paralacydoniidae, Pectinariidae, Pholoidae, Phyllodocidae, Pilargidae, Pisionidae, Questidae, Serpulidae, Sigalionidae y Terebellidae.

### **Análisis univariante.**

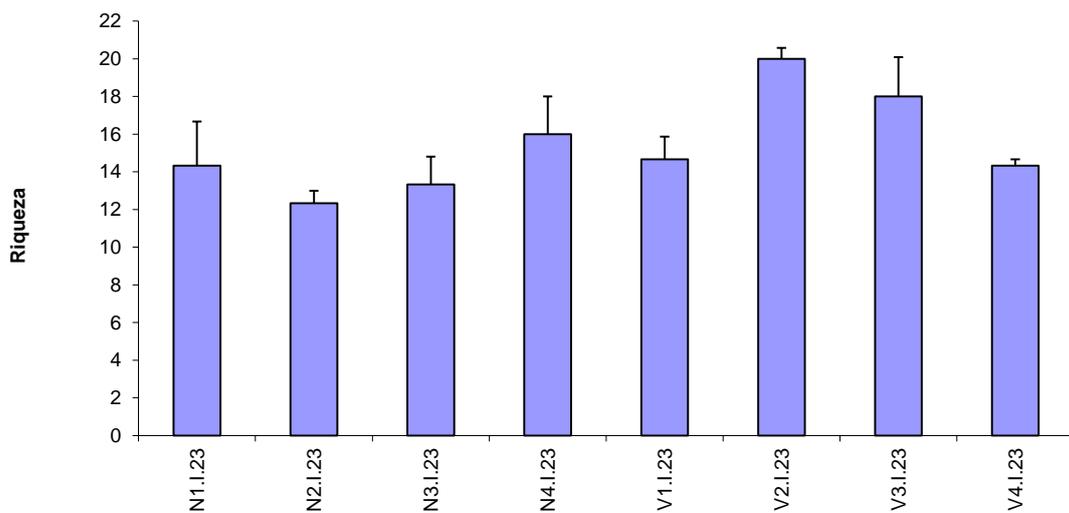
Para el estudio de la comunidad de poliquetos asociados a fondos blandos se aplicó un análisis univariante tanto a la abundancia como a la riqueza, para los factores analizados.

Considerando los valores de abundancia no se detectan diferencias significativas para la interacción de ambos factores ( $p=0.7270$ ), ni para cada uno de los factores analizados (Transecto:  $P=0.6010$ ; Distancia:  $p=0.3952$ ). Aun así, se observa una tendencia en la que las abundancias aumentan en las estaciones N1 y N2 (fig. 3.17).



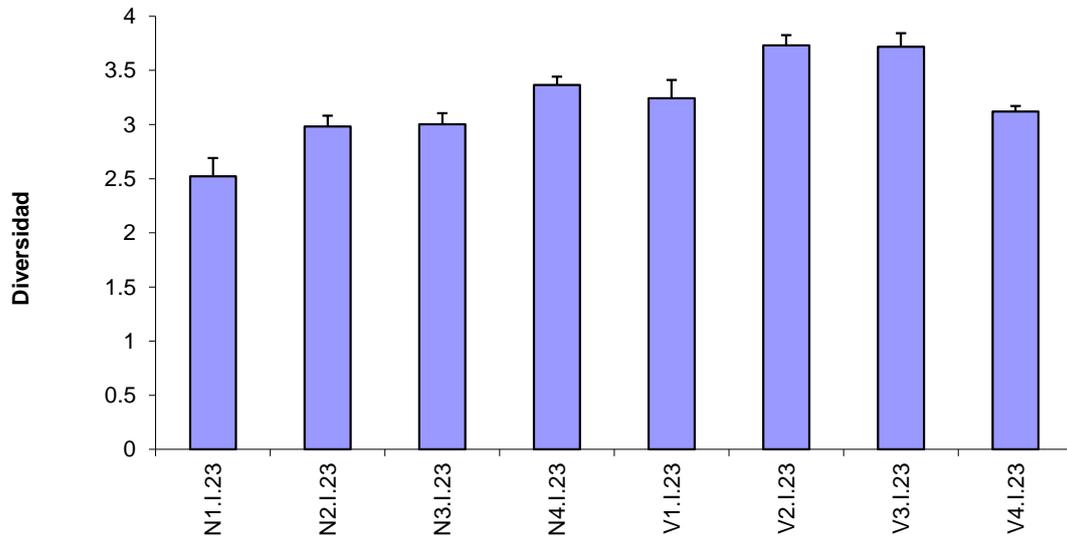
**Figura 3.17.** Abundancia media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la riqueza también se detectan diferencias significativas para la interacción entre los factores TrXDi ( $p=0.02574$ ). Al aplicar el test a posteriori se observa que estas diferencias se deben, principalmente, al incremento de la riqueza de familias en las estaciones V2 y V3, respecto a las estaciones N2 y N3. No se detectan diferencias entre las estaciones localizadas al norte, ni entre las localizadas en el transecto vertido, pero con se observa una tendencia a disminuir la riqueza en las estaciones V1 y V4, respecto a V2 y V3.



**Figura 3.18.** 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 los transectos norte (siendo dicho descenso algo mayor en las estaciones N1, N2 y N3). Este hecho indica que existe un cierto empobrecimiento de la comunidad en estas estaciones respecto al resto de las estaciones.



**Figura 3.19:** Diversidad media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la equitatividad se obtienen valores que oscilan entre los 0.6 y 0.9. Son las estaciones localizadas al norte, donde se detectan los menores valores de equitatividad; estaciones donde se obtienen bajos valores de diversidad, lo que indica que en dichas estaciones hay un mayor dominio de ciertas familias. Este descenso es más acusado en la estación N1.

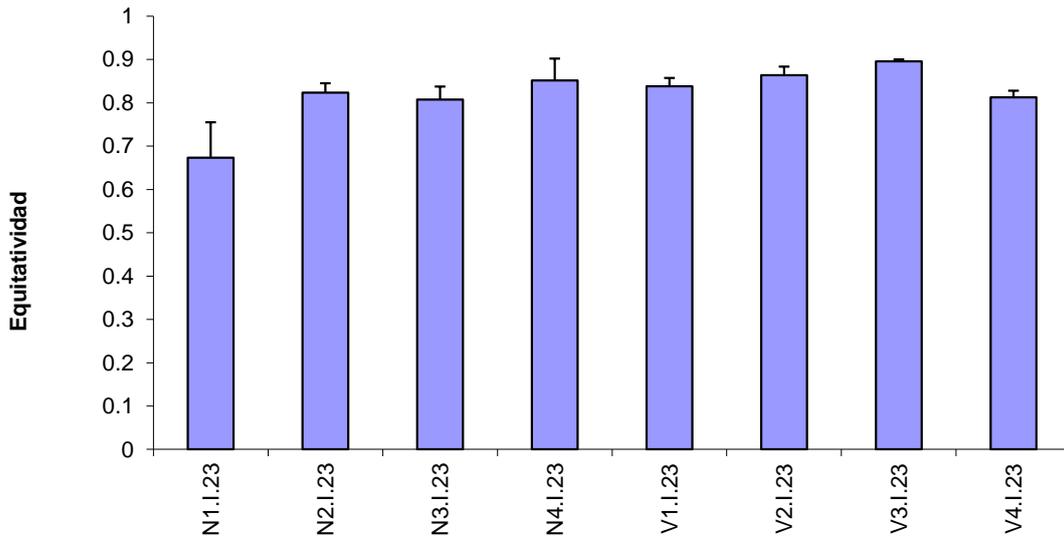
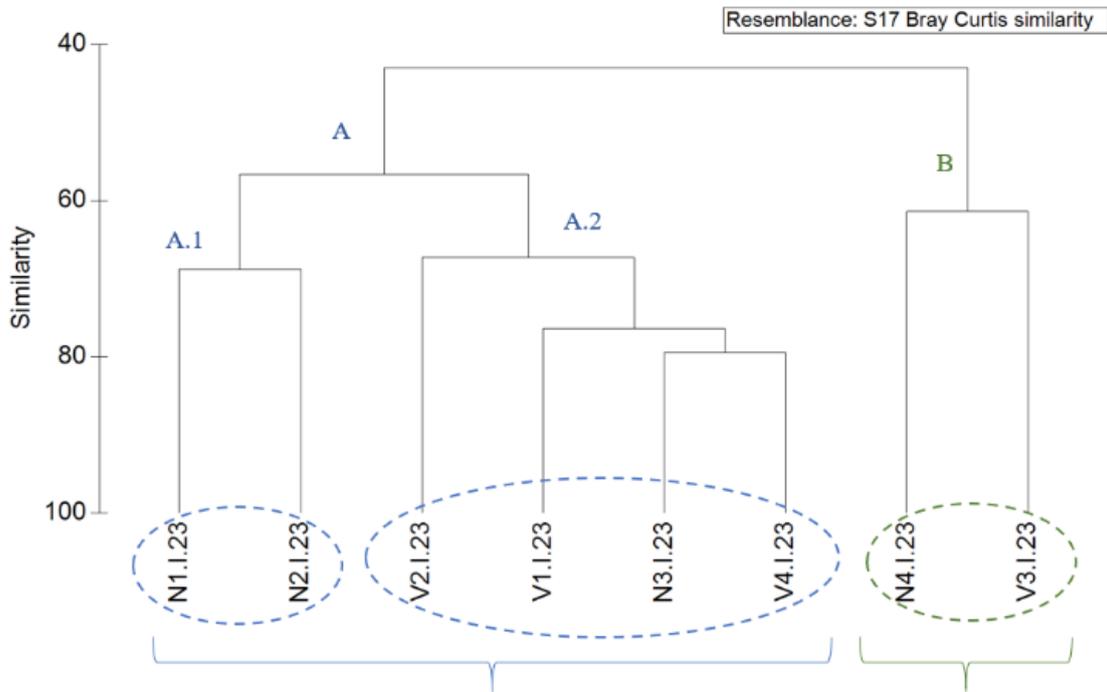


Figura 3.20. Equitatividad media de poliquetos en cada estación.

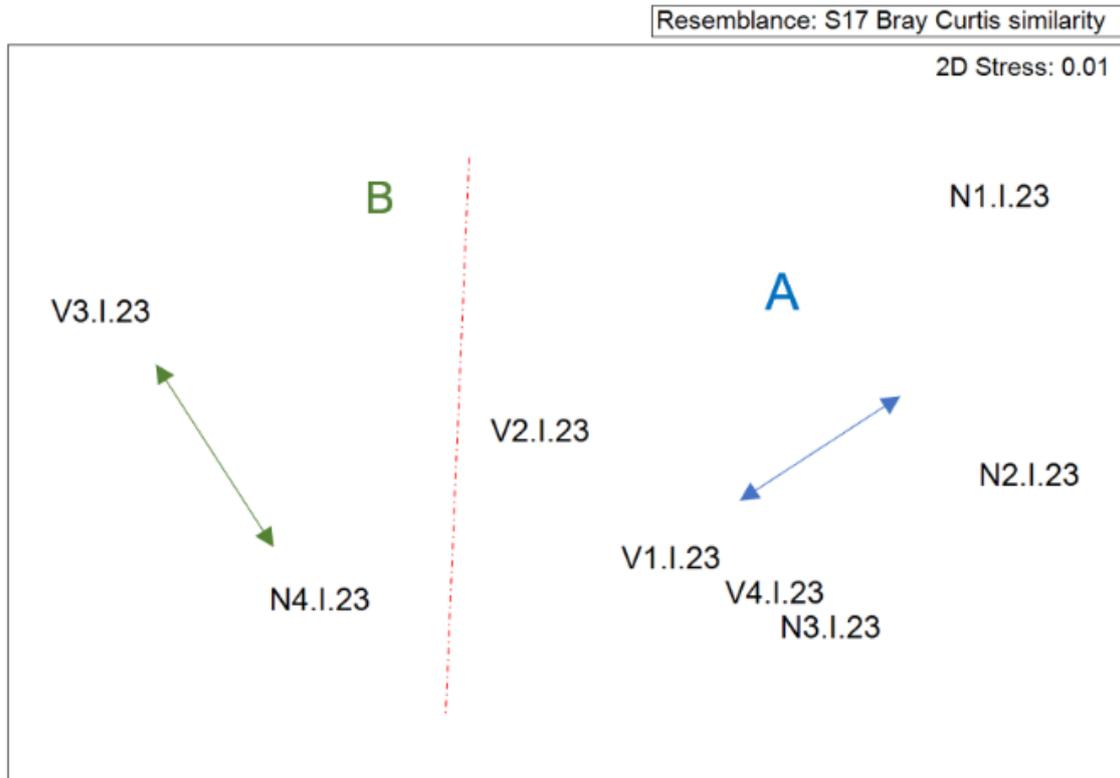
### **Análisis multivariante.**

Mediante el *cluster* realizado (fig. 3.21) se observa la formación de dos grupos principales con una disimilitud superior al 56%. El grupo A, establecido por la mayoría las estaciones (similitud del 64%) y el grupo B establecido por las estaciones V3 y N4 (similitud del 61%). En el grupo A, se observa cierta agrupación de las muestras atendiendo al transecto, mostrando una segregación de las muestras N1 y N2 (subgrupo A1) y las estaciones del vertido V1, V2, V4, junto a N3).



**Figura 3.21.** 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) (fig. 3.22) se puede apreciar, la segregación de los distintos grupos establecidos. Así como la segregación dentro de cada grupo, en cuanto a la estructura y composición de las familias de poliquetos, atendiendo al factor transecto.



**Figura 3.22.** 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 ( $R=0.094$ ,  $p=0.257$ ), ni para las distintas distancias ( $R=-0.5$  y  $p=1$ ).

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.

En la tablas 3.19 y 3.20 se presentan los resultados del análisis SIMPER, indicando las familias de poliquetos que son las responsables de las similitudes o disimilitudes observadas entre las distintas estaciones estudiadas.

Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae y Cirratulidae son las implicadas en el 75.4% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A. En las estaciones incluidas en el grupo B son las familias Syllidae, Onuphidae, Lumbrinereidae, Capitellidae y Dorvilleidae las que contribuyen casi al 69% de la similitud detectada.

**Tabla 3.19** 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.

Grupo	Familia	AM	PA
<b>A</b>			
<b>SM: 63.77</b>			
	Paraonidae	504.17	28.36
	Lumbrineridae	300	50.13
	Capitellidae	256.94	68.96
	Cirratulidae	92.36	75.4
<b>B</b>			
<b>SM: 61.41</b>			
	Syllidae	241.67	23.01
	Onuphidae	233.33	43.36
	Lumbrineridae	112.5	53.98
	Capitellidae	112.5	63.72
	Dorvilleidae	95.83	69.03

Las familias Paraonidae, Syllidae, Lumbrineridae, Onuphidae y Capitellidae, son las implicadas en la disimilitud detectada entre los dos grupos principales establecidos. Dicha disimilitud es debida al dominio de las familias Paraonidae, Lumbrinereidae y Capitellidae en las estaciones incluidas en el grupo A, siendo la abundancia de la familia Syllidae y Onuphidae superior en las estaciones incluidas en el grupo B (N4 y V3).

Si nos centramos en el grupo A, observamos que las mayores diferencias entre los dos subgrupos se deben al dominio de las familias Paraonidae y Spionidae en las estaciones del Norte (N1 y N2), siendo la familia Capitellidae algo superior en las estaciones del transecto vertido.

**Tabla 3.20** 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.

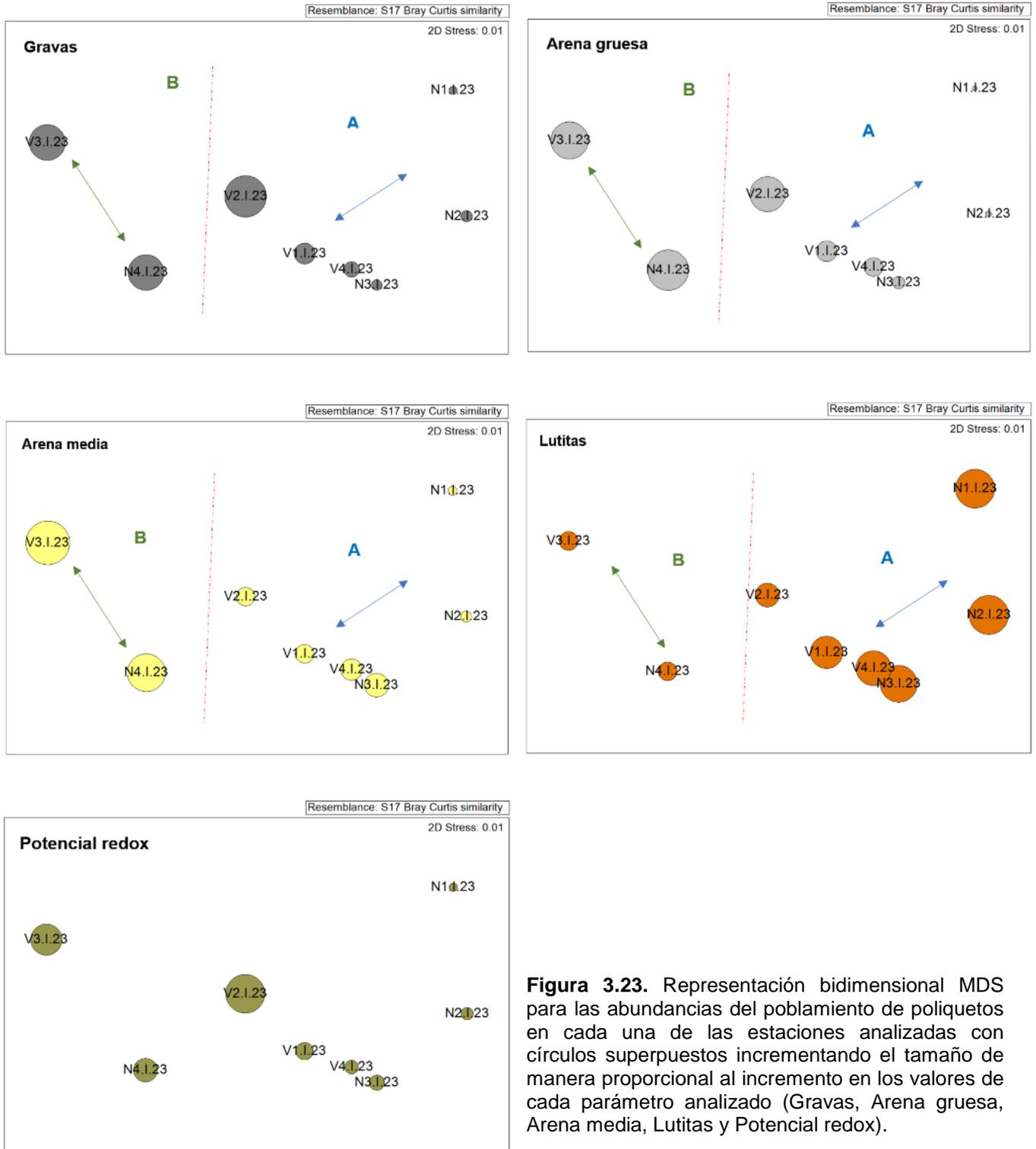
Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
<b>A / B</b>				
<b>DM: 56.98</b>				
	Paraonidae	504.17	129.17	19.16
	Syllidae	40.28	241.67	29.74
	Lumbrineridae	300	112.5	39.7
	Onuphidae	52.08	233.33	49.2
	Capitellidae	256.94	112.5	56.97
<b>A1 / A2</b>				
<b>DM: 43.31</b>				
	Paraonidae	854.17	329.17	32.05
	Spionidae	239.58	31.25	44.85
	Lumbrineridae	300	300	52.54
	Capitellidae	187.5	291.67	58.95

Mediante el procedimiento RELATE se observa correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz de los factores ambientales estudiados en su conjunto (granulometría, materia orgánica, salinidad Eh y pH). Se obtiene un nivel de significación de un 0.4% y con un Rho =0.541 (Tabla 3.21). Al analizar por separado cada uno de los factores ambientales se observa que la composición granulométrica (%gravas, % Arena gruesa, % Arena media, % lutitas) junto al potencial redox, son los principales factores implicados.

**Tabla 3.21.** Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

Parámetros ambientales	Rho	p
<b>% Gravas</b>	0.498	1.6%
<b>% A. gruesa</b>	0.736	0.1%
<b>% A. media</b>	0.754	<b>0.1%</b>
<b>% A. fina</b>	0.082	35.7%
<b>% Lutitas</b>	0.775	0.1%
<b>Materia orgánica</b>	0.123	22.7%
<b>ph</b>	0.470	4.9%
<b>Eh</b>	-0.212	73.9%
<b>Salinidad</b>	-0.059	54.5%
<b>Factores totales</b>	0.541	0.4%

Mediante la representación bidimensional con círculos superpuestos (fig. 23) se observa que las estaciones incluidas en el grupo B (V3 y N4) las que presentan un mayor porcentaje de la fracción gruesa, mostrando valores menos reducidos de potencial redox.



**Figura 3.23.** 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 gruesa, Arena media, Lutitas y Potencial redox).

Por otro lado, las estaciones agrupadas en el grupo A, que incluye las estaciones próximas al vertido de aguas residuales, muestran mayores porcentajes de la fracción fina (lutitas) y las fracciones de sedimentos más gruesos están más reducidos.

### **Valoración invierno 2023**

El poblamiento de poliquetos no muestra una segregación en cuanto a la estructura y composición de las familias de poliquetos relacionada con la presencia del vertido. De hecho, durante esta campaña del invierno de 2023 las estaciones V2 y V3 son las que muestran mayores valores de riqueza. Se sigue manteniendo, una cierta segregación de las estaciones localizadas en el transecto Norte, principalmente las ubicadas en N1, N2, estaciones donde los valores de diversidad y equitatividad han sido inferiores, probablemente debido a la presencia cercana del vertido de aguas residuales.

Cabe destacar la agrupación de la mayoría de las estaciones, mostrando una similitud casi al 64%, pero dentro de este grupo las muestras mantienen cierta segregación atendiendo a la estructura y composición de las familias., mostrando un dominio de las familias Paraonidae y Spionidae en las estaciones del norte, N1 y N2.

La principal segregación detectada ha sido en las estaciones N4 y V3, donde el dominio de las familias Syllidae y Onuphidae ha sido mayor. Estaciones caracterizadas por presentar mayores porcentajes de la fracción gruesa del sedimento.

### 3.5.4.- Fauna general en la campaña de verano de 2023.

Se han obtenido un total 2687 individuos clasificados en 26 grupos taxonómicos diferentes, entre los cuales dominan la clase Polychaeta con 2095 individuos (59.7%); seguida por la clase Bivalvia con 186 individuos (5.4%) y el orden Amphipoda con 74 individuos (2.15%). Estos grupos están presentes en las ocho estaciones muestreadas (Tabla 3.22).

**Tabla 3.22.** Abundancias medias (nº ind/m<sup>2</sup>) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación en el verano de 2023.

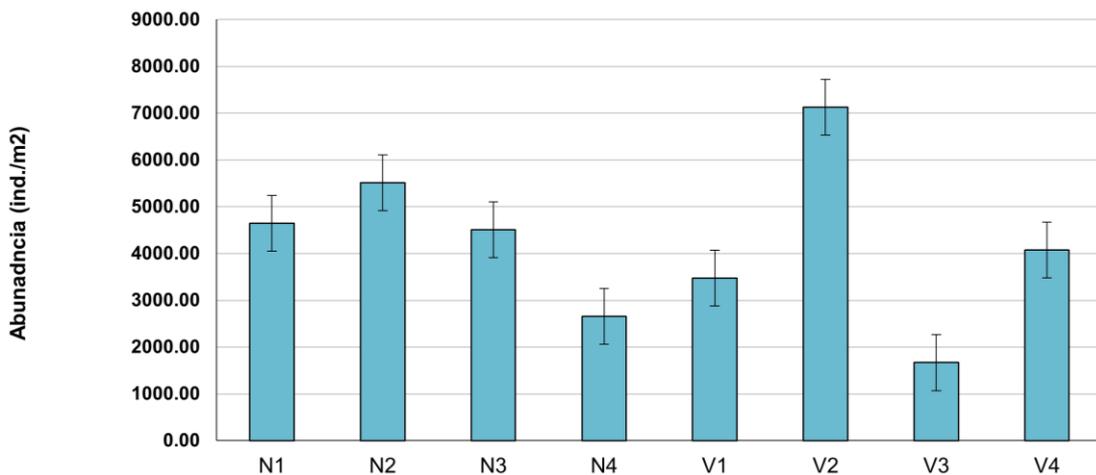
	Transecto NORTE				Transecto VERTIDO			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Hidrozoa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Anthozoa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nemertino	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	8.33	0.00	0.00
Nematoda	8.33	0.00	16.67	8.33	0.00	66.67	66.67	0.00
Polychaeta	2541.67	3050.00	2425.00	850.00	1716.67	3691.67	858.33	2025.00
Platelminta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sipuncula	0.00	16.67	0.00	25.00	16.67	50.00	8.33	0.00
Oligochaeta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Copepoda	33.33	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Leptostraca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	91.67	133.33	83.33	16.67	8.33	50.00	0.00	141.67
Mysidacea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tanaidacea	58.33	75.00	58.33	25.00	100.00	8.33	41.67	33.33
Isopoda	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00	0.00
Stomatopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amphipoda	58.33	116.67	91.67	58.33	133.33	91.67	16.67	50.00
Decapoda	0.00	25.00	16.67	16.67	8.33	58.33	0.00	8.33
Pycnogonida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acari	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Placophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Scaphopoda	8.33	0.00	0.00	266.67	0.00	8.33	8.33	16.67
Gastropoda	33.33	25.00	83.33	133.33	16.67	66.67	16.67	50.00
Bivalvia	108.33	116.67	125.00	283.33	225.00	358.33	75.00	258.33
Asteroidea	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Ophiuroidea	150.00	91.67	83.33	66.67	41.67	50.00	8.33	116.67

	Transecto NORTE				Transecto VERTIDO			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Echinoidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Holothurioidea	0.00	0.00	8.33	0.00	8.33	16.67	0.00	8.33
Phoronis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
Cephalochordata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
Pennatulacea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### Análisis univariante

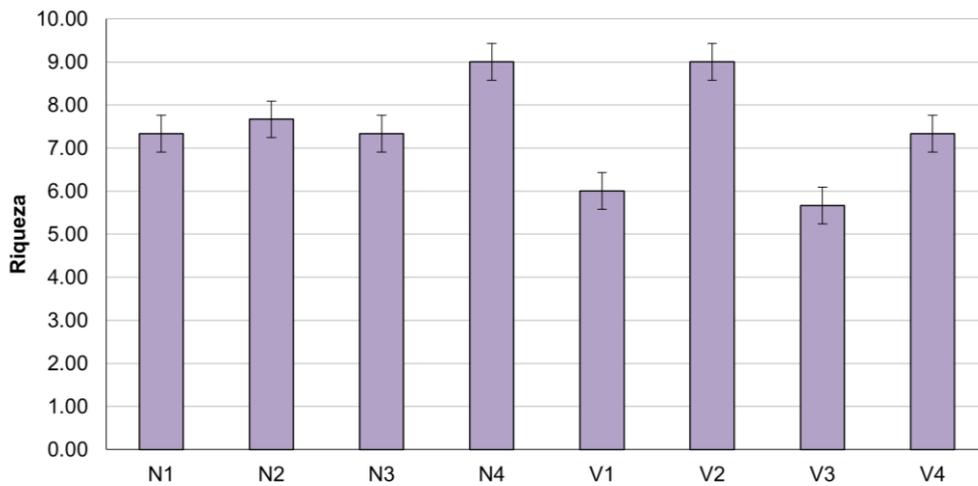
Para el estudio de la estructura de la infauna asociada a fondos blandos, se analizaron la abundancia de organismos y la riqueza taxonómica por separado, mediante un análisis de la varianza (ANOVA) y el índice BOPA.

Respecto a la abundancia, se detectan diferencias significativas en el factor distancia. Teniendo en cuenta el transecto del vertido, existen diferencias significativas entre las estaciones V2/V4 y V2/V3. El mayor valor de abundancia media (Figura 3.24) se encuentra en la estación en V2 (7130.33 ind/m<sup>2</sup>), y el valor más bajo de abundancia media se obtiene en la estación V3 (1666.67 ind/m<sup>2</sup>).



**Figura 3.24.** Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en verano de 2023.

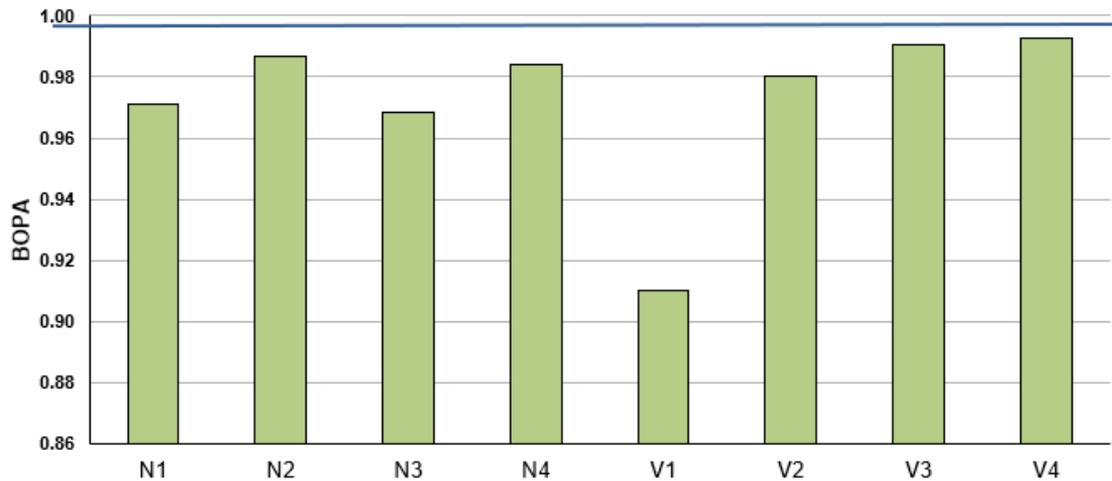
En el caso de la riqueza taxonómica no se detectan diferencias significativas para ninguno de los factores analizados. Sin embargo, puede observarse como en el transecto vertido, la riqueza alcanza su valor más elevado en la estación V2 (9 taxones/m<sup>2</sup>), mientras que en el transecto norte esto sucede en la estación N4 (9 taxones/m<sup>2</sup>) (la estación más alejada de este transecto). Las estaciones que presentan los valores de riqueza más bajos son V1 (6 taxones/m<sup>2</sup>) y V3 (5.67 taxones/m<sup>2</sup>) (Figura 3.25).



**Figura 3.25.** Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en verano de 2023.

Por lo que se refiere al índice BOPA todas las estaciones obtuvieron valores por encima del límite bueno/moderado (>0.6) y por debajo del límite muy bueno/bueno (<1). Los resultados del ANOVA indican que existen diferencias significativas en el factor distancia y en la interacción de los factores distancia y transecto.

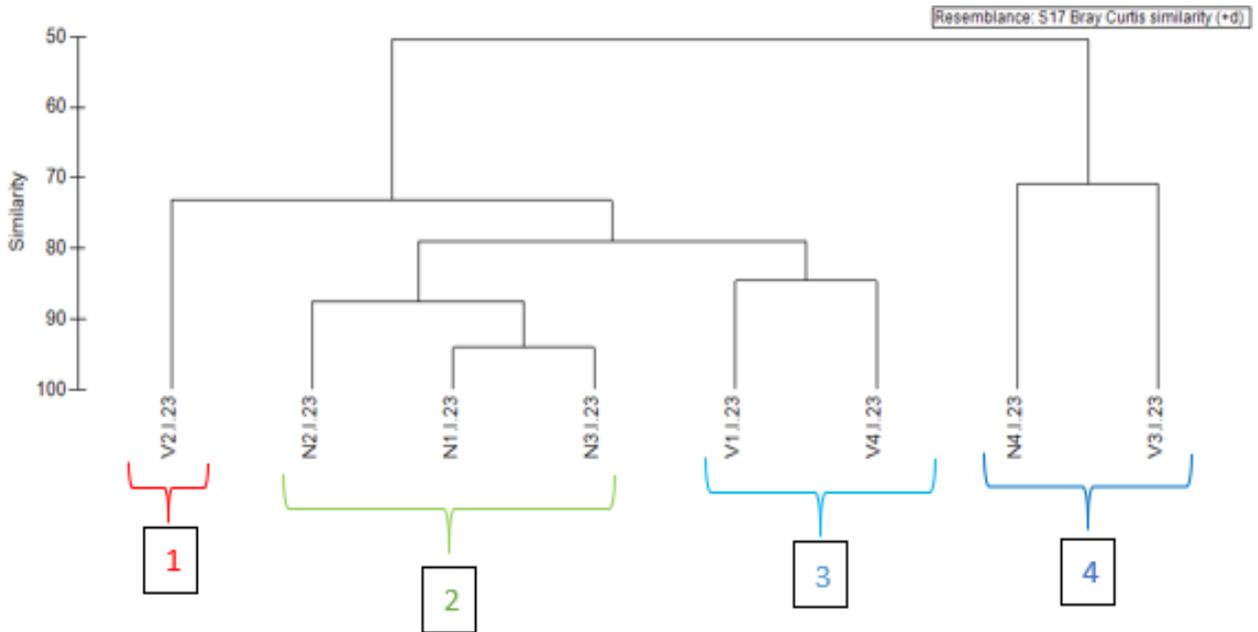
En el transecto del vertido existen diferencias significativas entre las siguientes estaciones: V2/V1, V3/V1 y V4/V1. Teniendo en cuenta la distancia al vertido; existen diferencias significativas entre ambos transectos a la distancia 1. Es decir, entre las estaciones N1 y V1 (Figura 3.26).



**Figura 3.26.** Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en verano de 2023. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015).

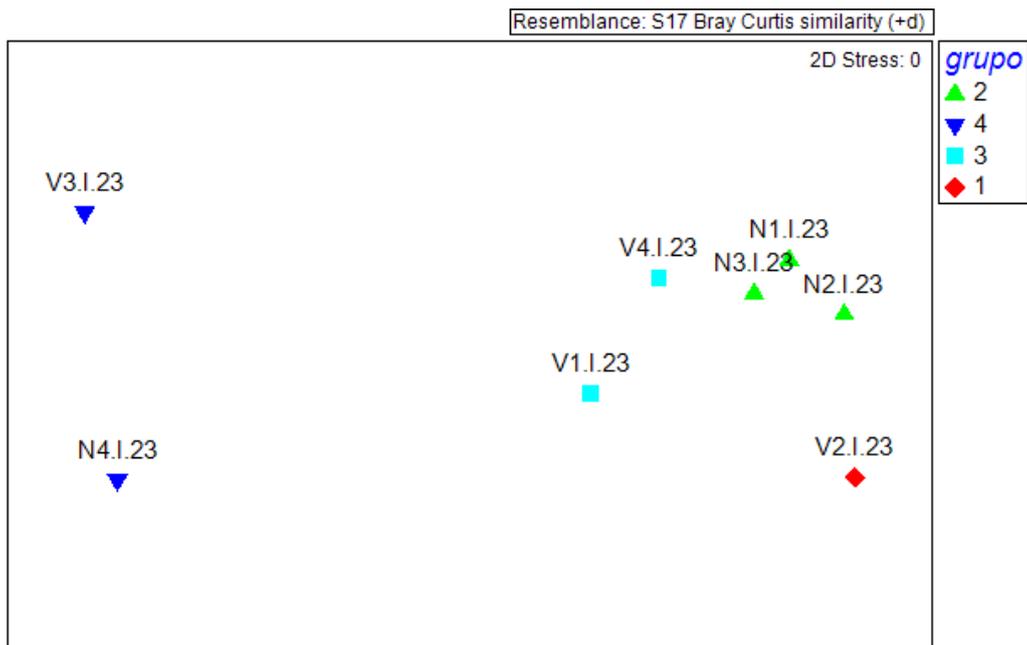
### **Análisis multivariante**

El dendrograma de similitud (Figura 3.27) muestra como las estaciones forman cuatro grupos diferenciados. El grupo 1 lo forma exclusivamente la estación V2, el grupo 2 lo forman las estaciones N2, N1 y N3, el grupo 3 lo forman las estaciones V1 y V4, y finalmente el grupo 4 lo forman las estaciones N4 y V3.



**Figura 3.27.** Representación del *cluster* respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo en el verano de 2023.

En el gráfico bidimensional que representa el ordenamiento multiescalar (MDS, Figura 3.28) se puede observar la distribución de las estaciones en función de su similitud.



**Figura 3.28.** Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo en el verano de 2023.

Al aplicar el análisis de similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas para el factor transecto, con un nivel de significación del 62.9% y un  $R = -0.063$ ; ni se observan diferencias en el factor distancia al vertido, siendo el nivel de significación de 62.9%, con un  $R = -0.063$ .

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. La estación V2 (grupo 1) no muestra porcentaje de similitud al ser un grupo formado por una única estación. Para el resto de grupos (2, 3 y 4) los taxones que más contribuyen a su similitud fueron los poliquetos, los bivalvos y los cumáceos (estos últimos únicamente en el grupo 2) (Tabla 3.23).

**Tabla 3.23.** Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. SM: Similitud media entre cada estación. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Grupo	Organismo	AM	PA
<b>1</b>			
<b>2</b>			
<b>SM: 89.79%</b>			
	Polychaeta	2672.22	84.55
	Bivalvia	116.67	88.37
	Cumacea	102.78	91.32
<b>3</b>			
<b>SM: 84.62%</b>			
	Polychaeta	1870.83	81.42
	Bivalvia	241.67	92.09
<b>4</b>			
<b>SM: 70.93%</b>			
	Polychaeta	854.17	83.61
	Bivalvia	179.17	90.98

Al analizar la disimilitud entre los grupos, se observa como el grupo I se diferencia por presentar mayores abundancias de poliquetos y de bivalvos con respecto al resto de grupos. (Tabla 3.24). El resto de grupos (2, 3 y 4) presentan una mayor abundancia y variedad de agrupaciones faunísticas, como lo son los escafópodos los cumáceos o las holoturias.

**Tabla 3.24.** Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

Grupo	Organismo	AM x	AM y	PA
<b>2 &amp; 4</b>				
<b>DM: 52.08</b>				
	Polychaeta	2672.22	854.17	74.52
	Scaphopoda	2.78	137.50	79.71
	Bivalvia	116.67	179.17	83.83
	Cumacea	102.78	8.33	87.71
	Ophiuroidea	108.33	37.50	90.74
<b>2 &amp; 3</b>				
<b>DM: 20.94</b>				
	Polychaeta	2672.22	1870.83	66.29
	Bivalvia	116.67	241.67	76.67
	Cumacea	102.78	75.00	82.32
	Ophiuroidea	108.33	79.17	86.46
	Amphipoda	88.89	91.67	89.95
	Tanaidacea	63.89	66.67	92.75
<b>4 &amp; 3</b>				
<b>DM: 41.01</b>				
	Polychaeta	854.17	1870.83	63.25
	Scaphopoda	137.50	8.33	70.96
	Bivalvia	179.17	241.67	77.83
	Cumacea	8.33	75.00	82.08
	Amphipoda	37.50	91.67	85.96
	Gastropoda	75.00	33.33	89.39
	Ophiuroidea	37.50	79.17	92.78
<b>2 &amp; 1</b>				
<b>DM: 21.88</b>				
	Polychaeta	2672.22	3691.67	60.32
	Bivalvia	116.67	358.33	74.48
	Ophiuroidea	108.33	50.00	77.92
	Nematoda	8.33	66.67	81.32
	Tanaidacea	63.89	8.33	84.56
	Cumacea	102.78	50.00	87.61
	Sipuncula	5.56	50.00	90.23
<b>4 &amp; 1</b>				
<b>DM: 59.01</b>				
	Polychaeta	854.17	3691.67	80.49
	Bivalvia	179.17	358.33	85.74
	Scaphopoda	137.50	8.33	89.20
	Gastropoda	75.00	66.67	90.84

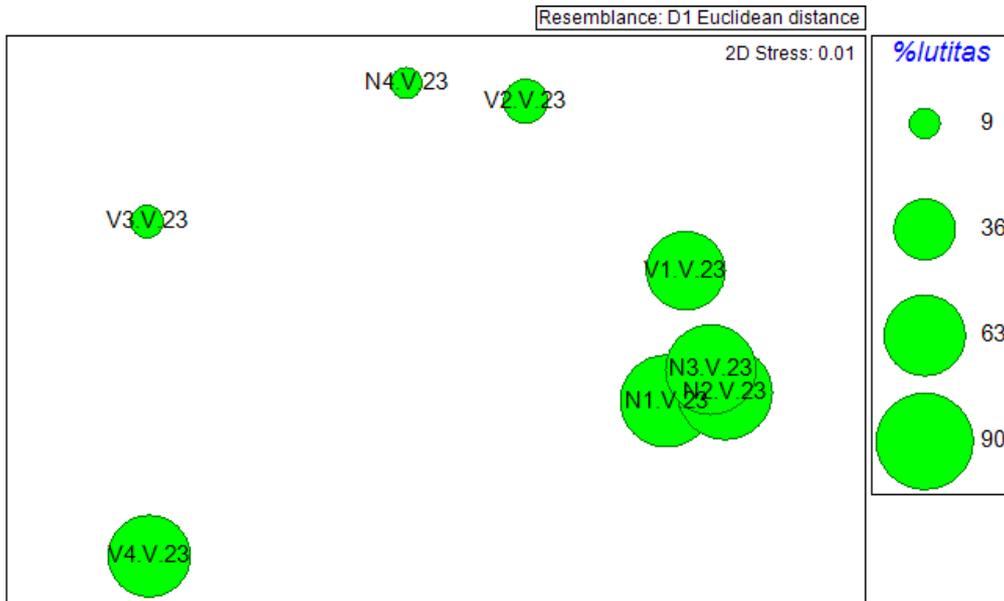
Grupo	Organismo	AM x	AM y	PA
<b>3 &amp; 1</b>				
<b>DM: 34.03</b>				
	Polychaeta	1870.83	3691.67	76.18
	Bivalvia	241.67	358.33	81.07
	Nematoda	0.00	66.67	83.85
	Cumacea	75.00	50.00	86.60
	Tanaidacea	66.67	8.33	89.07
	Decapoda	8.33	58.33	91.16

Se emplea el procedimiento RELATE para analizar la correlación de la comunidad con cada parámetro ambiental: salinidad, granulometría, materia orgánica, pH y potencial RedOx. Se detectaron correlaciones significativas en los valores de porcentaje de lutitas y potencial redox (<0.05) (Tabla 3.25).

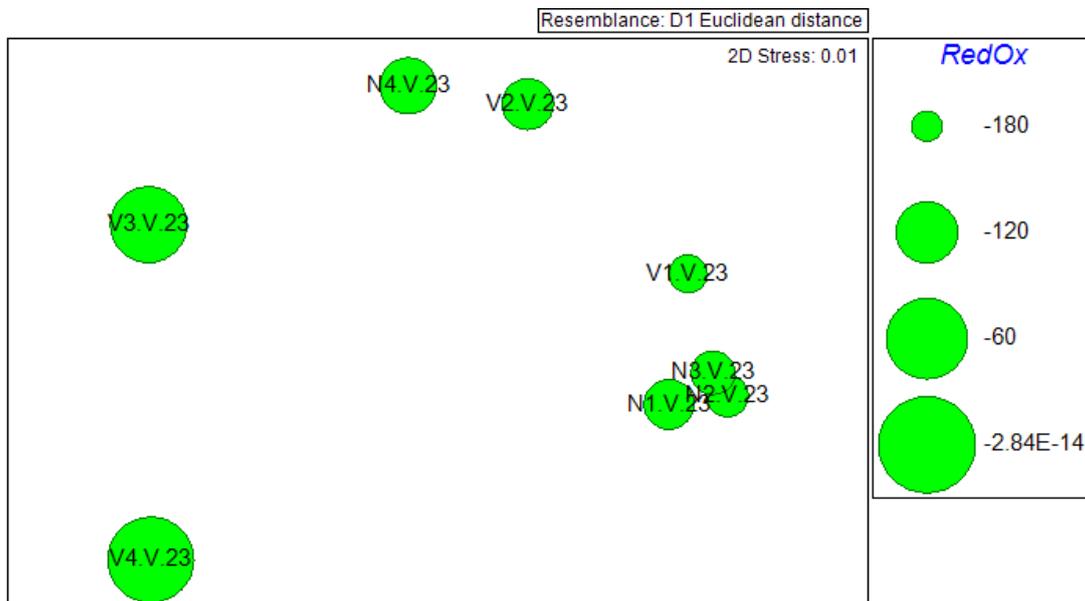
**Tabla 3.25.** Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

Factores ambientales	Rho	P
% Gravas	0.085	0.306
% Arenas gruesas	0.333	0.112
% Arenas medias	0.239	0.15
% Arenas finas	0.078	0.545
% Lutitas	0.398	<b>0.036</b>
Potencial Redox	0.845	<b>0.002</b>
Salinidad	-0.092	0.585
Materia orgánica	0.369	0.053
pH	-0.246	0.907

A partir de los resultados obtenidos en el RELATE, se representaron las estaciones en un MDS en función a su similitud, teniendo en cuenta la comunidad de infauna. Se representaron cada una de las variables ambientales que han demostrado influir de forma significativa en su composición (figuras 3.29 y 3.30).



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



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

### 3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en verano 2023.

Se han analizado un total de 2052 individuos pertenecientes a 41 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 611 individuos, representando el 29.8% de todos los individuos analizados, seguida de las familias Syllidae de la que se identificaron 226 individuos (11%), Lumbrineridae, con 202 individuos (9.8%). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos que el 5 % del total analizado (tabla 3.26).

**Tabla 3.26.** Abundancias medias (nº ind/m<sup>2</sup>) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones de los transectos Norte y Vertido en el verano de 2023.

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Apistobranchidae	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ampharetidae	8.33	0.00	16.67	8.33	16.67	66.67	8.33	25.00
Capitellidae	91.67	116.67	116.67	16.67	150.00	83.33	8.33	66.67
Chaetopteridae	0.00	0.00	0.00	8.33	8.33	33.33	0.00	0.00
Cirratulidae	50.00	75.00	66.67	16.67	75.00	8.33	0.00	33.33
Cossuridae	16.67	33.33	25.00	0.00	8.33	0.00	0.00	50.00
Crysoptelidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
Dorvilleidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	241.67	100.00	33.33
Eunicidae	25.00	16.67	41.67	125.00	58.33	400.00	58.33	58.33
Flabelligeridae	25.00	58.33	41.67	50.00	33.33	166.67	16.67	41.67
Glyceridae	8.33	141.67	0.00	0.00	41.67	41.67	0.00	25.00
Goniadidae	8.33	33.33	0.00	0.00	41.67	16.67	8.33	0.00
Hesionidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.67	0.00	0.00
Lumbrineridae	325.00	466.67	308.33	33.33	200.00	125.00	58.33	166.67
Lacydoniidae	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00
Magelonidae	41.67	50.00	175.00	16.67	150.00	33.33	8.33	116.67
Maldanidae	41.67	33.33	41.67	8.33	0.00	75.00	8.33	41.67
Nephtyidae	16.67	16.67	8.33	8.33	25.00	8.33	8.33	0.00
Nereididae	8.33	25.00	8.33	8.33	8.33	83.33	133.33	58.33
Oeonidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	8.33	8.33
Onuphidae	16.67	8.33	0.00	91.67	75.00	250.00	25.00	41.67
ophelliidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00	0.00
Orbiniidae	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Oweniidae	25.00	83.33	16.67	25.00	75.00	91.67	41.67	91.67
Paralacydiionidae	0.00	0.00	8.33	0.00	16.67	0.00	0.00	8.33
Paraonidae	1525.00	1416.67	1266.67	191.67	341.67	75.00	16.67	258.33
Pectinariidae	33.33	0.00	16.67	8.33	8.33	0.00	8.33	8.33
Phyllodocidae	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	66.67	16.67	33.33
Pilargidae	0.00	8.33	0.00	25.00	66.67	33.33	0.00	0.00
Pisionidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Poecilochaetidae	116.67	258.33	25.00	0.00	108.33	33.33	33.33	0.00
Polynoidae	16.67	8.33	16.67	0.00	0.00	16.67	0.00	0.00
Sabellidae	16.67	41.67	116.67	91.67	133.33	225.00	41.67	100.00
Scalibregmatidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33
Serpulidae	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	50.00	0.00	0.00
Sigalionidae	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	33.33	8.33	16.67
Spionidae	91.67	133.33	75.00	25.00	0.00	266.67	8.33	41.67
Sternaspidae	8.33	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Syllidae	0.00	0.00	0.00	58.33	25.00	925.00	208.33	666.67
Terebellidae	16.67	0.00	25.00	16.67	25.00	58.33	16.67	8.33
Trichobranchidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33

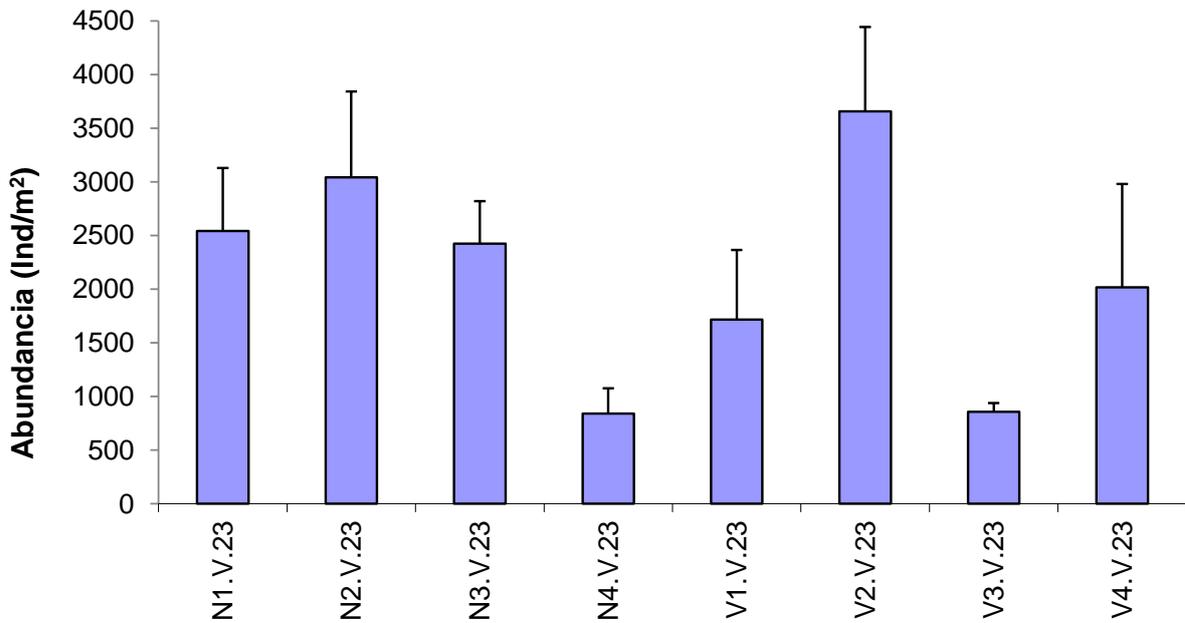
Las familias Capitellidae, Eunicidae, Flabelligeridae, Lumbrineridae, Magelonidae, Nereididae, Oweniidae, Paraonidae y Sabellidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. Durante esta campaña de muestreo, las familias Apistobranchidae, Ampharetidae, Chaetopteridae, Cossuridae, Chrysopetalidae, Hesionidae, Goniadidae, Lacydonidae, Nepthyidae, Oeonidae, Opheliidae, Orbiniidae, Paralacydoniidae, Pectinariidae, Phyllodocidae, Pilargidae, Pisionidae, Polynoidae, Scalibregmatidae, Serpulidae, Sternaspidae, Sigalionidae, Terebellidae y Trichobranchidae aparecen con abundancias inferiores al 1%, por lo que se considerarían familias con un alto nivel de rareza en esta campaña de muestreo (alrededor del 59% 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.

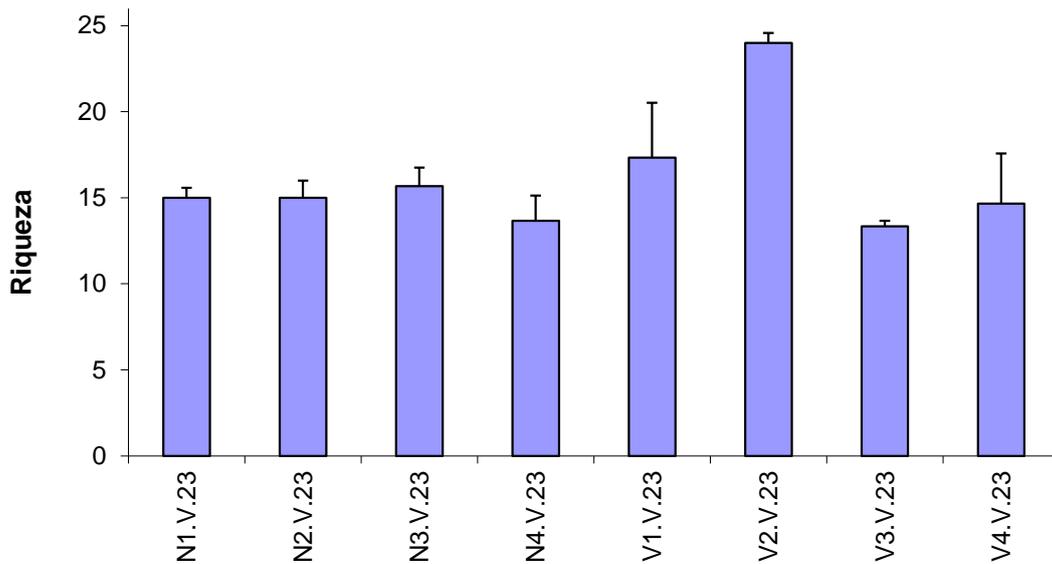
Considerando los valores de abundancia no se detectan diferencias significativas para la interacción entre los dos factores analizados (transecto x distancia) ( $p=0.4131$ ). Se detectan diferencias significativas para uno de los factores estudiados (Distancia,  $p=0.033$ ).

Estas diferencias vienen marcadas por el incremento de las abundancias en la distancia 2, respecto a las distancias 3 y 4. Cabe destacar que la distancia 2 del transecto vertido es la estación donde se obtienen los mayores valores de abundancia de poliquetos (figura 3.31).



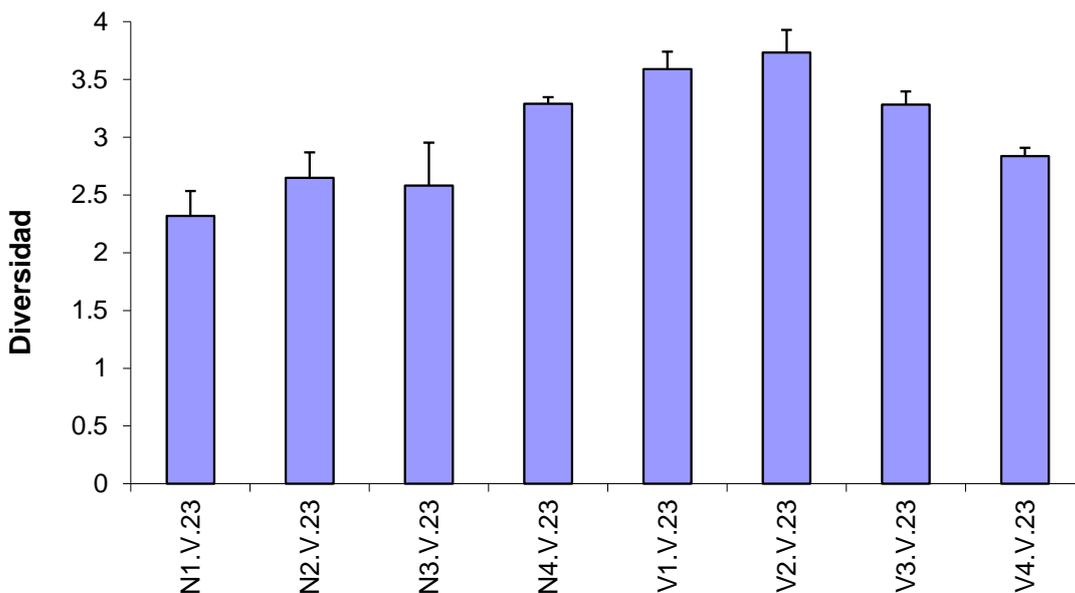
**Figura 3.31:** Abundancia media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la riqueza, se detectaron diferencias significativas para la interacción entre los dos factores analizados (transecto x distancia  $p=0.02886$ ). Tras realizar el test a posteriori se observa que las diferencias vienen marcadas por el incremento de la riqueza de familias de poliquetos en la estación V2, respecto a la N2, así como al incremento en la estación V2 respecto al resto de las estaciones localizadas en el transecto del Vertido, no detectándose diferencias en las estaciones localizadas en el transecto Norte.



**Figura 3.32:** 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, principalmente en las distancias 1, 2 y 3. Esto puede indicar un mayor empobrecimiento en el poblamiento de poliquetos de dichas estaciones durante esta campaña, respecto al resto de las estaciones. Cabe destacar los mayores valores detectados en la estación próxima al vertido.



**Figura 3.33:** Diversidad media de poliquetos en cada estación.

Los valores de equitatividad en la zona de estudio oscilan entre una equitatividad de 0.6 y 0.8. Los valores más bajos se observan en las estaciones del Norte (N1, N2 y N3), estaciones en las que un menor número de familias son las dominantes.

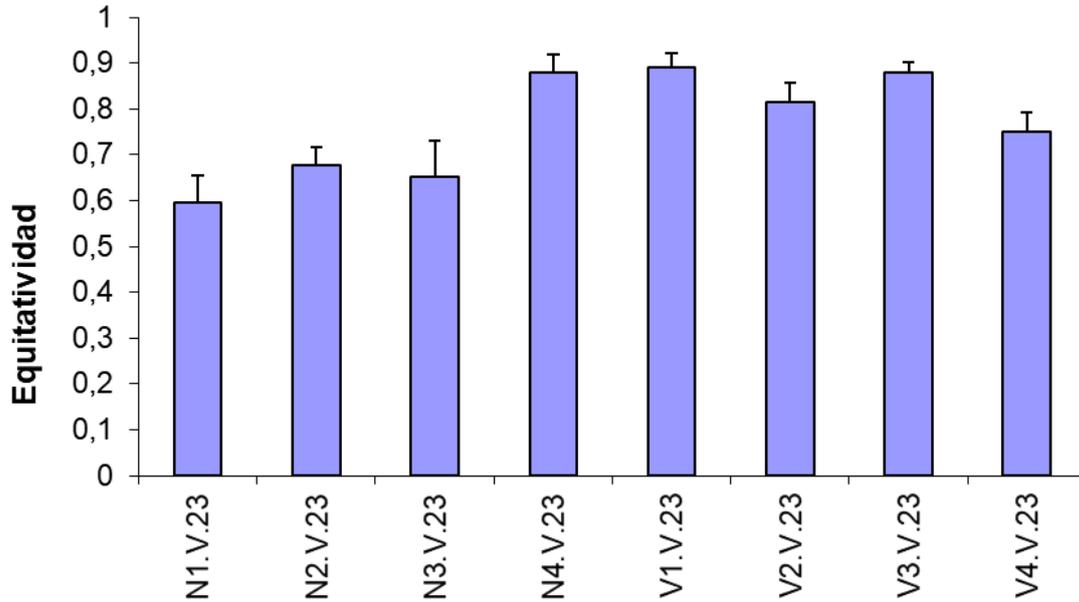
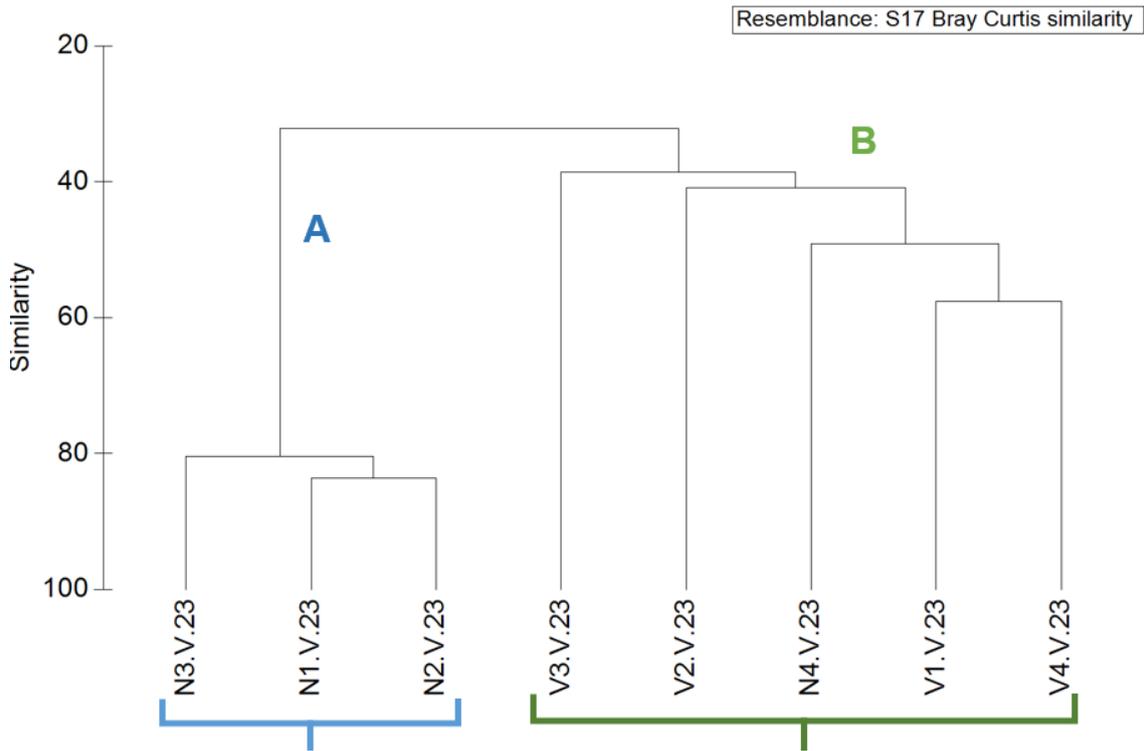


Figura 3.34: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.

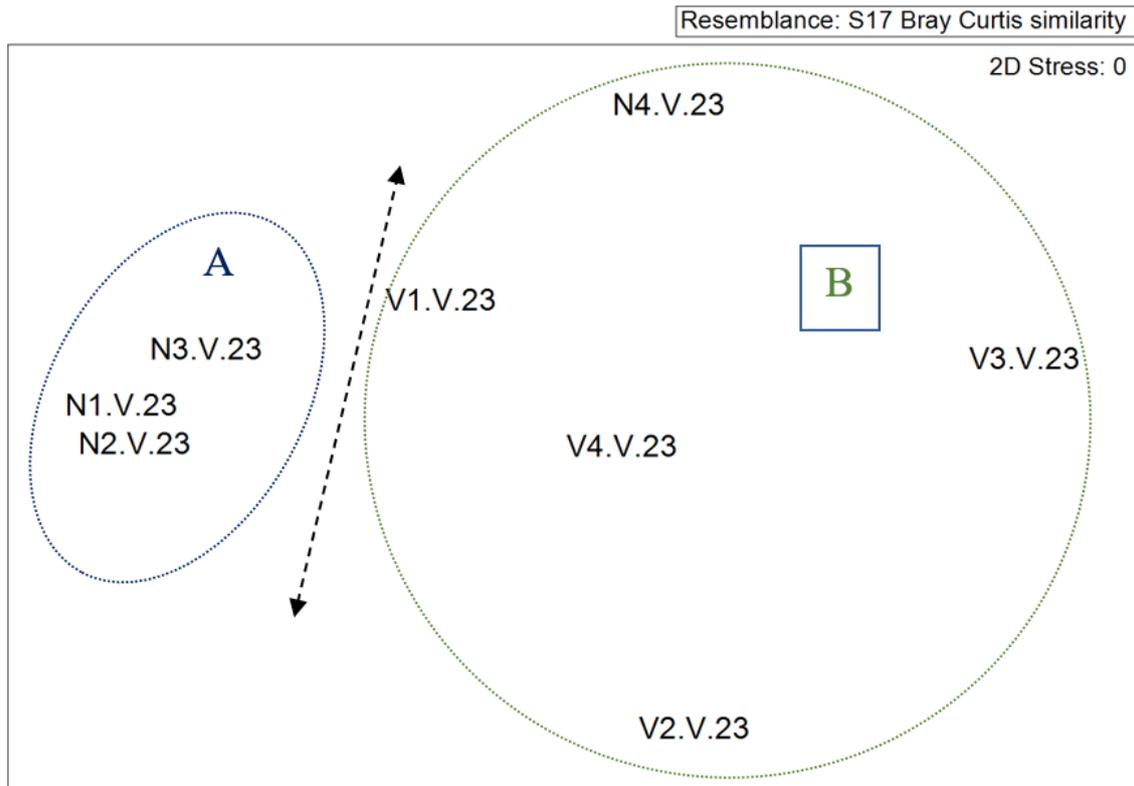
### Análisis multivariante

En el cluster (figura 3.35) podemos observar la formación de dos grupos principales con una disimilitud de casi un 68%; el grupo A (**azul**) establecido por las estaciones localizadas al norte (N1, N2, N3), con una similitud de superior al 80%. El grupo B (**verde**), está constituido por las estaciones localizadas en el vertido, junto a N4; mostrando una similitud alrededor del 43%.



**Figura 3.35:** 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) (figura 3.36) se puede apreciar, de forma visual, la existencia de una variación espacial de las muestras. Se mantiene la segregación entre la mayoría de las estaciones del transecto norte y las del vertido en cuanto a la composición del poblamiento de poliquetos.



**Figura 3.36:** 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 ( $p=0.114$  y  $R= -0.188$ ), ni entre los distintos transectos ( $p=0.696$ ,  $R=0.323$ ).

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

En la tabla 3.22 se observa como las familias Paraonidae, Lumbrinereidae y Capitellidae están implicadas en casi el 80% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A. Las estaciones incluidas en el grupo B presentan un porcentaje de similitud de un 43.25%. En este caso, son las familias Syllidae, Paraonidae, Sabellidae, Eunicidae, Lumbrineridae, Onuphidae y Oweniidae son las que contribuyen en un 69% de la similitud.

**Tabla 3.27.** 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.

Grupo	Familia	AM	PA
<b>A</b>			
SM: 81.42			
	Paraonidae	1402.78	60.63
	Lumbrineridae	366.67	75.09
	Capitellidae	108.33	79.7
<b>B</b>			
SM: 43.25			
	Syllidae	376.67	15.47
	Paraonidae	176.67	28.46
	Sabellidae	118.33	38.72
	Eunicidae	140.00	47.87
	Lumbrineridae	116.67	57.01
	Onuphidae	96.67	63.27
	Oweniidae	65.00	69.23

Las familias, Paraonidae, Syllidae, y Lumbrineridae son las principales responsables de la mayor diferencia entre los grupos establecidos. La disimilitud se debe, principalmente al dominio de las familias Paraonidae en la mayoría de las estaciones del norte (N1, N2 y N3)), mientras que en las estaciones localizadas en el transecto vertido, junto a N4, es la familia Syllidae las que presentan mayores abundancias.

**Tabla 3.28.** 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.

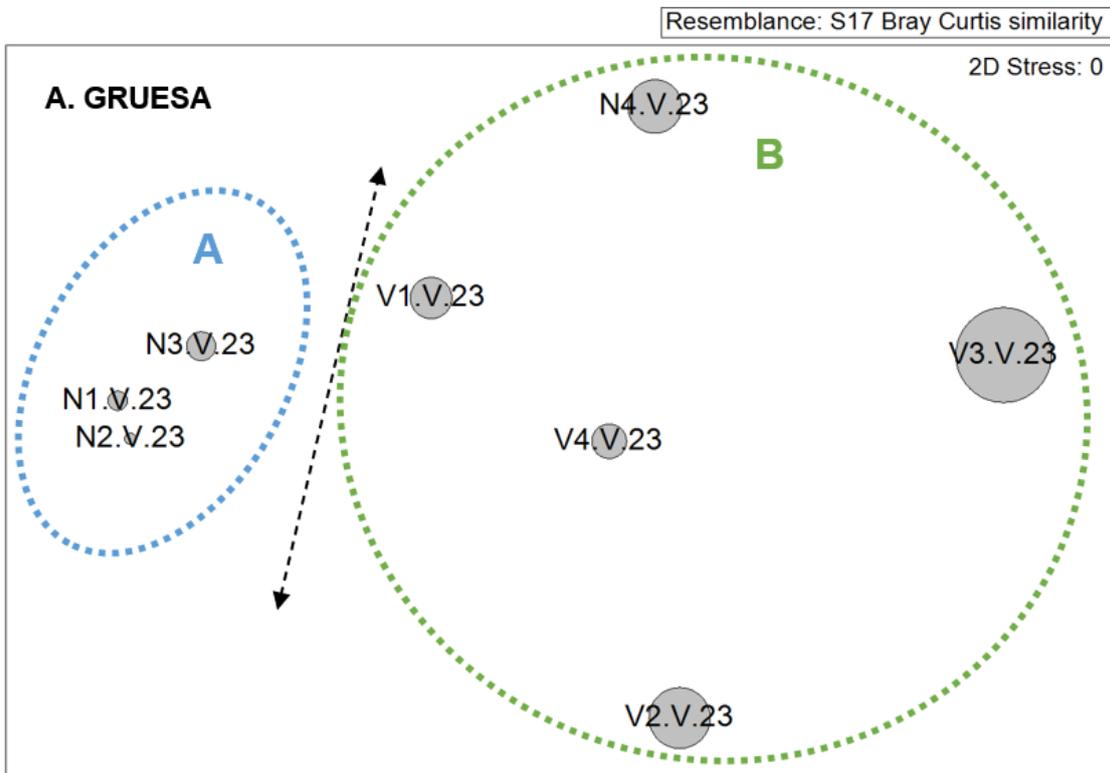
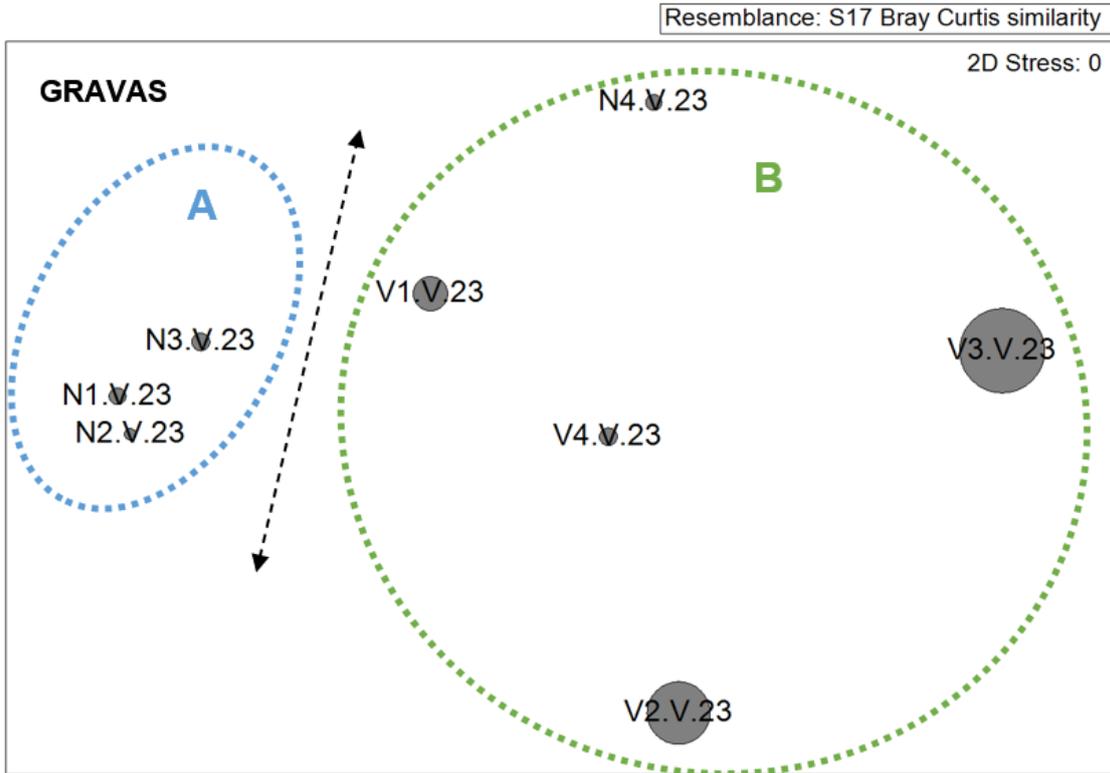
Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
<b>A / B</b>				
DM: 67.84				
	Paraonidae	1402.78	176.67	42.38
	Syllidae	0.00	376.67	53.32
	Lumbrineridae	366.67	116.67	62.09

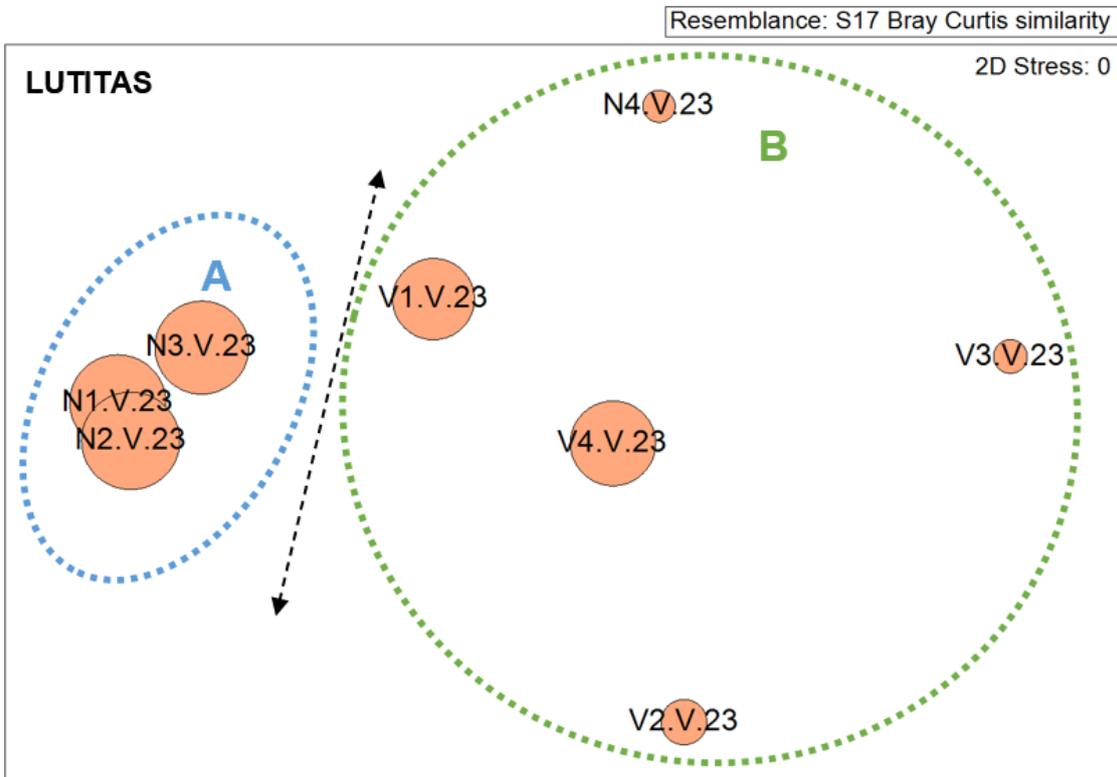
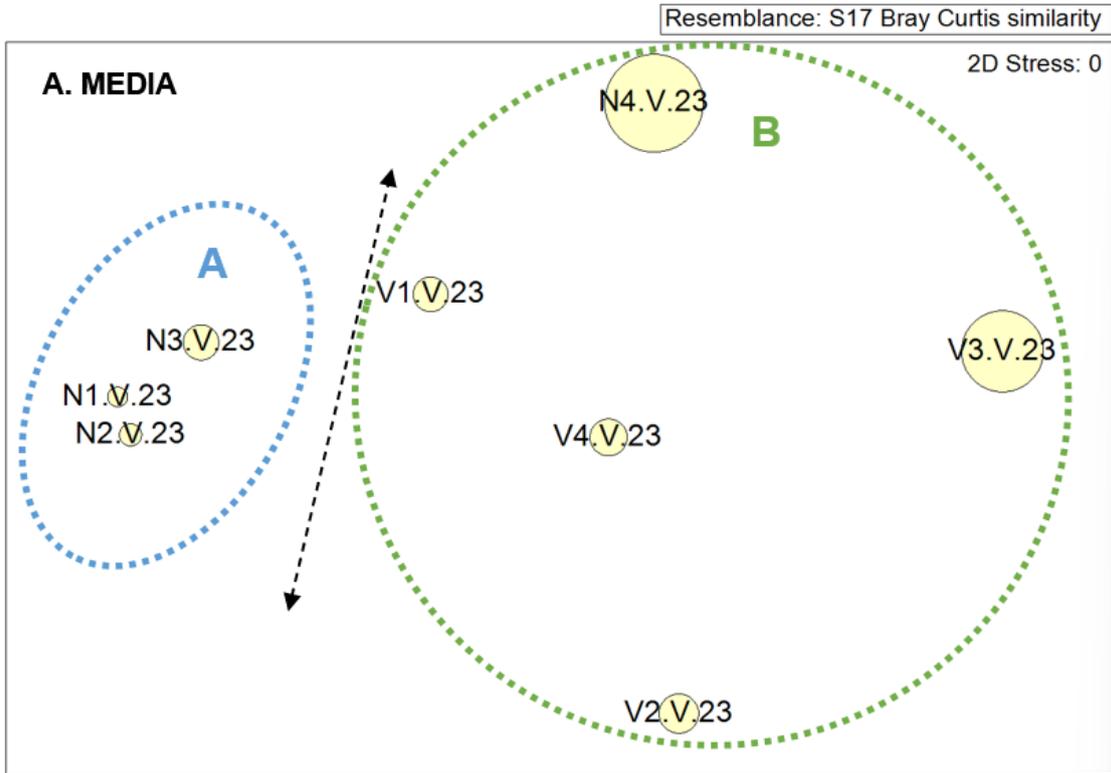
Mediante el procedimiento RELATE se observa correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz de los factores ambientales estudiados (granulometría, materia orgánica, Eh, pH y salinidad). Se obtiene un nivel de significación de un 0.2% y con un  $Rho=0.804$  (Tabla 3.29). Al analizar cada uno de los factores por separado, se observa que la fracción granulométrica (gravas, la arena gruesa, arena media, lutitas junto al porcentaje de materia orgánica y la salinidad, los que presentan los mayores valores de correlación. Por lo tanto, la distribución del poblamiento de poliquetos está determinada, principalmente, por el conjunto de dichos factores.

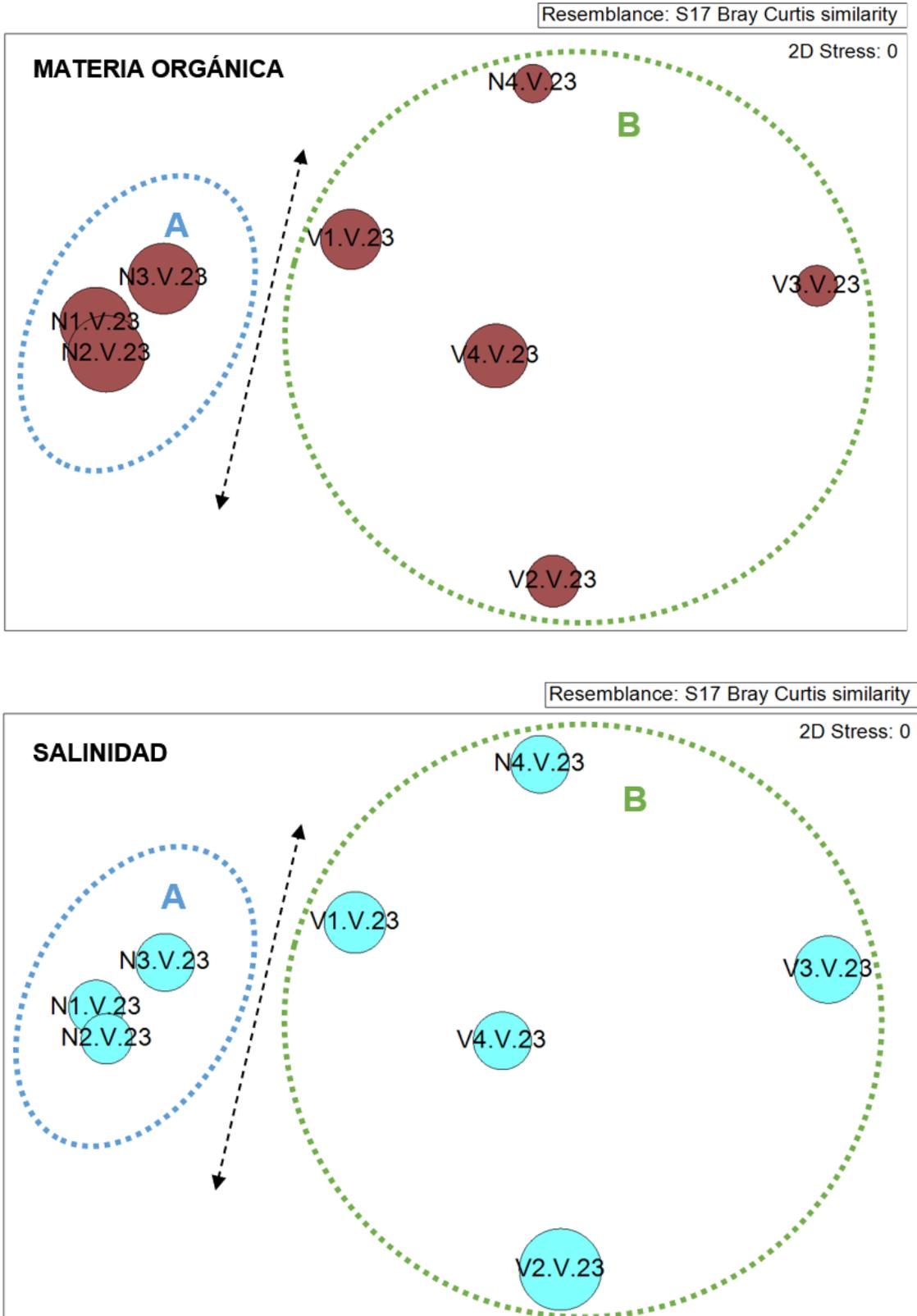
**Tabla 3.29.** Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

Factores ambientales	Rho	p
<b>Materia orgánica</b>	0.693	0.1%
<b>% Gravas</b>	0.463	4.6%
<b>% A. gruesa</b>	0.719	0.1%
<b>% A. media</b>	0.553	2.3%
<b>% A. fina</b>	0.241	11.7%
<b>% Lutitas</b>	0.731	0.3%
<b>pH</b>	-0.381	98.4%
<b>Eh</b>	0.069	35.5%
<b>Sal</b>	0.408	4.2%
<b>Factores totales</b>	0.804	0.2%

Mediante la representación bidimensional con círculos superpuestos (figura 3.37) se observa que las estaciones del vertido, junto a N4, presentan mayor porcentaje de gravas y arena gruesa y arena media. Sin embargo, las estaciones del transecto norte (N1, N2, N3), muestran una mayor homogeneidad del sedimento; estaciones que se caracterizan por la presencia de un elevado porcentaje de fangos, materia orgánica. Si nos centramos en los valores de salinidad, se observa un ligero incremento en la estación más próxima al vertido.







**Figura 3.37:** Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (gravas, arenas gruesas, arenas medias, lutitas y potencial redox).

### **Valoración verano 2023**

En lo que respecta a la campaña de verano, la distribución del poblamiento de poliquetos de la zona de estudio parece estar determinada, principalmente por las características físico-químicas y la granulometría del sedimento en cada estación de muestreo, como se ha observado en campañas previas.

Los índices de diversidad y equitatividad, junto con la abundancia y la riqueza, así como los cambios en la composición del poblamiento de poliquetos siguen mostrando cierto grado empobrecimiento en la mayoría de las estaciones próximas al vertido del emisario de aguas residuales respecto a las estaciones localizadas en el transecto del vertido de la desaladora. Se sigue manteniendo el patrón de segregación en cuanto a la estructura y composición de las familias de poliquetos de las estaciones localizadas al norte (N1, N2, N3), en esta campaña de muestreo). En estas estaciones, influenciadas por el vertido del emisario de aguas residuales, la familia dominante es Paranoide, y se segregan respecto a la mayoría de las estaciones del vertido; estaciones donde domina la familia Syllidae, y que se caracterizan por una mayor heterogeneidad de los sedimentos, predominando la fracción gruesa y un ligero incremento en los valores de salinidad respecto al resto de las estaciones estudiadas.

### **3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2023.**

#### **3.5.6.1- Sedimentología.**

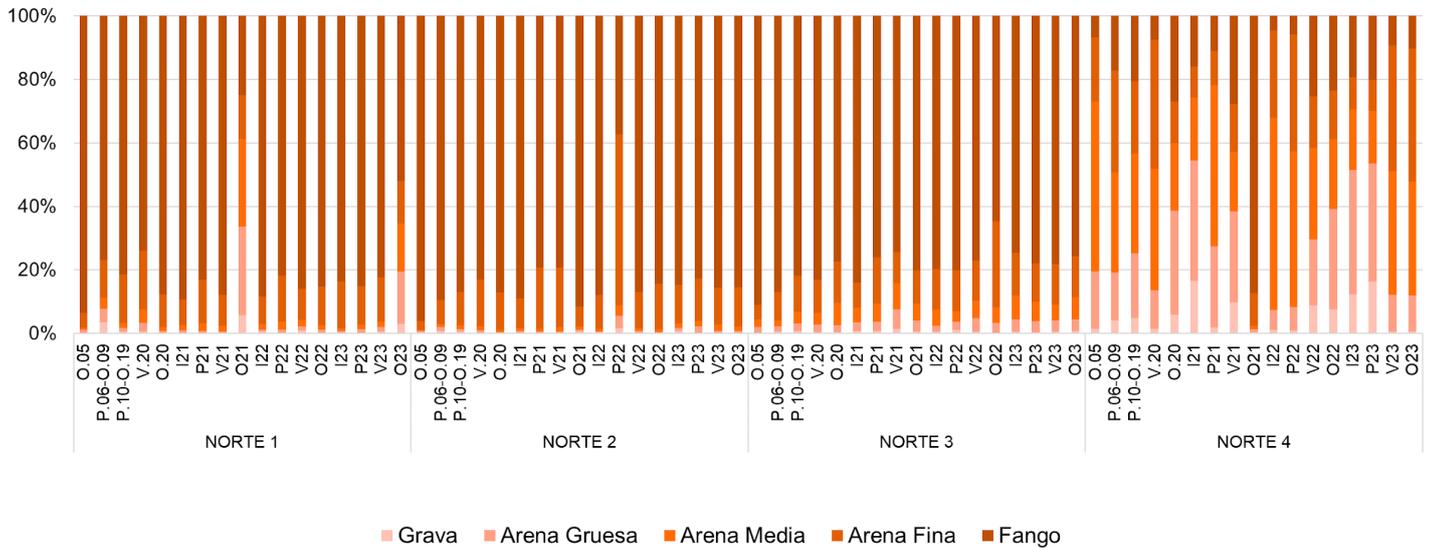
##### **Granulometría**

El análisis de la granulometría, según la clasificación de Wentworth, durante este estudio refleja cierta estabilidad en el sedimento de la mayoría de las estaciones (figuras 3.38 y 3.39).

En el transecto Norte (N) se mantiene la composición granulométrica en todas las estaciones. Éstas muestras están bien calibradas, con un alto porcentaje de fangos en todas estaciones, a excepción del punto de muestreo N4, donde se detecta un mayor contenido en las fracciones gruesas (gravas y arenas gruesas) en invierno y primavera de 2023, y de arenas medias y gruesas en verano y otoño de 2023.

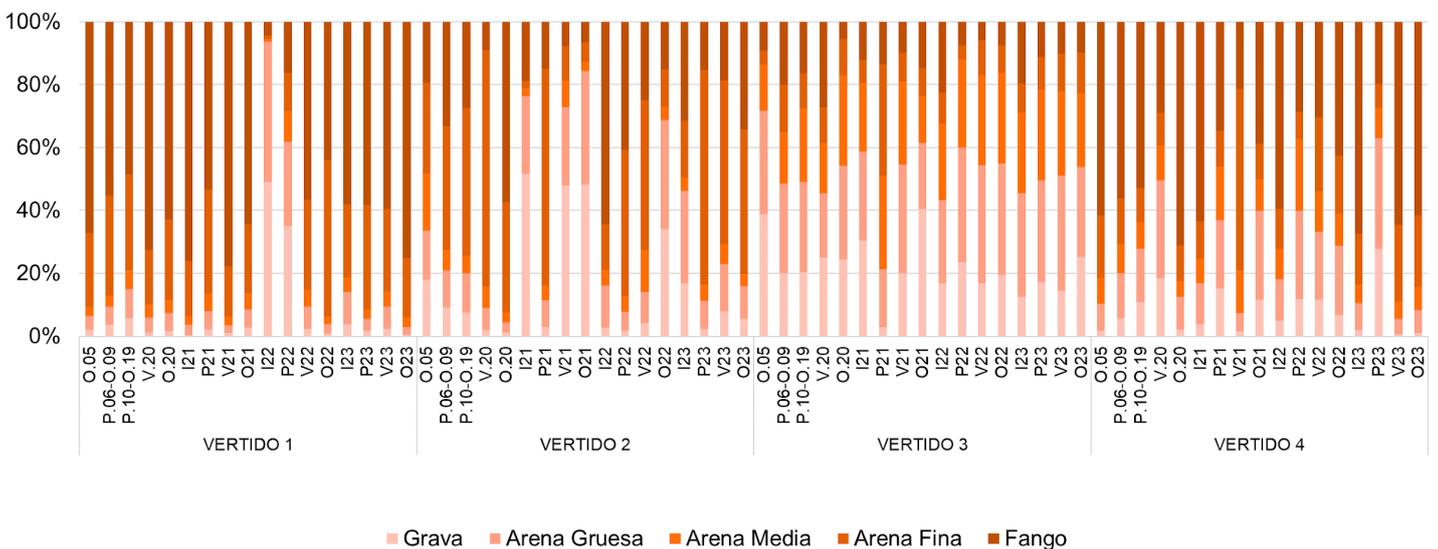
En el transecto del Vertido (V) se puede ver como las fracciones de gravas y arenas gruesas disminuyen sus porcentajes de representación respecto a estudios de años anteriores, a excepción de lo que se observa en primavera, donde se han obtenido porcentajes del 27,80 % de gravas frente al resto de valores que no superan el 2 %, y del 35,14 % de arenas gruesas, frente a valores que no superan el 10 % para los muestreos del año.

Granulometría Transecto Norte 2005-2023



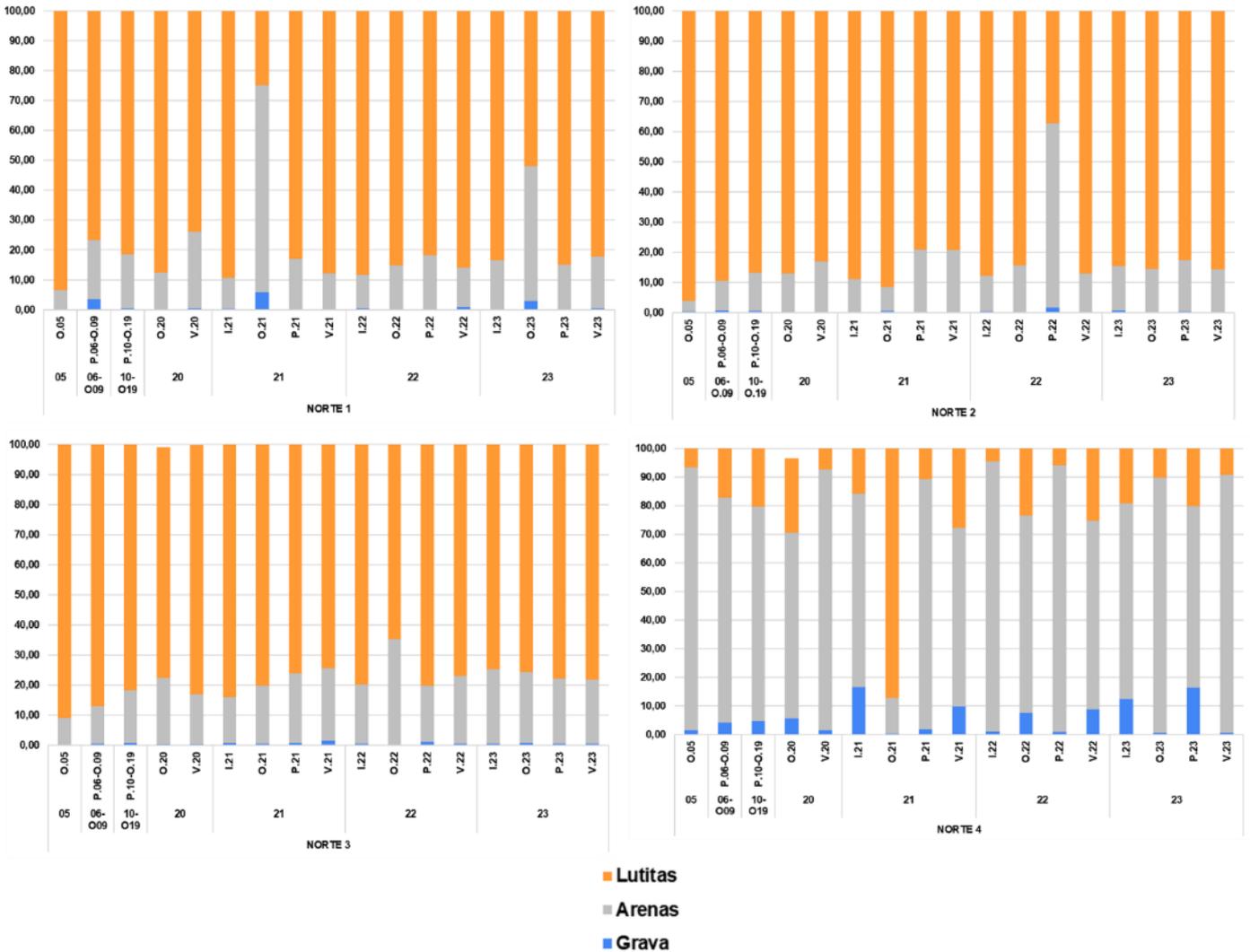
**Figura 3.38.** Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta otoño de 2023. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), y las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21, O.21, I.22, P.22, V.22, O.22, I.23, P.23, V.23 y O.23).

Granulometría Transecto Vertido 2005-2023



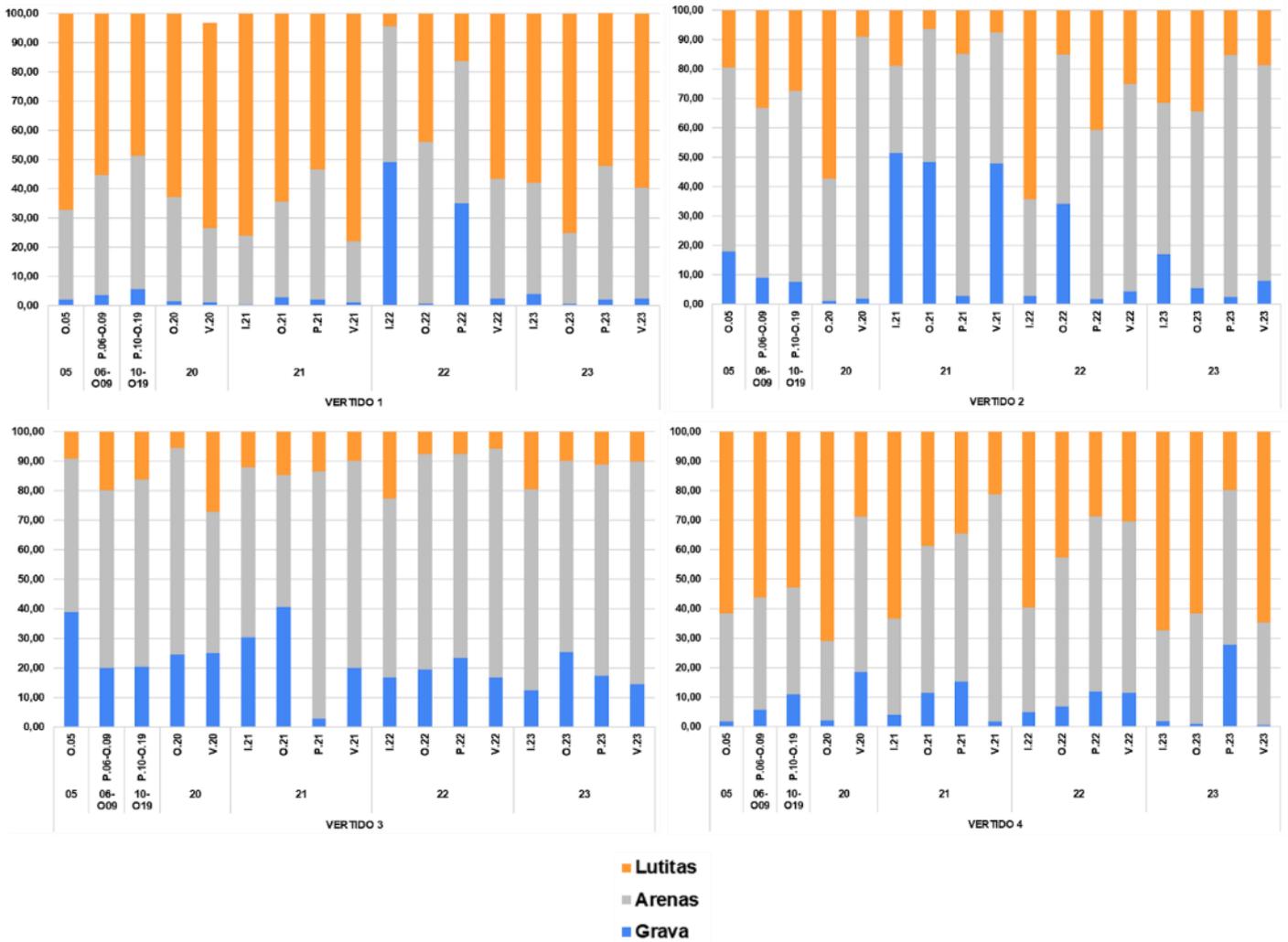
**Figura 3.39.** Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño de 2023. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), y las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21, O.21, I.22, P.22, V.22, O.22, I.23, P.23, V.23 y O.23).

En los siguientes diagramas de barras (fig. 3.40 y 3.41) se observa la evaluación de cada estación en base a las fracciones granulométricas de gravas, arenas (conjunto) y lutitas.



**Figura 3.40.** Representación de la evolución de la granulometría en cada una de las estaciones muestreadas en el transecto V (vertido), durante los periodos denominados: previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las campañas actuales de 2020, 2021, 2022 y 2023.

En el transecto norte (N), las estaciones N1, N2 y N3 vuelven a mantener unos elevados porcentajes de la fracción de lutitas, por encima del 70 % en la mayoría de los casos. Sin embargo, la estación N4 mantiene una composición arenosa, con un mayor porcentaje de arenas (por encima del 60 %) durante las campañas realizadas en 2023.



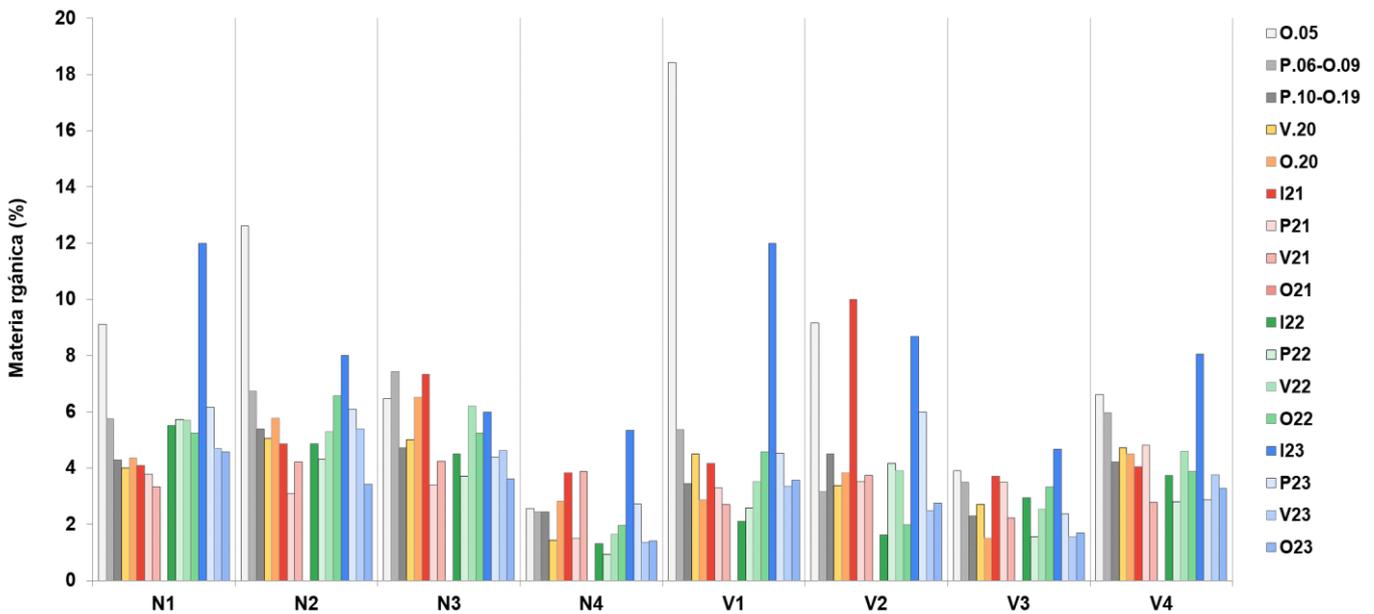
**Figura 3.41.** Representación de la evolución de la granulometría en cada una de las estaciones muestreadas en el transecto V (vertido), durante los periodos denominados: previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las campañas actuales de 2020, 2021, 2022 y 2023.

En el transecto del vertido (V), el punto de muestreo V1 vuelve a obtener valores similares a los obtenidos en muestreos anteriores a 2022. El resto de estaciones, V2, V3 y V4 presentan una composición más similares a los periodos anteriores.

### Materia orgánica, pH y potencial RedOx

El porcentaje de materia orgánica ha tenido comportamientos heterogéneos a lo largo de todo el periodo de estudio (2005-2023) y en función del punto de muestreo su comportamiento ha variado en un sentido u otro (fig. 3.42).

En el transecto norte (N) los valores para N1 han ido descendiendo ligeramente con el paso de los años, a excepción del periodo de primavera de este año (2023) donde el porcentaje se ha disparado a un 12 % frente a valores de entorno al 5-6 % para el resto. En N2 y N3 los valores se mantienen dentro de una horquilla similar en todos los periodos, con la excepción del otoño de 2005, donde se obtuvo un valor del 12,61 %. N4 es, con diferencia, el punto donde se han obtenido unas valores más bajos para este parámetro, con valores que no suelen superar el 4 %, y donde en el invierno de este año 2023 se ha llegado a un máxima del 5,33 %.

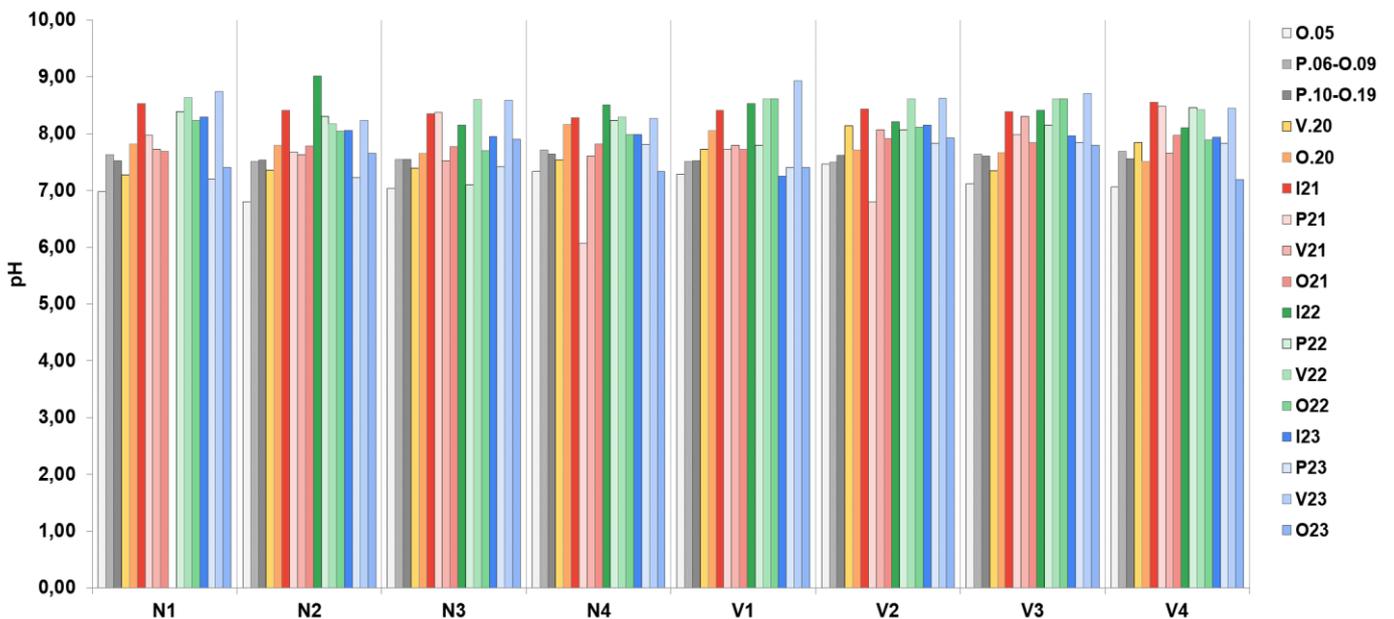


**Figura 3.42.** Representación en histograma del porcentaje medio de materia orgánica en cada estación y en cada época de muestreo Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las últimas campañas desde 2020 a 2023.

Respecto al parámetro de pH, en el transecto del vertido (V) se obtienen valores inferiores a los observados en el transecto N, siendo los valores más homogéneos a lo largo del tiempo (figura 3.43). Destaca el periodo de primavera de este año 2023, donde V1, V2 y V4 poseen valores elevados con 12 %, 8,67 % y 8,05 % respectivamente. Estos valores son elevados frente al resto de valores obtenidos.

Los resultados del pH en el sedimento se mantienen dentro de la horquilla entre 7 y 9, existiendo cierta variabilidad temporal en función del punto de muestreo.

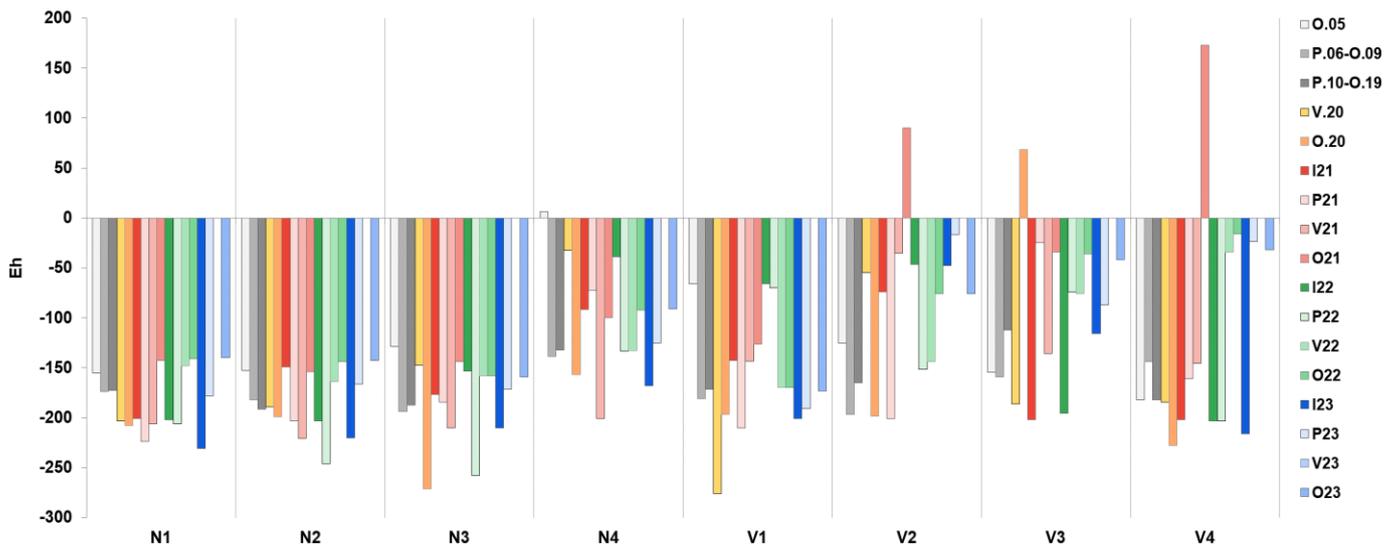
De las campañas realizadas en 2023 destaca la campaña de primavera, donde se han obtenido los valores más altos en todos los puntos de muestreo, estando todos ellos en un rango entre 8,23 y 8,94. Por el contrario, la campaña de otoño presenta los valores más bajos.



**Figura 3.43.** Representación en histograma del pH tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las últimas campañas desde 2020 a 2023.

El potencial RedOx presenta una variabilidad importante (figura 3.44), tanto entre puntos de muestreo como entre periodos de tiempo. Respecto al transecto norte (N), a lo largo de todo el periodo de estudio (2005-2023), N1, N2 y N3 muestran valores más bajos para este parámetro, es decir, posee valores más negativos, frente a los obtenidos en N4 y en el transecto vertido (V). Esto mismo pero a la inversa sucede en V1, punto de muestreo que posee valores más similares a N1, N2 y N3 a lo largo de todo el periodo de estudio.

En 2023, se observa como V1 disminuye los valores estando más próximos a los obtenidos en los puntos de muestreo del transecto N, estando muy alejados de los valores propios del resto de puntos de muestreo del transecto V.



**Figura 3.44.** Representación en histograma del potencial redox tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las últimas campañas desde 2020 a 2023.

### **3.5.6.2.- Estudio de la fauna general.**

#### **3.5.6.2.1.- Comparación de las campañas de invierno 2021, 2022 y 2023.**

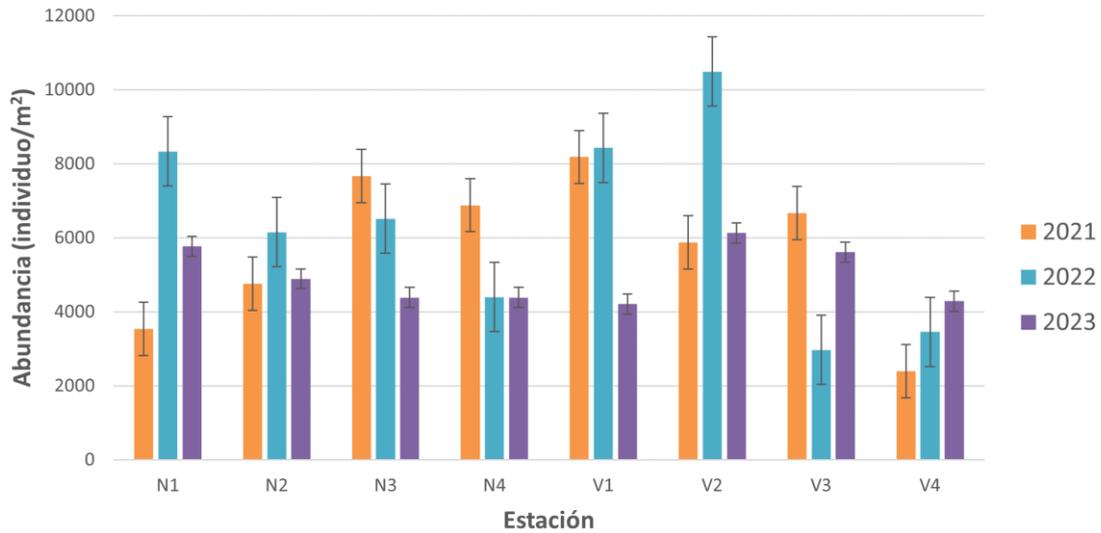
Se detecta variabilidad temporal en los valores de abundancia total entre las distintas campañas de muestreo realizadas durante invierno. Al comparar la abundancia media entre las distintas campañas, observamos que el valor obtenido en la campaña de invierno de 2023 (4957.7 ind/m<sup>2</sup>) fue inferior al de la campaña de 2022 (6343.98 ind/m<sup>2</sup>) y 2021 (5745.61 ind/m<sup>2</sup>). En cuanto a la riqueza, el valor de riqueza total obtenido en la campaña de 2021 (8.37 taxones) fue inferior a los valores obtenidos en las campañas de 2022 (12.58 taxones) y 2023 (11.1 taxones).

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 invierno de 2021, 2022 y 2023.

#### **Análisis univariante**

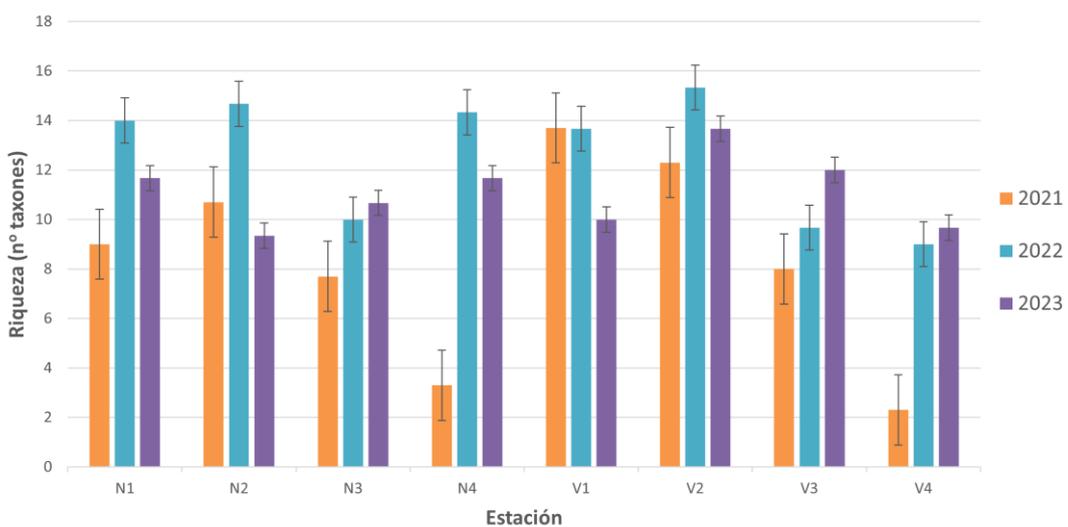
Para el estudio la fauna general, se ha aplicado un análisis univariante tanto de su abundancia como de su riqueza taxonómica para los tres factores analizados: Tiempo (T1 - campaña de invierno 2021, T2 - campaña de invierno 2022 y T3 – campaña de invierno 2023), transecto (norte y vertido) y distancia (1, 2, 3 y 4).

En lo que se refiere a la abundancia se comprobó la homogeneidad de varianzas por medio del Test de Cochran y se obtuvo un p-valor = 0.009, que siendo inferior a 0.05, no cumple el requisito de homogeneidad para poder realizar el test de ANOVA y por tanto debemos comprobar la normalidad de los datos. Para comprobar la normalidad de los datos se utilizó el test de Kolmogorov-Smirnov y se obtuvo un valor p-valor = 0.85 (>0.05), indicando que efectivamente podemos realizar el test de ANOVA. El test de ANOVA detectó que existen diferencias significativas en los factores transecto, distancia y tiempo, y en la interacción de los factores transecto/tiempo y distancia/tiempo.



**Figura 3.45.** Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de invierno de 2021, 2022 y 2023.

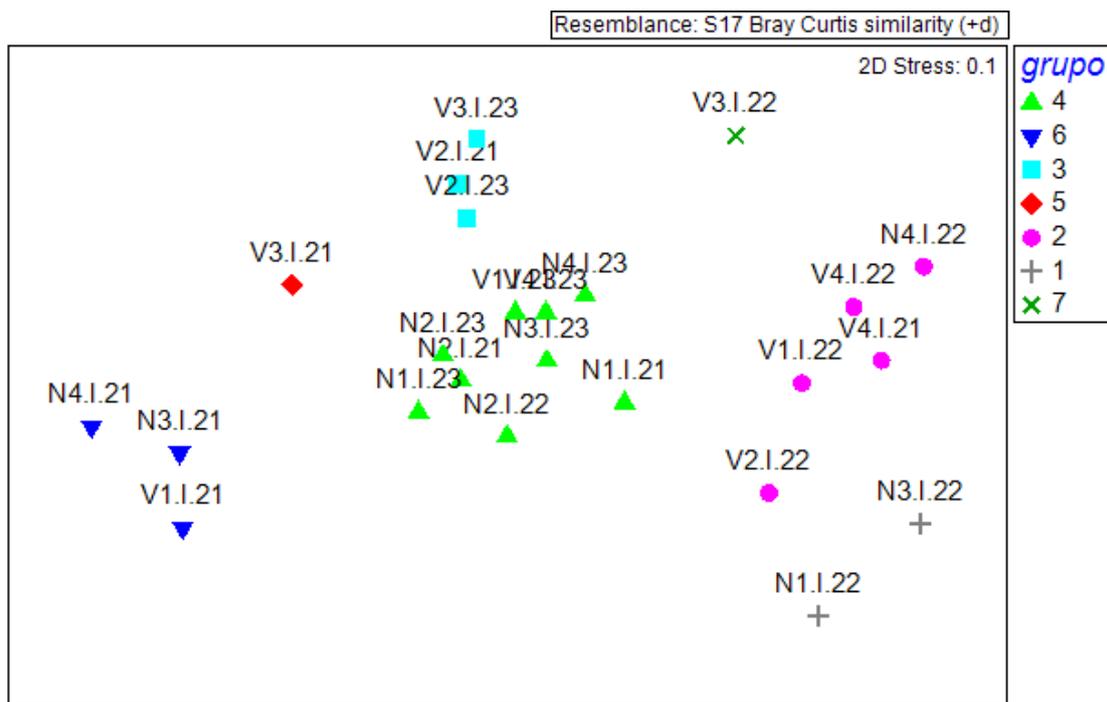
Teniendo en cuenta la riqueza, al comprobar la homogeneidad de varianzas por medio del Test de Cochran, se obtuvo un p-valor = 0.1784 (>0.05) por lo que no fue necesario comprobar la normalidad de los datos y pasamos a realizar el test de ANOVA. El test de ANOVA detectó en este caso que existen diferencias significativas en los factores tiempo y distancia, y en la interacción de los factores transecto/distancia y tiempo/distancia.



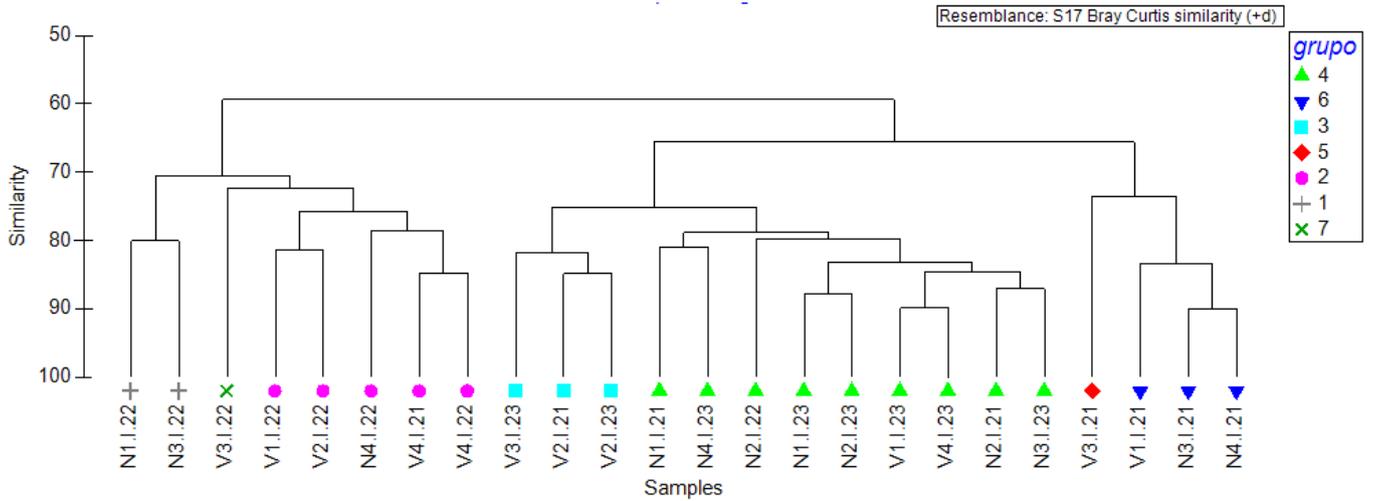
**Figura 3.46.** Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas de invierno de 2021, 2022 y 2023.

## Análisis multivariante

Se realizó un análisis multivariante de los muestreos de invierno realizados en 2021, 2022 y 2023. Se obtuvo un MDS (Figura 3.47) y un CLUSTER (Figura 3.48) donde se puede observar como el grupo 4 lo forman el mayor número de estaciones, en el que se incluyen indistintamente tanto estaciones muestreadas en 2021 como en 2022 y 2023. El grupo 1 lo forman dos únicas estaciones del transecto norte (N1 y N3) muestreadas durante el año 2022. Por último, destacar que las estaciones V3 del 2021 y V3 del 2022, se diferencian del resto de estaciones formando grupos independientes.



**Figura 3.47.** Representación bidimensional del MDS respecto a los grupos de fauna identificados en las estaciones estudiadas, durante las campañas de invierno de 2021, 2022 y 2023.



**Figura 3.48.** CLUSTER respecto a los grupos de fauna identificados en las estaciones estudiadas, durante las campañas de invierno de 2021, 2022 y 2023.

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) (Tabla 3.30), con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a la similitud entre los diferentes grupos. En los porcentajes de similitud se observa como los poliquetos es el taxón que más contribuye a la similitud de todos los grupos.

**Tabla 3.30.** 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.

Grupo	Grupos Taxon.	AM	PA
<b>1</b>			
SM: 80.09			
	Polychaeta	595.83	41.52
	Amphipoda	483.33	66.08
	Bivalvia	325.00	85.38
	Ophiuroidea	120.83	91.81
<b>2</b>			
SM: 77.80			
	Polychaeta	831.67	53.70
	Bivalvia	320	71.23
	Amphipoda	281.67	84.69
	Gastropoda	93.33	89.04
	Isopoda	58.33	91.79

Grupo	Grupos Taxon.	AM	PA
<b>3</b>			
SM: 82.86			
	Polychaeta	1669.45	49.74
	Bivalvia	963.89	77.26
	Amphipoda	402.78	87.10
	Gastropoda	186.11	92.22
<b>4</b>			
SM: 81.46			
	Polychaeta	1696.30	61.51
	Bivalvia	356.48	74.19
	Amphipoda	365.74	85.82
	Ophiuroidea	84.26	88.44
	Tanaidacea	118.52	90.94
<b>5</b>			
<b>6</b>			
SM:85.64			
	Polychaeta	3483.33	78.50
	Amphipoda	458.33	84.83
	Nematoda	280.56	90.32
<b>7</b>			

### 3.5.6.2.2.- Comparación de las campañas de verano 2020, 2021, 2022 y 2023.

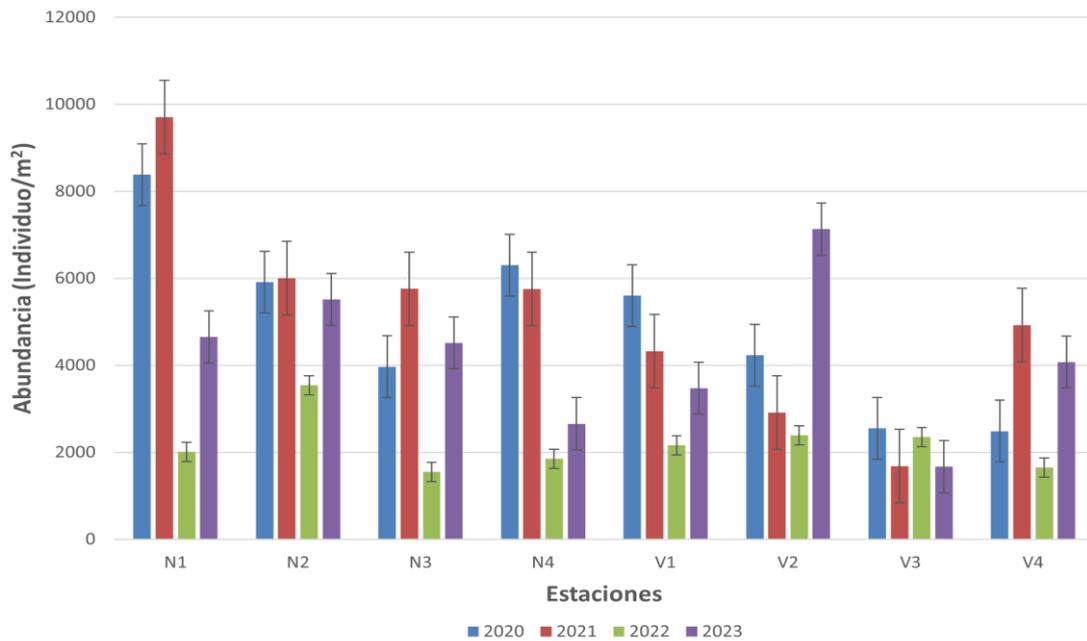
Se detecta variabilidad temporal en los valores de abundancia total entre las distintas campañas de muestreo realizadas durante verano. Al comparar la abundancia media entre las distintas campañas, observamos que el valor obtenido en la campaña de verano de 2022 (2187.5 ind/m<sup>2</sup>) fue inferior al de las campañas de 2020 (4928.125 ind/m<sup>2</sup>), 2021 (5133.34 ind/m<sup>2</sup>) y 2023 (4208.96 ind/m<sup>2</sup>) (Figura 3.49). En cuanto a la riqueza, el valor de riqueza total obtenido en la campaña de 2023 (7.42 taxones) fue inferior a los valores obtenidos en las campañas de 2020 (9.88 taxones), 2021 (11.13 taxones) y 2022 (11.13 taxones) (Figura 3.50).

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 verano de 2020, 2021, 2022 y 2023.

## Análisis univariante

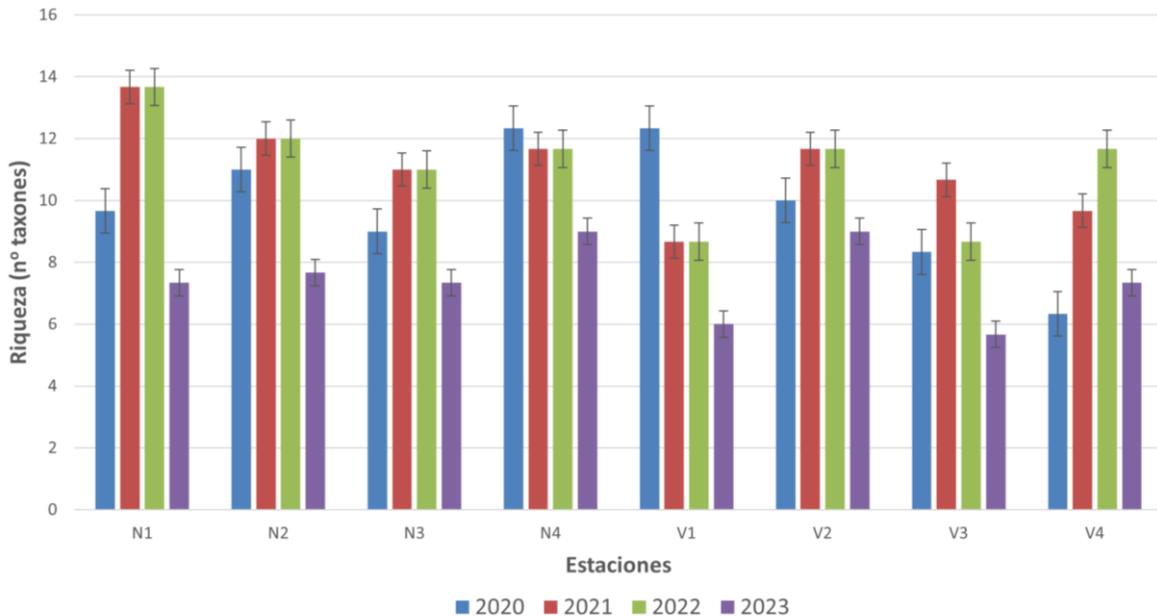
Para el estudio la fauna general, se ha aplicado un análisis univariante tanto de su abundancia como de su riqueza taxonómica para los tres factores analizados: Tiempo (T1 - campaña de verano 2020, T2 - campaña de verano 2021, T3 – campaña de verano de 2022 y T4 – campaña de verano 2023), transecto (norte y vertido) y distancia (1, 2, 3 y 4).

Teniendo en cuenta la abundancia, se realizó el Test de Cochran para comprobar la homogeneidad de varianzas y se obtuvo un p valor = 1.153 (>0.05), por lo que fue posible aplicar el test de ANOVA directamente a nuestros datos. Una vez realizado el test de ANOVA, vemos que existen diferencias significativas en los factores transecto, distancia y tiempo, y en la interacción de los factores transecto/tiempo y distancia/tiempo.



**Figura 3.49.** Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de verano de 2020, 2021, 2022 y 2023.

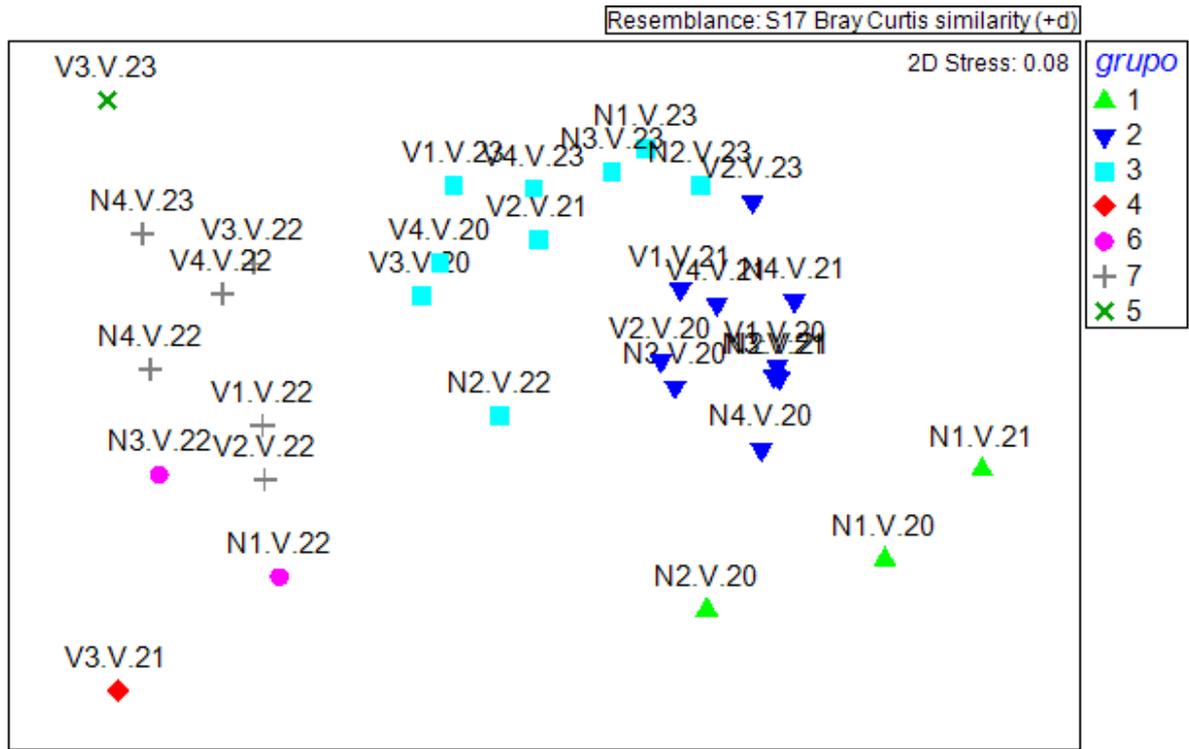
Teniendo en cuenta la riqueza taxonómica, una vez más, lo primero fue realizar el Test de Cochran para comprobar la homogeneidad de varianzas, obteniendo un p-valor = 0.3176 ( $>0.05$ ) y permitiendo así continuar con el test de ANOVA. En este caso, ANOVA detectó diferencias significativas únicamente en los factores tiempo y transecto.



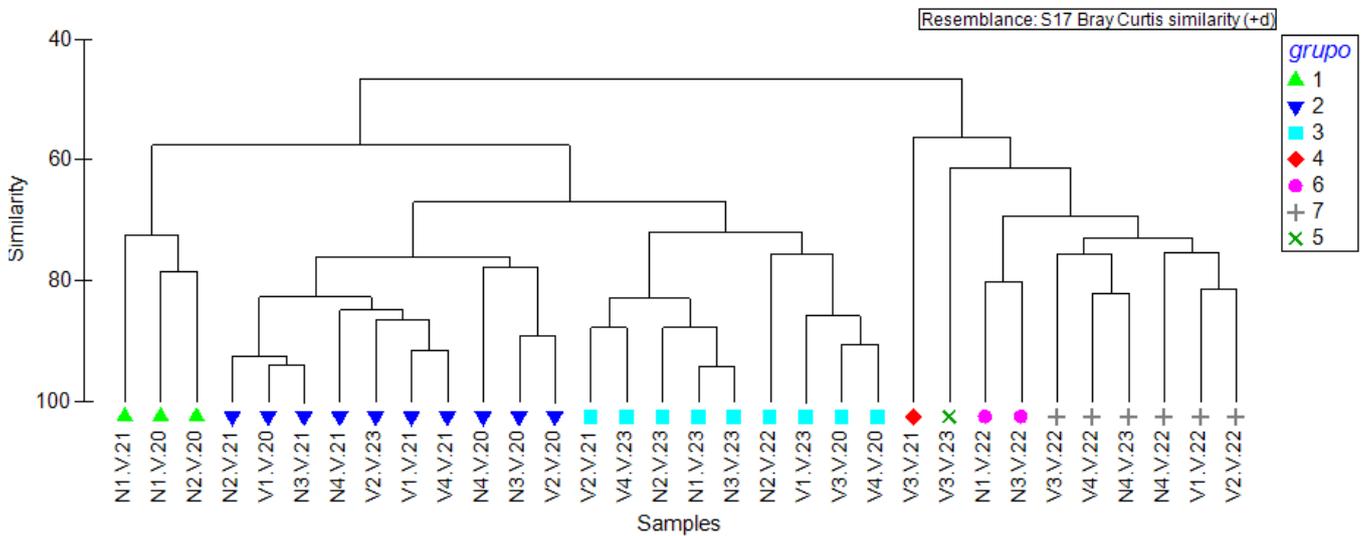
**Figura 3.50.** Riqueza taxonómica de la fauna general en cada estación para las campañas de verano de 2020, 2021, 2022 y 2023.

### **Análisis multivariante**

Se realizó un análisis multivariante de los muestreos de verano realizados en 2020, 2021, 2022 y 2023. Se obtuvo un MDS (Figura 3.51) y un CLUSTER (Figura 3.52) donde se puede observar como el grupo 2 lo forman el mayor número de estaciones, en el que se incluyen indistintamente tanto estaciones muestreadas en 2020 como en 2021, 2022 y 2023. El grupo 6 lo forman dos únicas estaciones del transecto norte (N1 y N3) muestreadas durante el año 2022. Por último, destacar que las estaciones V3 del 2021 y V3 del 2023, se diferencian del resto de estaciones formando grupos independientes.



**Figura 3.51.** Representación bidimensional del MDS respecto a los grupos de fauna identificados en las estaciones estudiadas, durante las campañas de verano de 2020, 2021, 2022 y 2023.



**Figura 3.52.** CLUSTER respecto a los grupos de fauna identificados en las estaciones estudiadas, durante las campañas de verano de 2020, 2021, 2022 y 2023.

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) (Tabla 3.31), con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a la similitud entre los diferentes grupos. En los porcentajes de similitud se observa como los poliquetos es el taxón que más contribuye a la similitud de todos los grupos.

**Tabla 3.31.** 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.

Grupo	Grupos Taxon.	AM	PA
<b>1</b>			
<b>SM: 74.33</b>			
	Amphipoda	2844.44	44.81
	Polychaeta	3044.44	79.29
	Bivalvia	563.89	86.37
	Isopoda	375	90.01
<b>2</b>			
<b>SM: 80.66</b>			
	Polychaeta	3154.17	69.07
	Amphipoda	903.33	84.45
	Bivalvia	379.17	90.47
<b>3</b>			
<b>SM: 77.27</b>			
	Polychaeta	2066.67	79.02
	Bivalvia	238.89	86.25
	Amphipoda	198.15	90.99
<b>4</b>			
<b>5</b>			
<b>6</b>			
<b>SM: 80.09</b>			
	Polychaeta	595.83	41.52
	Amphipoda	483.33	66.08
	Bivalvia	325	85.38
	Ophiuroidea	120.83	91.81
<b>7</b>			
<b>SM:74.65</b>			
	Polychaeta	861.11	53.63
	Bivalvia	406.94	73.82
	Amphipoda	231.94	83.07
	Gastropoda	115.28	89.29
	Cumacea	69.45	91.63

### **3.5.6.3.- Poliquetos.**

#### **3.5.6.3.1.- Comparación de las campañas de invierno de 2021, 2022 y 2023.**

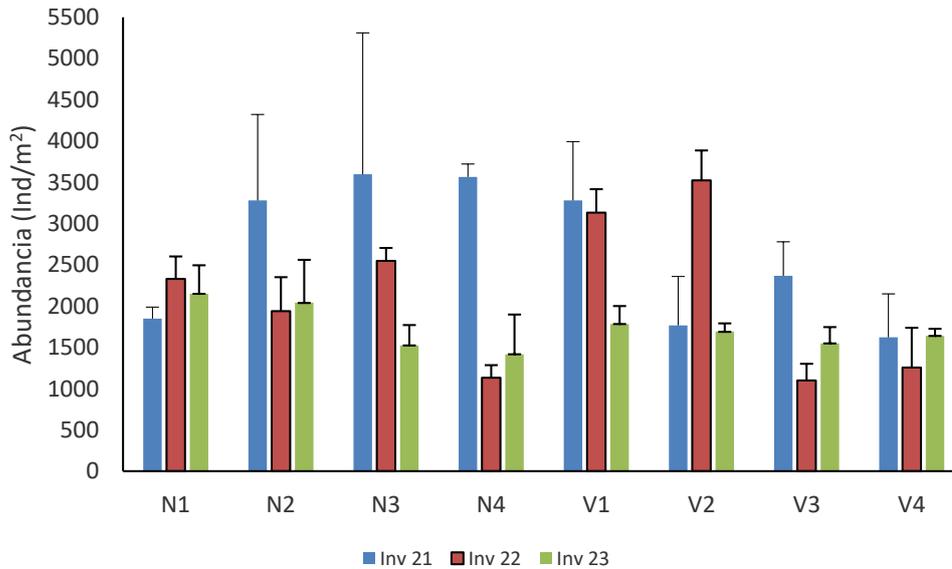
Se observa una variación temporal en la abundancia y riqueza de poliquetos en el área de estudio en los muestreos de invierno. En el total de muestras analizadas se han separado e identificado un número de individuos, detectándose un descenso de los 2561 individuos de 2021, 2037 individuos de 2022 a los 1668 individuos identificados en 2023. Del mismo modo el número de familias de poliquetos en el total de muestras ha oscilado desde 39 en 2021 a 34 en la campaña de 2022, siendo de 38 el número de familias identificadas en la campaña actual. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Syllidae y Capitellidae forman parte del grupo de las familias más abundantes en el poblamiento de poliquetos de la zona de estudio a lo largo de las campañas de muestreo en invierno.

#### **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 invierno 2021), T2 (invierno 2022) y T3 (invierno 2023)).

Considerando los valores de abundancia se detectan diferencias significativas para la interacción de los tres factores  $T_i \times T_r \times D_i$  ( $p=0.02589$ ). Al aplicar el test a posteriori se observa, respecto a la evolución temporal, un descenso de las abundancias en la estación N4 durante las dos últimas campañas, mientras que se observa un incremento de las abundancias en la estación V2 en la campaña del invierno 2022, respecto a las otras dos campañas. Si analizamos cambios en las entre transectos para cada distancia, las diferencias son debida al descenso de las abundancias en V4 respecto a N4, en la primera campaña siendo el descenso más acusado en la estación V3, respecto a N3, en la segunda campaña de muestreo, no detectándose diferencias en la última campaña

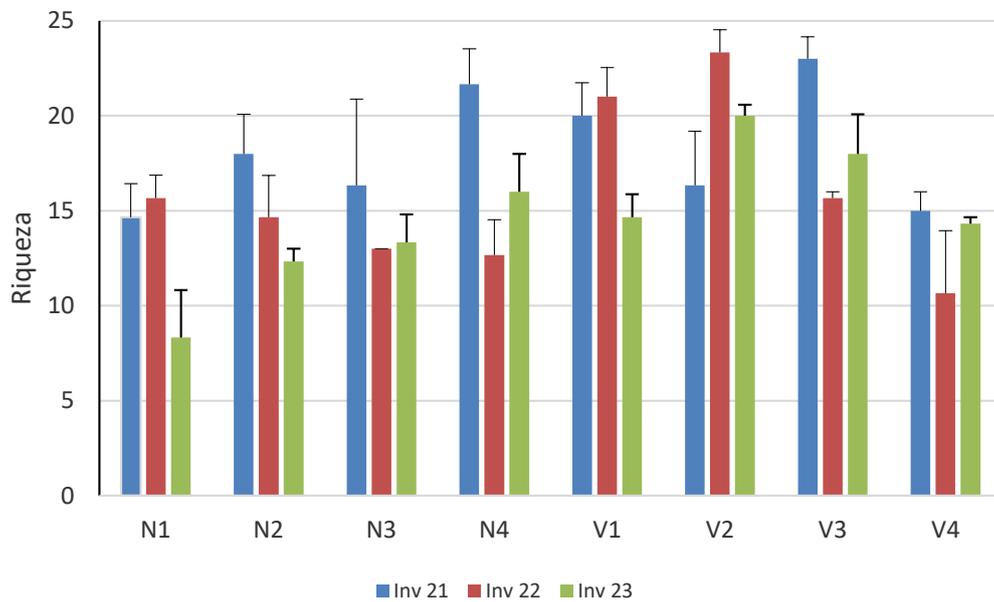
(invierno 2023). Respecto a los cambios entre distancias para cada transecto, las principales diferencias son debidas a un descenso más acusado de las abundancias en las estaciones V3 y V4, respecto las estaciones V1 y V2, pero únicamente en la segunda campaña de muestreo (invierno 2022).



**Figura 3.53:** Abundancia media en cada estación para las campañas de invierno 2021, 2022 y 2023.

Considerando la riqueza, también se detectan diferencias marginalmente significativas para la triple interacción ( $p=0.055$ ), no se detectan diferencias para la triple interacción. Tras realizar un análisis a posteriori se observa, al igual que ocurre con las abundancia, un descenso de la riqueza en la estación N4, en las dos últimas campañas de muestreo mientras que en las estaciones del vertido se observa un descenso de la riqueza en la estación V1 en la última campaña de muestreo (invierno 2023) así como en la estación V3, siendo más acusado en invierno de 2022, sin embargo hay un incremento de la riqueza en la estación V2 en las dos últimas campañas siendo más notable en la campaña de invierno 2022. Si analizamos cambios entre transectos para cada distancia, estos dependen de la campaña de muestro, de manera que se observa un descenso de la riqueza en la estación N1 respecto a V1, en las dos primeras campañas, siendo este descenso más notable en la estación N2, respecto a V2, en las dos

últimas campañas. Respecto a los cambios entre distancias para cada transecto, las principales diferencias son debidas a un descenso más acusado de la riqueza en las estaciones V3 y V4, respecto las estaciones V1 y V2, pero únicamente en la segunda campaña de muestreo (invierno 2022), así como un descenso en la estación N4 respecto a N1, y en las estaciones V2 y V4 respecto a V3, en la primera campaña de muestreo, no detectándose diferencias entre las distancias en ninguno de los dos transecto en esta última campaña.

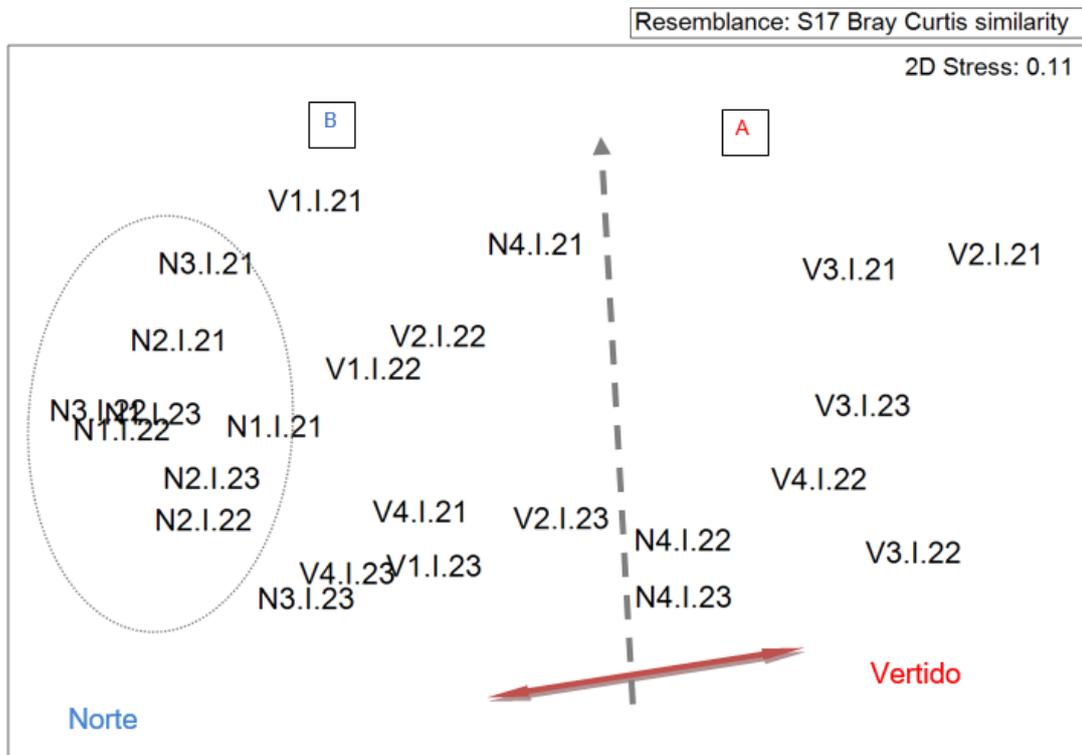


**Figura 3.54:** Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de invierno 2021, 2022 y 2023.

### **Análisis multivariante**

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) (figura 3.55) se puede apreciar, la segregación de las muestras en dos grupos principales con un 66% de disimilitud. Un grupo A establecido por las estaciones de vertido (V2.I.21, V3 de las tres campañas, V4.I.22), junto a la estación de muestreo N4 en las campañas de invierno 22 y 23 y un grupo B establecido por la mayoría de las estaciones localizadas al norte

(N1,N2 de las tres campañas y N3 de las campañas 21 y 22) y las estaciones del vertido V1 de las tres campañas, V2 de las dos primeras campañas y V4 de las campaña del 2021 y 2023 junto a la estación N3 de la campaña del 2023, y Dentro del grupo B se observa mayor disimilitud entre la mayoría de las estaciones localizadas al norte y las del vertido, lo que indica que se sigue manteniendo un patrón de segregación de las estaciones atendiendo al factor transecto. Así mismo se sigue observando la mayor heterogeneidad en cuanto a estructura y composición de las familias de poliquetos en el transecto vertido.



**Figura 3.55:** Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en invierno.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas entre los distintos transectos ( $p=0.007$ ,  $R=0.259$ ), pero no entre las distancias ( $p=0.123$ ,  $R=0.082$ ) ni entre los distintos tiempos ( $p=0.241$ ,  $R=0.037$ ).

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 Syllidae, Sabellidae, Dorvilleidae, Onuphidae, Lumbrineridae, Eunicidae y Capitellidae son las implicadas en el 72.76% de similitud detectada en el grupo A (57.25%), grupo establecido principalmente por estaciones del vertido, junto a la estación N4. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae y Cirratulidae son las implicadas en la similitud dentro del grupo B (59.68%), grupo que contiene la mayoría de las estaciones localizadas al norte.

**Tabla 3.32.** 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.

Grupo	Familia	AM	PA
<b>A</b>			
<b>SM: 57.25</b>			
	Syllidae	222.62	20.88
	Sabellidae	159.52	30.62
	Dorvilleidae	132.14	40.18
	Onuphidae	127.38	49.23
	Lumbrineridae	91.67	57.7
	Eunicidae	121.43	65.79
	Capitellidae	77.38	72.76
<b>B</b>			
<b>SM: 59.68</b>			
	Paraonidae	698.44	34.04
	Lumbrineridae	307.29	51.86
	Capitellidae	318.75	66.87
	Cirratulidae	129.43	73.05

Las familias Paraonidae, Capitellidae, Lumbrineridae, Syllidae y Spionidae son las implicadas en la disimilitud entre los distintos grupos establecidos. Estas diferencias son debidas, principalmente, al dominio de las familias Paraonidae, Capitellidae, Lumbrineridae y Spionidae, en el grupo establecido por la mayoría de las estaciones más próximas al vertido de aguas residuales, junto a estaciones localizadas en el vertido, mientras que en la mayoría de las estaciones caracterizadas por la heterogeneidad del sedimento se encuentran dominadas por la familia Syllidae (grupo A).

Dentro del grupo B se mantiene el patrón de segregación detectado, en el que las estaciones localizadas al norte (N1, N2, N3) respecto a estaciones localizadas en el vertido. Las principales diferencias vienen marcadas por el dominio de las familias Paraonidae, Spionidae, Pocillochaetidae y Lumbrineridae en las estaciones del norte y las familias Capitellidae y Syllidae en las del vertido.

**Tabla 3.33.** 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.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
<b>A / B</b>				
DM: 65.59				
	<b>Paraonidae</b>	90.48	698.44	23.32
	<b>Capitellidae</b>	77.38	318.75	32.41
	<b>Lumbrineridae</b>	91.67	307.29	41.16
	<b>Syllidae</b>	222.62	59.38	48.36
	<b>Spionidae</b>	32.14	163.28	53.59
<b>B.1 / B.2</b>				
DM: 45.25				
	<b>Paraonidae</b>	950	446.88	25.94
	<b>Capitellidae</b>	203.13	434.38	36.61
	<b>Spionidae</b>	267.19	59.38	47.18
	<b>Lumbrineridae</b>	343.75	270.83	53.69
	<b>Pocillochaetidae</b>	133.33	67.71	59.29
	<b>Syllidae</b>	16.67	102.08	63.52

### Valoración evolución

Respecto a la evolución temporal se observa como en las distintas campañas de invierno (2021, 2022 y 2023) se mantiene cierto patrón de segregación de la mayoría de las estaciones localizadas al norte, principalmente N1, N2 y N3, respecto a la mayoría de las estaciones localizadas en el transecto vertido. Las estaciones del vertido siguen mostrando una mayor heterogeneidad entre ellas, mostrando alguna de las estaciones mayor similitud respecto a las estaciones del transecto norte, mientras que otras se segregan de estas, en cuanto a la

composición y estructura del poblamiento de poliquetos. Cabe destacar que la estación próxima a vertido de salmuera se segrega en ambos grupos según la campaña de muestreo, manteniéndose más próxima a las estaciones del norte en las dos últimas campañas.

### **3.5.6.3.2.- Comparación de las campañas de verano de 2020, 2021, 2022 y 2023.**

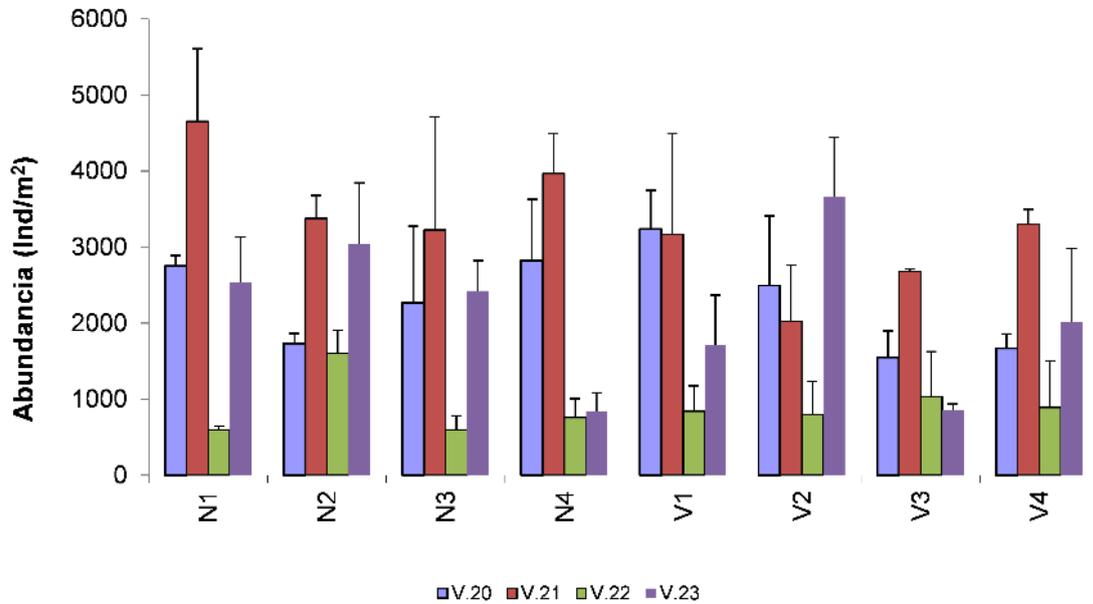
Se observa una variación temporal en la abundancia y riqueza de poliquetos en el área de estudio en los muestreos de verano. En el total de muestras analizadas se han separado e identificado un número de individuos que oscila entre los 2222 individuos de 2020, 3166 individuos de 2021, los 853 individuos en 2022 a los 2052 individuos en 2023. Del mismo modo el número de familias de poliquetos en el total de muestras ha oscilado desde 35 en 2020, 37 en la campaña 2021, 33 en la campaña 2022 a 41 en la campaña actual. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Syllidae, forman parte del grupo de las familias más abundantes en el poblamiento de poliquetos de la zona de estudio a lo largo de las campañas de muestreo en verano.

#### **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 verano 2020), T2 (verano 2021), T3 (verano 2022) y T4 (verano 2023).

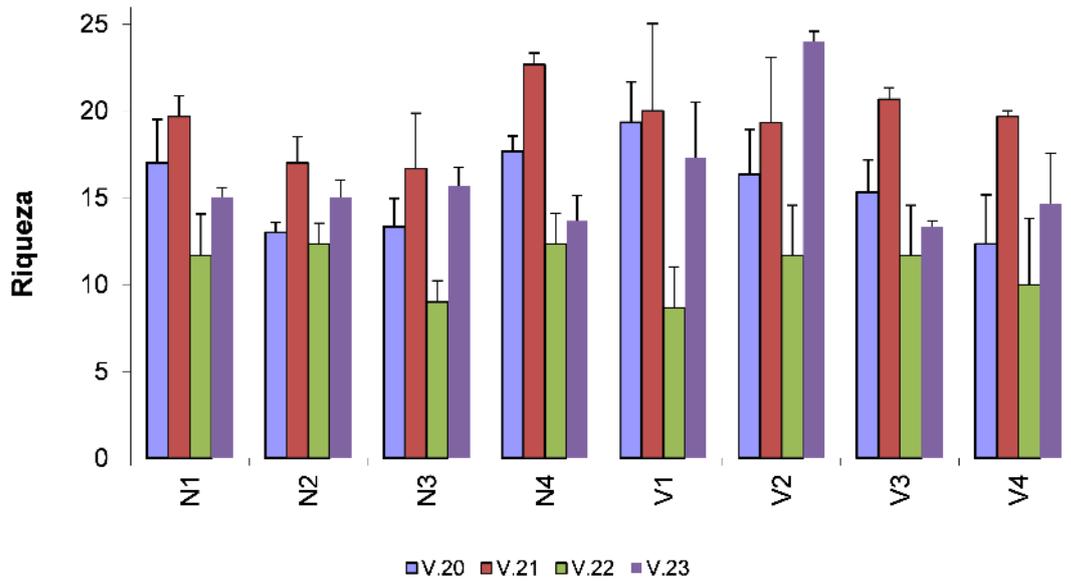
Considerando los valores de abundancia no se detectan diferencias significativas para la interacción de los tres factores TixTrxDi, ni para las dobles interacciones. Se detectan diferencias significativas entre las tres campañas de muestreo (T1, T2, T3 y T4;  $p= 6.38 \times 10^{-9}$ ). En el gráfico y por mediación del test a posteriori se puede observar cómo estos cambios temporales son debidos al descenso de la abundancia de poliquetos en la campaña de muestreo, 2022, siendo la segunda

campana (2021) en la que se observan los mayores valores de abundancia. No se detectan diferencias significativas en las abundancias de poliquetos entre las campanas del 2020 y 2023.



**Figura 3.56:** Abundancia media en cada estación para las campañas de verano 2020, 2021, 2022 y 2023.

Considerando la riqueza, también se detectan diferencias significativas para el factor tiempo ( $P= 2.25 \times 10^{-9}$ ), no detectándose para ninguna de las interacciones, ni para ninguno de los otros factores estudiados. Estas diferencias también vienen marcadas por el descenso de las familias de poliquetos durante la campaña de muestreo del verano en 2022, siendo mayores los valores en la campaña del 2021. No detectándose diferencias entre las campañas 2020 y 2023.



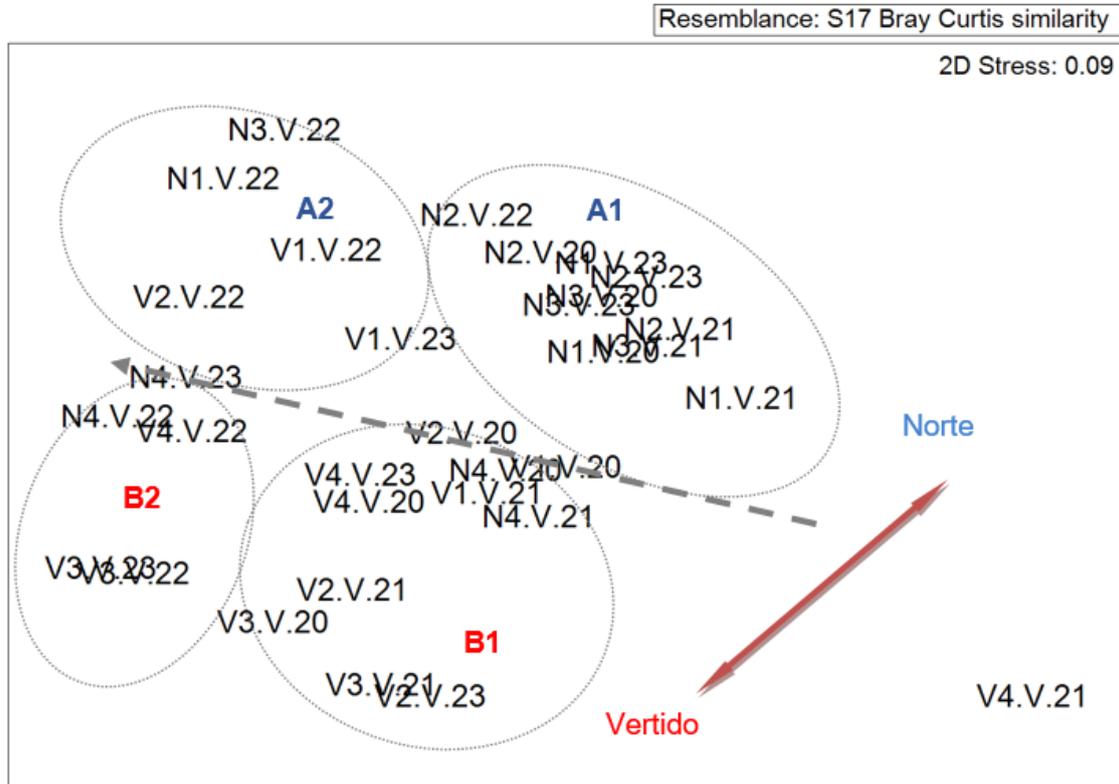
**Figura 3.57:** Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de verano 2020, 2021, 2022 y 2023.

### **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 que marca un patrón de segregación de la mayoría de las estaciones de muestreo localizadas al norte N1, N2, N3 de las campañas 2020, 2021 y 20,23 (grupo A; subgrupo A1) junto a esas mismas estaciones durante la campaña 2022, y alguna de las estaciones del vertido, la estación V1 de las campañas 2022 y 2023 (grupos A, subgrupo A.2), respecto a las estaciones del vertido junto a N4 (grupos B, subdividido en dos subgrupos). El subgrupo B1 establecido por las campañas del vertido V1, V3 de las campañas 2020, 2021; V2 de las campañas 2020, 2021 y 2023; V4 de las campañas 2020, 2021, junto a N4 de las campañas 2020 y 2021. El subgrupo B2 está establecido también por estaciones del vertido; V2. 22, V3. 22, V3.23, V4. 22, junto a la estación N4 de las dos últimas campañas. Cabe destacar la mayor disimilitud de la estación V4 durante la campaña 2021.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas entre los distintos tiempos ( $p=0.002$ ,  $R=0.232$ ), y entre los distintos

transectos ( $p= 0.001$ ,  $R= 0.309$ ), pero no entre las distancias ( $p=0.203$ ,  $R=0.042$ ).



**Figura 3.58:** Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en verano de los años 2020, 2021, 2022 y 2023.

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 Paraonidae, Lumbrineridae y Capitellidae son las implicadas en casi el 69% de similitud detectada en el grupo A (51.96%), grupo constituido principalmente por estaciones del transecto norte. Las familias Syllidae, Paraonidae, Eunicidae, Onuphidae Lumbrineridae y Capitellidae, son las implicadas en la similitud dentro del grupo B, grupo que presenta la mayoría de las estaciones del transecto vertido, junto a alguna de las estaciones del transecto norte N4.

**Tabla 3.34.** 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.

Grupo	Familia	AM	PA
<b>A</b>			
<b>SM: 51.96</b>			
	Paraonidae	796.43	39.84
	Lumbrineridae	304.17	60.5
	Capitellidae	170.83	68.94
<b>B</b>			
<b>SM: 56.46</b>			
	Syllidae	374.02	22.69
	Paraonidae	280.39	34.03
	Eunicidae	138.73	42.89
	Onuphidae	128.43	51.54
	Lumbrineridae	106.37	57.81
	Capitellidae	120.1	63.83

Las familias Paraonidae, Syllidae, Lumbrineridae, Spionidae y Capitellidae son las implicadas en la disimilitud entre los principales grupos. Estas diferencias son debidas al dominio de la mayoría de las familias Paraonidae, Spionidae y Lumbrineridae en las estaciones más próximas al vertido de aguas residuales (grupo A), mientras que la familia Syllidae domina en gran parte de las estaciones del transecto vertido. La familia Capitellidae, aunque está presente en los distintos grupos, es algo superior su presencia en las estaciones Norte. Si analizamos los subgrupos establecidos dentro del grupo A se observa que las principales diferencias vienen marcadas por el descenso de la abundancia de las familias dominantes en este grupo, durante la campaña 2022. Así mismo, dentro del grupo B, las principales diferencias entre ambos subgrupos son debidas al descenso de las familias implicadas en el subgrupo B2, grupo al que pertenecen las estaciones del vertido durante la campaña del 2022.

**Tabla 3.35.** 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.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
<b>A / B</b>				
DM: 65.56				
	Paraonidae	796.43	280.39	22.74
	Syllidae	9.52	374.02	35.61
	Lumbrineridae	304.17	106.37	44.12
	Spionidae	280.36	66.67	51.98
	Capitellidae	170.83	120.1	56.98
<b>A1 / A2</b>				
DM: 58.99				
	Paraonidae	1096.3	256.67	37.32
	Spionidae	417.59	33.33	51.58
	Lumbrineridae	331.48	255	59.48
	Capitellidae	219.44	83.33	66.49
	Cirratulidae	146.3	20	72.23
<b>B1 / B2</b>				
DM: 62.15				
	Syllidae	513.64	118.06	17.97
	Paraonidae	378.79	100	31.98
	Cirratulidae	156.06	2.78	38.62
	Capitellidae	162.88	41.67	44.3
	Onuphidae	154.55	80.56	49.2

## **Valoración**

Respecto a la evolución temporal cabe destacar el descenso acusado de la abundancia y riqueza de familias de poliquetos detectada en la campaña de muestreo del verano 2022. Sin embargo, se mantiene el patrón de segregación de la mayoría de las estaciones localizadas al norte, junto a alguna de las estaciones del transecto vertido (principalmente V1), respecto a la mayoría de las estaciones localizadas en el transecto vertido, estaciones más heterogéneas, junto a la estación N4. Las estaciones con influencia del vertido de aguas residuales se caracterizan por el dominio de las familias Paraonidae, Lumbrineridae y Spionidae. La familia Syllidae sigue siendo principalmente la familia dominante de las estaciones establecidas en el transecto vertido.

### 3. 6.- Pradera de Posidonia oceanica

#### 3.6.1.- Densidad

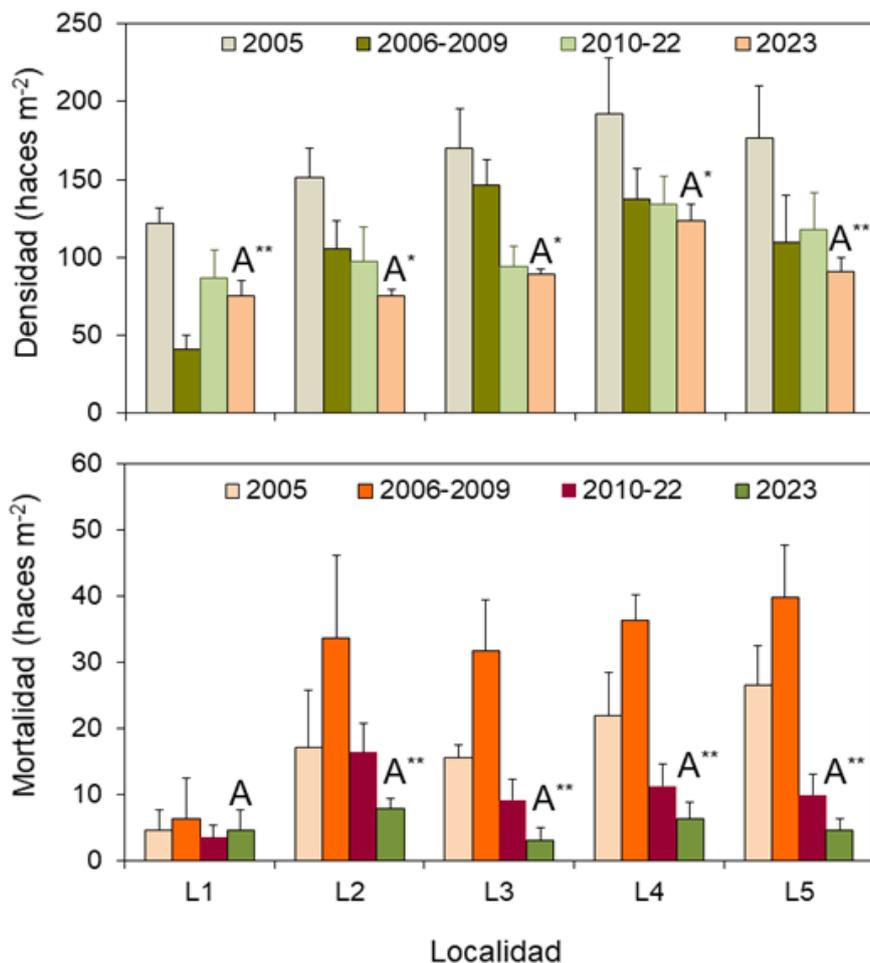
En el muestreo de este año no se han detectado diferencias significativas para la densidad de haces vivos entre las distintas localidades estudiadas (Tabla 3.36 y Figura 3.60). Los valores de densidad de todas las estaciones estuvieron comprendidos entre 75 y 123 haces m<sup>-2</sup> (Figura 3.59).

Al comparar estos datos con los de los años anteriores se siguen detectando diferencias significativas al observarse una disminución significativa de este parámetro respecto al primer año de funcionamiento del emisario (2005). Detectándose una interacción entre el factor tiempo y el factor localidad, ya que la disminución no se da por igual en todas las localidades estudiadas (Tabla 3.36 y Figura 3.60). Sin embargo, los datos observados este año para todas las localidades son similares a los estimados para el periodo de estudio anterior (2010-2022).

**Tabla 3.36:** 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 - 2023) al funcionamiento del emisario. GI = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, \* = p < 0.05, \*\* = p < 0.01, \*\*\* = p < 0.001, ns = no significativo.

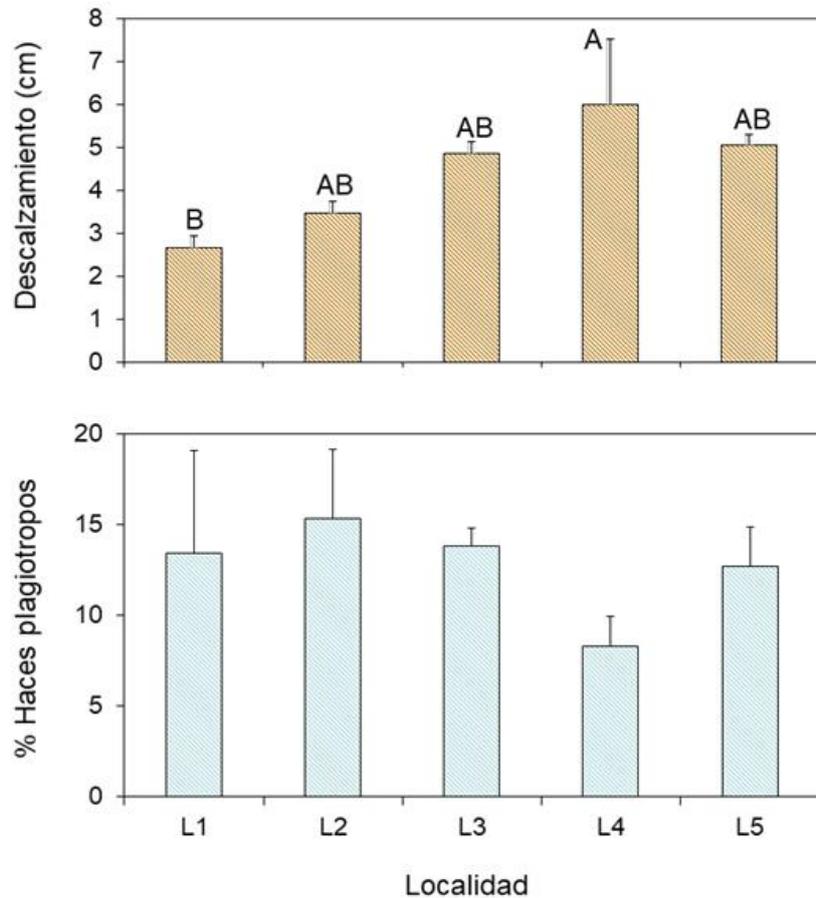
Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
<b>Densidad</b> (haces m <sup>-2</sup> )	Tiempo	18	9618.6723	7.17	***	Residual
	Localidad	4	44115.9654	32.87	***	Residual
	Tiempo*Localidad	72	2446.4775	1.82	***	Residual
	Residual	285	1342.0938			
<b>Mortalidad</b> (haces m <sup>-2</sup> )	Tiempo	18	2917.2187	34.97	***	Residual
	Localidad	4	2852.5505	34.19	***	Residual
	Tiempo*Localidad	72	334.4298	4.01	***	Residual
	Residual	285	83.4247			

Tampoco se detectan diferencias significativas respecto a la densidad haces muertos en entre las distintas localidades (Tabla 3.36 y Figura 3.59). Pero sí se continúa observando un cambio significativo de este descriptor respecto a la interacción de la localidad con el tiempo (Tabla 3.36), en parte debido al incremento que se dio durante los primeros años en algunas de las localidades (L2, L3, L4 y L5), seguido de una disminución significativa de esta variable en esas mismas localidades a partir del periodo 2012-2013.



**Figura 3.59:** Representación gráfica de los datos de densidad media y densidad de haces muertos (haces m<sup>-2</sup>) obtenidos en las localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2023) 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 (\*\*<0.01).

Respecto a los porcentajes de haces plagiotropos (Figura 3.60), en el muestreo del presente año tampoco se detectan diferencias significativas entre las localidades de estudio. Los valores mínimos se vuelven a observar en la localidad L4 con un 8.3 % de haces de crecimiento horizontal, mientras que el resto de localidades tenían más de un 13 % de haces plagiotropos.

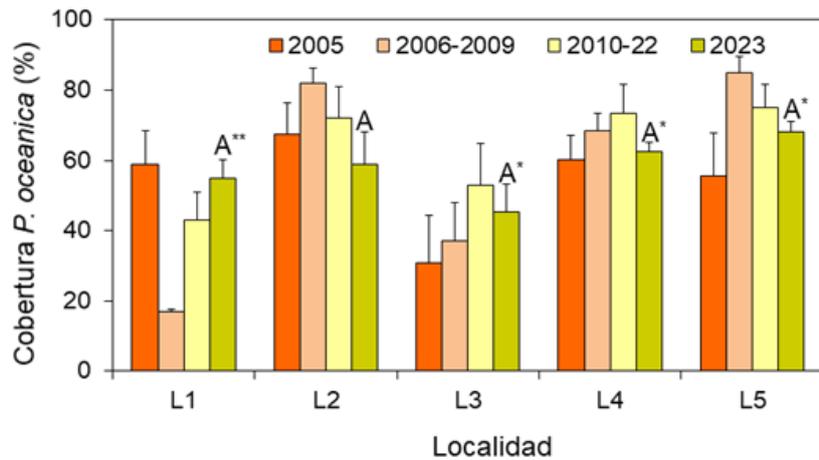


**Figura 3.60:** Representación gráfica de los datos de descalzamiento de los haces de *Posidonia oceanica* (cm) y del porcentaje de haces plagiotropos (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para  $p < 0.05$  (las barras representan el error típico).

Sí se detectaron diferencias entre el descalzamiento de los haces de las cinco localidades (Figura 3.60), ya que la localidad L4 presentaba haces con un descalzamiento significativamente mayor ( $6 \pm 1.5$  cm) que la localidad L1 ( $2.7 \pm 0.3$  cm).

### 3.6.2.- Cobertura

La cobertura de *Posidonia oceanica* es considerada como un parámetro bastante variable, como se puede observar en la Figura 3.61. En la zona de estudio este año no se detectaron diferencias significativas entre las distintas localidades (Tabla 3.37 y Figura 3.61).



**Figura 3.61:** Representación gráfica de los datos de cobertura de *Posidonia oceanica* (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2023) 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).

Los valores de este descriptor oscilaron entre el 46.5 de la localidad L3 y el 68 % de la localidad L5. Comparando los datos de este año con los del periodo anterior, se observa que son similares para todas las localidades estudiadas.

**Tabla 3.37:** 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.

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Cobertura (%)	Tiempo	18	711.7988	2.70	***	Residual
	Localidad	4	11303.7128	42.92	***	Residual
	Tiempo*Localidad	72	941.3985	3.57	***	Residual
	Residual	190	263.3509			

### 3.6.3.- Fenología

Al caracterizar los haces de *Posidonia oceanica* procedentes de las distintas localidades, en el presente muestreo únicamente no se observan diferencias significativas para la anchura media y la anchura máxima foliar (Figura 3.62). Además, se siguen detectando variaciones significativas entre los dieciocho años de muestreo para todos los descriptores, así como una interacción del factor tiempo con la localidad para los mismos (Tabla 3.38).

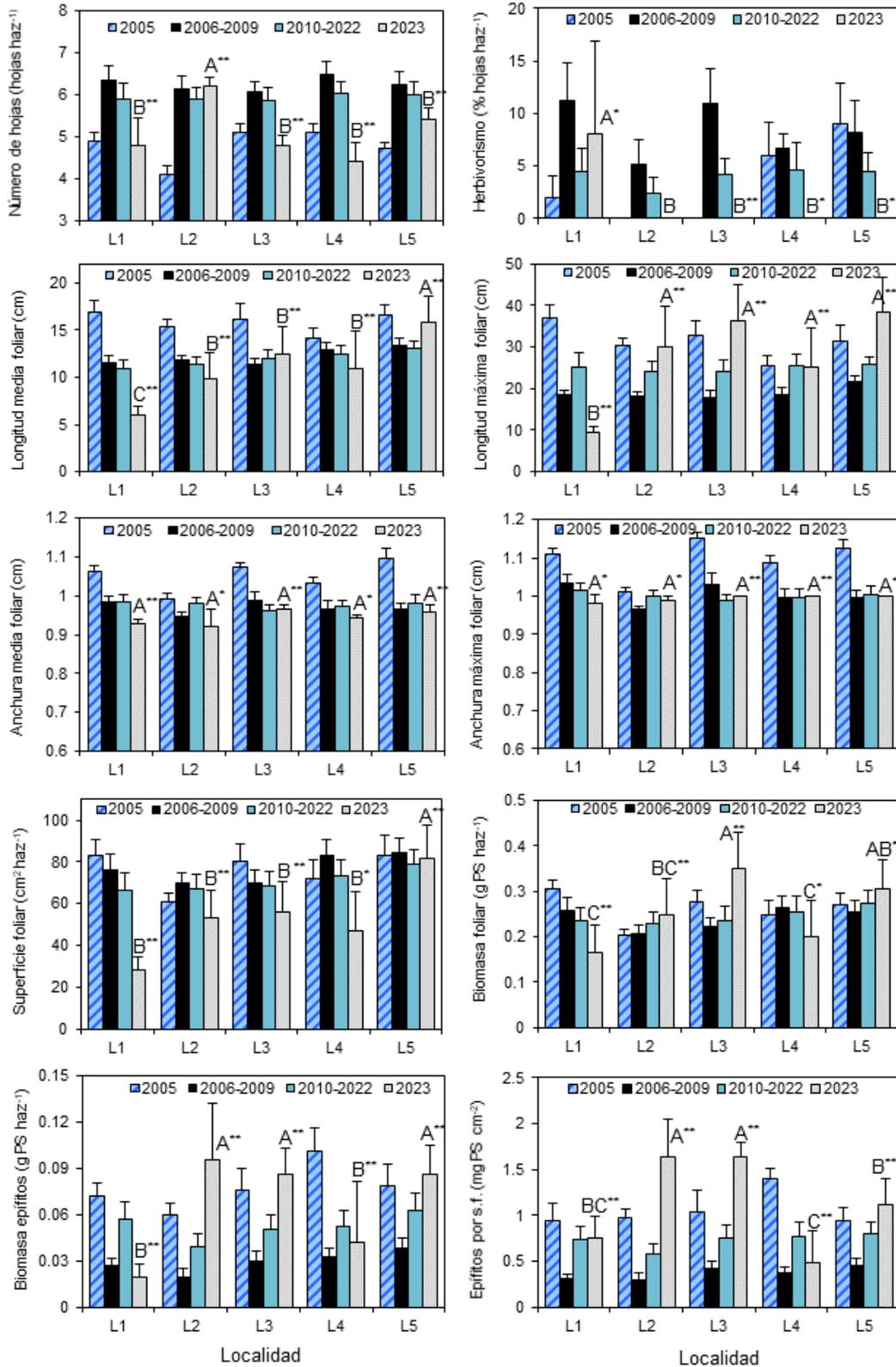
En general, se observa que los haces de la localidad L1 presentan una menor longitud media y máxima foliar, mientras que los haces de la Localidad L2 poseen un mayor número de hojas (Tabla 3.38, Figura 3.62). Sin embargo, la superficie foliar es significativamente mayor en la localidad L5, así como la biomasa foliar, también más elevada en la localidad L3.

**Tabla 3.38:** 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. GI = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, \* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$ , \*\*\* =  $p < 0.001$ , ns = no significativo.

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Número de hojas (hojas haz <sup>-1</sup> )	Tiempo	18	27.6761	34.14	***	Residual
	Localidad	4	0.9174	1.13	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	72	1.8451	2.28	***	Residual
	Residual	855	0.8108			
Longitud media foliar (cm)	Tiempo	18	397.5053	42.17	***	Residual
	Localidad	4	153.7390	16.31	***	Residual
	Tiempo*Localidad	72	39.5461	4.20	***	Residual
	Residual	855	9.4254			
Longitud máxima foliar (cm)	Tiempo	18	3352.1002	25.09	***	Residual
	Localidad	4	197.2394	1.48	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	72	436.1659	3.26	***	Residual
	Residual	855	133.6061			
Anchura media foliar (cm)	Tiempo	18	0.0326	10.03	***	Residual
	Localidad	4	0.0118	3.63	**	Residual
	Tiempo*Localidad	72	0.0085	2.62	***	Residual
	Residual	855	0.0033			
Anchura máxima foliar (cm)	Tiempo	18	0.0344	8.41	***	Residual
	Localidad	4	0.0239	5.85	***	Residual
	Tiempo*Localidad	72	0.0092	2.24	***	Residual
	Residual	855	0.0041			
Superficie foliar (cm <sup>2</sup> haz <sup>-1</sup> )	Tiempo	18	16077.7232	26.36	***	Residual
	Localidad	4				
	Tiempo*Localidad	72				
	Residual	855				

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
<b>Biomasa foliar (g PS haz<sup>-1</sup>)</b>	Localidad	4	6332.6380	10.38	***	Residual
	Tiempo*Localidad	72	1801.9032	2.95	***	Residual
	Residual	855	610.0261			
<b>Biomasa de epífitos (g PS haz<sup>-1</sup>)</b>	Tiempo	18	0.2148	24.16	***	Residual
	Localidad	4	0.0580	6.53	***	Residual
	Tiempo*Localidad	72	0.0242	2.72	***	Residual
	Residual	855	0.0089			
<b>Epífitos por s.f. (mg PS cm<sup>-2</sup>)</b>	Tiempo	18	0.0391	30.34	***	Residual
	Localidad	4	0.0099	7.72	***	Residual
	Tiempo*Localidad	72	0.0058	4.46	***	Residual
	Residual	855	0.0013			
<b>Herbivorismo (% hojas haz<sup>-1</sup>)</b>	Tiempo	18	4.9787	26.56	***	Residual
	Localidad	4	0.7842	4.18	**	Residual
	Tiempo*Localidad	72	0.8682	4.63	***	Residual
	Residual	855	0.1874			
	Tiempo	18	1203.2634	15.95	***	Residual
	Localidad	4	275.7804	3.66	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	72	280.5316	3.72	***	Residual
	Residual	855	75.4366			

Además, este año, la carga de epífitos detectada es significativamente superior en las localidades L2 y L3. En este muestreo sólo se detectaron marcas de herbivorismo en los haces de la localidad L1 (Figura 3.62).

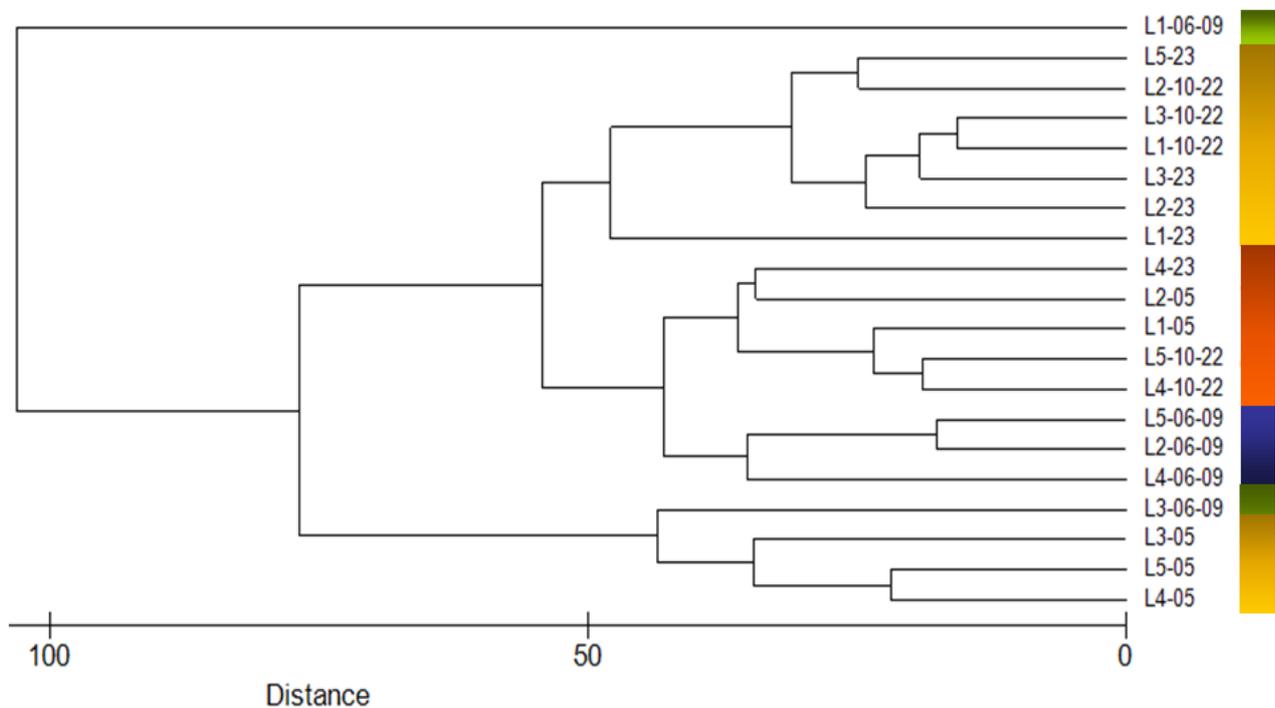


**Figura 3.62:** Representación de los datos de fenología obtenidos para los haces de las cinco localidades con anterioridad (2005) y posterioridad (2006-2009, 2010-2022 y 2023) del funcionamiento del emisario. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para  $p < 0.05$  (las barras 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

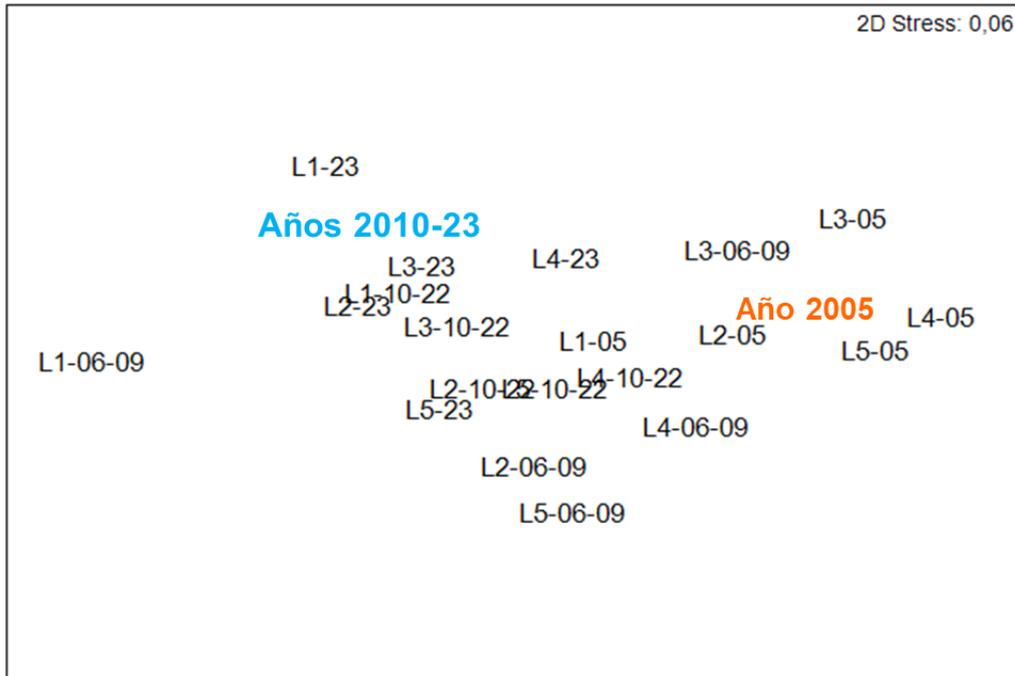
Los resultados obtenidos en los anteriores apartados se emplearon para crear una matriz de similitud con la que realizar varios análisis multivariantes (CLUSTER, MDS y ACP), que nos ayudasen a agrupar las distintas localidades, clasificarlas y apreciar su evolución entre los distintos tiempos de muestreo.

Según se puede observar en la representación gráfica del cluster (Figura 3.63) se sigue manteniendo cierta agrupación de las localidades en función de del año de muestreo y de su situación.



**Figura 3.63:** 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 3.64).



**Figura 3.64:** Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.

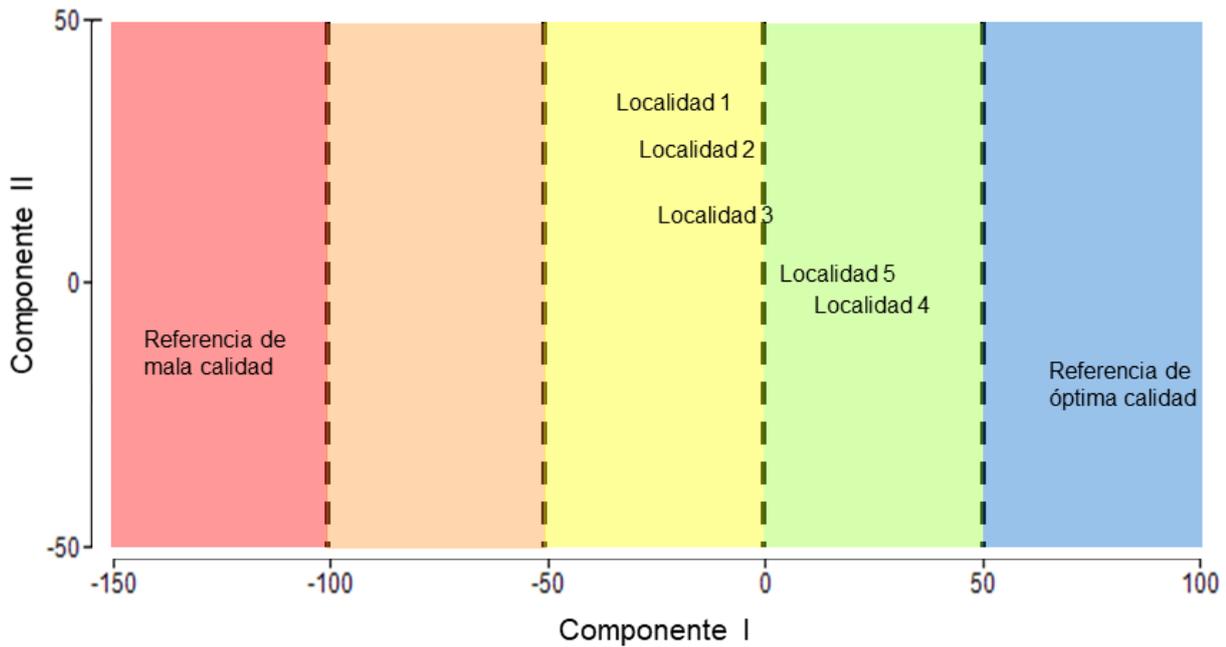
### 3.6.5.-Clasificación del estado ecológico de las localidades según la DMA

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 si solo explicaba el 79.1 % del total de la variabilidad, mientras que el segundo explicaba el 13.4 %, 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 3.65). A partir de estos valores, se calculó el EQR (Tabla 3.40).



**Figura 3.65:** 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 3.39) 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.

La localidad L1, que en los primeros muestreos presentaba una calidad deficiente, se mantiene con una calidad moderada desde hace varios años (Tabla 3.40).

**Tabla 3.39:** 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).

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

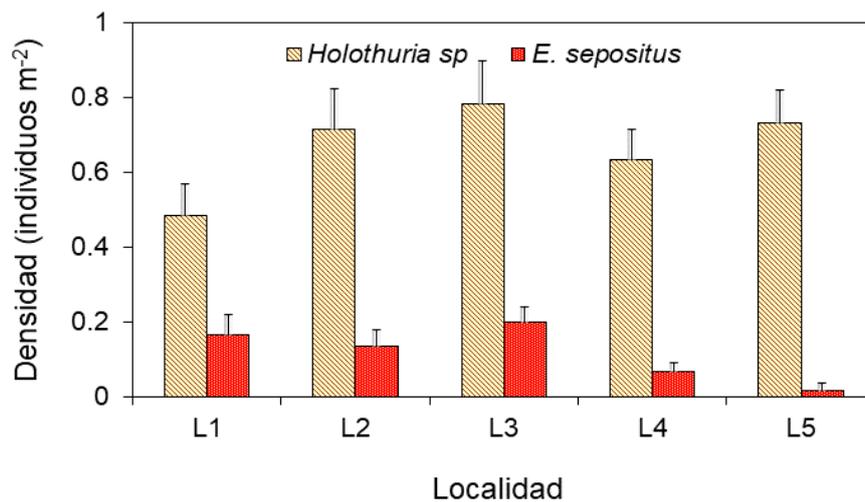
Localidad	EQR	Calidad
Localidad 1	0.4682	Moderada
Localidad 2	0.4982	Moderada
Localidad 3	0.5238	Moderada
Localidad 4	0.7005	Buena
Localidad 5	0.5546	Buena

### 3.7.- Equinodermos

Las especies de equinodermos encontradas durante este último muestreo pertenecían al género *Holothuria sp.*, y a la estrella de mar *Echinaster sepositus*, que se han detectado en todas las localidades muestreadas (Tabla 3.41 y Figura 3.66). Este año tampoco se observó ninguna especie de equinoideo en las localidades de estudio.

**Tabla 3.41:** Especies de equinodermos identificadas en cada una de las cinco localidades durante los muestreos del 2005, 2006-2009, 2010-2022 y 2023.

Localidad	2005	2006-2009	2010-2022	2023
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>Paracentrotus lividus</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</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>Sphaerechinus granularis</i>	<i>Holothuria sp.</i> <i>E. sepositus</i>

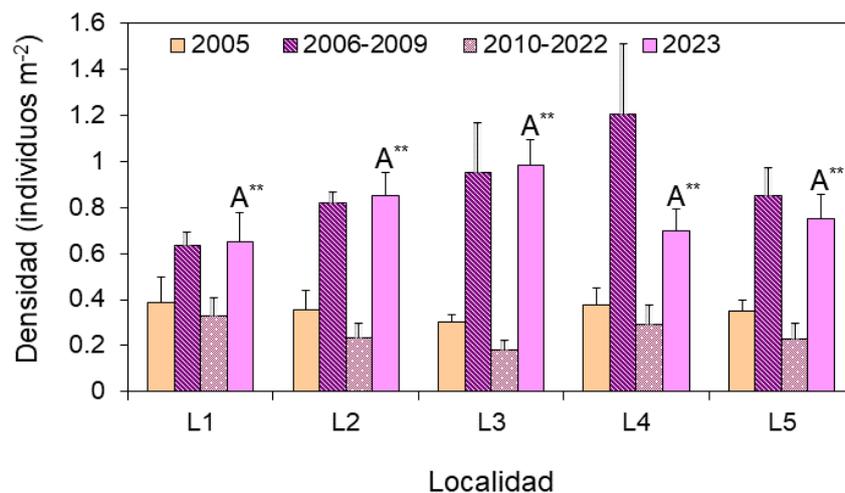


**Figura 3.66:** Representación gráfica de los datos de densidad de las distintas especies de equinodermos (nº individuos m<sup>-2</sup>) obtenidos en el año 2023 en las cinco localidades de estudio, sobre pradera de *P. oceanica* a - 26 m de profundidad (las barras representan el error típico).

En cuanto a los valores de densidad total de equinodermos durante el muestreo de este año, estos mostraron diferencias significativas en la interacción entre el tiempo y la localidad, pero no se detectan diferencias significativas entre las distintas localidades (Tabla 3.42). Sin embargo, sí se puede observar un incremento en la densidad de estos organismos respecto a la estimada para el periodo anterior (Figura 3.67).

**Tabla 3.42:** Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad de equinodermos (individuos m<sup>-2</sup>) 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.

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Densidad de equinodermos	Tiempo	17	2.3089	48.46	***	Residual
	Localidad	4	0.2153	4.52	**	Residual
	Tiempo*Localidad	68	0.2543	5.34	***	Residual
	Residual	270	0.0476			

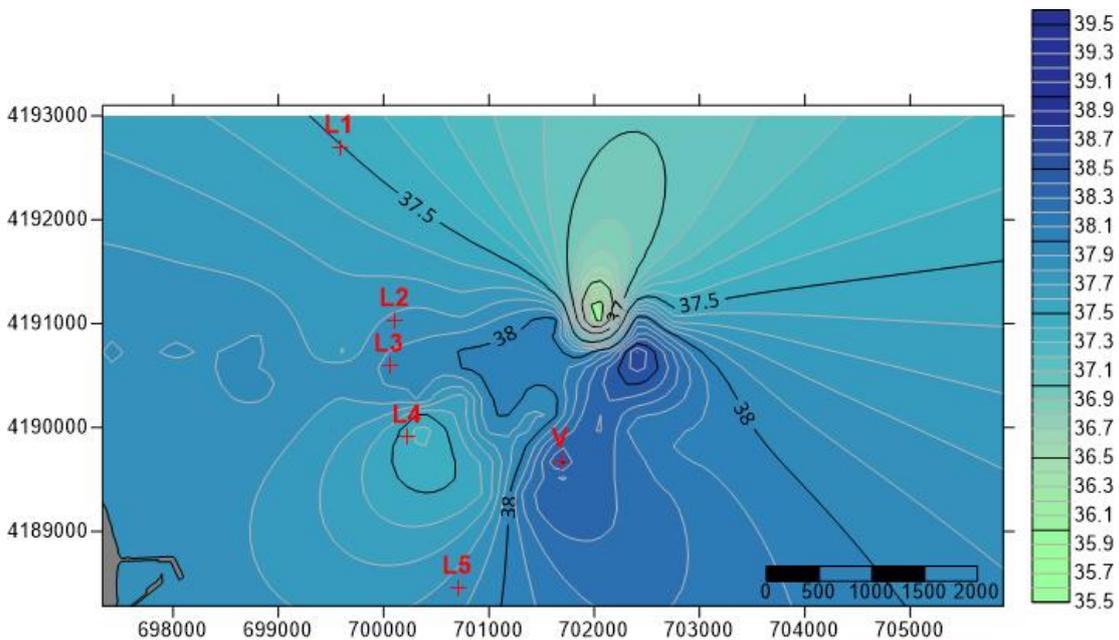


**Figura 3.67:** Densidad total de equinodermos (número de individuos por m<sup>2</sup>) en las cinco localidades de estudio, obtenida antes (2005) y después (2006 - 2023) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para p<0.05 (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (\*\*<0.01).

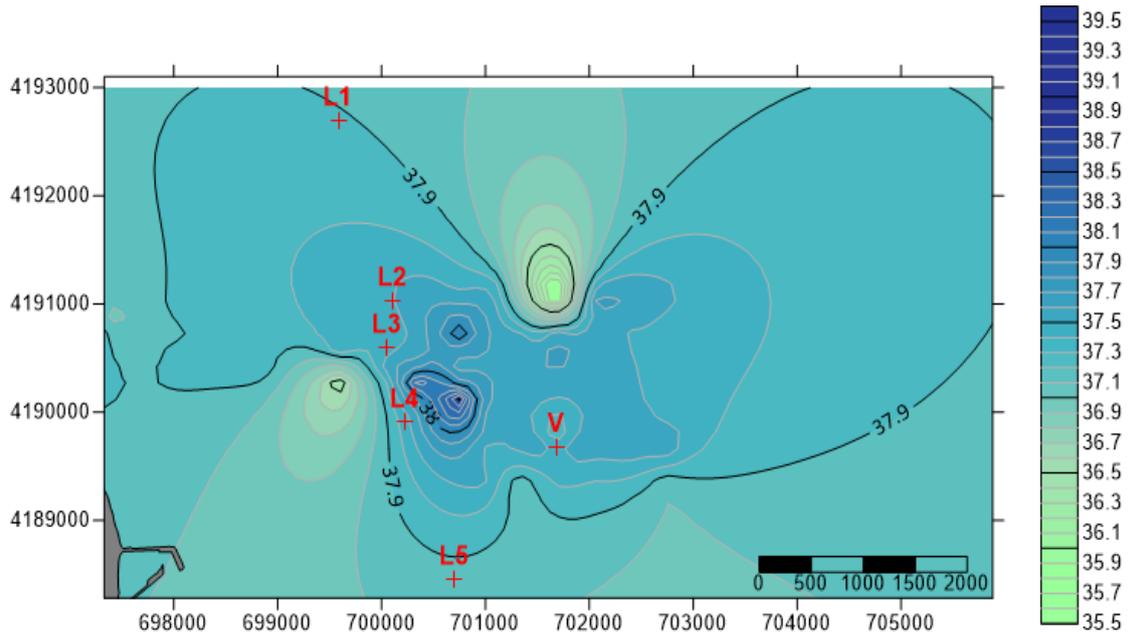
### 3.8.- Caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.

Las figuras siguientes (figuras 3.68- 3.75) representan los resultados de las cuatro campañas de salinidad (invierno, primavera, verano y otoño) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma salina durante el año 2023, tanto en fondo como en superficie.

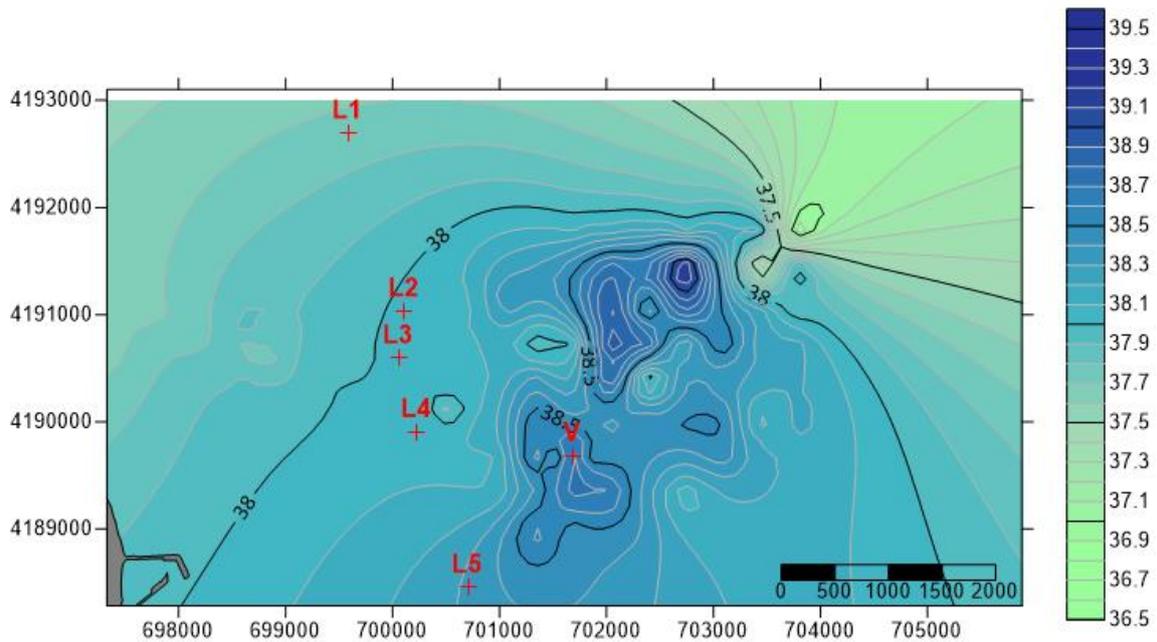
La salinidad máxima registrada en profundidad durante las cuatro campañas realizadas ha sido de 39.35 durante la campaña de primavera. En invierno el valor máximo en el fondo alcanzó 38.12 y en otoño 38,55, mientras que en verano el valor máximo no superó el valor de 37.9 ups. Estos valores no alcanzan 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.



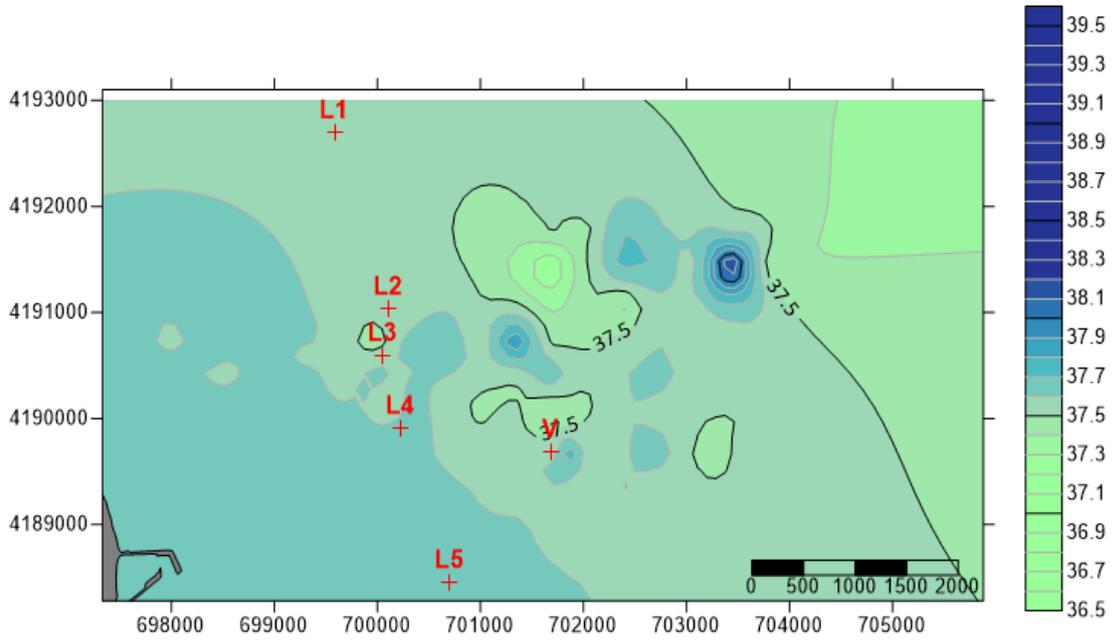
**Figura 3.68.** Campaña de salinidad en profundidad de invierno 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



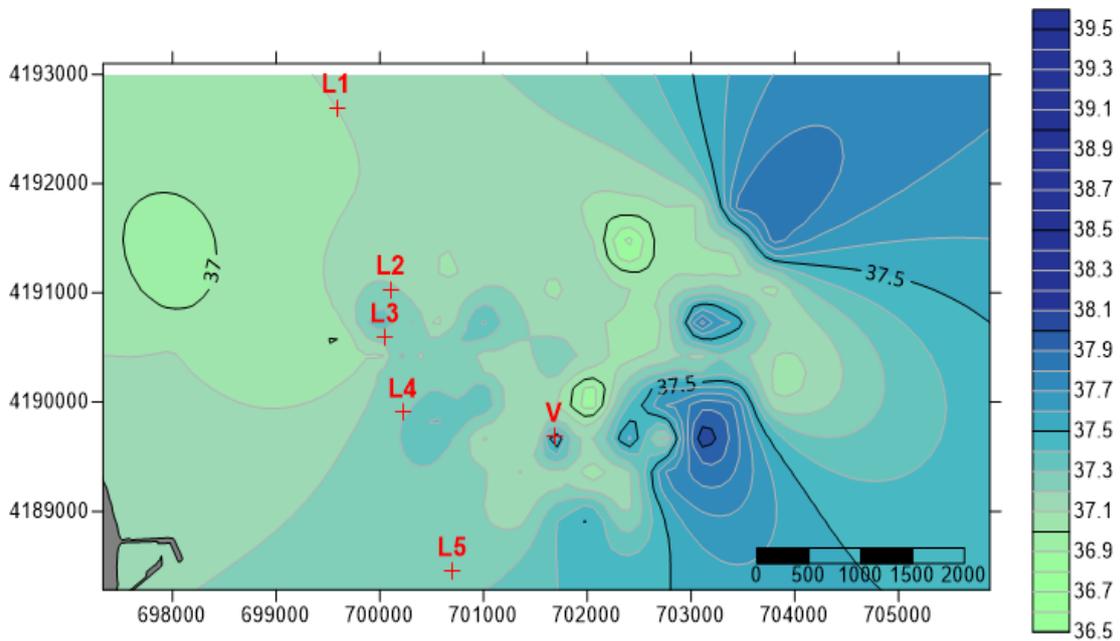
**Figura 3.69.** Campaña de salinidad en superficie de invierno 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



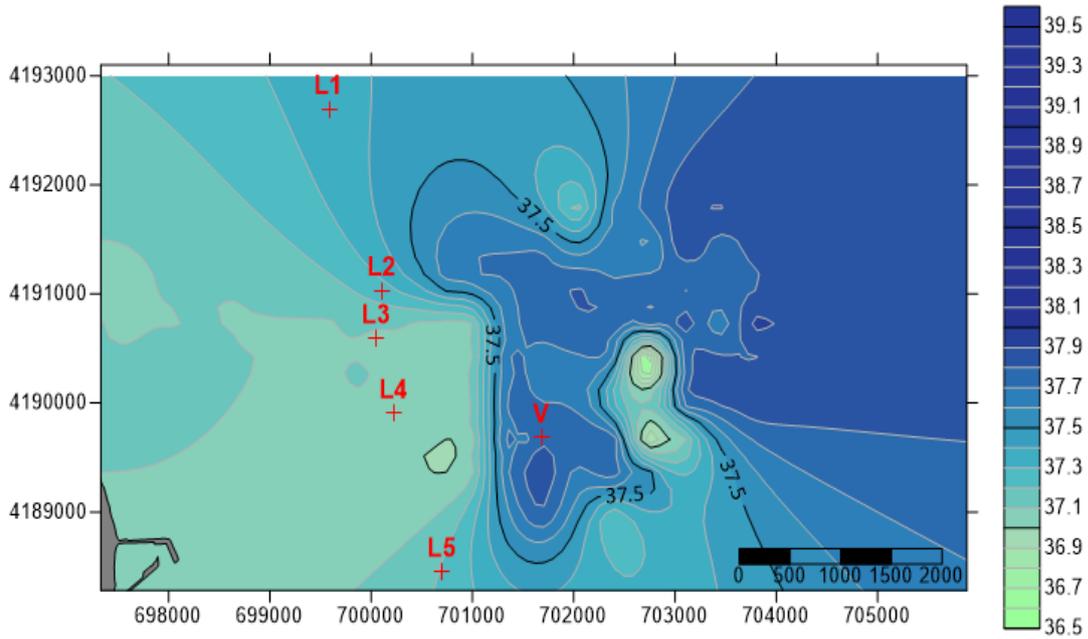
**Figura 3.70.** Campaña de salinidad en profundidad de primavera 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



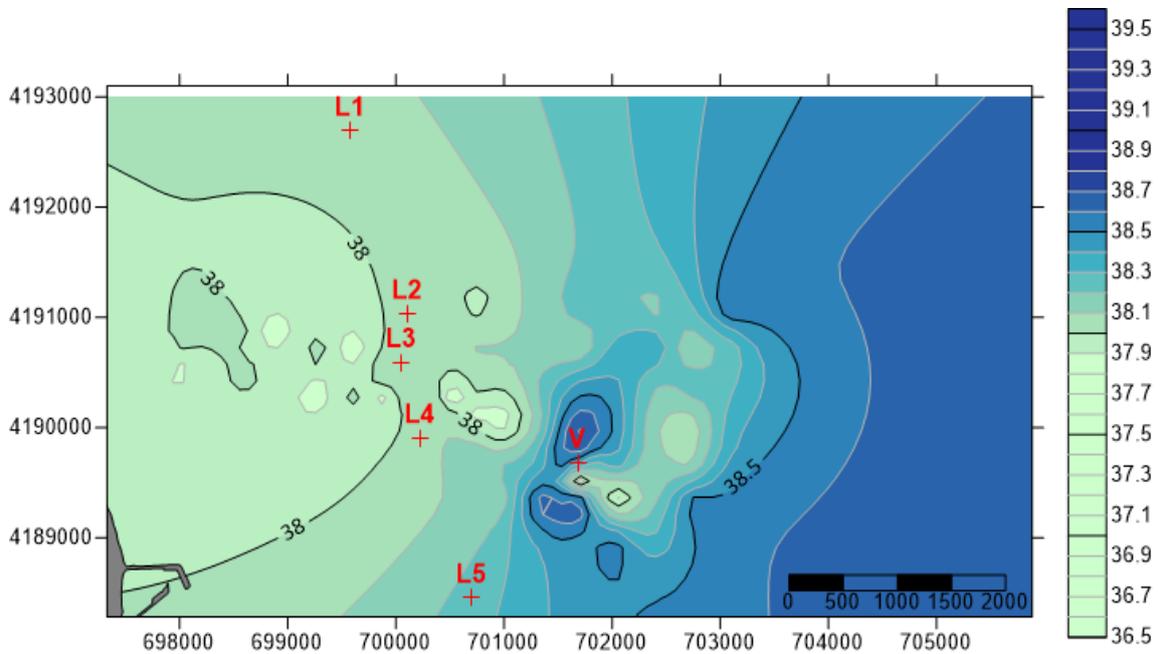
**Figura 3.71.** Campaña de salinidad en superficie de primavera 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



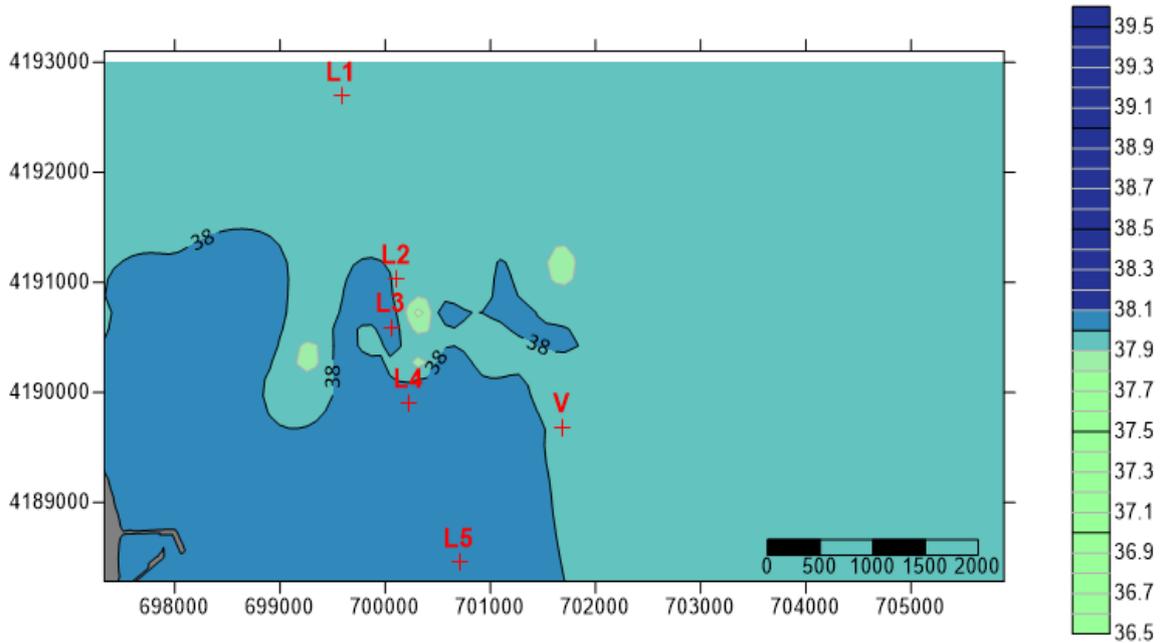
**Figura 3.72.** Campaña de salinidad en profundidad de verano de 2023. “V” indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



**Figura 3.73.** Campaña de salinidad en superficie de verano 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



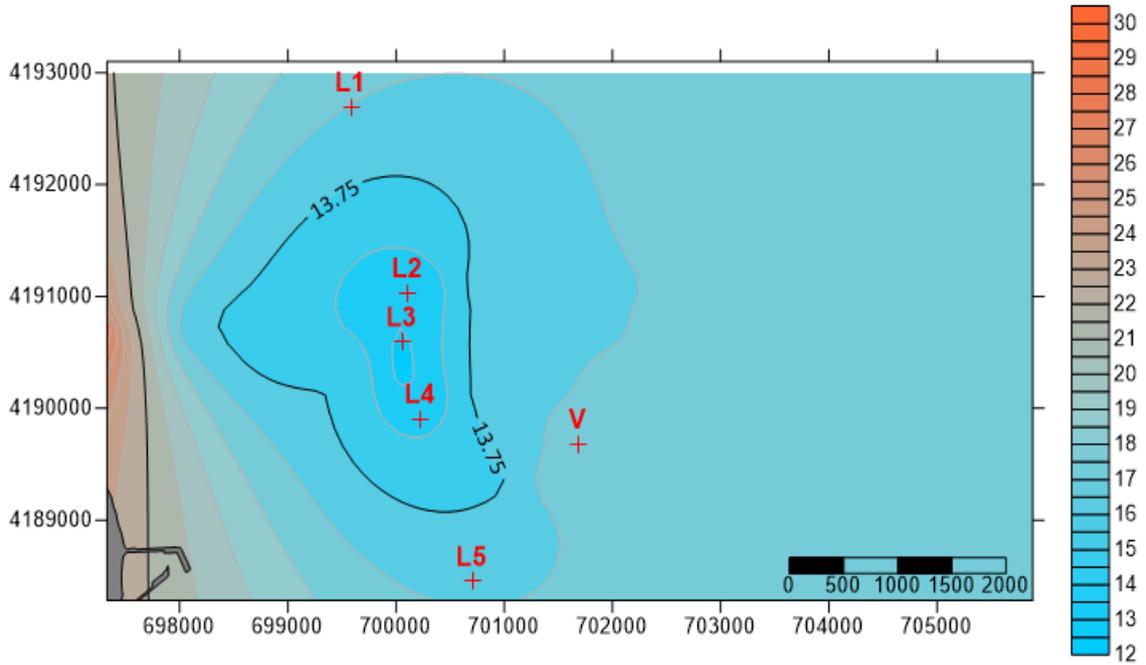
**Figura 3.74.** Campaña de salinidad en profundidad de otoño 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



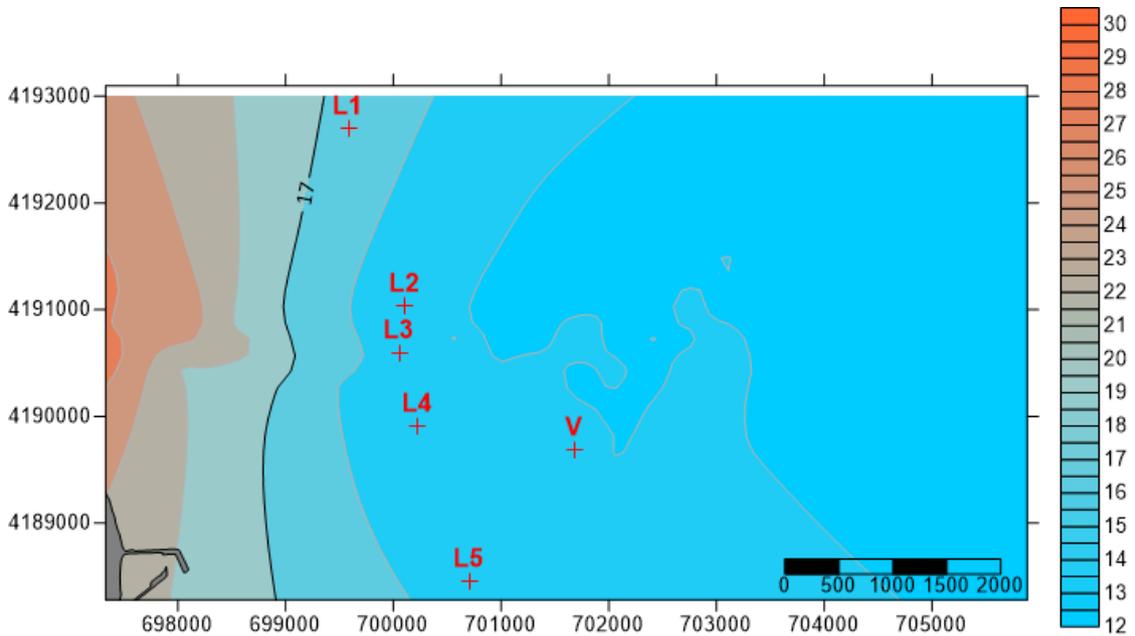
**Figura 3.75.** Campaña de salinidad en superficie de otoño 2023. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

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

Las figuras siguientes (figuras 3.76 – 3.79) presentan los resultados de temperatura de las cuatro campañas (invierno, primavera, verano y otoño) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma durante el año 2023.



**Figura 3.76.** Temperatura en el fondo en invierno del 2023. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



**Figura 3.77.** Temperatura en el fondo en primavera del 2023. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



#### 4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES

Las campañas de salinidad confirman la tendencia observada desde la instalación del tramo difusor al final del emisario con una rápida dilución de la pluma salina. De este modo no se han registrado valores de salinidad superiores a 39,5 ups, ni siquiera en el punto de vertido. En las campañas anteriores a la instalación del tramo difusor, la salinidad en el medio podía alcanzar valores cercanos a 50 ups en el punto más próximo al vertido.

El emisario mantiene su funcionalidad y las operaciones de mantenimiento y mejora realizadas han cumplido su función. Actualmente no se requieren operaciones adicionales de lastrado ya que la rotura de las mantas de hormigón está siendo compensada por el enterramiento del emisario y se efectuaron operaciones de lastrado que compensan algunos de los lastres en U invertida que no contactan con el emisario desde el momento de su construcción. Se han detectado redes de pesca en el emisario que no comprometen su funcionalidad.

Los sensores instalados en el límite inferior de la pradera de *Posidonia oceanica* han registrado superaciones del nivel de referencia de 38.3 en el primer trimestre de 2023 aplicando el protocolo de parada progresiva previsto en la autorización de vertido, volviendo a la normalidad a lo largo del resto del año

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

Es precisamente la heterogeneidad de los sedimentos la que condiciona la distribución de la fauna y no se detectan efectos del vertido desde la instalación de la pieza difusora en 2010. En el transecto norte, más cercano al emisario de aguas residuales dominan los sedimentos finos y están presentes familias de poliquetos más relacionadas con la materia orgánica. El transecto situado en el vertido es más heterogéneo.

Respecto a la pradera de *Posidonia oceanica* se siguen detectando variaciones significativas entre los distintos años de muestreo para algunos de los descriptores estudiados, así como una interacción del factor tiempo con la localidad para los mismos. Puesto que estas diferencias no siguen el mismo patrón para todos los descriptores analizados, ni aparecen únicamente en la localidad más próxima al vertido (L3), no podemos relacionar estos cambios con el vertido de la desalinizadora y probablemente sean debidos a la variabilidad natural de esta especie (tanto a nivel espacial como temporal). De hecho, aunque se sigue observando una menor cobertura en la localidad L3, ésta es similar a la del resto de localidades. Además, no se refleja en la valoración de la calidad ecológica mediante el EQR, que le da a esta localidad una calidad moderada, y similar a las de las localidades L1 y L2. Esta conclusión se refuerza porque solo puntualmente se han registrado valores anómalos de salinidad en el límite inferior de la pradera, lo que indica que el vertido no lo alcanza, y en la presencia de poblaciones de equinodermos en todas las localidades estudiadas, ya que estos organismos son muy sensibles a los aumentos de salinidad y se pueden emplear como especies centinela de posibles impactos por vertidos hiperhalinos antes de que estos afecten a la pradera de *Posidonia oceanica* (Fernández-Torquemada *et al.*, 2013).

En cualquier caso, al tratarse de localidades situadas en el borde inferior de la pradera es normal detectar ciertos síntomas de degradación, ya que en su momento se vieron expuestas a los efectos de la pesca de arrastre y a la existencia de aportes de nutrientes en la zona por el vertido de aguas residuales y las jaulas de cultivos marinos. 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.

## 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.

Jiménez-Casero Judit, Maria Dolores Belando, Jaime Bernardeau Esteller, Lázaro Marín Guirao, Jose Luis Sánchez-Lizaso & Juan M. Ruiz. 2023. A critical gap in seagrass protection: impact of anthropogenic off-shore nutrient discharges on deep *Posidonia oceanica* meadows. Plants 12(3): 457. <https://doi.org/10.3390/plants12030457>

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.

RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

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.

## **6. 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. Informe anual 2023**

**ANEXO 10. Vigilancia Estructural del emisario submarino**