



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 2022

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

Estela Carbonell Garzón

David Pitarch

Fabio Blanco Murillo

Laura Leyva Díaz

Ana Cortina

Esther Sánchez Beresaluze

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 27 de febrero de 2023.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping strokes that form a stylized, somewhat abstract shape.

Fdo: Dr José Luis Sánchez Lizaso

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	10
1. INTRODUCCIÓN	16
2. MATERIAL Y MÉTODOS	16
2.1.- Vigilancia estructural.	16
2.2.- Control del efluente.	16
2.3.- Control del medio receptor.	17
2.3.1. – Estaciones de muestreo.	17
2.3.2. – Métodos de muestreo.	25
2.3.3. – Métodos de análisis.	28
2.3.4.- Análisis de los datos.	30
3. RESULTADOS	35
3.1.- Régimen de funcionamiento de las desalinizadoras.	35
3.2.- Vigilancia estructural y resultados de los sensores conectados a las boyas.	35
3.2.1.- Vigilancia estructural ¹	35
3.2.2 Resultados de los sensores conectados a las boyas.	37
3.3.- Control del efluente.	38
3.4.- Control de las aguas receptoras.	38
3.5.- Control de sedimentos y organismos.	43
3.5.1.- Sedimentología durante el año 2022.	43
3.5.2.- Fauna general en la campaña de invierno 2022.	49
3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en invierno de 2022.	57
3.5.4.- Fauna general en la campaña de verano de 2022.	66
3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en verano de 2022.	75
3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2022.	87
3.5.6.1- Sedimentología.	87
3.5.6.2.- Estudio de la fauna general, comparación de las campañas de verano 2020, verano 2021 y verano 2022.	91
3.5.6.3.- Estudio de la comunidad de poliquetos, comparación de las campañas de verano 2020, verano 2021 y verano 2022.	97
3.5.7.- Transectos de videocámara.	107
3. 6.- Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>	109

3.6.1.- Densidad	109
3.6.2.- Cobertura	112
3.6.3.- Fenología	113
3.6.4.-Análisis multivariante de las localidades	116
3.6.5.-Clasificación del estado ecológico de las localidades según la DMA	117
3.7.- Equinodermos	120
3.8.- Caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.	122
3.9.- Caracterización espacio-temporal de la distribución de temperatura en el fondo.	126
4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES	128
ANEXOS DIGITALES	133
ANEXO 1: Perfiles verticales de salinidad en las campañas	133
ANEXO 2. Fotografías de las muestras de sedimento	133
ANEXO 3. Primer informe trimestral	133
ANEXO 4. Segundo informe trimestral	133
ANEXO 5. Tercer informe trimestral	133
ANEXO 6. Cuarto informe trimestral	133
ANEXO 7. Análisis del efluente	133
ANEXO 8. Análisis de las aguas receptoras	133
ANEXO 9. Transectos con video	133
5. BIBLIOGRAFÍA	134

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE CONTENIDO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	10
1. INTRODUCCIÓN	15
2. MATERIAL Y MÉTODOS	15
<i>Tabla 2.1. Estaciones de muestreo.</i>	17
<i>Tabla 2.2. Características de las estaciones muestreadas para el control de aguas receptoras.</i>	20
<i>Tabla 2.3. Características de las estaciones muestreadas para el control de sedimentos y organismos.</i>	23
<i>Tabla 2.4. Características de las estaciones muestreadas para el control de la pradera de Posidonia oceanica.</i>	24
<i>Tabla 2.5. Métodos de muestreo empleados en el control de cada elemento.</i>	27
<i>Tabla 2.6. Métodos de análisis para aguas receptoras límite de cuantización máximo. En base a lo establecido en la Instrucción técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas (ITC-MMA.EECC-1/06).</i>	27
<i>Tabla 2.7. Métodos de análisis de sedimentos y organismos.</i>	28
<i>Tabla 2.8. Descripción de índices empleados. Donde, n_i: número de individuos de la especie i; N: número total de individuos, S: número de especies, f_{pop}: frecuencia de poliquetos oportunistas, f_a: frecuencia de anfípodos.</i>	30
<i>Tabla 2.9. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.</i>	31
<i>Tabla 2.10. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.</i>	33
3. RESULTADOS	34
<i>Tabla 3.1. Consumo de reactivos durante el año 2022.</i>	34
<i>Tablas 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 (páginas anteriores). Valores de los análisis de control de las aguas receptoras en las campañas del 2022 en superficie y en profundidad.</i>	47
<i>Tabla 3.6. Porcentaje de las clasificaciones granulométricas en cada estación.</i>	48
<i>Tabla 3.7. Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial RedOx en cada estación para cada campaña del 2022.</i>	51
<i>Tabla 3.8. Valores de Níquel, Hierro, Cromo, Zinc y Cobre en los sedimentos.</i>	56
<i>Tabla 3.9. Abundancias medias (n° ind/m^2) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación.</i>	57

Tabla 3.10. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada transecto. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.	61
Tabla 3.11. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. AM1: abundancia media en el grupo 1. AM2: Abundancia media en el grupo 2. AM3: Abundancia media en el grupo 3. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.	62
Tabla 3.12. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos. En negrita se señalan los que proporcionan un resultado significativo.	63
Tabla 3.13. Abundancias medias (n° ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.	64
Tabla 3.14. 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.	70
Tabla 3.15. 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.	71
Tabla 3.16. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.	71
Tabla 3.17. Abundancias medias (n° ind/m²) de los grupos faunísticos en cada estación.	74
Tabla 3.18. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada transecto. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.	78
Tabla 3.19. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.	79
Tabla 3.20. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos.	80
Tabla 3.21. Abundancias medias (n° ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.	83
Tabla 3.22. 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.	89
Tabla 3.23. 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.	90

- Tabla 3.25. 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. 103**
- Tabla 3.26. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el primer grupo analizado. AMy: Abundancia media en el segundo grupo a comparar. DM: Disimilitud media entre los grupos. PA: Porcentaje acumulado. 105**
- Tabla 3.27. 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. 110**
- Tabla 3.28. 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. 111**
- Tabla 3.29. Grupos identificados en los transectos con videocámara durante las campañas de invierno y verano 2022. 112**
- Tabla 3.30. Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad y mortalidad de haces de *Posidonia oceanica* obtenidos en las parcelas permanentes previa (2005) y posteriormente (2006 - 2020) al funcionamiento del emisario. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo. 114**
- Tabla 3.31. Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de cobertura de *Posidonia oceanica* obtenidos en las parcelas permanentes previa y posteriormente al funcionamiento del emisario. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo. 118**
- Tabla 3.32. Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de fenología de los haces de *Posidonia oceanica* obtenidos en las parcelas permanentes antes y después del funcionamiento del emisario. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo. 119**
- Tabla 3.33. Límites de EQR asignados a las diferentes calidades ecológicas establecidas por la Directiva Marco del Agua (acordado en la intercalibración para angiospermas en el Mar Mediterráneo, MED-GIG 2007). 124**
- Tabla 3.34. Valoración de la calidad ecológica de las localidades estudiadas en función del componente I del ACP. 124**
- Tabla 3.35. Especies de equinodermos identificadas en cada una de las cinco localidades durante los muestreos del 2005, 2006-2009, 2010-2019 y 2020. 125**
- Tabla 3.36. Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad de equinodermos (individuos m⁻²) obtenidos en las cinco localidades de estudio (L1 – L5) previa y posteriormente a que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo. 126**

4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES	134
ANEXOS DIGITALES	138
5. BIBLIOGRAFÍA	139

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE CONTENIDO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	10
1. INTRODUCCIÓN	18
2. MATERIAL Y MÉTODOS	18
<i>Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras.</i>	21
<i>Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control del control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S).</i>	21
<i>Figura 2.3. Estaciones de muestreo para el control de la pradera de Posidonia oceanica situadas aproximadamente a 26 m de profundidad.</i>	22
<i>Figura 2.4. Estaciones de muestreo para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.</i>	23
3. RESULTADOS	37
<i>Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya este en 2022.</i>	40
<i>Figura 3.2. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya oeste en 2022.</i>	40
<i>Figura 3.3. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada campaña del 2022.</i>	52
<i>Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2022.</i>	53
<i>Figura 3.5. Representación del porcentaje medio de materia orgánica para cada estación y campaña de muestreo del 2022.</i>	55
<i>Figura 3.6. Representación del pH tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2022.</i>	57
<i>Figura 3.7. Representación del potencial redox tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2022.</i>	58
<i>Figura 3.8. Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en invierno de 2022.</i>	61
<i>Figura 3.9. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en invierno de 2022.</i>	62
<i>Figura 3.10. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en invierno de 2022. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015).</i>	62
<i>Figura 3.11. Representación del cluster respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.</i>	63

Figura 3.12. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.	63
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 pH.	66
Figura 3.14. Abundancia media de poliquetos en cada estación.	69
Figura 3.15. Riqueza media de poliquetos en cada estación.	69
Figura 3.16. Diversidad media de poliquetos en cada estación.	70
Figura 3.17. Equitatividad media de poliquetos en cada estación.	71
Figura 3.18. Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.	72
Figura 3.19. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.	72
Figura 3.20. 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, arena media, lutitas, potencial redox y materia orgánica).	76
Figura 3.21. Abundancia media de individuos en cada estación en verano de 2022.	77
Figura 3.22. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en verano de 2022.	78
Figura 3.23. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en verano de 2022. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817, 2015).	79
Figura 3.24. Representación del dendrograma de similitud respecto a los grupos faunísticos estudiados en las diferentes estaciones.	80
Figura 3.25. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones.	81
Figura 3.26. 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 (gravas, arenas gruesas, lutitas pH).	85
Figura 3.27: Abundancia media de poliquetos en cada estación.	87
Figura 3.28: Riqueza media de poliquetos en cada estación.	88
Figura 3.29: Diversidad media de poliquetos en cada estación.	88
Figura 3.30: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.	89
Figura 3.33: 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, lutitas, potencial redox y pH). 95

Figura 3.34. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta verano 2022. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las campañas de 2020, 2021 y 2022. 97

Figura 3.35. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño 2022. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las campañas de 2020, 2021 y 2022. 97

Figura 3.36. Representación del diagrama triangular de granulometría para estación muestreada a lo largo y en cada época de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las campañas de 2020, 2021 y 2022. 99

Figura 3.37. 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 campañas de 2020, 2021 y 2022. 100

Figura 3.38. 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 campañas de 2020, 2021 y 2022. 101

Figura 3.39. 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 campañas de 2020, 2021 y 2022. 102

Figura 3.40. Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de verano de 2021 y 2022. 103

Figura 3.41. Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas de verano de 2021 y de 2022. 104

Figura 3.42. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de verano de 2021 y de 2022. 105

Figura 3.43: Abundancia media en cada estación para las campañas de verano 2020 y 2021. 109

Figura 3.44: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de verano 2021 y 2022. 110

Figura 3.45: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en primavera. 112

Figura. 3.46. Grupos taxonómicos observados durante la realización de los transectos con videocámara. 116

- Figura 3.47. 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 - 2022) 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).** 118
- Figura 3.48. 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).** 119
- Figura 3.49. Representación gráfica de los datos de cobertura de *Posidonia oceanica* (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2022) 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).** 120
- Figura 3.50. Representación de los datos de fenología obtenidos para los haces de las cinco localidades con anterioridad (2005) y posterioridad (2006-2009, 2010-2019 y 2022) 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).** 123
- Figura 3.51. Representación del dendrograma realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.** 124
- Figura 3.52. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.** 125
- Figura 3.53. 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.** 126
- Figura 3.54. Representación gráfica de los datos de densidad de las distintas especies de equinodermos (n° individuos m^{-2}) obtenidos en el año 2022 en las cinco localidades de estudio, sobre pradera de *P. oceanica* a - 26 m de profundidad (las barras representan el error típico).** 129
- Figura 3.55. Densidad total de equinodermos (número de individuos por m^2) en las cinco localidades de estudio, obtenida antes (2005) y después (2006 - 2022) 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).** 130
- Figura 3.56. Campaña de salinidad en profundidad de invierno 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.** 131

<i>Figura 3.57. Campaña de salinidad en superficie de invierno 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	131
<i>Figura 3.58. Campaña de salinidad en profundidad de primavera 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	132
<i>Figura 3.59. Campaña de salinidad en superficie de primavera 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	132
<i>Figura 3.60. Campaña de salinidad en profundidad de verano de 2022. “V” indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	133
<i>Figura 3.61. Campaña de salinidad en superficie de verano 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	133
<i>Figura 3.62. Campaña de salinidad en profundidad de otoño 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	134
<i>Figura 3.63. Campaña de salinidad en superficie de otoño 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	134
<i>Figura 3.64. Temperatura en el fondo en invierno del 2022. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	135
<i>Figura 3.65. Temperatura en el fondo en primavera del 2022. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	135
<i>Figura 3.66. Temperatura en el fondo en verano del 2022. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	136
<i>Figura 3.67. Temperatura en el fondo en otoño del 2022. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	136
4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES	137
ANEXOS DIGITALES	141
5. BIBLIOGRAFÍA	142

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 2022 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.

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

Tabla 2.1. Estaciones de muestreo.

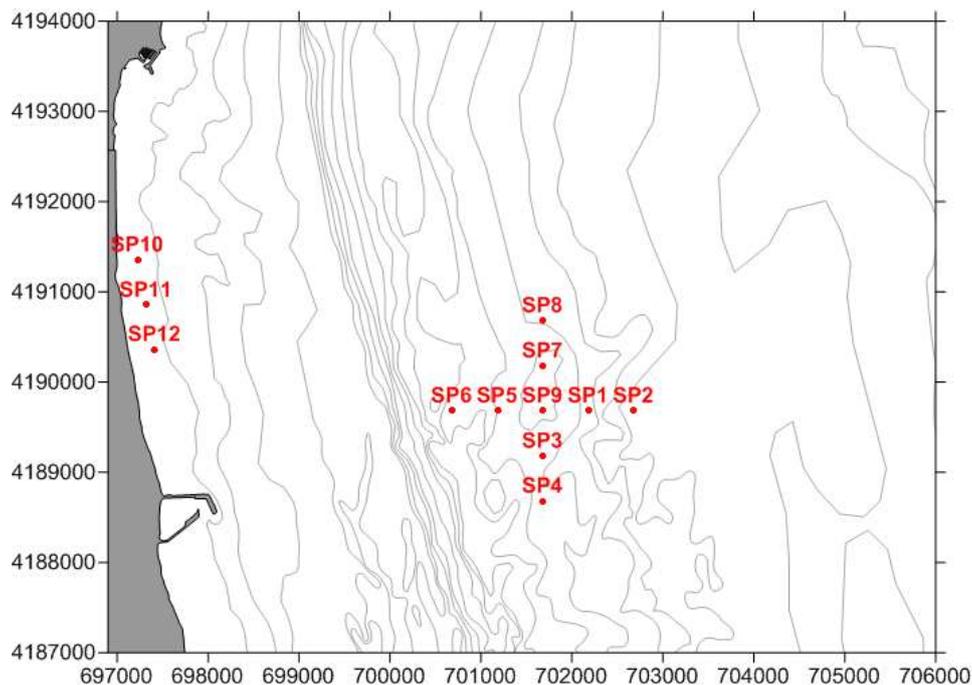


Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras.

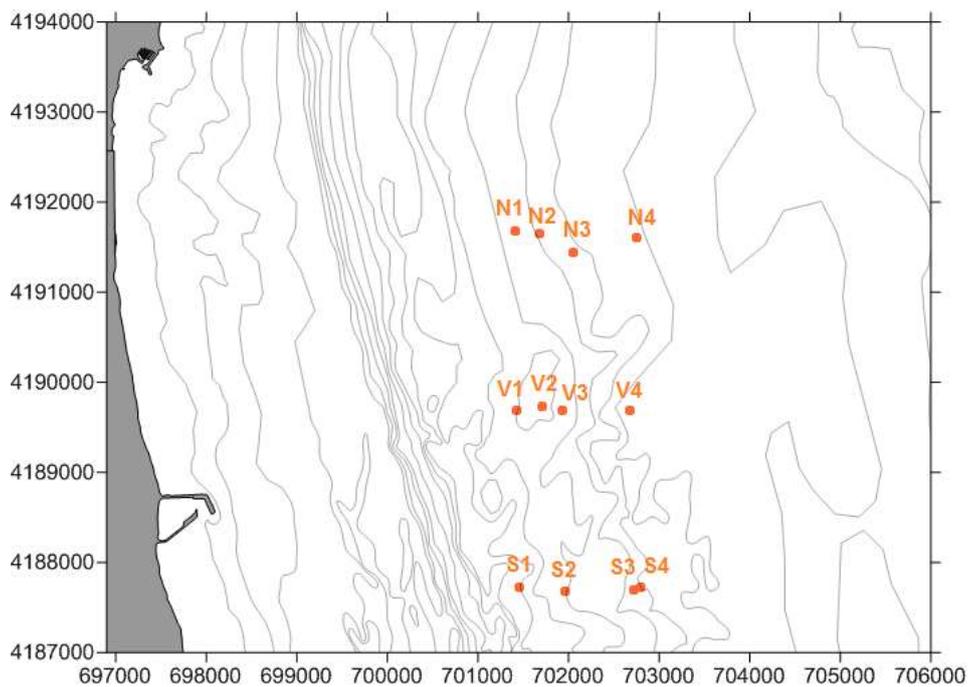


Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S). En los últimos años no se está muestreando en el transecto sur.

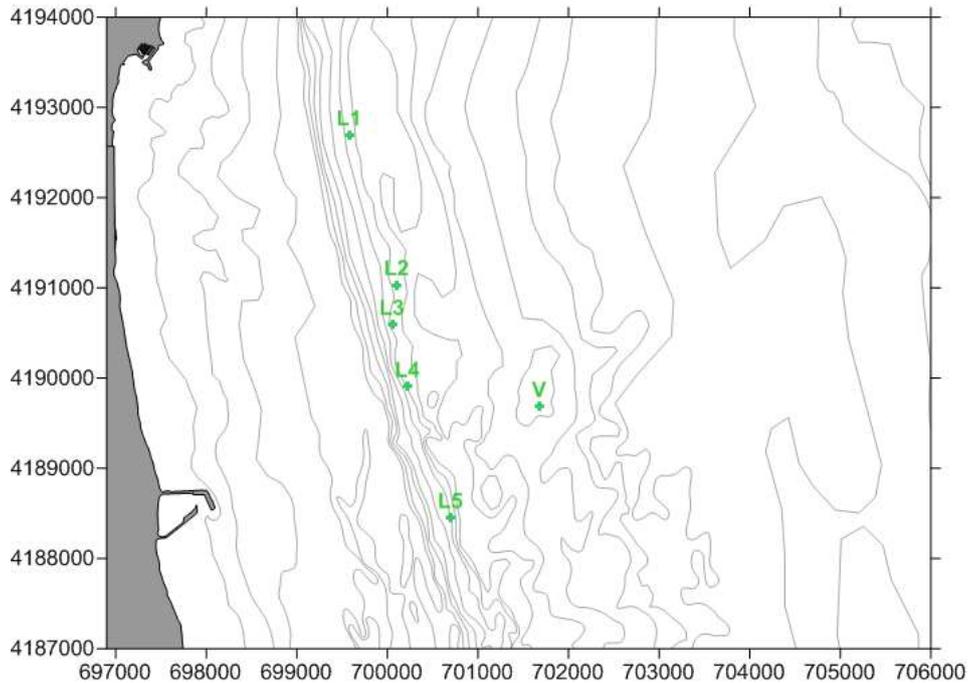


Figura 2.3. Estaciones de muestreo para el control de la pradera de *Posidonia oceanica* situadas aproximadamente a 26 m de profundidad.

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

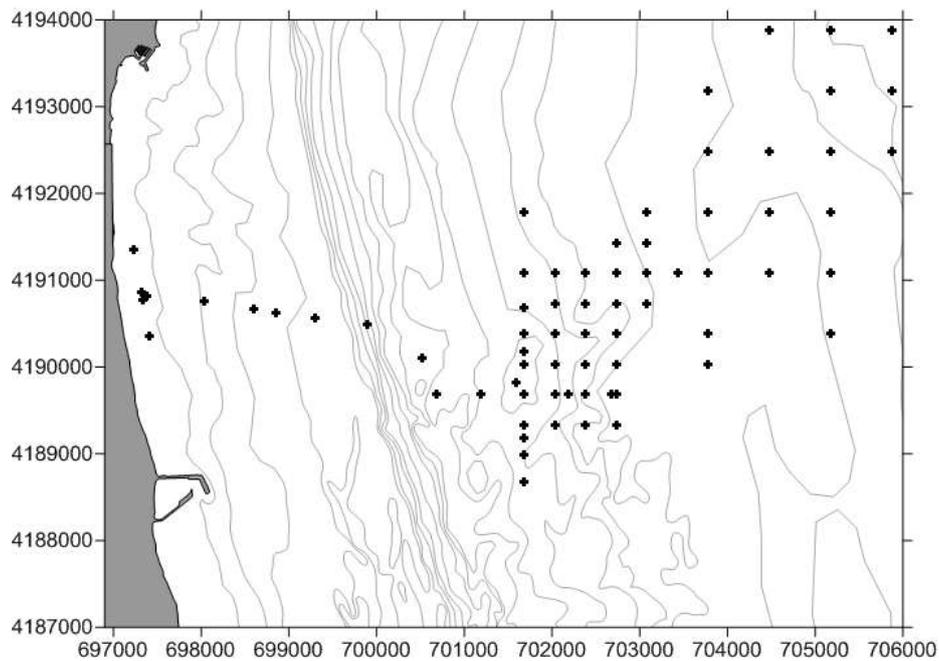


Figura 2.4. Estaciones de muestreo para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.

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

Control de aguas receptoras

Periodicidad muestreo: Trimestral			
Parámetros in situ medidos: pH, temperatura, salinidad, densidad, transparencia.			
Muestras recogidas por estación y trimestre: Agua superficial: 1 Botella plástico (2L) y 1 botella de vidrio topacio DIN (1L) Agua profunda: 1 Botella plástico (2L) y 1 botella de vidrio topacio DIN (1L)			
Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.			
Primer trimestre			
Corriente:	0.8 m/s W		
Oleaje:	0.23 m		
Fecha:	02/05/2022		
Clima:	Soleado		
Viento:	2.6 m/s W		
Segundo trimestre			
Corriente:	0.6 m/s W		
Oleaje:	0.3m		
Fecha:	13/07/2022		
Clima:	Nublado		
Viento:	3.9 m/s W		
Tercer trimestre			
Corriente:	0.6 m/s NE		
Oleaje:	0.7 m		
Fecha:	11/10/2022		
Clima:	Nublado		
Viento:	2.1 m/s N		
Cuarto trimestre			
Corriente:	0.5 m/s NO		
Oleaje:	0.7 m		
Fecha:	30/11/2022		
Clima:	Soleado		
Viento:	3.3 m/s N		
Estaciones muestreadas			
Estación	Localización UTM ED 50	Profundidad (m)	Distancia a costa (m)
AR.SP1	702183 4189682	32.7	5000
AR.SP2	702683 4189682	37.2	5450
AR.SP3	701683 4189182	32	4200
AR.SP4	701683 4188682	32.2	4300
AR.SP5	701183 4189682	31.7	3950
AR.SP6	700683 4189682	28.8	3450
AR.SP7	701683 4190182	34.3	4500
AR.SP8	701683 4190682	31.1	4500
AR.SP9	701683 4189682	33.4	4450
AR. SP10	697228 4191354	2.6	230
AR. SP11	697323 4190854	3.1	280
AR. SP12	697415 4190362	2.8	280

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

Control de sedimentos y organismos.

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

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

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

Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.

<u>Primer trimestre</u>	Fecha: 28/01/2021
Corriente: 0.6 m/s E	Clima: nublado
Oleaje: 0.82 m W	Viento: 5.9 m/s SO
<u>Segundo trimestre</u>	Fecha: 18/06/2021
Corriente: 0.2 m/s sE	Clima: soleado
Oleaje: 0.2 m	Viento: 2 m/s NE
<u>Tercer trimestre</u>	Fecha: 16/09/2021
Corriente: 0.5 m/s E	Clima: Soleado
Oleaje: 0.47 m	Viento: 1.9 m/s S
<u>Cuarto trimestre</u>	Fecha: 23/11/2021
Corriente: 0.5 m/s SE	Clima: Soleado
Oleaje: 0.3 m	Viento: 5 m/s N

Estaciones muestreadas

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

<p>Código estación: V2 Localización UTM E50: 701706 4189727 Distancia a la costa: 4450 m Profundidad: 33.8 m Tipo de sustrato: arenas</p>	
<p>Código estación: V3 Localización UTM E50: 701933 4189681 Distancia a la costa: 4700 m Profundidad: 32 m Tipo de sustrato: arenas</p>	
<p>Código estación: V4 Localización UTM E50: 702683 4189681 Distancia a la costa: 5450 m Profundidad: 37.4 m Tipo de sustrato: fangos</p>	

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

Control de la pradera de *Posidonia oceanica*.

Periodicidad muestreo: Anual

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

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

Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.

Fecha: 10/02/2022

Corriente: -

Clima: Nublado

Oleaje: 1.2E

Viento: 6.1 m/s NE

Estaciones muestreadas

Código estación: L1
Localización UTM E50: 699651 4192721
Distancia a la costa: 2700 m
Profundidad: 25.8
Tipo de sustrato: Arena y *Posidonia oceanica*



Código estación: L2
Localización UTM E50: 700135 4171040
Distancia a la costa: 3200 m
Profundidad: 26.6
Tipo de sustrato: Arena y *Posidonia oceanica*



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

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

2.3.2. – Métodos de muestreo.

Control de aguas receptoras

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

Control de sedimentos y organismos.

Las muestras de sedimento se obtuvieron empleando una draga Van Veen de 20 X 20 cm, tanto para el estudio de la fauna y para el estudio de las características de los sedimentos (Tabla 2.5) (granulometría, pH, potencial redox, materia orgánica, carbonatos, níquel, hierro, cromo, zinc y cobre). El pH y potencial redox se midió in situ empleando una sonda 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.

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

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

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

2.3.3. – Métodos de análisis.

Control de aguas receptoras

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

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

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

Tabla 2.6. Métodos de análisis para aguas receptoras 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).

Control de sedimentos y organismos.

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

Por lo que se refiere al procesado del sedimento en el laboratorio se separó una submuestra de sedimento de cada 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.

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

Tabla 2.7. Métodos de análisis de sedimentos y organismos.

Pradera de *Posidonia oceanica*.

Se obtuvieron los parámetros biométricos de las hojas de *P. oceanica* para poder detectar si existen variaciones entre las distintas localidades o si se producen en un futuro. Para ello trabajaremos con los 10 haces seleccionados aleatoriamente en cada una de las estaciones (Romero, 1985).

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

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

2.3.4.- Análisis de los datos.

Control de aguas receptoras

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

Control de sedimentos y organismos.

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

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. Para el análisis estadístico se aplicó un método univariante mediante análisis de la varianza (ANOVA), para definir el efecto de los factores considerados (transecto y distancia). Se incluyó el factor tiempo para la evolución temporal, en el que se comparan por separado las distintas campañas de muestreo de verano de 2021 y 2022.

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)

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

Para comprobar las posibles variaciones de los distintos grupos taxonómicos y de los poblamientos de poliquetos entre las estaciones localizadas en las zonas

control y las localizadas en la zona de impacto, se analizaron los valores de abundancia media (n° ind/m²), por estación muestreada. Se llevó a cabo un análisis multivariante con técnicas no paramétricas de escalamiento multidimensional, que permiten evaluar la composición de la comunidad de poliquetos y la de los distintos grupos taxonómicos presentes en la zona de estudio, respecto a los factores considerados (transecto: N, V y S y distancias 1, 2, 3, y 4).

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

Se aplicó el protocolo SIMPER o test de porcentajes de similitud de Bray-Curtys para determinar la importancia relativa de cada una de las variables (grupos taxonómicos) en la disimilitud de la muestra o de la similitud entre tratamientos.

Mediante el procedimiento RELATE se contrastó la hipótesis de no relación entre patrones multivariantes desde dos grupos de muestras, utilizando las matrices de similitudes y un test de permutaciones múltiples, calculando el índice de correlación de Spearman. Este índice permite establecer la correlación entre la estructura de la comunidad de organismos y los factores ambientales del medio.

Para contrastar la hipótesis de diferencias entre muestras para los factores transecto y distancia se utilizó el test de análisis ANOSIM. Si se rechaza la hipótesis nula, significa que existe relación entre los patrones de distribución de las muestras comparadas.

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

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

Pradera de *Posidonia oceanica*.

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

Para el análisis individual de cada uno de los parámetros obtenidos en las distintas localidades se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA), comprobándose con anterioridad la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Cochran. Cuando se encontraron diferencias significativas los datos se transformaron logarítmicamente (Underwood, 1997). Para estos análisis se empleó un ANOVA de dos factores, el tiempo (antes y después del vertido) y la localidad, que son fijos y ortogonales entre sí, por lo que el modelo lineal empleado sería:

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

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

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

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

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

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

Las condiciones de referencia empleadas en dicho ACP se crearon de forma virtual, ya que varían a nivel sub-ecoregional (MedGIG, 2007) y no se dispone

de ninguna localidad prístina, sin ningún tipo de impacto o alteración. Para ello se considera que un sitio con un estado ecológico óptimo debe presentar los mejores valores de los descriptores analizados (que serán el valor máximo o mínimo dependiendo de la naturaleza del descriptor (por ejemplo: sería mínimo para el porcentaje de mata muerta o de necrosis foliar; y máximo, para la densidad o superficie foliar). Del mismo modo se ha elaborado una hipotética localidad de peor calidad ecológica. Ambas localidades se han incluido a la hora de realizar los análisis de los componentes principales (ACP).

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

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

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*.

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

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

3. RESULTADOS

3.1.- Régimen de funcionamiento de las desalinizadoras.

En los informes trimestrales que se acompañan como anexos al presente informe se incluye el régimen de funcionamiento de las desalinizadoras durante el año 2022 (anexos 3, 4, 5, 6).

Además, se adjunta tabla de consumo de reactivos durante el año 2022 para las diferentes plantas.

	IDAM San Pedro I	IDAM San Pedro II
Hipoclorio sódico	289.519	163.669
Ácido sulfúrico	1.078.785	1.118.380
Cloruro férrico	0	1.043
Ayte.coagulante	0	0
Bisulfito sódico	0	0
Dispersante	22.058	13.395
Dioxido de carbono	134.202	250.832
Hidróxido cálcico	578.396	438.651
Biocida	420	975
Antiespumante	0	215
Hidróxido sódico	0	0

Tabla 3.1. Consumo de reactivos durante el año 2022.

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

3.2.1.- Vigilancia estructural¹

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

El análisis de las filmaciones submarinas tomadas con el ROV 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 y/o en las uniones embridadas entre los tramos 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, la cual estaba en mantenimiento en el momento de la inspección (fotografía 26).

El estado estructural de las mantas hormigonadas desde el tramo nº 7 es un estado deteriorado, y se identifican numerosas mantas fisuradas, rotas y/o perdidas en numerosas secciones del emisario submarino (Anexos I.VI - IX).

El estado general de los lastres de protección desde el tramo del difusor hasta el subtramo nº 6 es correcto. Se ha observado un buen estado general de los lastres de sustentación con morfología cilíndrica en todas las secciones del emisario, sin identificar aparentemente ningún tipo de holgura o defecto que afecte a su funcionalidad.

Respecto a los lastres de protección en “U” invertida, al igual que inspecciones anteriores, se han observado lastres con una funcionalidad incompleta. Por un lado, se ha observado un gran número de lastres de protección en “U” invertida que presentan holguras superiores a los 10 cm respecto al emisario, principalmente entre los subtramos 1 - 4, en los cuales no se han realizado ninguna acción de retacado.

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

Los lastres con holguras superiores a los 10 cm junto con los que están tumbados sobre la conducción principal, representan aproximadamente un 30% del total de lastres 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, con un alto grado de deterioro, presentando fisuras o grietas longitudinales y/o mantas rotas, 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 un gran número de mantas con holguras que podrían terminar con fisuras y/o romperse por completo, como se ha observado en los tramos descritos anteriormente.

Sin embargo, aunque una parte de los lastres o las mantas hormigonadas no realice su función correctamente se considera que, globalmente el lastrado del emisario es suficiente ya que en numerosos tramos ha sido enterrado por los sedimentos lo que contribuye a la estabilidad del mismo.

Así mismo se han observado restos de artes de pesca enganchados al emisario que tampoco comprometen su funcionalidad.

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.

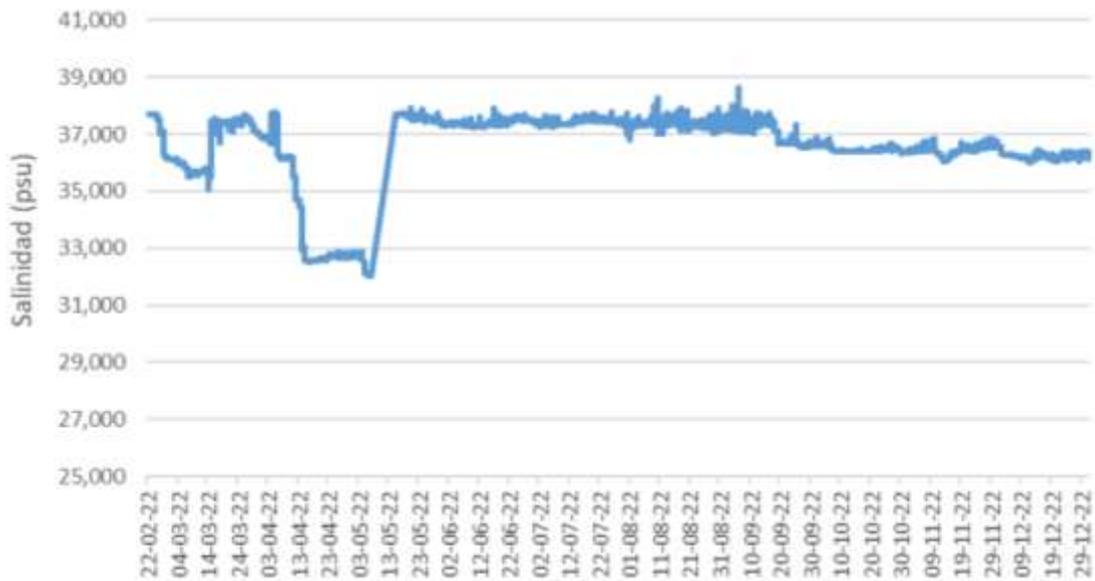


Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya ESTE en 2022.

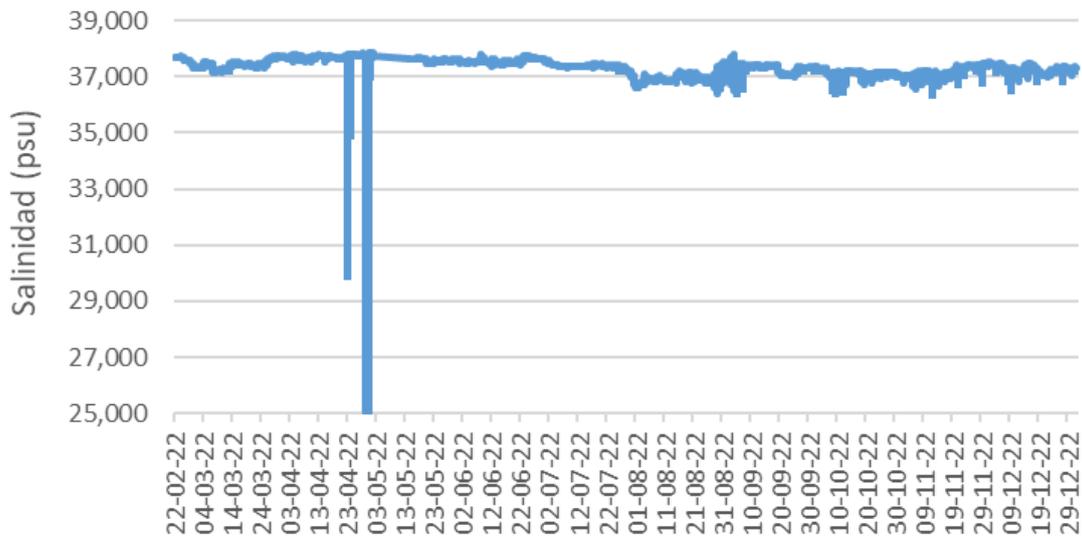


Figura 3.2. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya OESTE en 2022.

3.3.- Control del efluente.

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

3.4.- Control de las aguas receptoras.

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

Los análisis de las aguas receptoras se resumen en las tablas 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5.

Invierno 2022

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	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022
Hora	9:50	10:12	10:00	10:50	11:05	11:23	11:45	12:05	12:25	12:43	12:52	13:04
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	0,76	0,85	1,39	1,43	0,76	0,74	1,03	1,21	0,77	0,44	1,12	0,47
Sólidos suspensión (mg/L)	1	3	1	7	1	1	1	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)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Nitritos (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fósforo total (µg/L)	16	6,6	17,6	8	5,9	4,2	4,9	4,4	4,4	4,6	4,3	4,4
Hierro (µg/L)	2,7	2,2	3,0	3,1	1,4	<1,3	<1,3	<1,3	1,8	<1,3	1,4	1,5
Níquel (µg/L)	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3	0,4
Cobre (µg/L)	5,6	5,2	5,9	5,3	5,1	5,7	5,5	1,6	5,4	6,2	6,3	7,0
Salinidad (‰)	37,42	37,44	37,55	37,53	37,54	37,57	37,47	37,47	37,52	37,53	37,52	37,53
Densidad (g/cm3)	27,56	27,41	27,48	27,47	27,47	27,48	27,44	27,45	27,47	27,11	27,09	27,09
pH (U. pH.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	17,10	16,94	16,97	16,96	16,96	17,02	16,86	16,85	16,90	18,38	18,45	18,51

Transparencia (m.)	13,5	14,5	14,5	12,5	12	11	12	13,5	14	2,6	3,1	2,8
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

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	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022	02/05/2022
Hora	9:50	10:12	10:00	10:50	11:05	11:23	11:45	12:05	12:25	12:43	12:52	13:04
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	1,64	2,00	1,58	4,22	1,86	2,37	3,56	3,4	1,47	2,21	1,82	1,95
Sólidos suspensión (mg/L)	1.0	6,0	2	6,0	2,0	3,0	9	1,0	1,0	2,0	2,0	<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)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Nitritos (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0.10	< 0.01	< 0.10	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.01
Fósforo total (µg/L)	4,2	3,8	3,2	5,0	3,7	3,6	4,5	3,2	3,7	3,3	3,0	2,9
Hierro (µg/L)	<1,3	<1,3	<1,3	2,6	1,4	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3	1,8	<1,3	1,3
Níquel (µg/L)	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
Cobre (µg/L)	6,6	6,6	6,6	7,1	7,5	7,0	8,0	7,4	9,7	9,6	10,2	10,6
Salinidad (‰)	37,92	37,85	37,94	37,73	37,81	37,60	37,75	37,90	38,70	37,52	37,52	37,53
Densidad (g/cm ³)	28,40	28,45	28,41	28,25	28,30	28,15	28,36	28,42	28,80	27,13	27,10	27,09
pH (U. pH.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	14.74	14.56	14.86	14.78	14.84	14.94	14.77	14.74	15.06	18.39	18.46	18.51
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 2022

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	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022
Hora	9:50	10:02	10:20	10:30	10:45	10:58	11:14	11:28	11:41	12:04	12:11	12:19
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	1,1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	1,1	< 1	< 1	1,2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	0,35	0,37	0,38	0,21	0,62	0,38	0,24	0,66	0,94	1,68	1,28	3,37
Sólidos suspensión (mg/L)	2	<1	3	<1	<1	<1	<1	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)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Nitritos (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fósforo total (µg/L)	14012	6935	34826	85.302	11.968	5.440	5.903	5.230	5.679	4.195	4.315	4.795
Hierro (µg/L)	29	39	167	634	35	20	18	19	13	10	11	9,2
Níquel (µg/L)	1	1,6	3,8	16	1	1	<1	<1	<1	<1	<2	<1
Cobre (µg/L)	<2,2	2,8	4,7	15	2,8	3,7	2,4	2,8	2,6	2,7	2,5	3
Salinidad (‰)	37,50	37,52	37,52	37,53	37,42	37,47	37,51	37,49	37,46	37,53	37,54	37,59
Densidad (g/cm3)	24,94	24,94	24,93	24,93	24,94	24,90	24,94	24,91	24,89	24,61	24,62	24,60
pH (U. pH.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	25,96	26,00	26,00	26,03	25,98	26,05	25,98	26,02	26,04	27,00	27,06	27,24
Transparencia (m.)	13	15	17,5	16	17,5	18	18	18	19	FONDO	1	1

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

2022

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
------------------	------	------	----	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----

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	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022	13/07/2022
Hora	9:26	9:37	9:54	10:05	10:20	10:36	10:53	11:12	11:28	11:53	12:03	12:13
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	1,65	3,11	3	1,87	2,61	1,23	3,18	24	4,54	1,54	1,85	2,81
Sólidos suspensión (mg/L)	<1	3	<1	2	<1	<1	1	33	2	< 1	7	5
Amonio (mg/L)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitratos (mg/L)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Nitritos (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.03	< 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)	4.906	4.435	4.261	3.710	3.526	3,6	3.339	3.331	163	163	159	152
Hierro (µg/L)	6,5	6,3	6,2	4,7	4,6	<1,3	6,6	23	2,8	2,2	2,3	1,9
Níquel (µg/L)	1,0	<1	<1	<1	<1	0,3	<1	1	<1	<1	<1	<2
Cobre (µg/L)	5,2	3,7	3,2	3,4	3,9	7,0	3,3	3,2	2,8	2,8	3,2	2,5
Salinidad (‰)	37,70	37,15	37,52	37,67	37,65	37,62	37,57	37,66	37,53	37,50	37,25	37,55
Densidad (g/cm3)	27,76	27,46	27,34	27,53	27,56	26,82	27,52	27,67	27,56	24,61	24,51	24,59
pH (U. pH.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	16,92	16,41	17,98	17,67	18,18	20,25	17,44	16,97	17,15	27,03	27,04	27,17
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 2022

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	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022
Hora	10:10	10:41	11:10	11:23	11:44	11:55	12:09	12:28	12:48	13:07	13:17	13:25
Clorofila a (µg/L)	< 1	1,2	< 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)	0,12	0,06	0,13	0,47	0,18	0,06	0,22	0,17	0,05	0,56	1,91	6,42
Sólidos suspensión (mg/L)	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	2	< 1	1	5	5
Amonio (mg/L)	< 0,05	0,19	0,12	0,09	0,13	0,18	0,06	0,12	0,08	< 0,05	< 0,05	0,1
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,2
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	5.903	<39	<39	<39	<39	<39
Hierro (µg/L)	3,2	11	1,9	4,4	<0,5	2,1	18	<1,5	2,2	<1,5	1,6	<1,5
Níquel (µg/L)	0,7	0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	< 1	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6
Cobre (µg/L)	5,8	2,9	3,3	3,1	2,5	2,7	2,4	2,9	3,3	3,1	3,4	2,8
Salinidad (‰)	37,05	37,04	37,05	37,05	37,06	37,06	37,05	37,04	37,06	36,92	36,86	36,76
Densidad (g/cm3)	26,27	25,26	25,27	25,26	25,27	25,26	25,27	25,26	25,27	25,17	25,14	24,98
pH (U. pH.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	23,76	23,72	23,77	23,76	23,80	23,82	23,76	23,77	23,75	23,75	23,71	23,71

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

2022

Transparencia (m.)	11,5	15	13	13,5	13,5	12	14	13	14	FONDO	2,5	2,5
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

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	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022	11/10/2022
Hora	10:10	10:41	11:10	11:23	11:44	11:55	12:09	12:28	12:48	13:07	13:17	13:25
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 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)	0,94	0,7	0,21	0,09	0,32		0,17	0,08	0,62	0,30	1,43	6,61
Sólidos suspensión (mg/L)	2	2	1	2	1	14	< 1	2	1	3	2	5
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,1
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,10	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	<39	<39	<39	<39	<39	24	< 39	< 39	< 39	< 39	< 39	< 39
Hierro (µg/L)	<1,5	1,6	<1,5	<1,5	2	16	< 1,5	1,8	3,0	2,2	< 1,5	< 1,5
Níquel (µg/L)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,4	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6
Cobre (µg/L)	2,8	3,3	2,8	2,6	2,5	2,2	3,7	2,6	2,7	2,7	3,5	2,5
Salinidad (‰)	37,40	37,20	37,31	37,03	37,26	37,06	37,17	37,21	37,80	36,91	36,83	36,64
Densidad (g/cm3)	25,55	25,50	26,55	25,40	25,40	25,38	25,47	25,52	25,99	25,18	25,12	24,98
pH (U. pH.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	23,01	23,73	23,80	23,73	23,77	23,81	23,83	23,77	23,83	23,74	23,72	23,71
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 2022

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	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022
Hora	9:26	9:37	9:54	10:05	10:20	10:36	10:53	11:12	11:28	11:53	12:03	12:13
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	0,52	2,17	1,73	1,24	0,58	2,37	2,94	1,63	1,17	2,49	0,43	0,64
Sólidos suspensión (mg/L)	1	< 1	2	2	2	2	1	2	< 1	< 1	< 1	3
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05	0,09	0,08
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)	< 0,01	< 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)	4,0	10	3,6	2,6	2,3	2,6	5,1	2,2	2,7	2,4	2,5	3,6
Hierro (µg/L)	4,6	3,3	4,3	3,0	19	2,2	3,1	2,4	3,1	2,2	1,6	2,7
Níquel (µg/L)	0,5	0,6	0,4	0,4	1,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5
Cobre (µg/L)	2,4	6,9	4,9	4,6	4,3	5,9	8,3	2,9	7,9	8,2	8,5	9,4
Salinidad (‰)	37,53	37,51	37,53	37,51	37,55	37,54	37,52	37,52	37,52	37,52	37,58	37,56
Densidad (g/cm3)	27,06	27,05	27,09	27,07	27,05	27,03	27,02	27,02	27,06	27,32	27,40	27,27
pH (U. pH.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	18,58	18,59	18,48	18,50	18,67	18,73	18,73	18,76	19,55	17,58	17,42	17,86
Transparencia (m.)	17	20	16	15	19	18,5	16	16	16	FONDO	FONDO	FONDO

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

2022

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
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	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022	30/11/2022
Hora	9:26	9:37	9:54	10:05	10:20	10:36	10:53	11:12	11:28	11:53	12:03	12:13
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	2,66	1,24	1,86	1,62	0,44	1,47	2,58	2,49	2,10	1,61	1,57	0,46
Sólidos en suspensión (mg/L)	5	3	2	4	4	5	19	13	4	4	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	< 0,4	< 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	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	27	12	6,5	5,5	2,5	2,2	2,9	3,6	2,4	2,1	2,3	3,8
Hierro (µg/L)	45	14	2,5	2,6	2,8	2,0	4,4	2,0	2,2	1,6	5,2	3,6
Níquel (µg/L)	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6	0,5	0,7	0,5	8,3	3,3
Cobre (µg/L)	6,7	7,6	9,0	9,9	9,9	10	10	9,6	9,9	9,1	9,7	8,6
Salinidad (‰)	37,94	37,71	37,91	37,66	36,55	37,51	38,10	38,18	37,50	37,52	37,48	37,25
Densidad (g/cm3)	27,75	27,78	27,69.	27,51	26,60	27,29	27,81	27,85	27,23	27,36	27,44	27,06
pH (U. pH.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	17,68	16,87	17,77	17,76	17,86	18,18	17,89	17,83	18,35	17,43	16,94	17,75
Profundidad (m.)	32,7	37,2	32,0	32,2	31,7	28,8	34,3	31,1	33,4	2,6	3,1	2,8

Tablas 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 (páginas anteriores). Valores de los análisis de control de las aguas receptoras en las campañas del 2022 en superficie y en profundidad.

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

3.5.- Control de sedimentos y organismos.

3.5.1.- Sedimentología durante el año 2022.

Granulometría

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

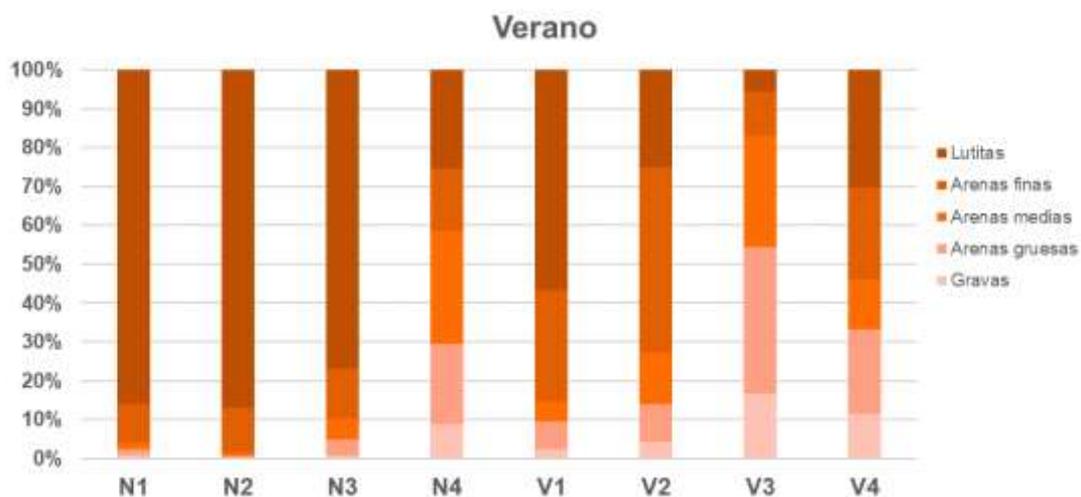
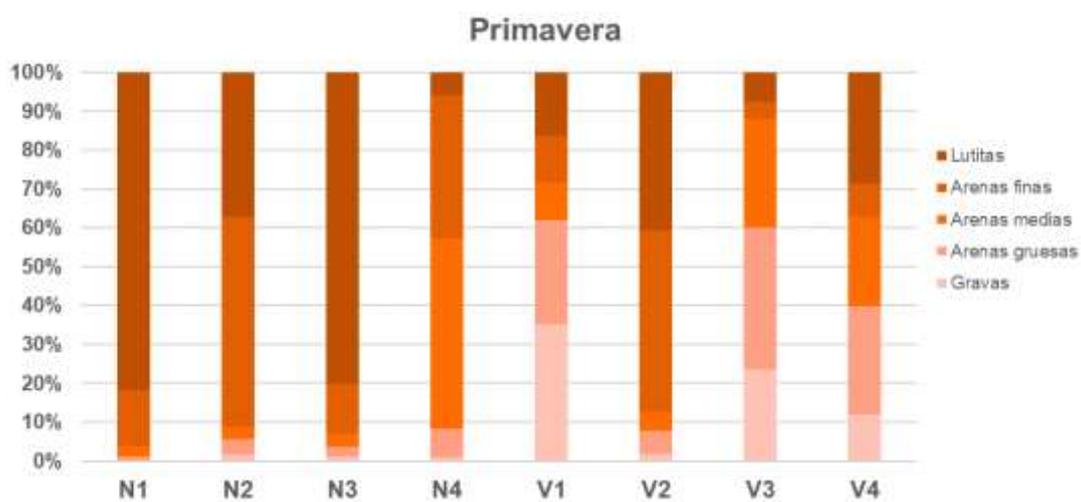
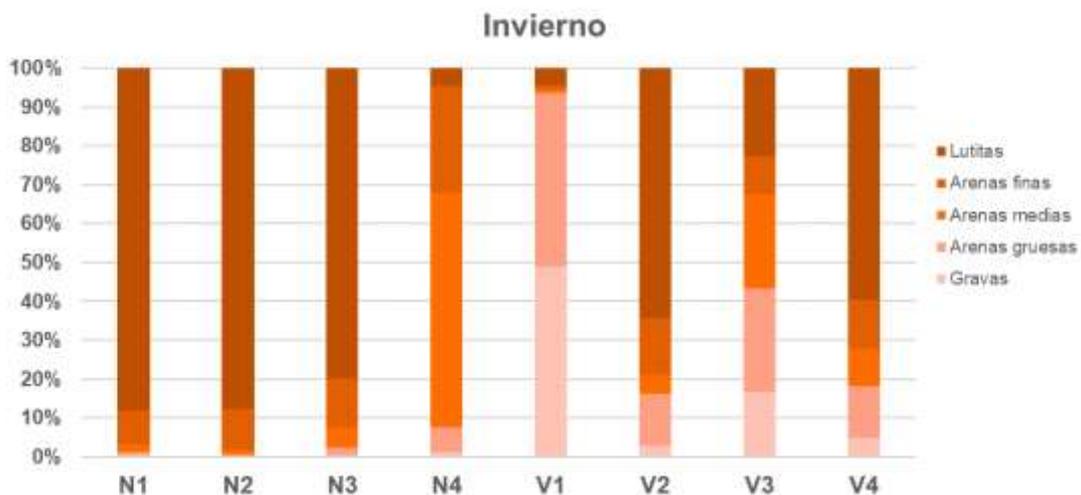
En el transecto correspondiente al vertido, en la estación V1 se observa un sedimento compuesto principalmente por lutitas en invierno y primavera. En la estación del vertido, V2, dominaron arenas finas en primavera y verano lutitas en invierno y gravas y arenas gruesas en otoño. El sedimento de la estación V3 y V4 está compuesto por las distintas fracciones granulométricas en porcentajes similares.

		Gravas	Arenas gruesas	Arenas medias	Arenas finas	Lutitas
	Invierno	0,51	0,63	1,9	8,65	88,31
N1	Primavera	0,2	0,92	2,68	14,44	81,77
	Verano	0,87	1,4	1,93	9,85	85,96
	Otoño	0,00	1,13	1,39	12,27	85,21
	Invierno	0,41	0,13	1	10,67	87,79
N2	Primavera	1,64	3,85	3,29	54,04	37,18

PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DEL VERTIDO DE LAS DESALINIZADORAS I Y II DEL NUEVO CANAL
DE CARTAGENA EN SAN PEDRO DEL PINATAR: INFORME ANUAL 2022

	Verano	0,07	0,67	0,94	11,36	86,97
	Otoño	0,07	0,27	0,93	14,43	84,31
	Invierno	0,51	1,92	5,22	12,56	79,79
N3	Primavera	1,12	2,56	3,42	12,71	80,19
	Verano	0,6	4,17	5,56	12,71	76,96
	Otoño	0,27	3,12	4,98	26,91	64,73
	Invierno	1,16	6,31	60,41	27,52	4,59
N4	Primavera	0,92	7,42	48,98	36,83	5,85
	Verano	8,89	20,71	28,99	16,04	25,37
	Otoño	7,51	31,6	22,22	15,17	23,49
	Invierno	49,04	44,62	0,95	1,08	4,32
V1	Primavera	35,14	26,76	9,81	12,07	16,22
	Verano	2,42	7,05	5,3	28,59	56,64
	Otoño	0,8	3,01	2,41	49,8	43,98
	Invierno	2,79	13,3	4,96	14,63	64,32
V2	Primavera	1,77	5,97	5	46,53	40,73
	Verano	4,28	9,78	13,35	47,55	25,04
	Otoño	34,09	34,54	4,37	11,78	15,22
	Invierno	16,78	26,42	24,28	9,87	22,64
V3	Primavera	23,44	36,61	27,89	4,48	7,58
	Verano	16,79	37,52	28,71	11,21	5,77
	Otoño	19,49	35,48	28,78	8,69	7,56
	Invierno	4,87	13,24	9,62	12,71	59,56
V4	Primavera	11,85	27,97	22,87	8,61	28,7
	Verano	11,56	21,63	12,84	23,55	30,42
	Otoño	6,85	21,89	10,18	18,43	42,65

Tabla 3.6. Porcentaje de las clasificaciones granulométricas en cada estación.



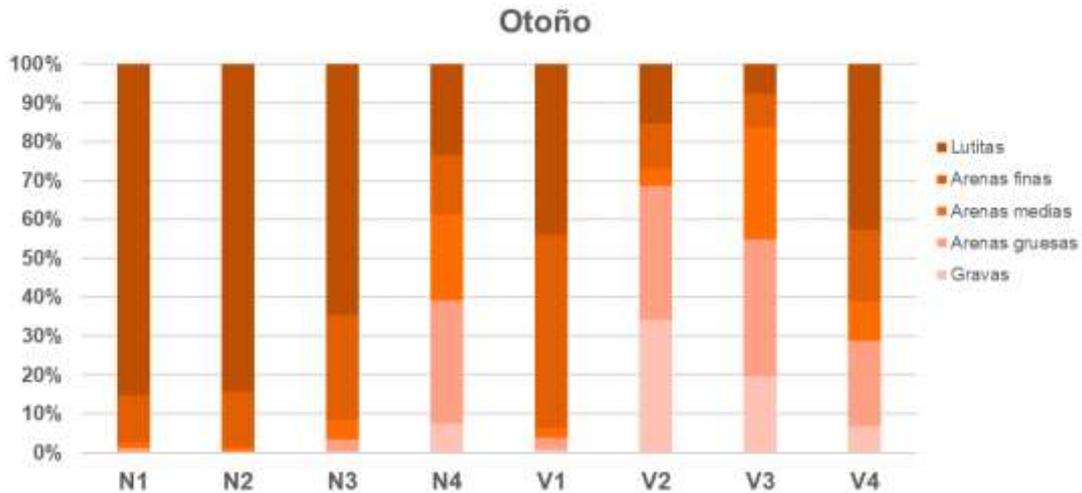


Figura 3.3. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada campaña del 2022.

En el diagrama triangular (Figura 3.4) se puede observar cómo las estaciones N1, N2 y N3 se clasifican como fango; excepto durante otoño N1 se clasifica como arena fangosa. La estación N4 se clasifica como arena fangosa en la mayor parte de los muestreos. 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.

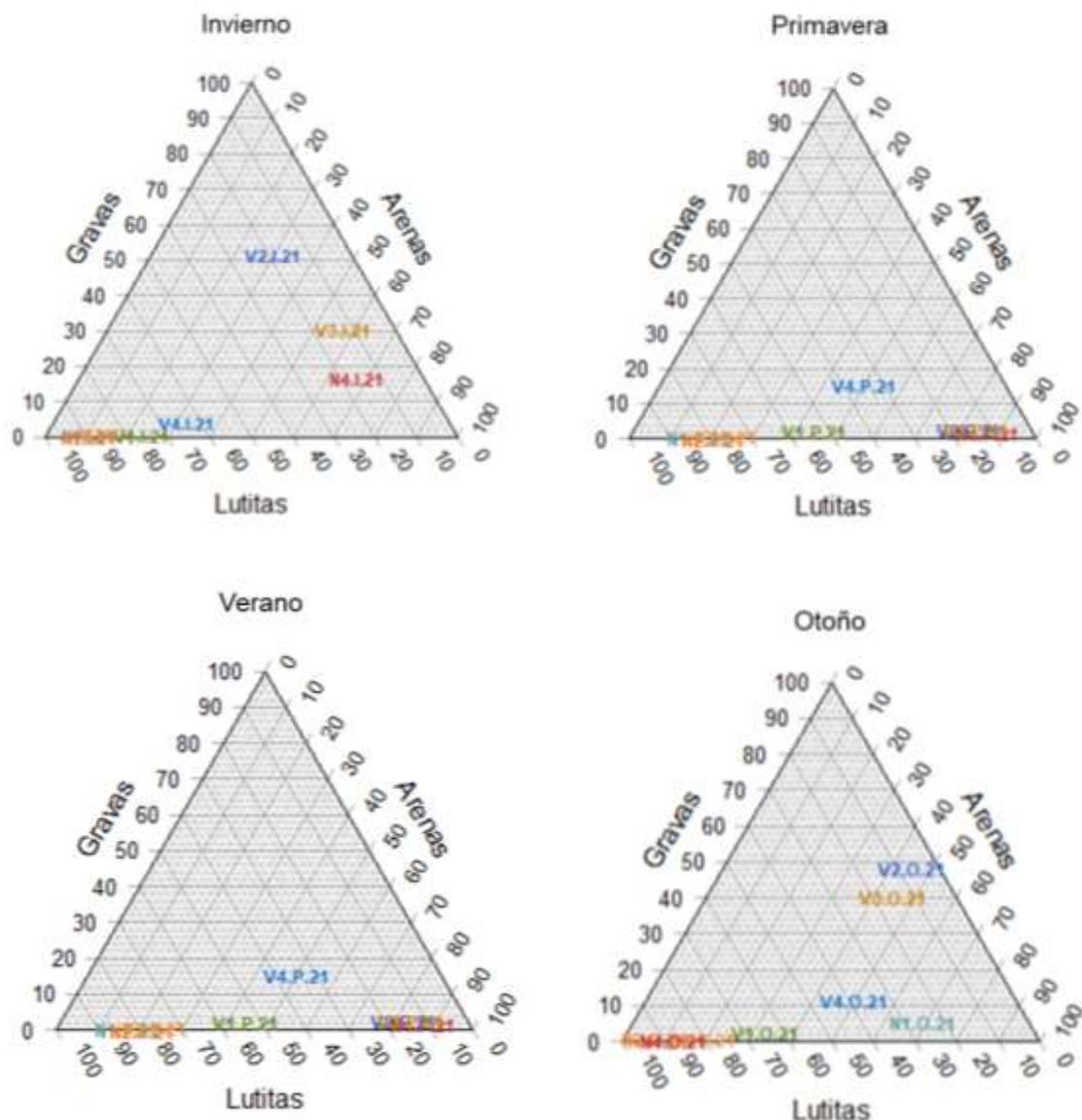


Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2022.

Otras características de los sedimentos.

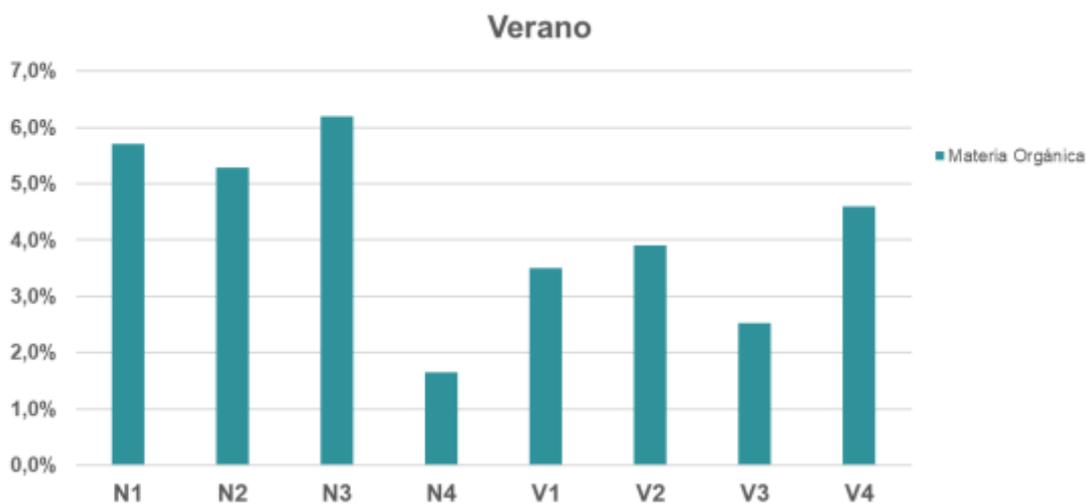
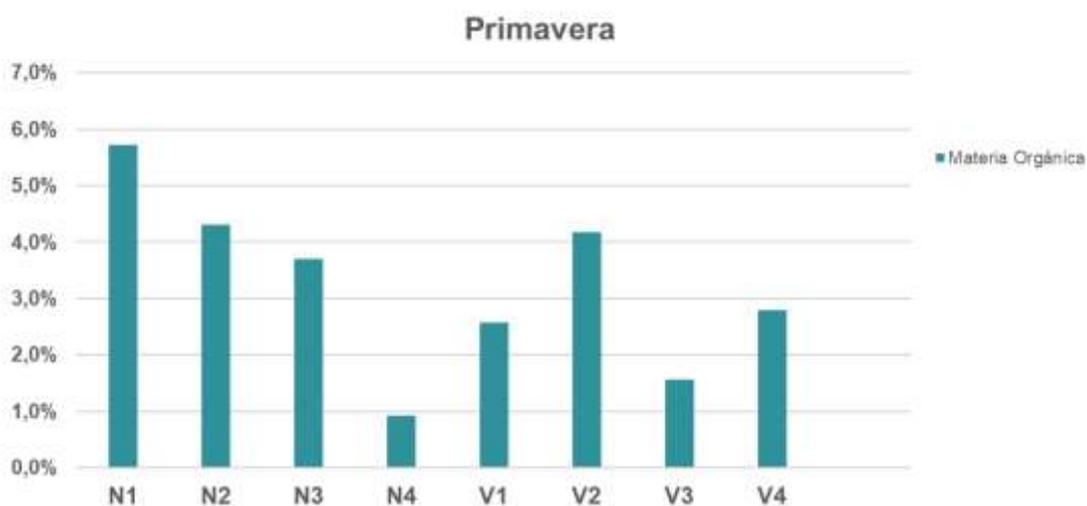
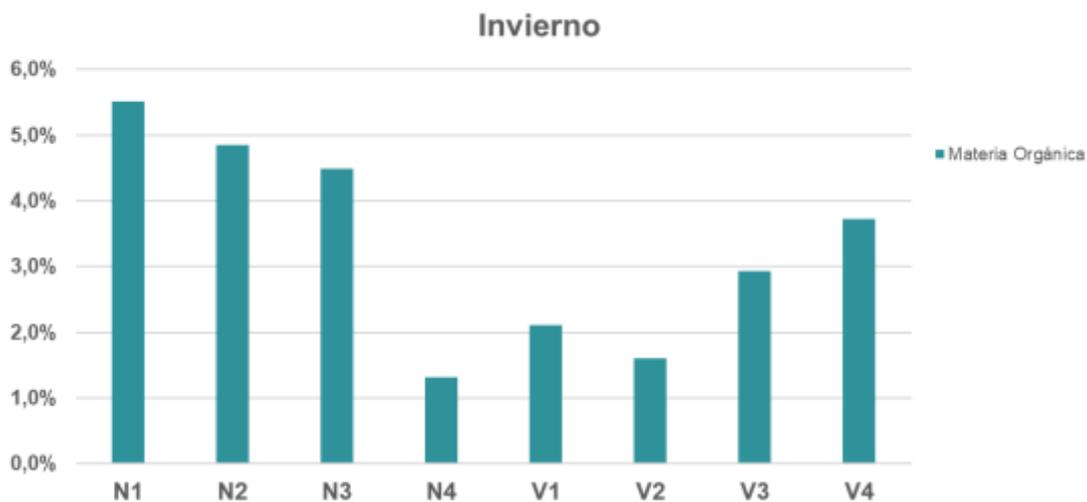
El valor más elevado respecto al parámetro de materia orgánica se obtiene en la estación N2 durante la campaña de otoño (6,56 %), mientras que el valor más bajo se obtuvo en la estación N4 durante la campaña de primavera (0,93 %). La estación N4 es la que presenta los valores más bajos a lo largo del año 2022, mientras que las estaciones N1 y N2 son las estaciones que presentan valores promedio más altos para el año 2022 (Tabla 3.6, figura 3.5).

Los valores de pH oscilan entre 7,10 y 9,02, correspondiendo el valor más bajo a la estación N3 durante primavera, y el valor más alto a N2 durante la campaña de invierno (Tabla 3.6, figura 3.6).

El valor más alto de potencial redox (Tabla 3.6, Figura 3.7) se obtiene en invierno en la estación V4 (-16,0), mientras que el valor menor se obtiene en la estación N3 (-258,0) durante la campaña de primavera.

		N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
% M.O.	Invierno	5,51	4,85	4,49	1,31	2,11	1,61	2,93	3,73
	Primavera	5,73	4,30	3,70	0,93	2,58	4,18	1,56	2,80
	Verano	5,71	5,28	6,20	1,64	3,51	3,90	2,53	4,59
	Otoño	5,26	6,56	5,26	1,96	4,56	1,97	3,32	3,87
pH	Invierno		9,02	8,15	8,51	8,53	8,21	8,41	8,11
	Primavera	8,39	8,31	7,10	8,23	7,80	8,07	8,15	8,46
	Verano	8,64	8,18	8,60	8,29	8,62	8,61	8,62	8,42
	Otoño	8,24	8,04	7,70	7,99	8,62	8,12	8,62	7,89
RedOx	Invierno	-202,0	-203,0	-153,3	-38,7	-65,6	-46,5	-195,6	-203,0
	Primavera	-206,0	-246,0	-258,0	-133,3	-70,1	-151,8	-74,1	-203,0
	Verano	-148,0	-164,0	-158,0	-133,0	-170,0	-144,0	-76,0	-34,0
	Otoño	-141,0	-144,0	-158,0	-92,0	-170,0	-76,0	-36,0	-16,0

Tabla 3.7. Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial RedOx en cada estación para cada campaña del 2022.



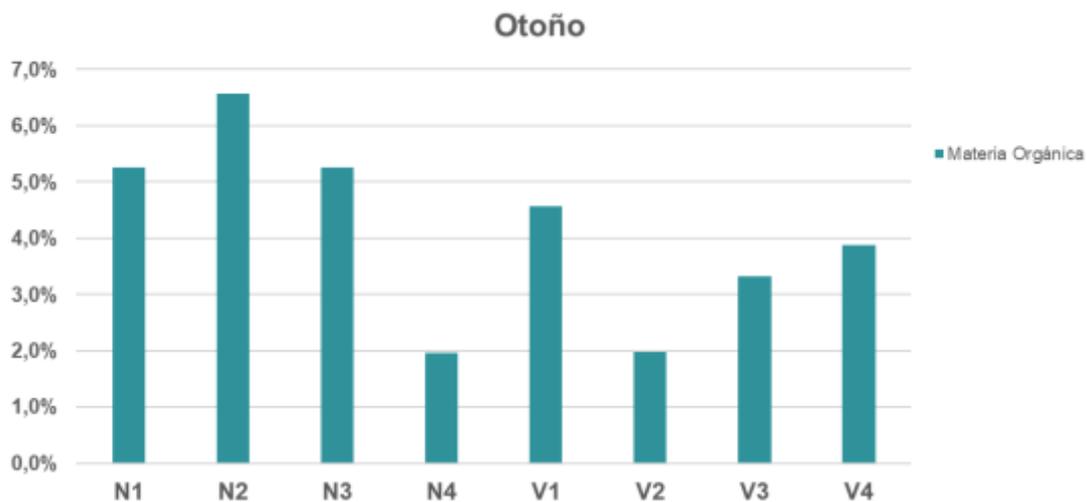
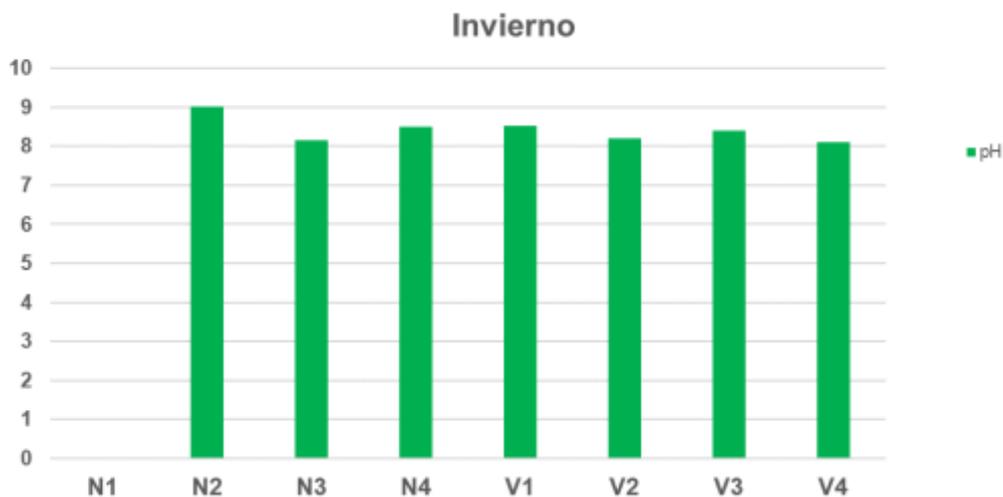
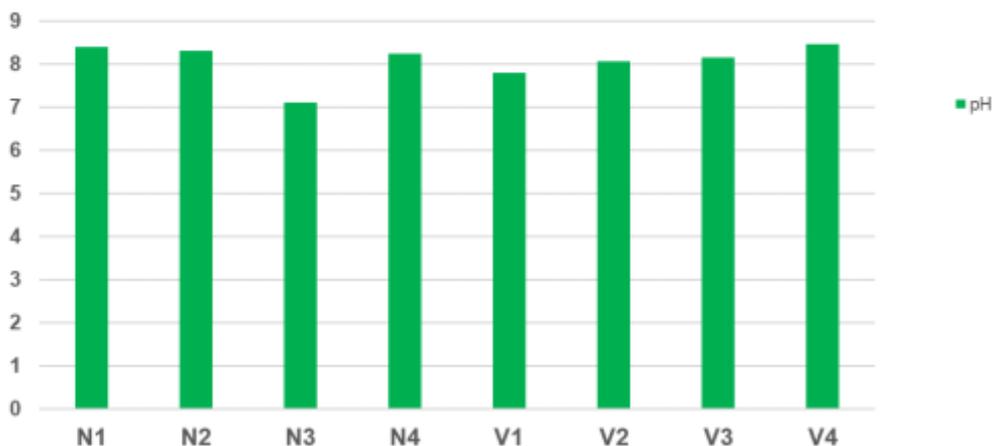


Figura 3.5. Representación del porcentaje medio de materia orgánica para cada estación y campaña de muestreo del 2022.



Primavera



Verano



Otoño

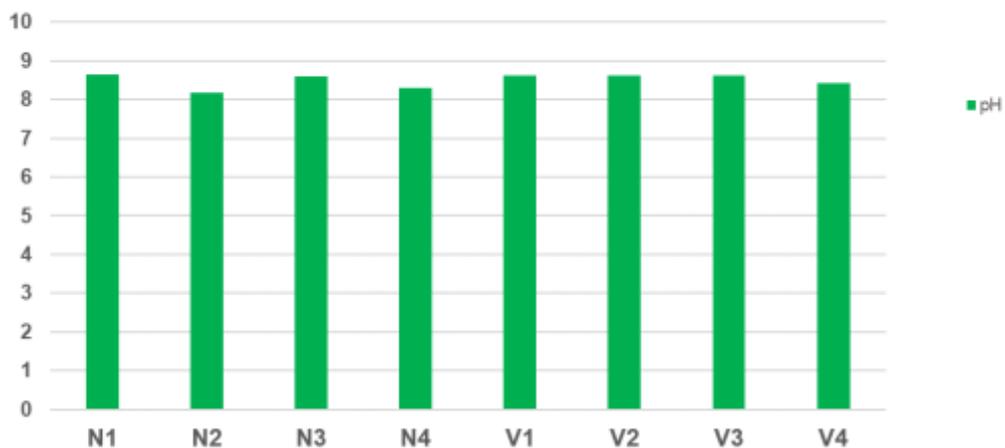
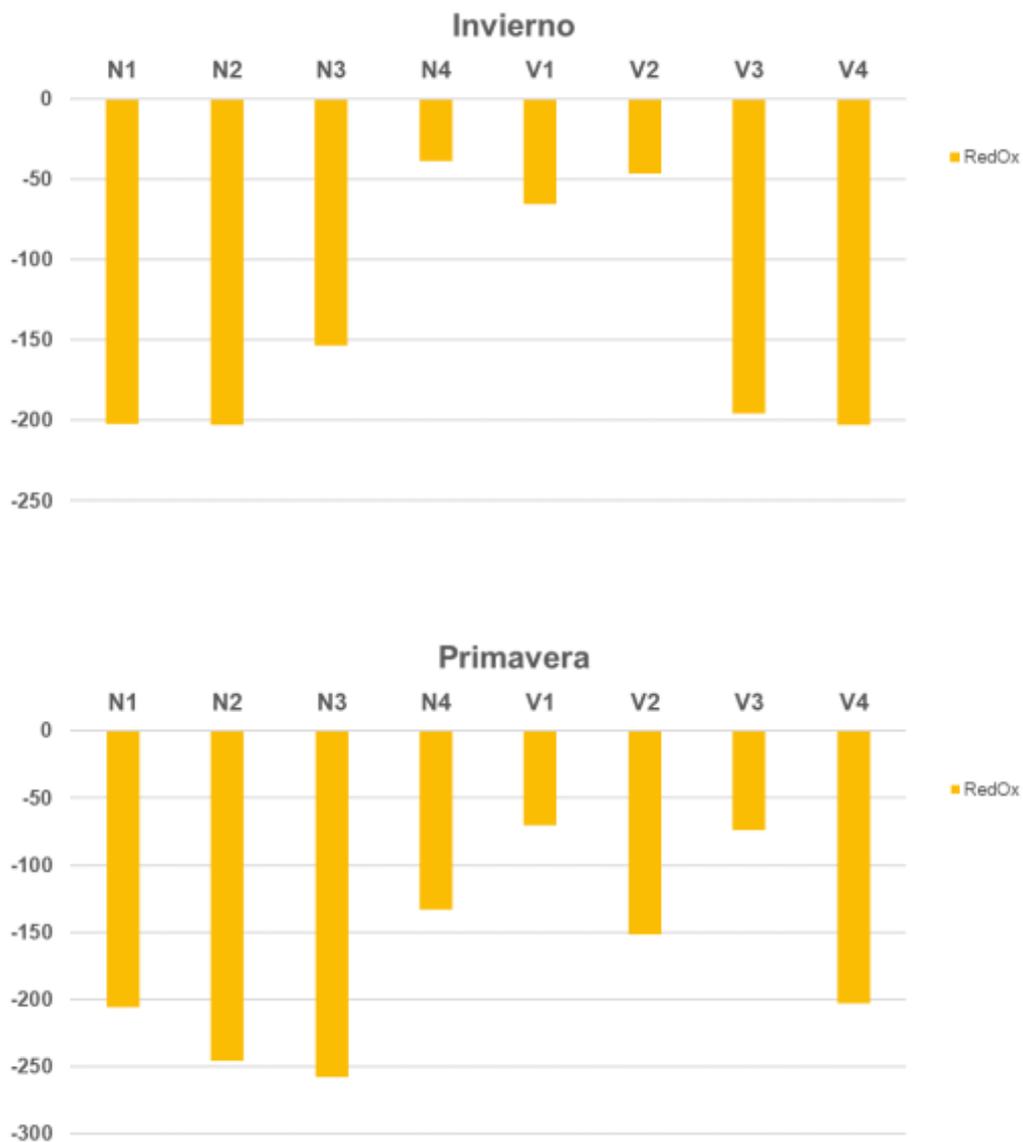


Figura 3.6. Representación del pH tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2022.



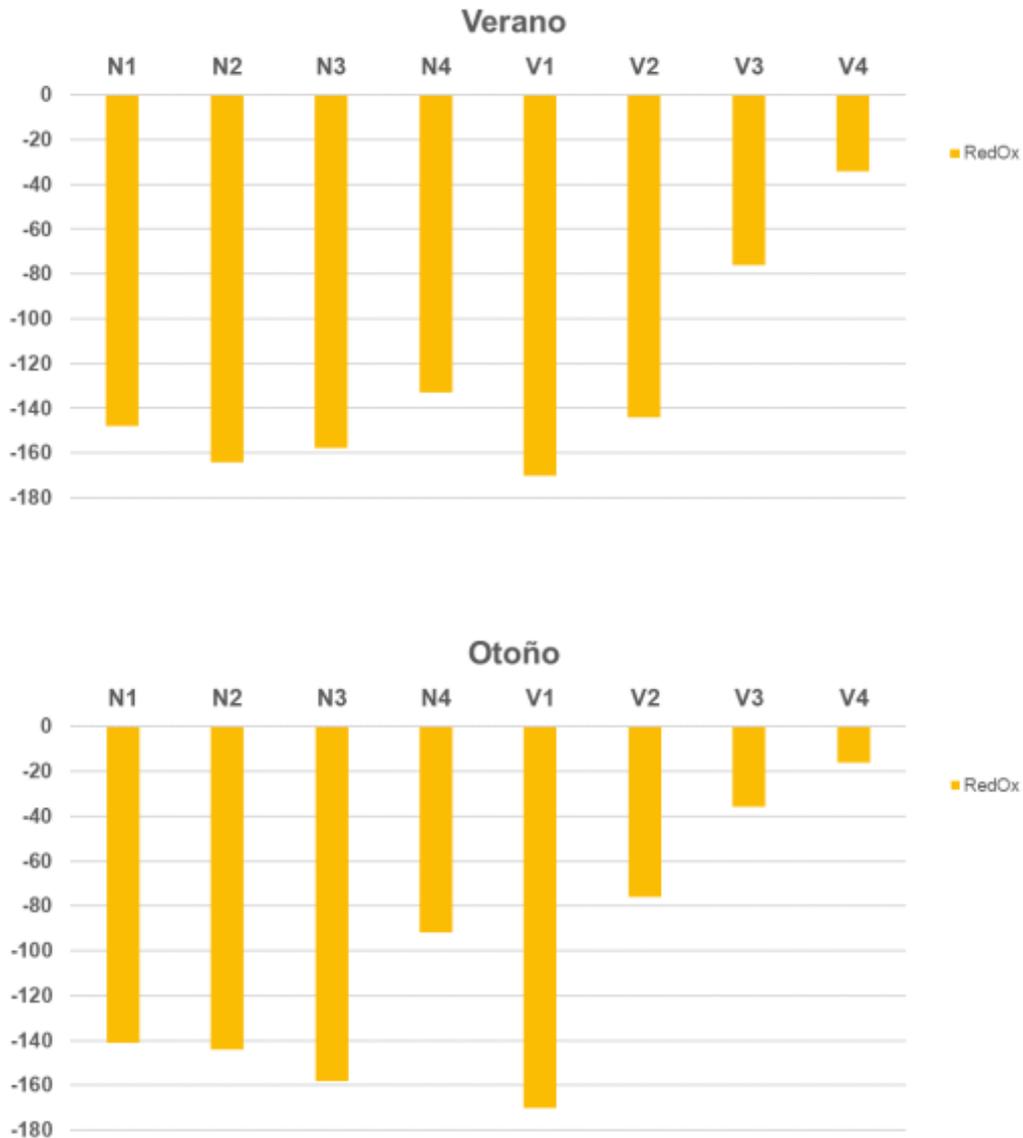


Figura 3.7. Representación del potencial redox tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2022.

Las muestras presentaron un contenido en Níquel entre 1,2 y 13,7 ppm, en Hierro entre 0,3 y 1,4 %, en Cromo entre 9,5 y 33,3 ppm, en Zinc entre 3,8 y 41,5 ppm y en Cobre entre un 0,8 y 8,4 ppm. Destaca la estación N4 con la mayoría de los valores máximos de cada contaminante, especialmente durante el muestreo de otoño. Las siguientes estaciones con niveles más altos fueron V4 durante invierno y primavera (Tabla 3.7).

Muestra	Ni (ppm)	Fe (%)	Cromo (ppm)	Zinc (ppm)	Cobre (ppm)
N1.I.22	5,7	0,7	15,8	13,7	3,6
N2.I.22	5,1	0,6	16,5	12,0	2,6
N3.I.22	4,9	0,7	17,4	11,7	3,1
N4.I.22	9,1	1,1	28,0	29,8	5,9
V1.I.22	7,1	0,8	16,4	19,6	4,5
V2.I.22	7,7	0,8	19,7	20,3	4,7
V3.I.22	7,4	0,9	17,7	19,8	5,2
V4.I.22	6,1	0,7	20,9	21,6	3,6
N1.P.22	4,1	0,5	12,6	12,7	2,3
N2.P.22	4,4	0,5	9,5	10,1	1,6
N3.P.22	3,4	0,5	12,5	9,0	2,0
N4.P.22	7,2	0,9	28,8	22,8	4,3
V1.P.22	9,0	1,1	17,9	25,7	5,7
V2.P.22	9,0	1,0	22,1	25,6	4,8
V3.P.22	8,7	1,0	16,7	25,0	4,9
V4.P.22	1,2	0,3	12,9	3,8	0,5
N1.V.22	4,9	0,5	14,6	14,9	2,8
N2.V.22	4,9	0,5	15,0	13,3	2,1
N3.V.22	3,8	0,5	15,3	10,6	2,2
N4.V.22	10,4	1,1	28,1	32,2	6,3
V1.V.22	8,6	1,0	18,9	24,5	5,1
V2.V.22	9,0	1,0	21,6	26,4	5,0
V3.V.22	9,1	1,0	21,0	26,5	5,1
V4.V.22	3,1	0,5	15,4	9,0	1,7
N1.O.22	5,7	0,6	16,6	17,1	3,4
N2.O.22	5,4	0,5	14,5	16,5	2,6
N3.O.22	4,2	0,5	16,6	12,2	2,5

N4.O.22	13,7	1,4	33,3	41,5	8,4
V1.O.22	8,2	0,9	17,7	23,4	4,5
V2.O.22	9,1	1,0	22,5	27,3	5,2
V3.O.22	9,5	1,0	21,2	28,0	5,4
V4.O.22	5,1	0,6	16,4	14,3	2,8

Tabla 3.8. Valores de Níquel, Hierro, Cromo, Zinc y Cobre en los sedimentos.

3.5.2.- Fauna general en la campaña de invierno 2022.

Se han obtenido un total 4050 individuos clasificados en 26 grupos taxonómicos diferentes, entre los cuales dominan la clase Polychaeta con 2037 individuos (59.11%); seguida por la clase Amphipoda con 648 individuos (18.8%) y el orden Bivalvia con 610 individuos (17.7%). Estos grupos están presentes en las ocho estaciones muestreadas (Tabla 3.8).

Tabla 3.9. Abundancias medias (nº ind/m²) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación.

	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Hidrozoa	0,00	8,33	0,00	16,67	8,33	0,00	0,00	0,00
Anthozoa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nemertino	25,00	8,33	33,33	8,33	50,00	25,00	8,33	16,67
Nematoda	183,33	50,00	25,00	16,67	58,33	33,33	50,00	8,33
Polychaeta	2333,33	1941,67	2550,00	1133,33	3133,33	3525,00	1100,00	1258,33
Platelminta	58,33	16,67	16,67	25,00	25,00	33,33	0,00	0,00
Sipuncula	66,67	66,67	66,67	200,00	75,00	66,67	8,33	75,00
Oligochaeta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ostracoda	8,33	16,67	0,00	66,67	50,00	200,00	8,33	16,67
Copepoda	0,00	0,00	0,00	16,67	0,00	16,67	8,33	16,67
Leptostraca	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00	0,00	0,00	0,00
Cumacea	291,67	108,33	133,33	41,67	125,00	325,00	33,33	50,00
Mysidacea	8,33	0,00	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00	0,00
Tanaidacea	75,00	91,67	41,67	83,33	83,33	91,67	41,67	8,33
Isopoda	91,67	158,33	58,33	41,67	141,67	241,67	16,67	8,33
Stomatopoda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amphipoda	1400,00	675,00	600,00	283,33	916,67	1116,67	158,33	250,00
Decapoda	25,00	16,67	0,00	8,33	8,33	8,33	0,00	8,33
Pycnogonida	16,67	8,33	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00
Placophora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00
Scaphopoda	8,33	8,33	0,00	50,00	16,67	16,67	8,33	0,00
Gastropoda	100,00	41,67	66,67	116,67	50,00	58,33	33,33	41,67
Bivalvia	675,00	716,67	600,00	658,33	725,00	791,67	441,67	475,00

Asteroidea	0,00	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00	8,33	8,33
Ophiuroidea	116,67	100,00	125,00	83,33	25,00	133,33	16,67	50,00
Echinoidea	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	8,33	0,00	0,00
Holothurioidea	58,33	41,67	8,33	58,33	25,00	191,67	25,00	8,33
Phoronis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cephalochordata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pennatulacea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Análisis univariante

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

Por lo que se refiere a la abundancia, no se detectan diferencias significativas para ninguno de los factores analizados. El mayor valor de abundancia media (Figura 3.8) se encuentra en la estación en V2 (10488.72 ind/m²), y el valor más bajo de abundancia media se obtiene en la estación V3 (2969.62 ind/m²).

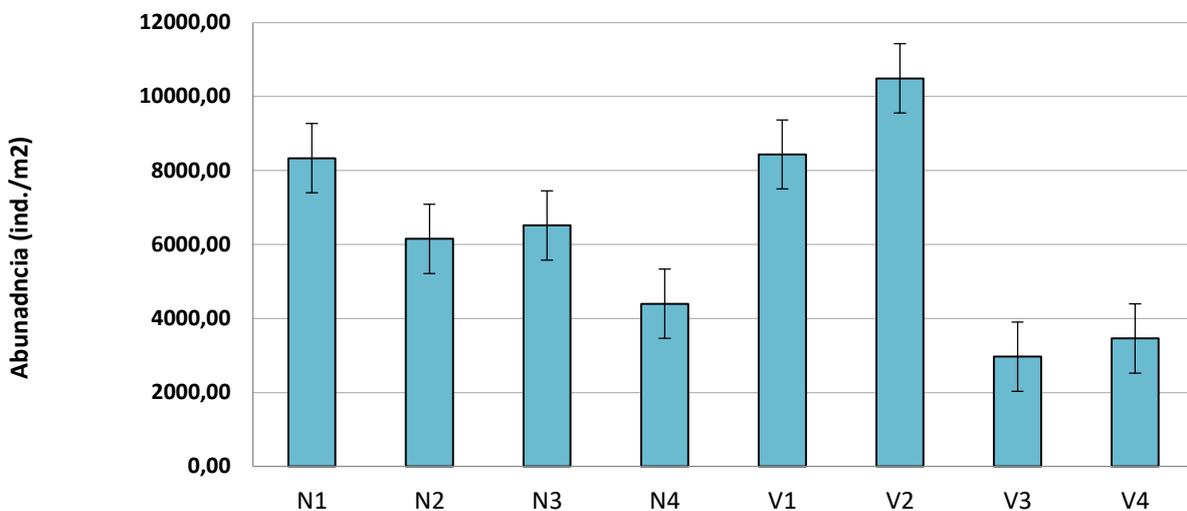


Figura 3.8. Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en invierno de 2022.

En el caso de la riqueza taxonómica tampoco 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 bajo

en la estación más profunda, mientras que las estaciones que se encuentran más alejadas presentan una mayor riqueza. Los valores más altos de riqueza se encuentran en las estaciones V2 y V3 (13-12 taxones/m²), mientras que los valores más bajos se registran en la estación del N3 y V4 (8- 7.33 taxones/m²) (Figura 3.9).

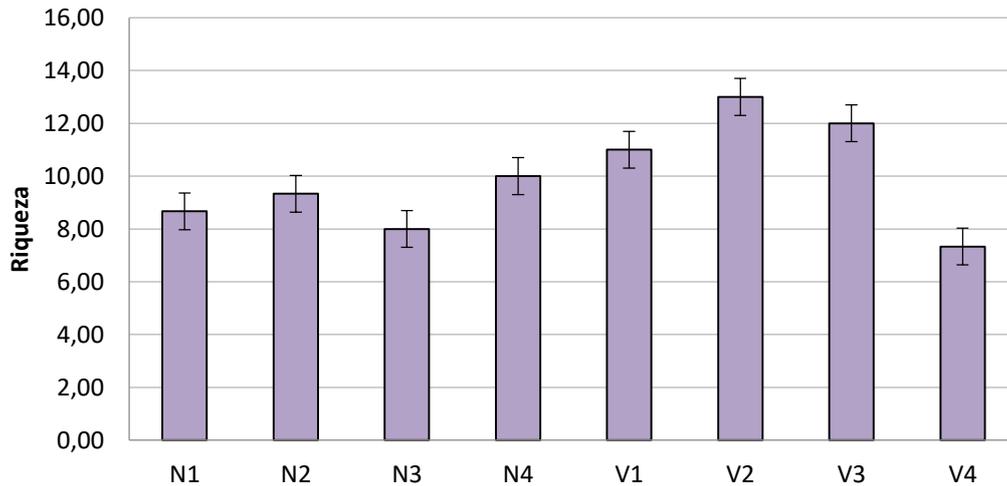


Figura 3.9. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en invierno de 2022.

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 no existen diferencias significativas para ninguno de los dos factores estudiados ni para su interacción. (Figura 3.10)



Figura 3.10. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en invierno de 2022. 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 cinco grupos diferenciados. El grupo I lo forma exclusivamente la estación N4 y el grupo II lo compone únicamente la estación N1. Con una similitud mayor al 85% nos encontramos con las estaciones V3 y V4 que forman el grupo III, las estaciones N3 y V1 que forman el grupo IV y, por último, las estaciones N2 y V2 que forman el grupo V.

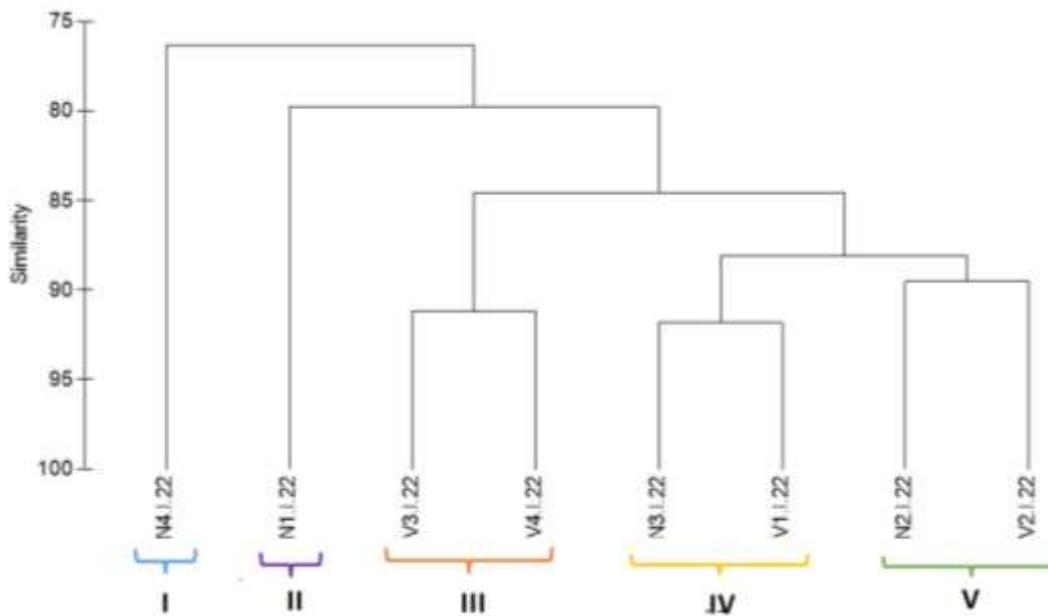


Figura 3.11. Representación del cluster respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.

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.

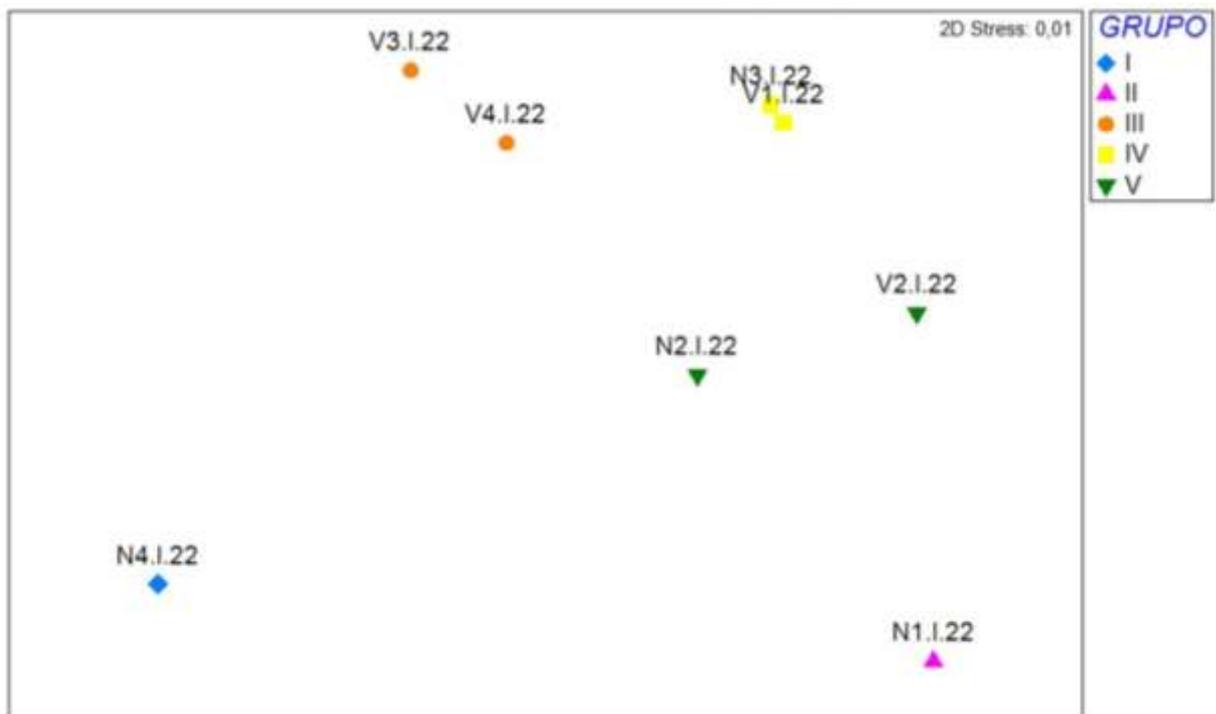


Figura 3.12. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.

Al aplicar el análisis de similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas para el factor transecto, con un nivel de significación del 51.4% y un $R = -0.049$; ni se observan diferencias en el factor distancia al vertido, siendo el nivel de significación de 51.2%, con un $R = -0.049$.

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. Las estaciones N4 (grupo I) y N1 (grupo II) no muestra porcentaje de similitud al ser grupos formados por una única estación. Para el resto de los tres grupos (III, IV y V) los taxones que más contribuyen a su similitud fueron los poliquetos, bivalvos y anfípodos. Aunque, para el grupo V también tuvieron relevancia los isópodos y los cumáceos (Tabla 3.9).

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

Grupo	Organismo	AM	PA
I			
II			
III			
SM: 91.16%			
	Polychaeta	55.32	60.02
	Bivalvia	21.55	82.67
	Amphipoda	9.46	91.50
IV			
SM: 91.81%			
	Polychaeta	57.41	60.85
	Amphipoda	15.11	75.96
	Bivalvia	13.40	90.04
V			
SM: 89.51%			
	Polychaeta	49.31	53.23
	Amphipoda	16.35	71.27

Bivalvia	14.52	84.06
Isopoda	3.69	87.96
Cumacea	3.68	90.93

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 IV fue el que obtuvo una mayor abundancia de poliquetos respecto al resto de grupos, mientras que el grupo II presenta una mayor abundancia de anfípodos (Tabla 3.10).

Tabla 3.10. 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
II & V				
DM: 15.58				
	Amphipoda	25.26	16.35	28.58
	Polychaeta	42.11	49.31	51.69
	Bivalvia	12.18	14.52	61.54
	Nematoda	3.31	0.85	69.41
	Isopoda	1.65	3.69	75.94
	Cumacea	5.26	3.68	81.03
	Ostracoda	0.15	1.65	85.84
	Holothurioidea	1.05	1.90	88.65
	Gastropoda	1.80	0.93	91.44
II & IV				
DM: 19.30				
	Polychaeta	42.11	57.41	39.66
	Amphipoda	25.26	15.11	65.96
	Cumacea	5.26	2.66	72.72
	Nematoda	3.31	0.81	79.19
	Ophiuroidea	2.11	1.67	82.36
	Bivalvia	12.18	13.40	85.52
	Holothurioidea	1.05	0.32	87.42
	Leptostraca	0.00	0.67	89.15
	Platelminta	1.05	0.42	90.80
V & IV				
DM: 11.90				
	Polychaeta	49.31	57.41	34.08
	Bivalvia	14.52	13.40	46.99
	Isopoda	3.69	1.94	54.35
	Holothurioidea	1.90	0.32	60.98
	Ostracoda	1.65	0.45	67.06
	Amphipoda	16.35	15.11	72.72
	Cumacea	3.68	2.66	77.91
	Ophiuroidea	2.19	1.67	83.05
	Leptostraca	0.00	0.67	85.86

	Tanaidacea	1.79	1.22	88.56
	Nemertino	0.28	0.83	90.86
II & I				
DM: 26.57%				
	Amphipoda	25.26	9.71	29.26
	Bivalvia	12.18	22.57	48.81
	Sipuncula	1.20	6.86	59.45
	Cumacea	5.26	1.43	66.67
	Polychaeta	42.11	38.86	72.78
	Nematoda	3.31	0.57	77.93
	Gastropoda	1.80	4.00	82.06
	Ostracoda	0.15	2.29	86.08
	Scaphopoda	0.15	1.71	89.02
	Tanaidacea	1.35	2.86	91.85
V & I				
DM: 23.12%				
	Polychaeta	49.31	38.86	22.60
	Bivalvia	14.52	22.57	40.02
	Amphipoda	16.35	9.71	54.38
	Sipuncula	1.30	6.86	66.40
	Gastropoda	0.93	4.00	73.03
	Isopoda	3.69	1.43	77.92
	Cumacea	3.68	1.43	82.79
	Scaphopoda	0.22	1.71	86.01
	Ostracoda	1.65	2.29	88.70
	Tanaidacea	1.79	2.86	91.01
IV & I				
DM: 27.34%				
	Polychaeta	57.41	38.86	33.93
	Bivalvia	13.40	22.57	50.70
	Sipuncula	1.44	6.86	60.61
	Amphipoda	15.11	9.71	70.47
	Gastropoda	1.22	4.00	75.56
	Ostracoda	0.45	2.29	78.93
	Holothurioidea	0.32	2.00	82.00
	Tanaidacea	1.22	2.86	84.99
	Scaphopoda	0.15	1.71	87.85
	Cumacea	2.66	1.43	90.09
II & III				
DM: 25.81%				
	Amphipoda	25.26	9.46	30.61
	Polychaeta	42.11	55.32	56.21
	Bivalvia	12.18	21.55	74.37
	Cumacea	5.26	1.93	80.81
	Nematoda	3.31	1.45	84.41
	Sipuncula	1.20	1.84	87.16
	Platelminta	1.05	0.00	89.20
	Isopoda	1.65	0.60	91.24
V & III				
DM: 17.40%				
	Bivalvia	14.52	21.55	20.22
	Amphipoda	16.35	9.46	40.03

Polychaeta	49.31	55.32	57.32
Isopoda	3.69	0.60	66.18
Cumacea	3.68	1.93	71.19
Sipuncula	1.30	1.84	75.27
Ostracoda	1.65	0.57	78.83
Holothurioidea	1.90	0.82	82.29
Nematoda	0.85	1.45	85.43
Tanaidacea	1.79	1.24	88.14
Gastropoda	0.93	1.75	90.49
<hr/>			
IV & III			
DM: 13.52%			
Bivalvia	13.40	21.55	30.16
Amphipoda	15.11	9.46	51.05
Polychaeta	57.41	55.32	58.91
Sipuncula	1.44	1.84	64.16
Isopoda	1.94	0.60	69.09
Ophiuroidea	1.67	1.51	73.61
Nematoda	0.81	1.45	77.64
Tanaidacea	1.22	1.24	80.89
Cumacea	2.66	1.93	83.56
Leptostraca	0.67	0.00	86.03
Copepoda	0.00	0.57	88.15
Holothurioidea	0.32	0.82	90.15

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 arenas medias (Tabla 3.11).

Tabla 3.11. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

Factores ambientales	Rho	P
<hr/>		
Granulometría		
% Gravas	-0.25	0.787
% Arenas gruesas	-0.261	0.81
% Arenas medias	0.609	0.039
% Arenas finas	0.349	0.137
% Fangos	0.095	0.230
Potencial Redox	0.768	0.094
Salinidad	-0.093	0.564
Materia orgánica	0.207	0.112
pH	0.155	0.317

A partir de los resultados obtenidos en el RELATE, se representaron en las estaciones en un MDS según su similitud según la comunidad de infauna

representando cada una de las variables ambientales que han demostrado influir de forma significativa en su composición.

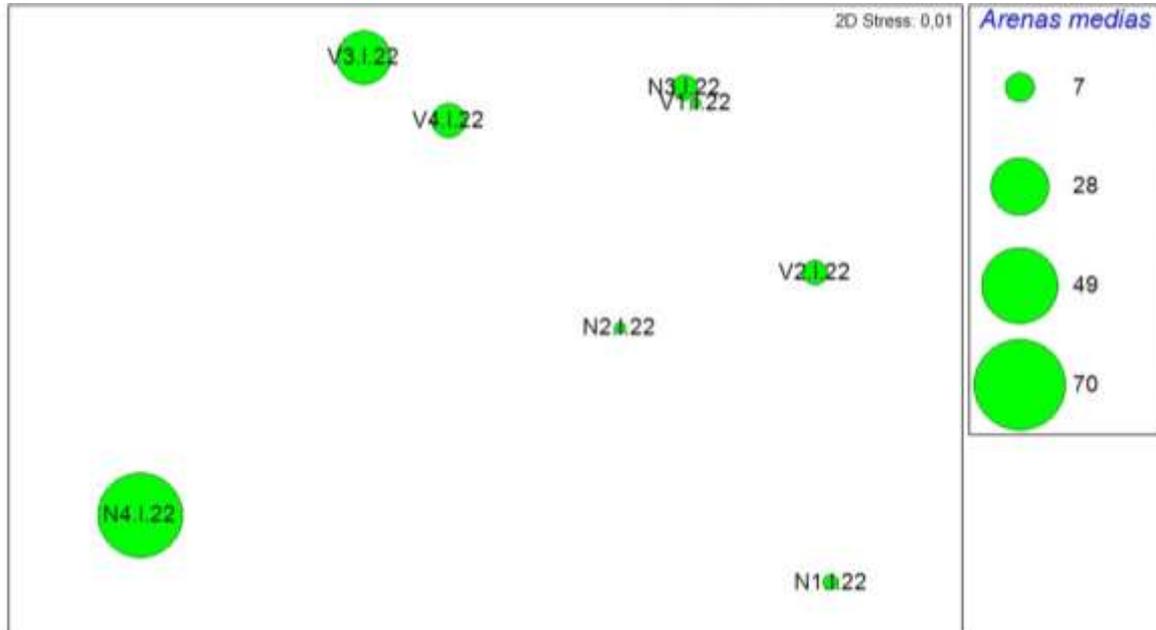


Figura 3.13. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas medias.

3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en invierno de 2022.

Se han analizado un total de 2037 individuos pertenecientes a 34 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 608 individuos, representando casi el 30% de todos los individuos analizados, seguida de las familias Lumbrineridae, de la que se identificaron 241 individuos (11.83%), Capitellidae, con 186 individuos (9.13%), y por último la familia Syllidae, representando el 6.3% (128). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos que el 5 % del total analizado.

Tabla 3.12. Abundancias medias (nº ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Ampharetidae	0.00	8.33	0.00	0.00	16.67	16.67	58.33	0.00
Capitellidae	125.00	225.00	150.00	66.67	450.00	391.67	66.67	75.00
Chaetopteridae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00
Cirratulidae	25.00	58.33	150.00	58.33	166.67	125.00	0.00	100.00
Cossuridae	0.00	41.67	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dorvilleidae	0.00	0.00	0.00	25.00	8.33	58.33	166.67	166.67
Eunicidae	16.67	16.67	0.00	41.67	150.00	191.67	91.67	133.33
Flabelligeridae	25.00	16.67	41.67	0.00	75.00	50.00	8.33	8.33
Glyceridae	25.00	16.67	0.00	16.67	16.67	8.33	16.67	8.33
Goniadidae	8.33	8.33	0.00	25.00	33.33	58.33	0.00	0.00
Hesionidae	8.33	0.00	8.33	0.00	0.00	16.67	0.00	0.00
Lumbrineridae	300.00	491.67	391.67	108.33	350.00	241.67	91.67	33.33
Magelonidae	50.00	25.00	175.00	25.00	158.33	216.67	0.00	16.67
Maldanidae	16.67	16.67	0.00	16.67	58.33	75.00	91.67	75.00
Nepthyidae	50.00	16.67	16.67	8.33	133.33	241.67	16.67	0.00
Nereididae	25.00	25.00	16.67	0.00	0.00	33.33	33.33	25.00
Oeonidae	8.33	8.33	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Onuphidae	8.33	8.33	0.00	41.67	116.67	166.67	133.33	50.00
Opheliidae	25.00	0.00	0.00	16.67	16.67	58.33	8.33	0.00
Oweniidae	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	16.67	16.67	8.33
Paralacydoniidae	16.67	8.33	16.67	8.33	25.00	41.67	8.33	0.00
Paraonidae	1341.67	666.67	1325.00	200.00	783.33	633.33	8.33	108.33
Pectinariidae	41.67	25.00	16.67	16.67	25.00	33.33	0.00	8.33
Phyllodocidae	8.33	25.00	8.33	0.00	16.67	25.00	8.33	0.00
Pilargidae	25.00	8.33	8.33	8.33	25.00	25.00	16.67	25.00
Poecilochaetidae	108.33	183.33	0.00	8.33	100.00	108.33	8.33	0.00
Polynoidae	8.33	8.33	50.00	25.00	8.33	8.33	16.67	0.00
Sabellidae	16.67	0.00	0.00	116.67	91.67	133.33	50.00	133.33
Serpulidae	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sigalionidae	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	8.33	8.33	8.33
Spionidae	25.00	16.67	100.00	75.00	75.00	166.67	33.33	25.00
Syllidae	0.00	8.33	0.00	191.67	183.33	316.67	133.33	233.33
Terebellidae	25.00	0.00	25.00	0.00	33.33	25.00	0.00	16.67
Trichobranchidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	8.33	0.00

Las familias Capitellidae, Lumbrineridae, Paraonidae, Pilargidae y Spionidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. De las 34 familias encontradas en la zona de estudio, 19 aparecen con abundancias inferiores al 1%. Dichas familias son: Ampharetidae, Chaetopteridae, Cossuridae, Glyceridae, Goniadidae, Hesionidae, Nereididae, Oeonidae, Opheliidae, Oweniidae, Paralacydoniidae, Pectinariidae, Phyllodocidae, Pilargidae, Polynoidae, Serpulidae, Sigalionidae, Terebellidae y Trichobranchidae.

Análisis univariante.

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

Considerando los valores de abundancia se detectan diferencias significativas para la interacción de ambos factores ($p=0.001$). Al aplicar el test a posteriori para la interacción se observa que dichas diferencias se deben a un descenso de la abundancia en las distancias 3 y 4 respecto a las distancias 1 y 2 en el transecto vertido, mientras que en el transecto norte este descenso se detecta en la estación N4, respecto a las otras estaciones de muestreo, principalmente N1 y N3..

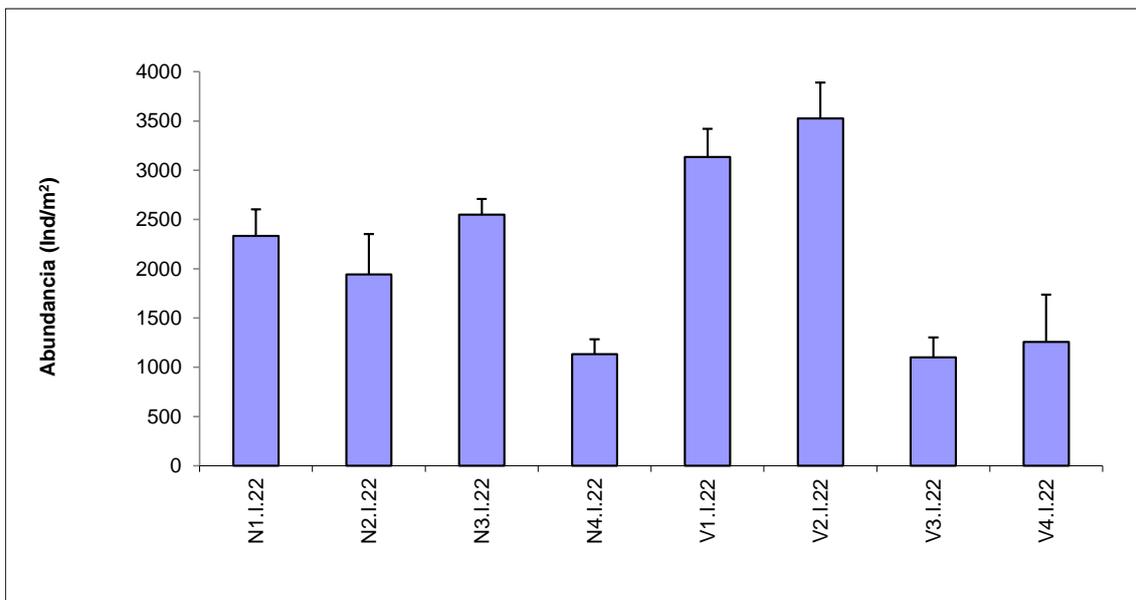


Figura 3.14. Abundancia media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la riqueza también se detectan diferencias significativas para la interacción entre los factores TrXDi ($p=0.045991$). Estas diferencias se deben, principalmente, al incremento de la riqueza de familias en las estaciones V1 y V2, respecto a las estaciones V3 y V4, así como respecto a las estaciones localizadas al norte. No se detectan diferencias entre las estaciones localizadas al norte.

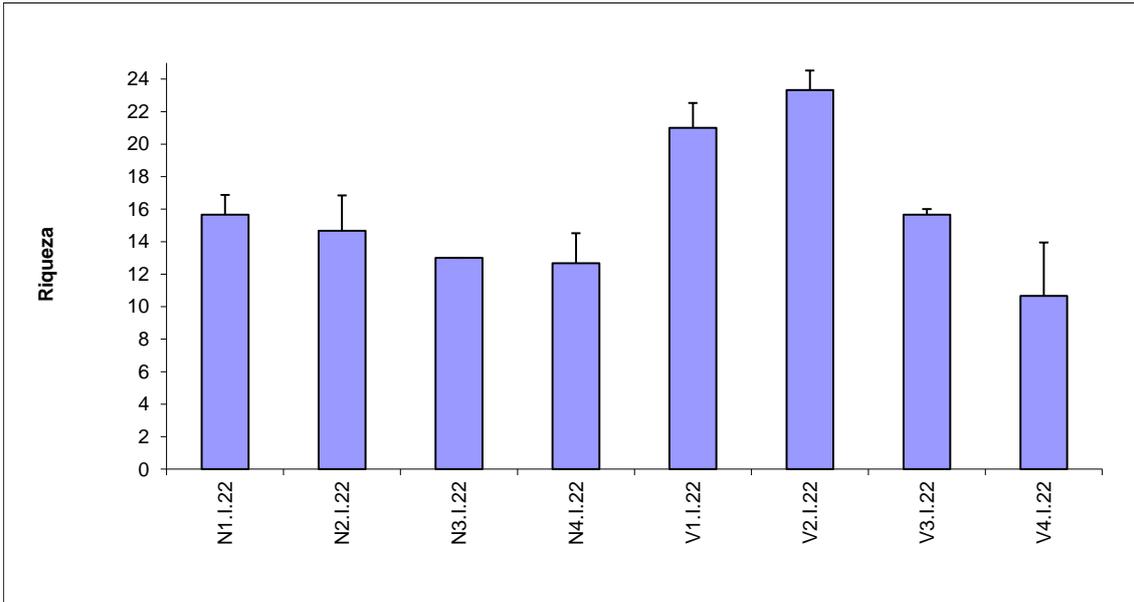


Figura 3.15. Riqueza media de poliquetos en cada estación.

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), junto a V4. Este hecho indica que existe un cierto empobrecimiento de la comunidad en estas estaciones respecto al resto de las estaciones.

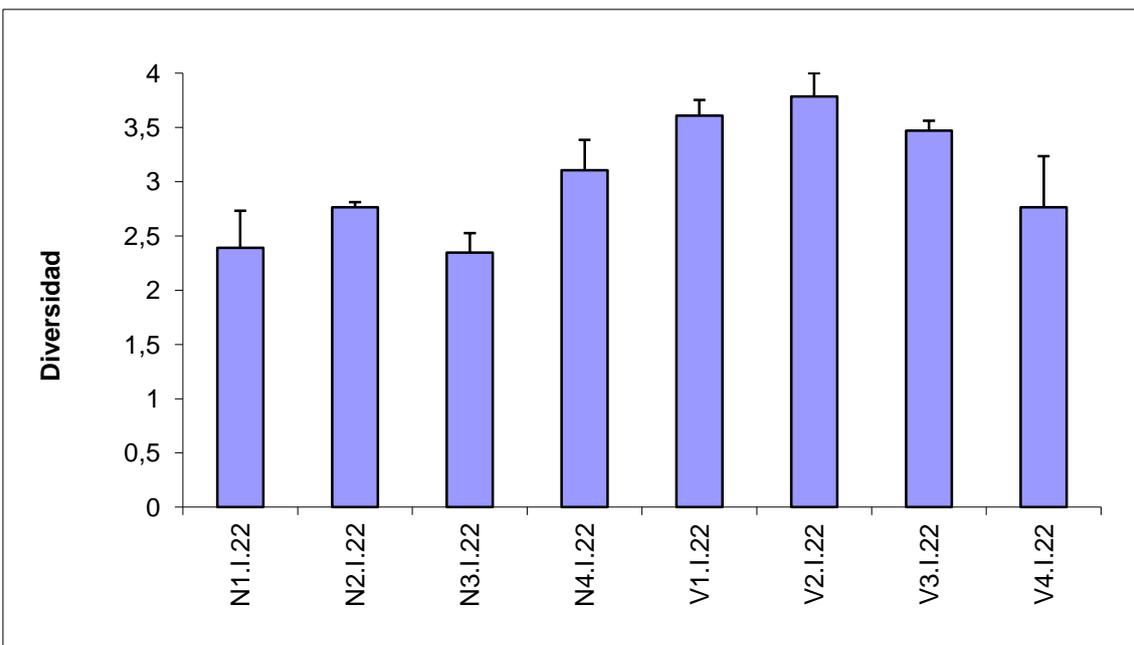


Figura 3.16: Diversidad media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la equitatividad se obtienen valores que oscilan entre los 0.6 y 0.88. 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.

Análisis multivariante.

Se observa la formación de dos grupos principales con una disimilitud superior al 66%. El grupo A, establecido por la mayoría las estaciones (similitud del 65%) y el grupo B establecido por las estaciones V3, V4 y N4 (similitud del 60%). En el grupo A, se observa una agrupación de las muestras atendiendo al transecto una mayor homogeneidad entre las estaciones localizadas al norte. Así mismo, en el grupo B, las estaciones localizadas en el vertido son las que muestran mayor similitud entre ellas.

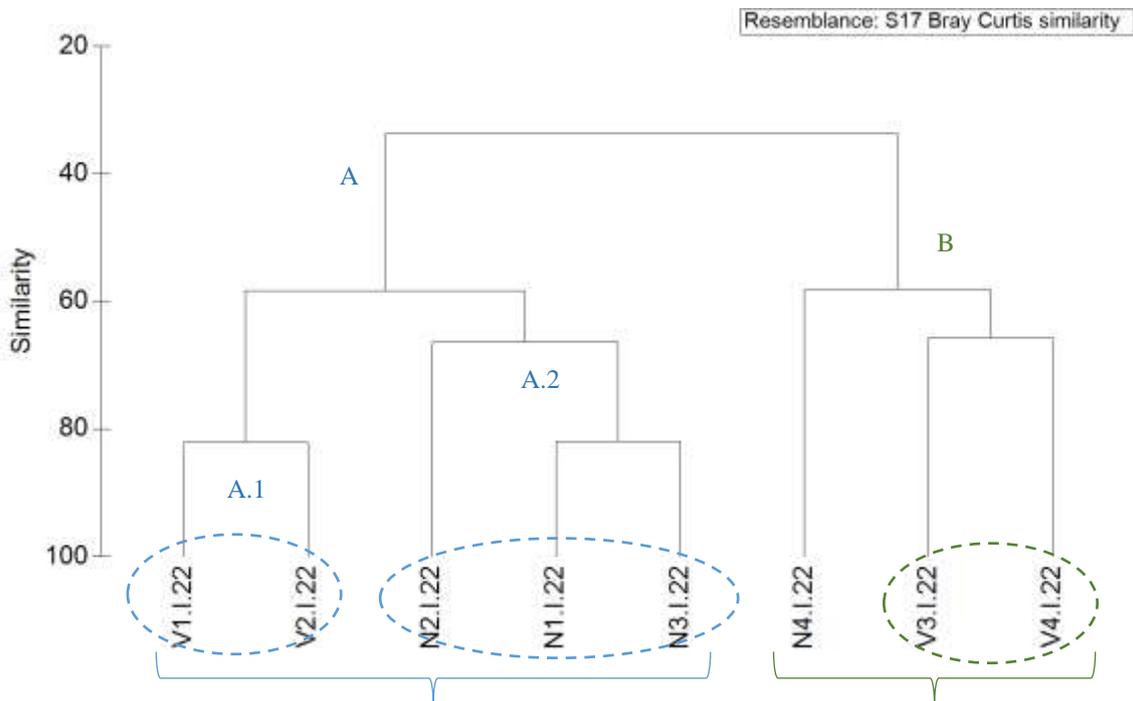


Figura 3.17. Representación del *cluster* respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

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

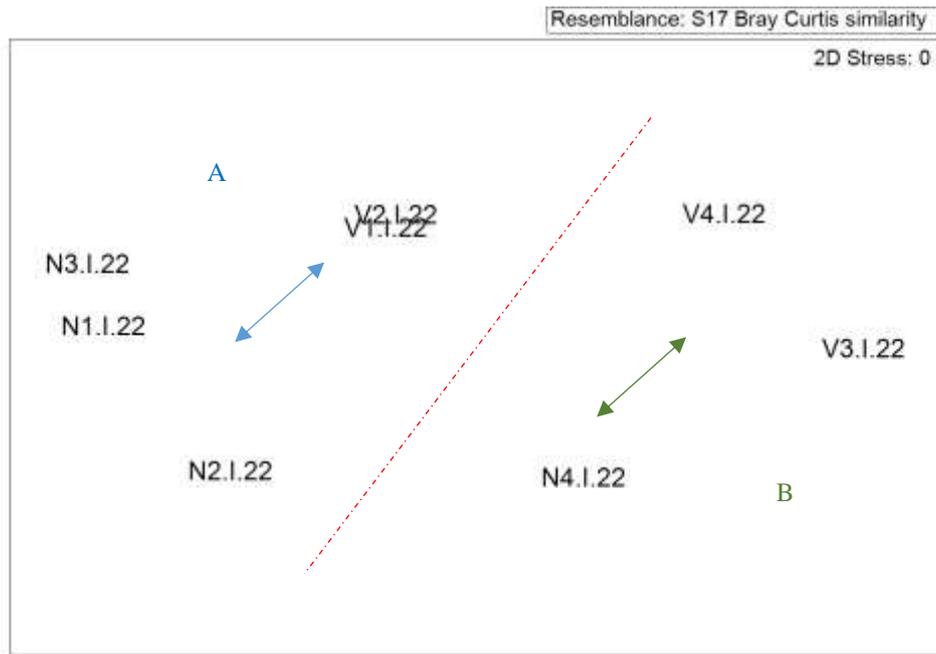


Figura 3.18. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se detectan diferencias entre los distintos transectos ($R=-0.208$, $p=0.171$), ni para las distintas distancias ($R=0.104$ y $p=0.371$).

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

Las familias Paraonidae, Lumbrineridae y Capitellidae son las implicadas en el 71% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A. En las

estaciones incluidas en el grupo B son las familias Syllidae, Sabellidae, Dorvilleidae, Capitellidae, Eunicidae, Lumbrineridae, Onuphidae, Paraonidae y Maldanidae las que contribuyen casi al 84% de la similitud detectada.

Grupo	Familia	AM	PA
A			
SM: 64.69			
	Paraonidae	950	43.64
	Lumbrineridae	355	61.13
	Capitellidae	268.33	71.27
B			
SM: 60.69			
	Syllidae	186.11	21.57
	Sabellidae	100	31.72
	Dorvilleidae	119.44	41.86
	Capitellidae	69.44	51.3
	Eunicidae	88.89	59.54
	Lumbrineridae	77.78	67.13
	Onuphidae	75	73.42
	Paraonidae	105.56	79.19
	Maldanidae	61.11	84.27

Tabla 3.14 Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media en cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae y Syllidae, son las implicadas en la disimilitud detectada entre los dos grupos principales establecidos. Dicha disimilitud es debida al dominio de las familias Paraonidae, Capitellidae y Spionidae en las estaciones incluidas en el grupo A, siendo la abundancia de la familia Syllidae algo superior en las estaciones incluidas en el grupo B. Si nos centramos en el grupo A, observamos que las mayores diferencias entre los dos subgrupos se deben al dominio de las familias Capitellidae, Syllidae, Eunicidae, Nepthyidae en las estaciones del vertido, siendo la familia Paraonidae la dominante en el transecto norte.

Tabla 3.15 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
A / B				
DM: 66.32				
	Paraonidae	950	105.56	34.18
	Lumbrineridae	355	77.78	45.61
	Capitellidae	268.33	69.44	53.01
	Syllidae	101.67	186.11	58.93
A1 / A2				
DM: 66.32				
	Paraonidae	708.33	1111.11	18.46
	Capitellidae	420.83	166.67	29.36
	Syllidae	250	2.78	39.88
	Eunicidae	170.83	11.11	46.7
	Nepthyidae	187.5	27.78	53.49
	Onuphidae	141.67	5.56	59.3

Mediante el procedimiento RELATE no 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 48.7% y con un Rho =-0.016 (Tabla 3.23). Al analizar por separado cada uno de los factores ambientales se observa que únicamente existe correlación con la fracción del sedimento: arena media.

Tabla 3.16. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

Parámetros ambientales	Rho	p
% Gravas	0.087	28.4%
% A. gruesa	0.047	32.9%
% A. media	0.497	1.6%
% A. fina	-0.166	80.6%
% Lutitas	0.219	10.8%
Materia orgánica	0.172	16.4%
ph	-0.124	72.4%
Eh	-0.117	70.3%
Salinidad	0.214	13.9%
Factores totales	-0.016	48.7%

Mediante la representación bidimensional con círculos superpuestos se observa que las estaciones localizadas al norte (N1,N3,N3), junto a las estaciones V1 y V2 (grupo A), presentan un menor porcentaje de arenas medias; siendo las estaciones localizadas en el grupo B (V3 y V4, junto a N4) las que presentan un mayor porcentaje de dicha fracción de sedimento, principalmente en la estación N4.

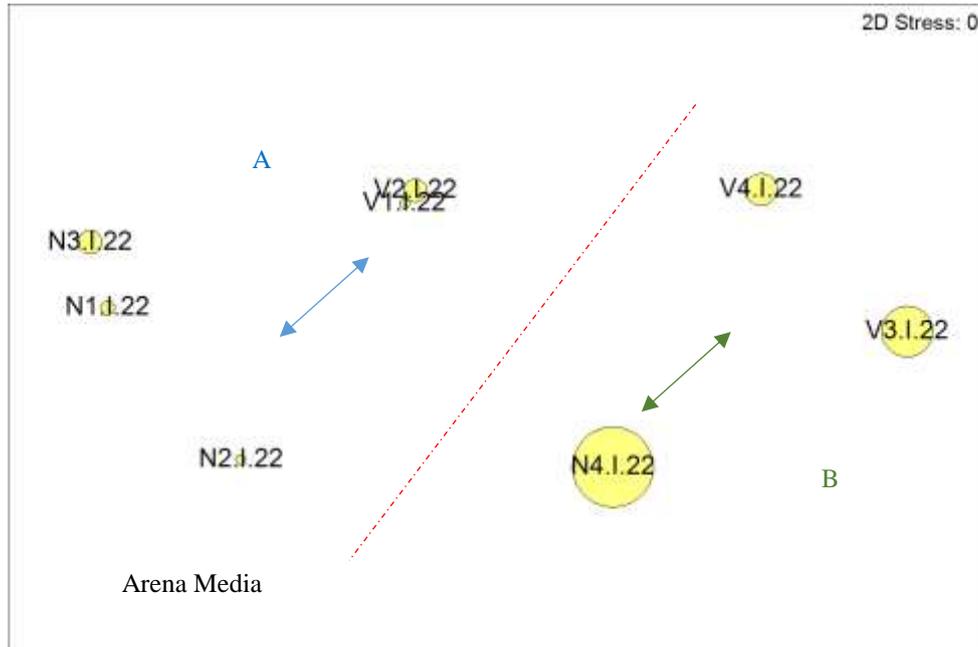


Figura 3.19. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (**arena media**).

Valoración invierno 22

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 2022 las estaciones V1 y V2 son las que muestran mayores valores de abundancia y riqueza. Se sigue manteniendo, una segregación de las estaciones localizadas en el transecto Norte, principalmente las ubicadas en N1, N2 y N3, estaciones

donde los valores de diversidad y equitatividad han sido inferiores, probablemente debido a la presencia del vertido de aguas residuales. Cabe destacar la agrupación de las estaciones V1 y V2, con las localizadas al norte N1, N2 y N3, mostrando una similitud superior al 64%, pero dentro de este grupo las muestras se siguen segregando atendiendo a la estructura y composición de las familias. Mientras que en las estaciones del norte domina la familia Paraonidae, las estaciones localizadas al sur (V1 y V2) las familias dominantes han sido Syllidae, Eunicidae, Nepthyidae y Capitellidae.

3.5.4.- Fauna general en la campaña de verano de 2022.

Se han obtenido un total 2100 individuos clasificados en 22 grupos taxonómicos diferentes, entre los cuales dominan la clase Polychaeta con 853 individuos (40.6%); seguida por la clase Bivalvia con 395 individuos (18.8%) y el orden Amphipoda con 353 individuos (16.8%). Estos grupos están presentes en las ocho estaciones muestreadas (Tabla 3.17).

Tabla 3.17. Abundancias medias (nº ind/m²) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación.

	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Hydrozoa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nemertino	8,33	0,00	0,00	16,67	8,33	0,00	25,00	0,00
Nematoda	83,33	25,00	0,00	0,00	8,33	8,33	8,33	0,00
Polychaeta	591,67	1600,00	600,00	758,33	841,67	791,67	1033,33	891,67
Platelminta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00
Sipuncula	0,00	8,33	25,00	158,33	33,33	41,67	25,00	33,33
Oligochaeta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ostracoda	16,67	41,67	8,33	83,33	16,67	150,00	8,33	8,33
Copepoda	0,00	8,33	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67
Leptostraca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cumacea	100,00	308,33	25,00	50,00	175,00	100,00	41,67	33,33
Mysidacea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tanaidacea	16,67	133,33	41,67	33,33	16,67	158,33	8,33	8,33
Isopoda	8,33	50,00	8,33	91,67	58,33	25,00	16,67	33,33
Stomatopoda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amphipoda	616,67	641,67	350,00	208,33	366,67	450,00	166,67	141,67
Decapoda	33,33	25,00	25,00	8,33	16,67	0,00	0,00	16,67
Pycnogonida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	75,00	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	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	8,33	8,33	8,33
Gastropoda	50,00	150,00	33,33	100,00	166,67	83,33	133,33	75,00
Bivalvia	375,00	483,33	275,00	258,33	425,00	383,33	766,67	325,00
Asteroidea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ophiuroidea	91,67	66,67	150,00	8,33	16,67	75,00	66,67	58,33
Echinoidea	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	41,67	0,00
Holothurioidea	0,00	0,00	0,00	41,67	8,33	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	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Actinia/Pennatu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Análisis univariante

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

Por lo que se refiere a la abundancia, no se detectan diferencias significativas para ninguno de los factores analizados. El mayor valor de abundancia media (Figura 3.20) se encuentra en la estación en N2 (3541.67 ind/m²), y el valor más bajo de abundancia media se obtiene en la estación N3 (1550.00 ind/m²) y V4 (1650 ind/m²).

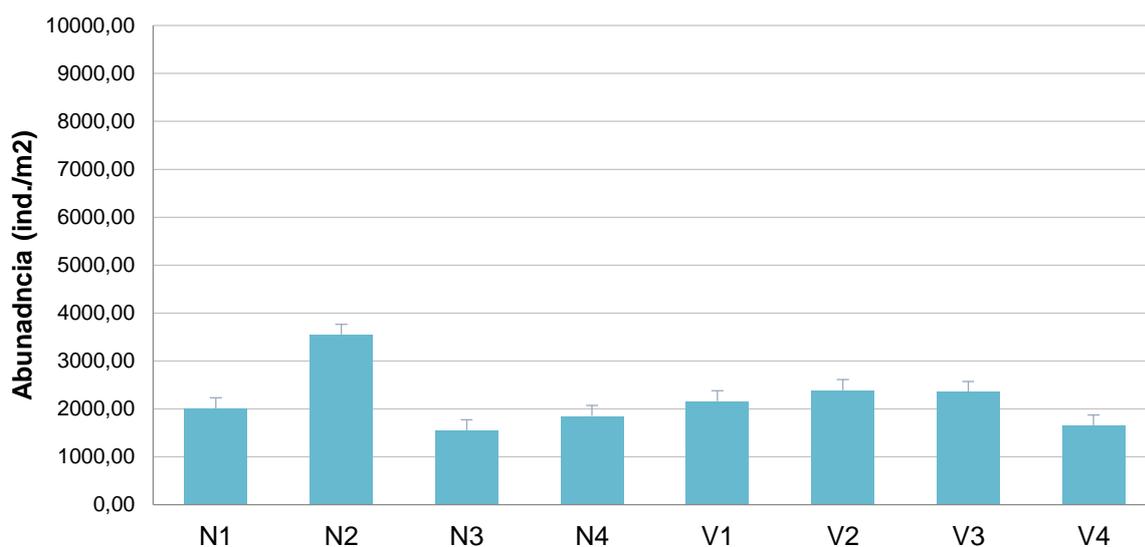


Figura 3.20. Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en verano de 2022.

En el caso de la riqueza taxonómica tampoco 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 bajo en la estación más somera V1, mientras que las estaciones que se encuentran más alejadas presentan una mayor riqueza. El valor más alto de riqueza se encontró en la estación N1 (13,67 taxones/m²), mientras que el valor más bajo se registró en la estación V1 (9 taxones/m²) (Figura 3.21).

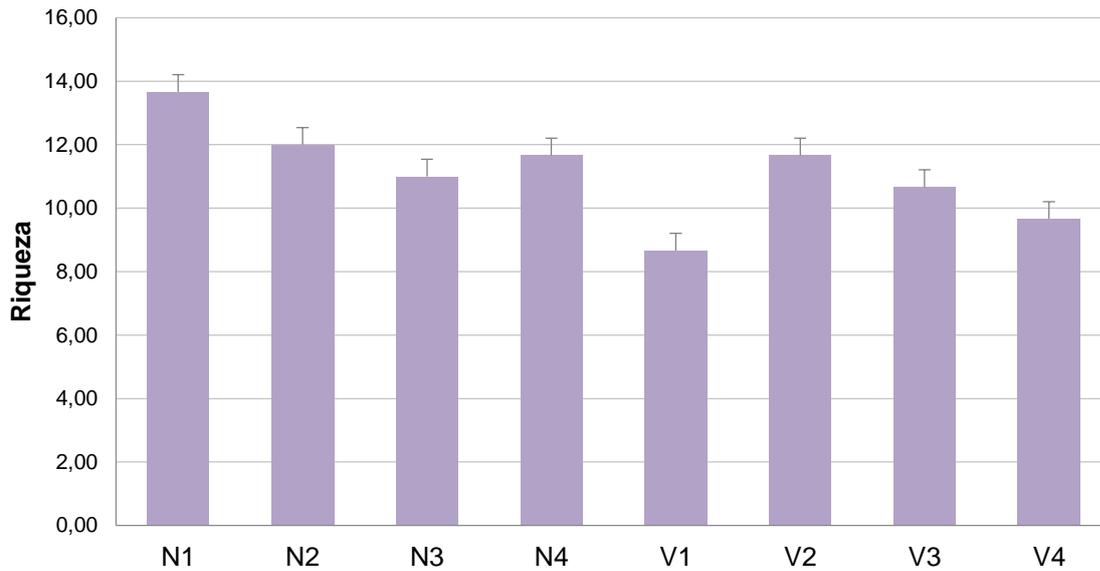


Figura 3.21. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en verano de 2022.

Por lo que se refiere al índice BOPA únicamente las estaciones N2, V2 y V3 obtiene valores de calidad por encima del límite bueno/moderado. Los resultados del ANOVA indican que no existen diferencias significativas para ninguno de los dos factores estudiados ni para su interacción. (Figura 3.22)

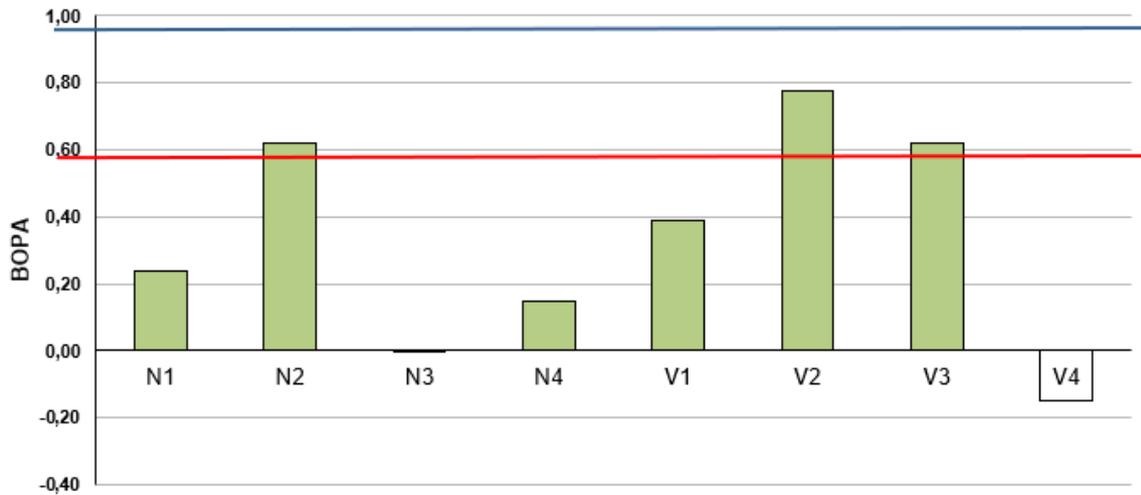


Figura 3.22. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en verano de 2022. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015).

Análisis multivariante

El dendrograma de similitud (Figura 3.13) muestra como las estaciones forman cinco grupos diferenciados. El grupo I lo forma exclusivamente la estación N1. Con una similitud mayor al 80% nos encontramos con las estaciones V1, V2, N2 y N3 que forman el grupo II, la estación N4 conforma el grupo III y, por último, nos encontramos con las estaciones N2 y V2 que forman el grupo V y presentan una similitud mayor al 85%.

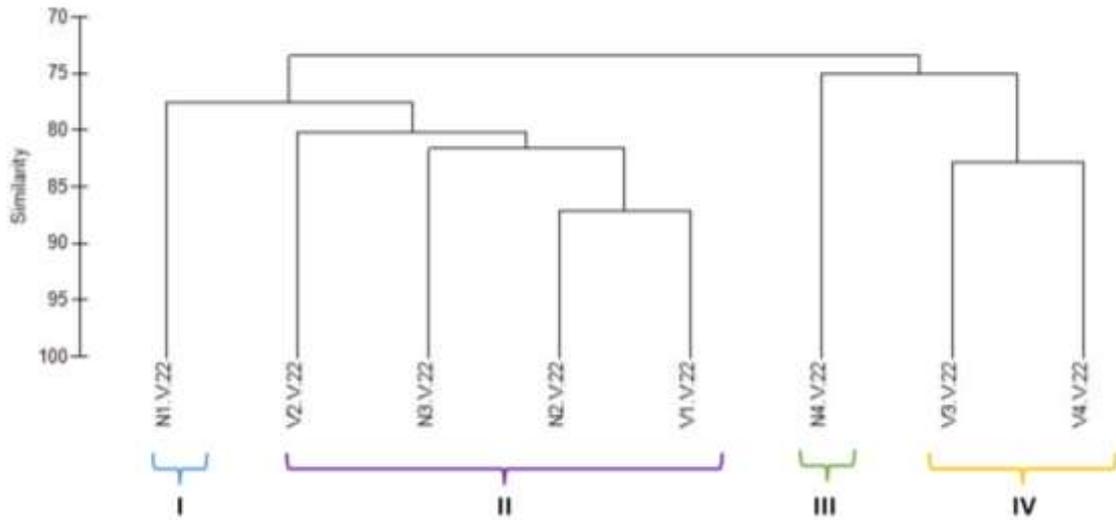


Figura 3.23. Representación del *cluster* respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.

En el gráfico bidimensional que representa el ordenamiento multiescalar (MDS, Figura 3.24) se puede observar la distribución de las estaciones en función de su similitud.

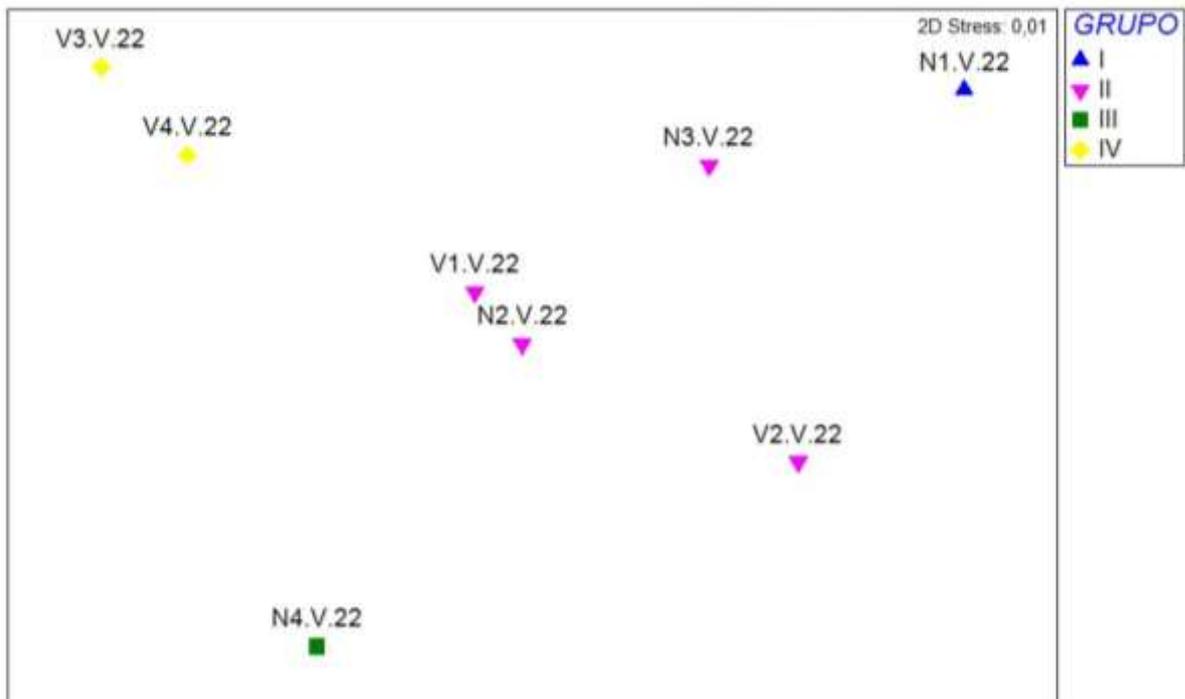


Figura 3.24. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.

Al aplicar el análisis de similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas para el factor transecto, con un nivel de significación del 48.6% y un $R=0$; ni se observan diferencias en el factor distancia al vertido, siendo el nivel de significación de 48.6%, con un $R=0$.

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. Las estaciones N1 (grupo I) y N4 (grupo III) no muestran porcentaje de similitud al ser grupos formados por una única estación. Para el resto de los dos grupos (II y IV) los taxones que más contribuyen a su similitud fueron los poliquetos, bivalvos, anfípodos, gasterópodos y cumáceos (únicamente en el grupo II). El porcentaje de similitud para ambos grupos fue muy similar, 81.80 % para el grupo II y 82.75% para el grupo IV (Tabla 3.18).

Tabla 3.18. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos considerados. SM: Similitud media entre cada estación. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

Grupo	Organismo	AM	PA
I			
II			
SM: 81.80%			
	Polychaeta	39.00	43.95
	Amphipoda	19.13	65.55
	Bivalvia	16.78	84.04
	Cumacea	5.65	88.38
	Gastropoda	4.40	91.98
III			
IV			
SM: 82.75%			
	Polychaeta	49.01	53.14
	Bivalvia	26.16	76.94
	Amphipoda	7.84	85.51
	Gastropoda	5.11	91.00

Al analizar la disimilitud entre los grupos, se observa como el grupo I se diferencia por presentar mayores abundancias de anfípodos con respecto al

resto de grupos. (Tabla 3.19). Mientras que el grupo IV y III presentan una mayor abundancia de poliquetos respecto a los grupos I y II. Entre los grupos III y IV la diferencia radica en un amplio número de agrupaciones faunísticas donde destacan los escafópodos, tanaidáceos y holoturias con una mayor representatividad en el grupo III:

Tabla 3.19. 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
I & II				
DM: 22.55				
	Amphipoda	30.71	19.13	25.68
	Polychaeta	29.46	39.00	46.82
	Nematoda	4.15	0.36	55.22
	Ophiuroidea	4.56	3.87	62.43
	Cumacea	4.98	5.65	68.54
	Tanaidacea	0.83	3.46	74.44
	Bivalvia	18.67	16.78	79.77
	Gastropoda	2.49	4.40	84.38
	Ostracoda	0.83	2.19	87.78
	Sipuncula	0.00	1.18	90.63
I & III				
DM: 36.73				
	Amphipoda	30.71	11.26	26.47
	Polychaeta	29.46	40.99	42.16
	Sipuncula	0.00	8.56	53.81
	Bivalvia	18.67	13.96	60.22
	Isopoda	0.41	4.95	66.40
	Nematoda	4.15	0.00	72.05
	Ophiuroidea	4.56	0.45	77.65
	Ostracoda	0.83	4.50	82.65
	Gastropoda	2.49	5.41	86.62
	Cumacea	4.98	2.70	89.72
	Holothuriodea	0.00	2.25	92.79
II & III				
DM: 23.50				
	Amphipoda	19.13	11.26	16.73
	Sipuncula	1.28	8.56	32.21
	Polychaeta	39.00	40.99	40.91
	Isopoda	1.42	4.95	48.42
	Cumacea	5.65	2.70	55.86
	Ophiuroidea	3.87	0.45	63.12
	Ostracoda	2.19	4.50	69.93

Bivalvia	16.78	13.96	76.25
Tanaidacea	3.46	1.80	80.88
Gastropoda	4.40	5.41	85.49
Holothurioidea	0.18	2.25	89.89
Scaphopoda	0.09	1.35	92.58
III & IV			
DM: 33.88			
Bivalvia	13.96	26.16	24.38
Polychaeta	40.99	49.01	40.40
Sipuncula	8.56	1.54	54.43
Ostracoda	4.50	0.48	62.58
Isopoda	4.95	1.36	69.75
Amphipoda	11.26	7.84	76.60
Ophiuroidea	0.45	3.19	82.06
Holothurioidea	2.25	0.00	86.57
Tanaidacea	1.80	0.48	89.31
Scaphopoda	1.35	0.48	91.15
I & IV			
DM: 33.88			
Amphipoda	30.71	7.84	33.75
Polychaeta	29.46	49.01	62.60
Bivalvia	18.67	26.16	78.65
Nematoda	4.15	0.18	79.51
Cumacea	4.98	1.90	84.06
Gastropoda	2.49	5.11	87.93
Sipuncula	0.00	1.54	90.21
II & IV			
DM: 25.07			
Amphipoda	19.18	7.84	22.51
Polychaeta	39.00	49.01	48.08
Bivalvia	16.78	26.16	61.80
Cumacea	5.65	1.90	69.57
Tanaidacea	3.46	0.48	75.62
Ophiuroidea	3.87	3.19	80.89
Gastropoda	4.40	5.11	84.91
Ostracoda	2.19	0.48	88.42
Echinoidea	0.26	0.89	90.19

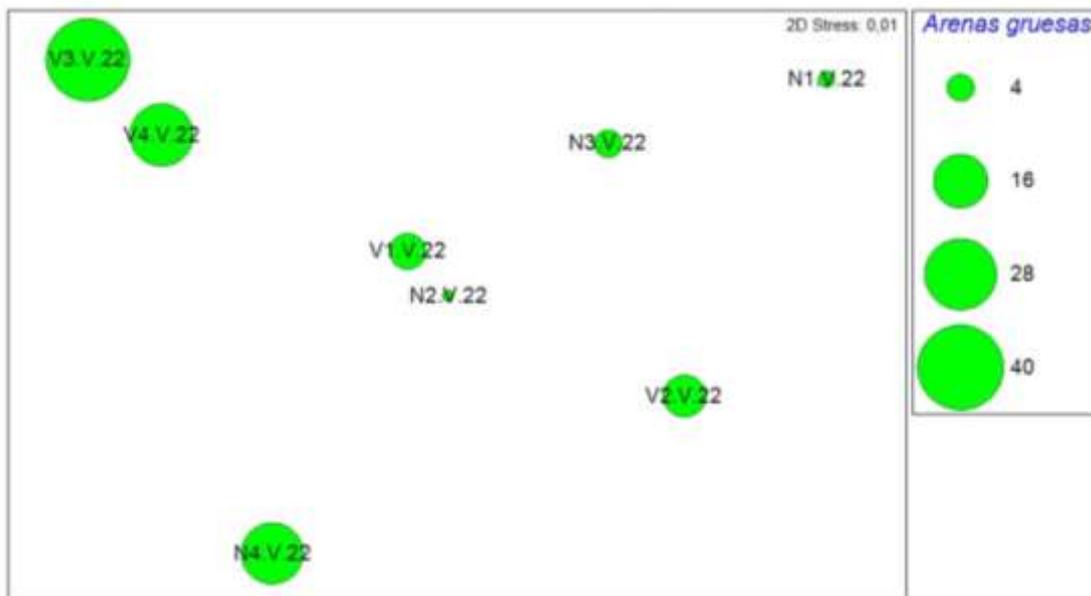
Se emplea el procedimiento RELATE para analizar la correlación de la comunidad con cada parámetro ambiental: salinidad, granulometría, materia orgánica, pH y potencial RedOx (Tabla 3.20). El análisis empleado refleja que, de las variables estudiadas, el porcentaje de arenas gruesas muestra valor de p significativo ($p < 0.05$) con la comunidad de infaunal, por lo que pueden mostrar correlación con el poblamiento infaunal (Tabla 3.20). Del mismo modo, el coeficiente de correlación (Rho) muestra el valor más alto para el porcentaje

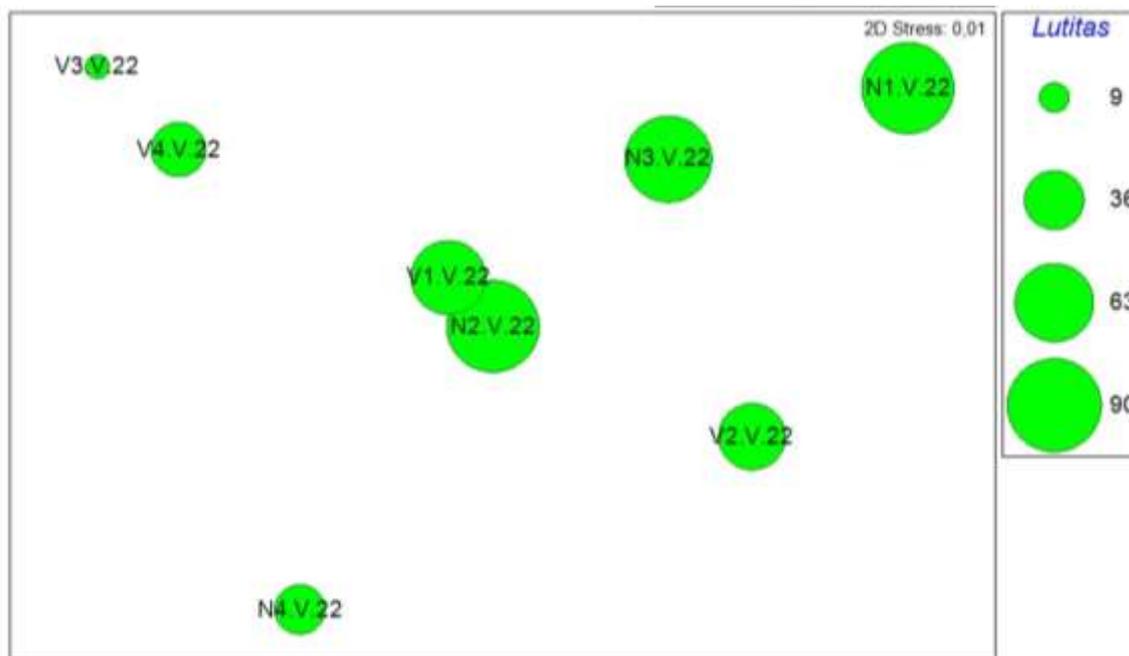
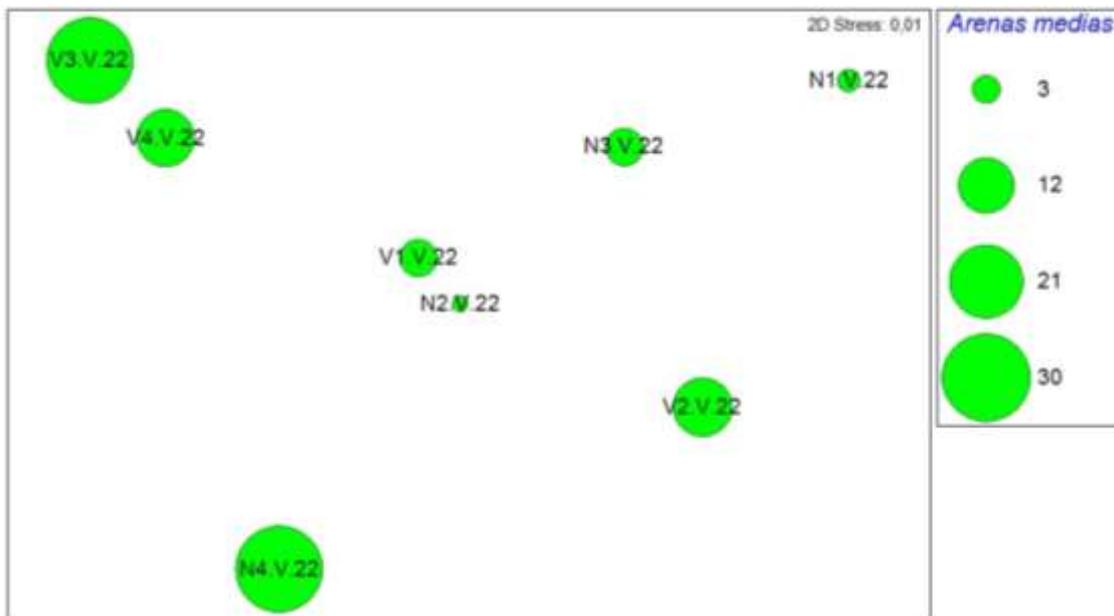
de arenas gruesas, destacando el grupo IV (estación V3 y V4) (Figura 3.23). Por otro lado, también cabe destacar el coeficiente de correlación mostrado para el porcentaje de gravas, arenas medias, fangos y potencial redox. De esta manera, se señala de igual modo que, tanto las fracciones de sedimento y otras de las características físico-químicas del sedimento pueden tener relación con la comunidad infaunal.

Tabla 3.20. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.

Factores ambientales	Rho	P
Granulometría		
% Gravas	0.363	0.06
% Arenas gruesas	0.508	0.011
% Arenas medias	0.299	0.098
% Arenas finas	-0.165	0.709
% Fangos	0.365	0.05
Potencial Redox	0.382	0.062
Salinidad	0.211	0.130
Materia orgánica	0.237	0.123
pH	-0.029	0.506

A partir de los resultados obtenidos en el RELATE, se representaron en las estaciones en un MDS según su similitud según la comunidad de infauna representando cada una de las variables ambientales que han demostrado influir de forma significativa en su composición.





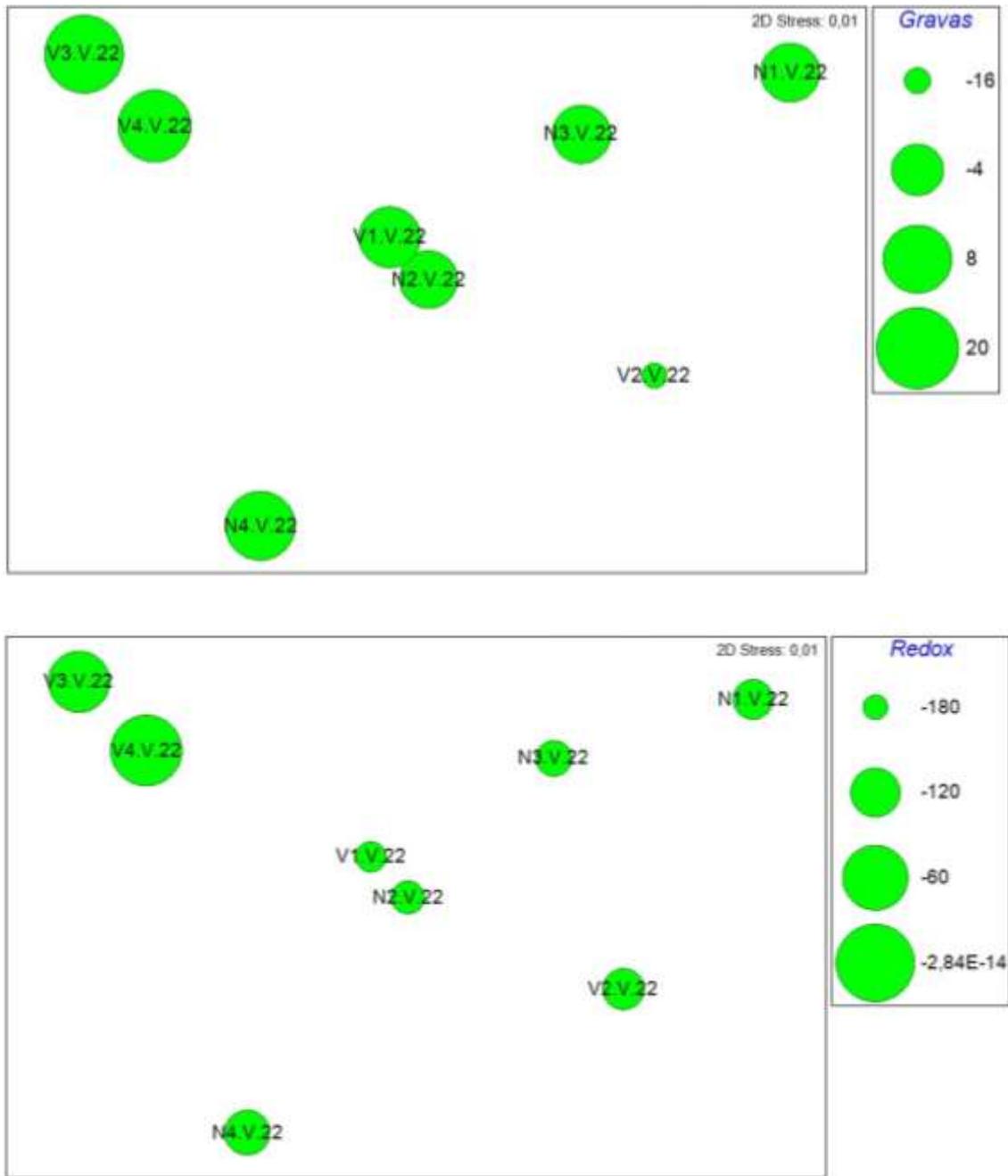


Figura 3.25. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas medias.

3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en verano 2022.

Se han analizado un total de 853 individuos pertenecientes a 33 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 160 individuos, representando el 18.75% de todos los individuos analizados, seguida de las familias Lumbrineridae de la que se identificaron 154 individuos (18%), Capitellidae, con 59 individuos (7%), la familia Syllidae, representando el 6.7%, y por último las familias Onuphidae y Eunicidae (ambas con 50 individuos identificados, 6%). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos que el 5 % del total analizado.

Tabla 3.21. Abundancias medias (nº ind/m²) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Ampharetidae	33.33	16.67	16.67	58.33	33.33	0.00	8.33	0.00
Capitellidae	50.00	141.67	8.33	16.67	66.67	108.33	33.33	66.67
Chaetopteridae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
Cirratulidae	0.00	16.67	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cossuridae	0.00	8.33	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dorvilleidae	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00	0.00	41.67	41.67
Eunicidae	25.00	8.33	25.00	83.33	50.00	41.67	108.33	75.00
Flabelligeridae	16.67	91.67	0.00	41.67	8.33	50.00	16.67	8.33
Glyceridae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00
Goniadidae	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lumbrineridae	191.67	550.00	208.33	16.67	125.00	66.67	116.67	8.33
Magelonidae	16.67	41.67	25.00	50.00	25.00	125.00	0.00	25.00
Maldanidae	0.00	8.33	25.00	0.00	8.33	33.33	16.67	8.33
Nephtyidae	16.67	25.00	16.67	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nereididae	8.33	16.67	16.67	0.00	0.00	0.00	200.00	16.67
Oeonidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	33.33
Onuphidae	25.00	8.33	16.67	75.00	0.00	50.00	125.00	116.67
Opheliidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
Orbiniidae	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Oweniidae	8.33	0.00	0.00	33.33	66.67	8.33	16.67	16.67
Paralacydoniidae	8.33	8.33	16.67	0.00	8.33	8.33	0.00	0.00
Paraonidae	58.33	350.00	175.00	83.33	358.33	91.67	16.67	200.00
Pectinariidae	0.00	16.67	0.00	8.33	8.33	50.00	0.00	25.00
Pholoidae	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	8.33	33.33	8.33
Phyllodocidae	0.00	8.33	8.33	16.67	0.00	0.00	16.67	0.00
Pilargidae	8.33	8.33	0.00	0.00	0.00	8.33	66.67	0.00
Poecilochaetidae	33.33	83.33	0.00	8.33	0.00	16.67	0.00	0.00
Polynoidae	8.33	16.67	0.00	8.33	8.33	0.00	0.00	25.00
Sabellidae	41.67	33.33	8.33	66.67	25.00	8.33	33.33	16.67

Sigalionidae	0.00	0.00	0.00	8.33	8.33	8.33	16.67	16.67
Spionidae	16.67	141.67	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33
Syllidae	0.00	0.00	0.00	108.33	33.33	58.33	133.33	141.67
Terebellidae	8.33	0.00	0.00	16.67	8.33	0.00	8.33	8.33

.Las familias Capitellidae, Eunicidae, Lumbrineridae, Paraonidae y Sabellidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. Durante esta campaña de muestreo, las familias Chaetopteridae, Cossuridae, Cirratulidae Glyceridae, Goniadidae, Oeonidae, Opheliidae, Orbiniidae, Paralacydoniidae, Pholoidae, Phyllodocidae, Polynoidae, Sigalionidae y Terebellidae 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 42% 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) ($p=0.4131$). Tampoco se detectan diferencias significativas para los dos factores estudiados (Transecto, $p=0.9941$; Distancia, $p=0.6334$). Aun así, se observa un incremento de la abundancia en la estación N2 respecto al resto de las estaciones.

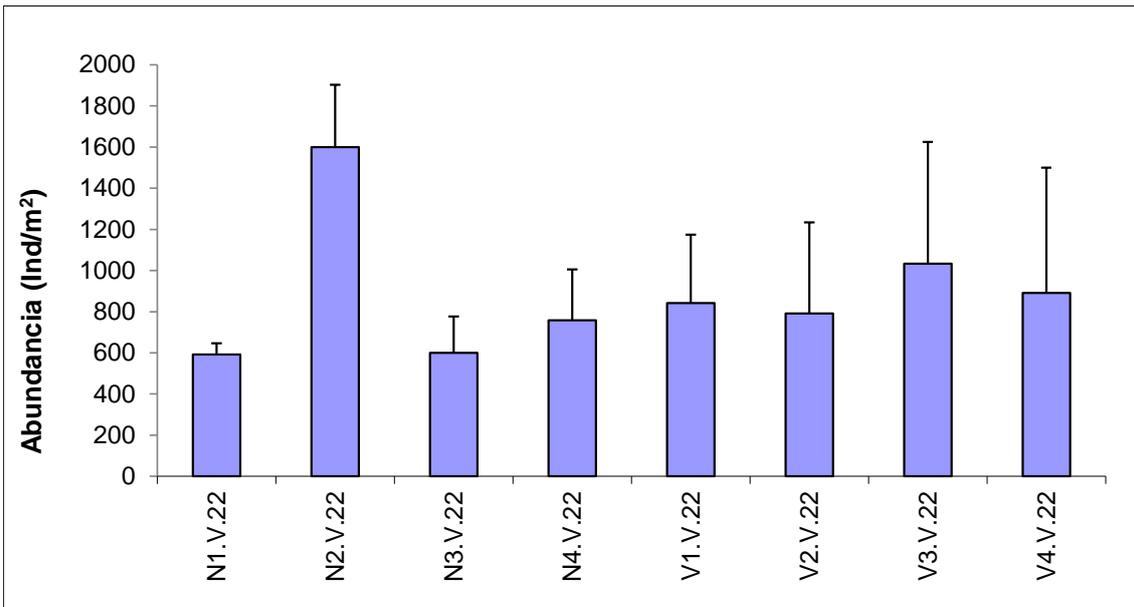


Figura 3.26: Abundancia media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la riqueza, tampoco se detectaron diferencias significativas para la interacción entre los dos factores analizados (transecto x distancia $p=0.6656$) ni para los factores por separados; Transecto ($p=0.6369$) y distancia ($p=0.8088$). Aun así, se observa un descenso en las estaciones del norte, respecto al resto de las estaciones, siendo más acusado en las estaciones N3 y V1

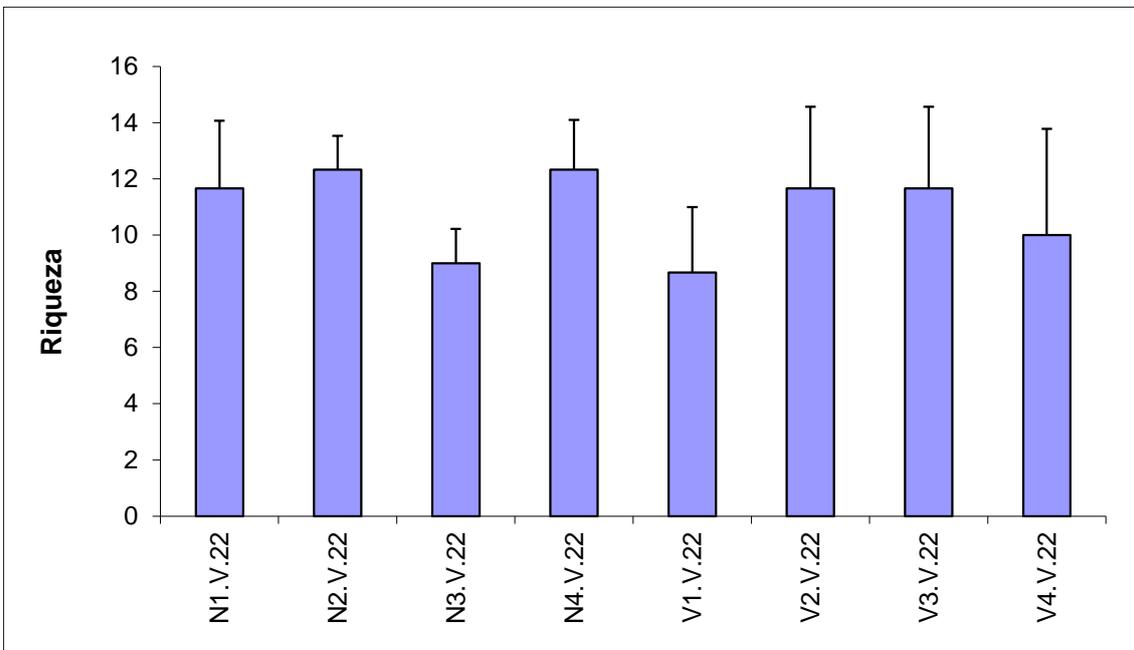


Figura 3.27: Riqueza media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la diversidad del poblamiento de poliquetos se observa un descenso en las estaciones localizadas al norte, principalmente en las distancias 2 y 3 junto a V1. Esto puede indicar un mayor empobrecimiento en el poblamiento de poliquetos de dichas estaciones durante esta campaña, respecto al resto de las estaciones.

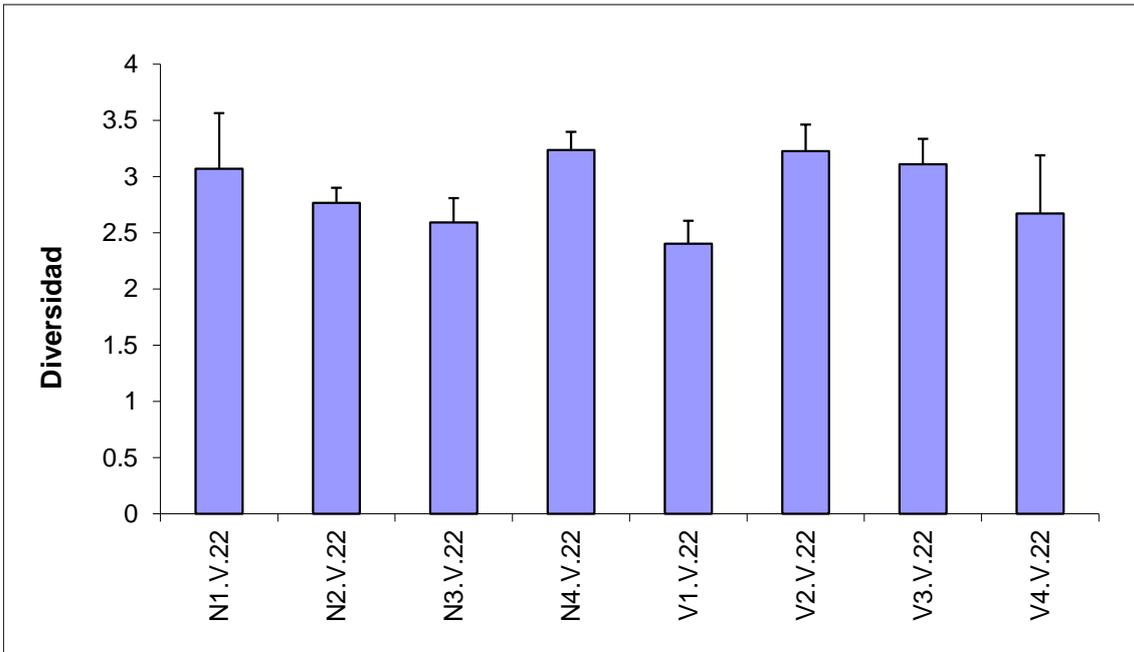


Figura 3.28: Diversidad media de poliquetos en cada estación.

Los valores de equitatividad en la zona de estudio oscilan entre una equitatividad de 0.76 y 0.94. Los valores más bajos se observan en las estaciones del Norte (N2 y N3) junto a la del vertido V1, estaciones en las que un menor número de familias son las dominantes. Sin embargo, en la estación V2, se obtienen los valores más elevados de equitatividad (superando el 0.94); lo que nos indica un dominio similar del número de familias detectadas en dicha estación.

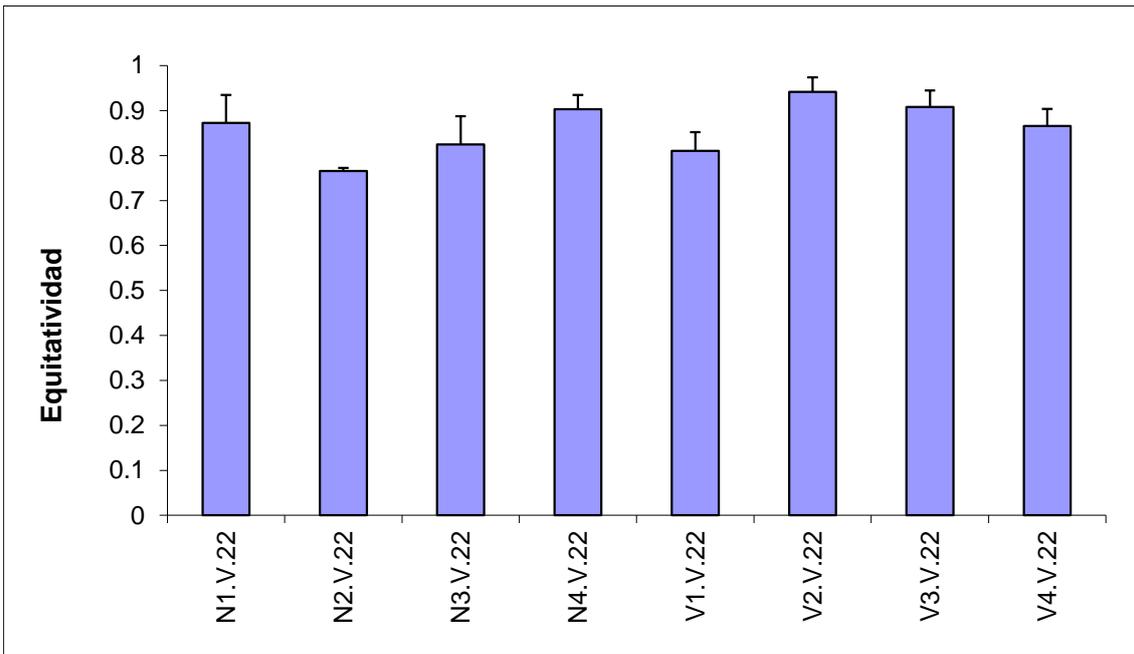


Figura 3.29: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.

Análisis multivariante.

Se detecta la formación de dos grupos principales con una disimilitud de un 62%; el grupo A establecido por las estaciones localizadas al norte (N1, N2, N3) junto a V1, con una similitud de superior al 53 %. El grupo B, está constituido por las estaciones localizadas en el vertido (V1, V2 y V3), junto a N4; mostrando una similitud alrededor del 51%.

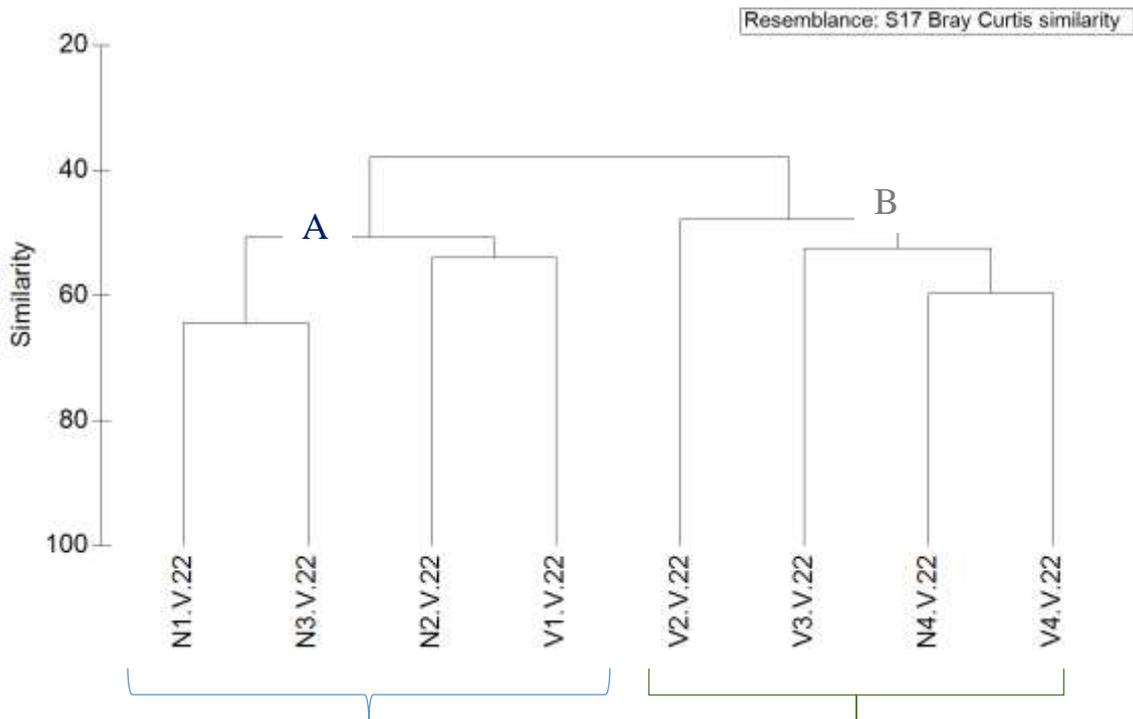


Figura 3.30: Representación del *cluster* respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

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

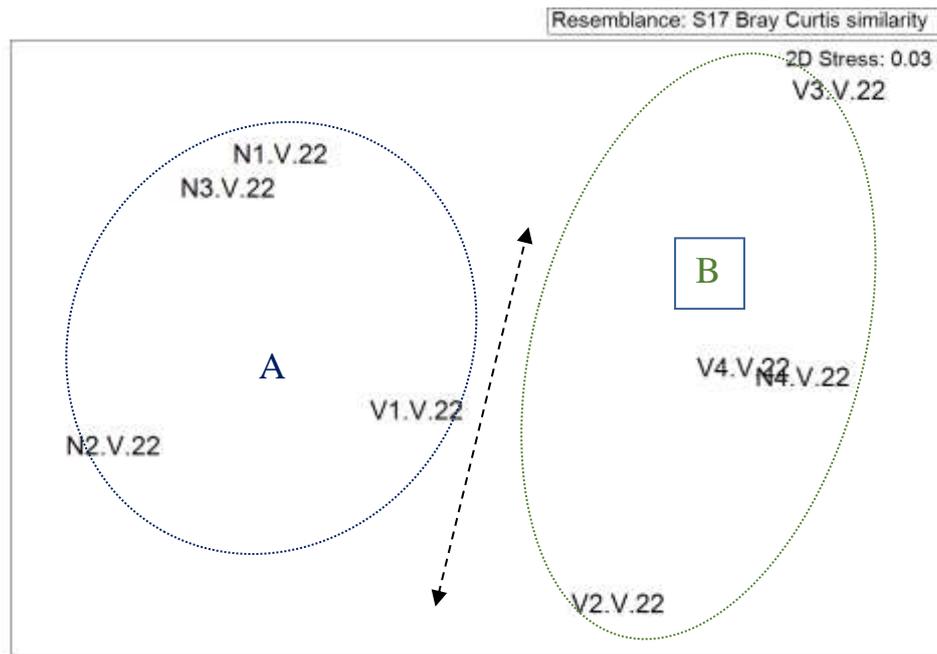


Figura 3.31: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se detectaron diferencias significativas entre las distintas distancias ($p=0.533$ y $R= 0.021$), ni entre los distintos transectos ($p=0.229$, $R=0.104$).

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud, con la finalidad de conocer cuáles son las familias de poliquetos que contribuyen a la similitud dentro de cada grupo establecido a partir del MDS, así como las que contribuyen a la disimilitud entre grupos.

Las familias Lumbrinereidae, Paraonidae, y Capitellidae son las implicadas en casi el 71% 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 51.29%. En este caso, son las familias Syllidae, Onuphidae, Eunicidae, Paraonidae y Capitellidae son las que contribuyen en un 67% de la similitud.

Tabla 3.22. 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
A			
SM: 53.39			
	Lumbrineridae	268.75	35.4
	Paraonidae	235.42	64.1
	Capitellidae	66.67	70.43
B			
SM: 51.29			
	Syllidae	110.42	19.47
	Onuphidae	91.67	34.89
	Eunicidae	77.08	48.24
	Paraonidae	97.92	60.32
	Capitellidae	56.25	67.16

Las familias Lumbrineridae, Paraonidae, Syllidae, y Onuphidae son las principales responsables de la mayor diferencia entre los grupos establecidos. La disimilitud se debe, principalmente al dominio de las familias Lumbrineridae y Paraonidae en la mayoría de las estaciones del norte (N1.V.22, N2.V.22, N3.V.22, junto a V1.V.22), mientras que en la mayoría de las estaciones localizadas en el transecto vertido, junto a N4. V.22, son las familias Syllidae y Onuphidae las que presentan mayores abundancias.

Tabla 3.23. 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
A / B				
DM: 62.11				
	Lumbrineridae	268.75	52.08	18.19
	Paraonidae	235.42	97.92	32.5
	Syllidae	8.33	110.42	42.1
	Onuphidae	12.5	91.67	49.38

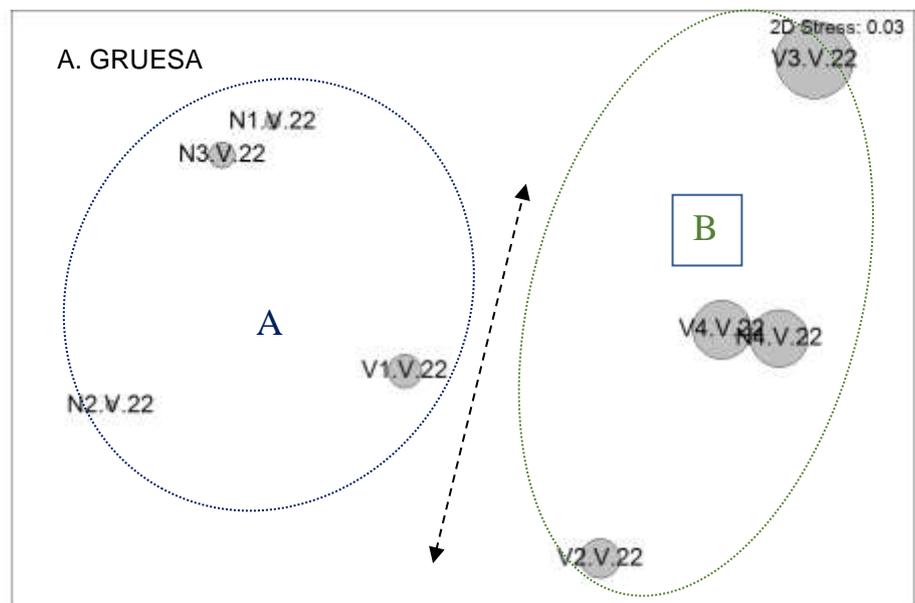
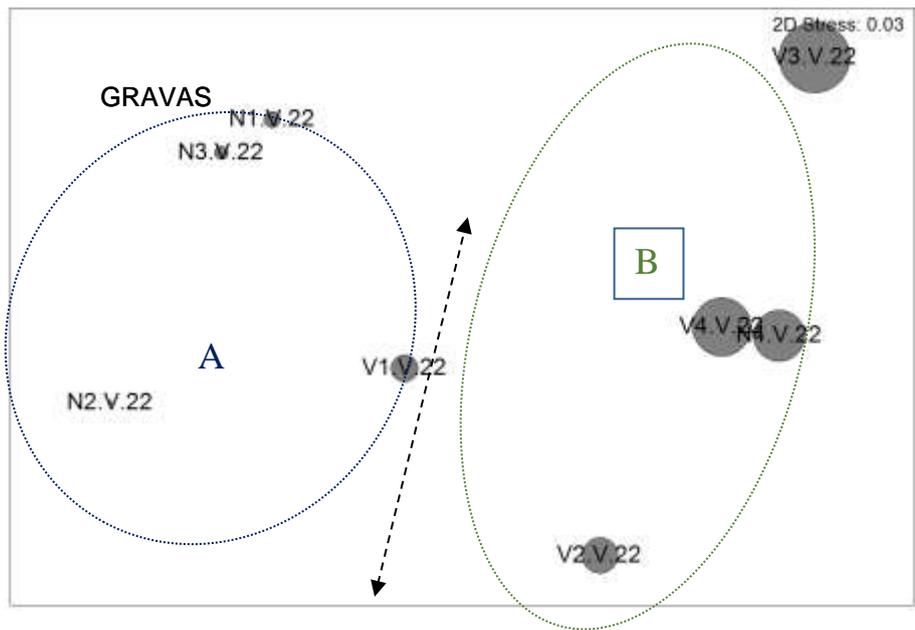
Mediante el procedimiento RELATE se observa correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz de los factores ambientales estudiados

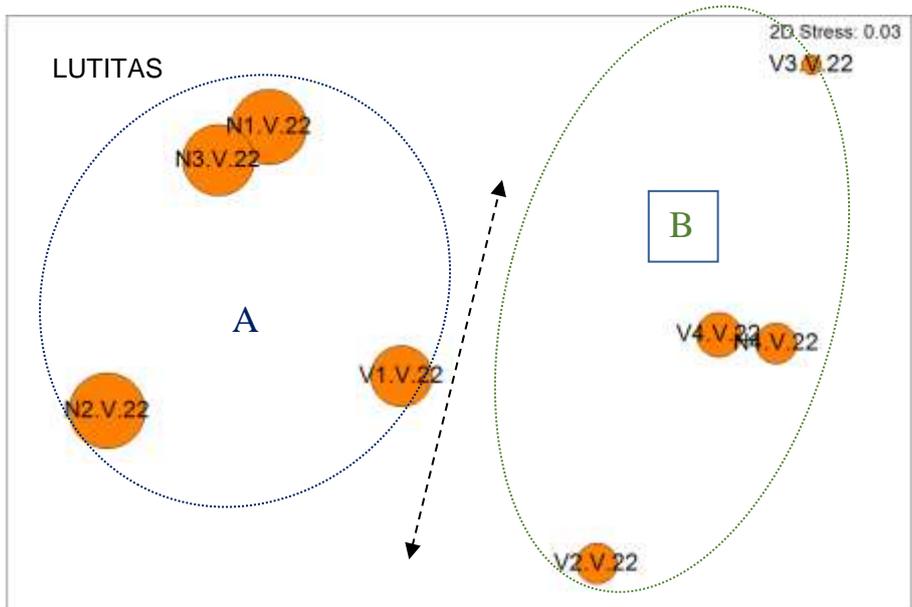
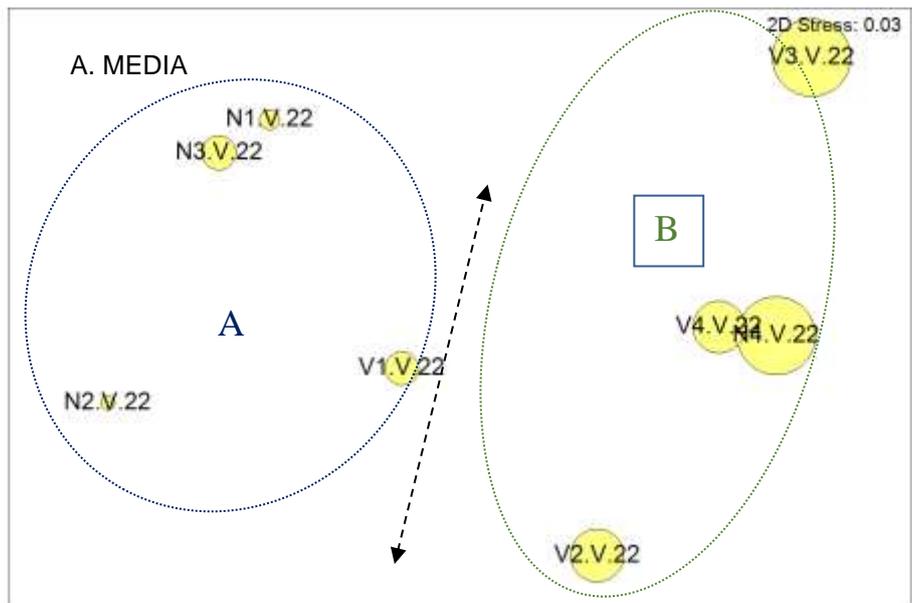
(granulometría, materia orgánica, Eh, pH y salinidad). Se obtiene un nivel de significación de un 0.1% y con un $Rho=0.802$ (Tabla 3.xx). Al analizar cada uno de los factores por separado, se observa que las gravas, la arena gruesa, arena media y lutitas presentan los mayores valores de correlación. Por lo tanto, la distribución del poblamiento de poliquetos está determinada, principalmente, por el conjunto de dichos factores.

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

Factores ambientales	Rho	p
Materia orgánica	0.271	9.1%
% Gravas	0.701	0.1%
% A. gruesa	0.701	0.1%
% A. media	0.587	0.3%
% A. fina	-0.167	80.4%
% Lutitas	0.781	0.1%
pH	-0.016	49.6%
Eh	0.31	5.1%
Sal	0.222	11.6%
Factores totales	0.802	0.1%

Mediante la representación bidimensional con círculos superpuestos se observa que las estaciones del vertido, presentan mayor porcentaje de gravas y arena gruesa y arena media (V1, V2 y V3, junto a N4). Sin embargo, las estaciones del transecto norte (N1, N2, N3) junto a V1, muestran una mayor homogeneidad del sedimento; estaciones que se caracterizan por la presencia de un elevado porcentaje de fangos y un potencial redox más reducido.





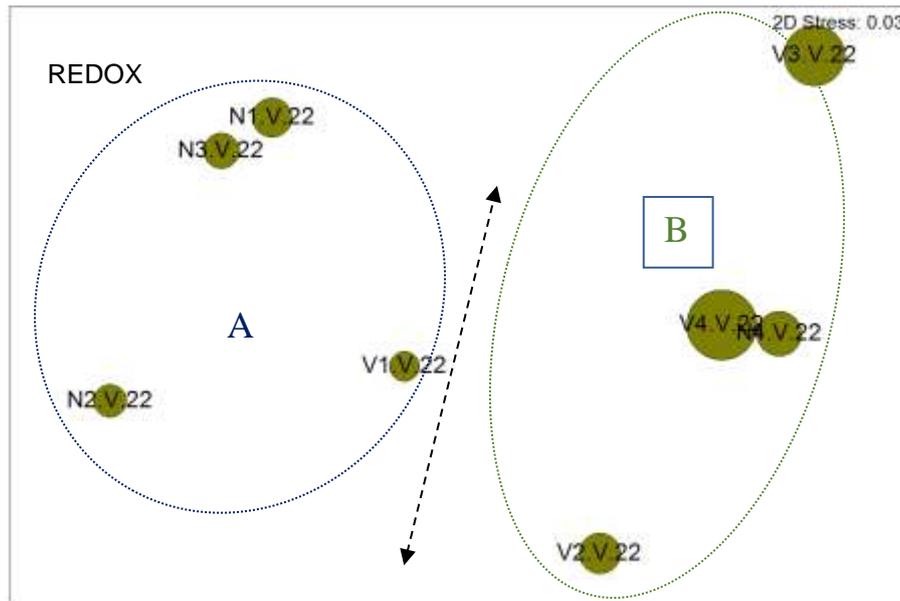


Figura 3.32: Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (gravas, arenas gruesas, arenas medias, lutitas y potencial redox).

Valoración verano 2022

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 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 junto a V1, en esta campaña de muestreo). En estas estaciones, influenciadas por el vertido del emisario de aguas residuales, las familias dominantes son Paraonidae y Lumbrineridae, y se segregan respecto a la mayoría de las estaciones del

vertido; estaciones donde dominan las familias Syllidae y Onuphidae y se caracterizan por una mayor heterogeneidad de los sedimentos, predominando la fracción gruesa.

3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2022.

3.5.6.1- Sedimentología.

Granulometría

El análisis de la granulometría según la clasificación de Wentworth durante las épocas de estudio refleja cierta estabilidad en el sedimento de la mayoría de las estaciones.

En el transecto Norte se mantiene la composición granulométrica en todas las estaciones. Éstas muestran estar bien seleccionadas, con un alto porcentaje de fangos en todas estaciones, excepto en la estación N4 donde se detecta un mayor contenido de arenas finas, medias y gruesas.

En el transecto del vertido se mantiene una granulometría similar durante la mayor parte de las campañas detectándose en V1 que las campañas de invierno y primavera de 2022 poseen una mayor proporción de las fracciones finas en detrimento de las fracciones mayores. En la estación V2, se observa una dinámica inversa a la de V1, donde se incrementan los porcentajes de la fracciones mayores (figuras 3.34 y 3.35).

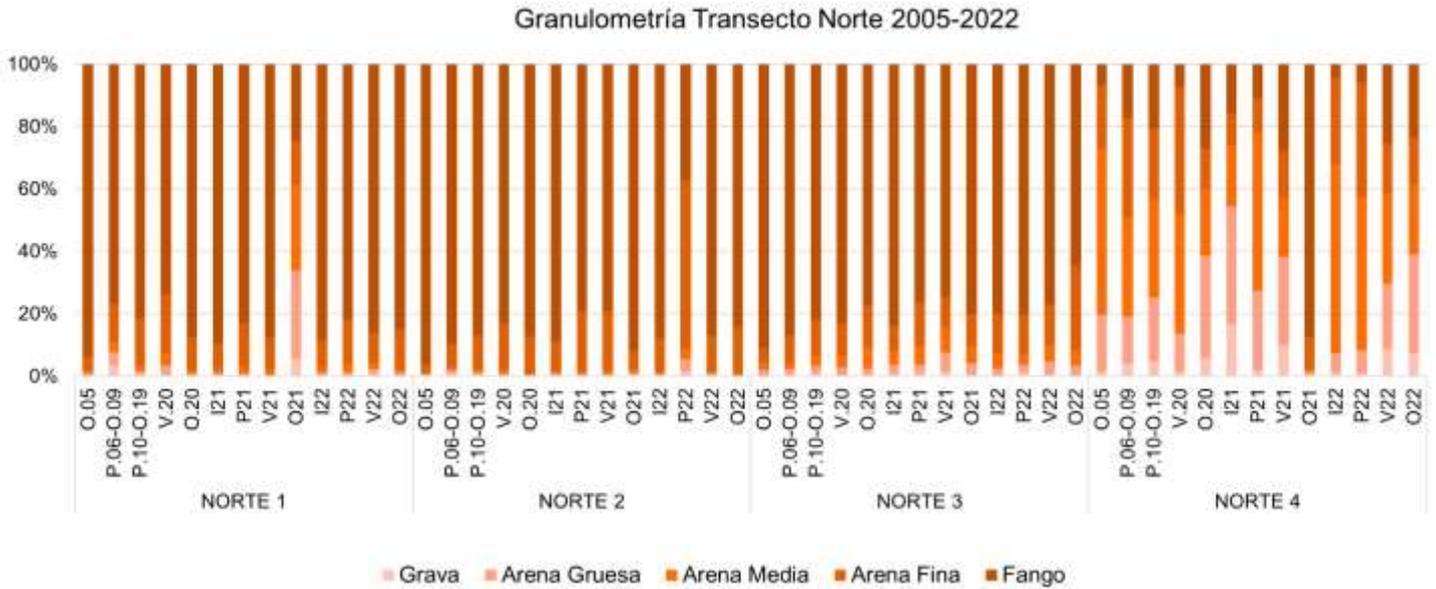


Figura 3.33. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta verano 2022. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.22, V.22 Y O.22).

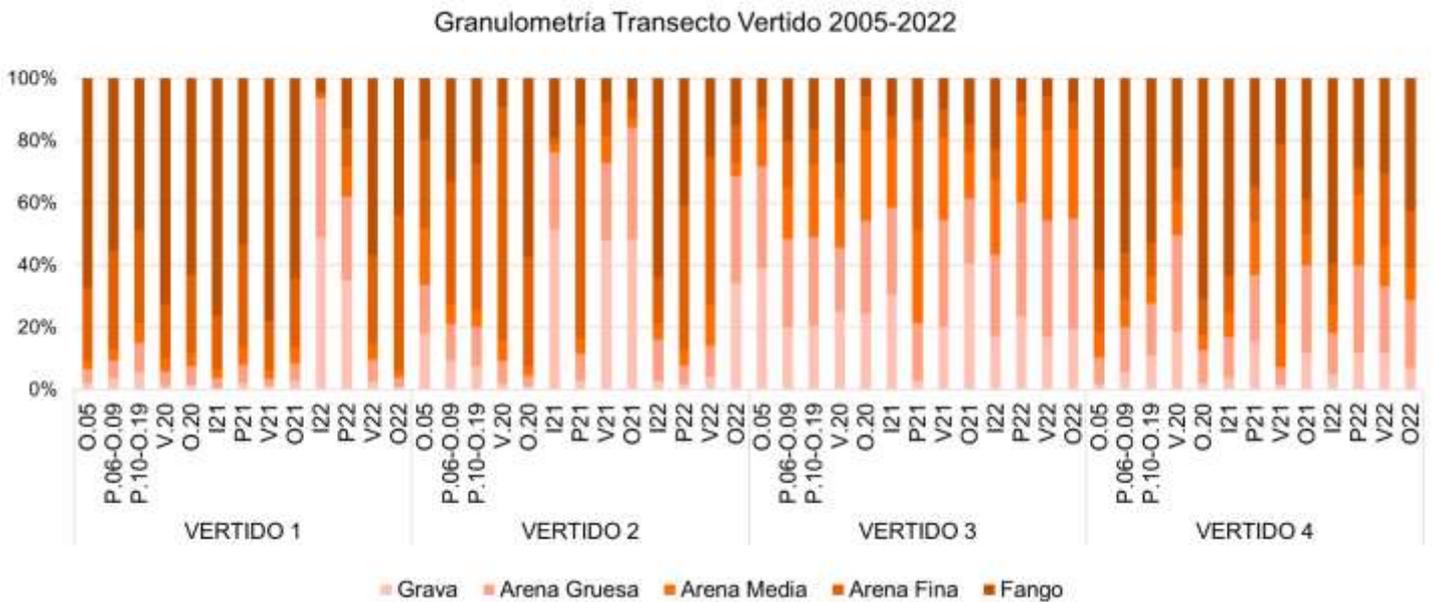


Figura 3.34. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño 2022. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.22, V.22 Y O.22).

En los siguientes diagramas de barras (fig. 3.35) se observa la evaluación de cada estación en base a su textura granulométrica.

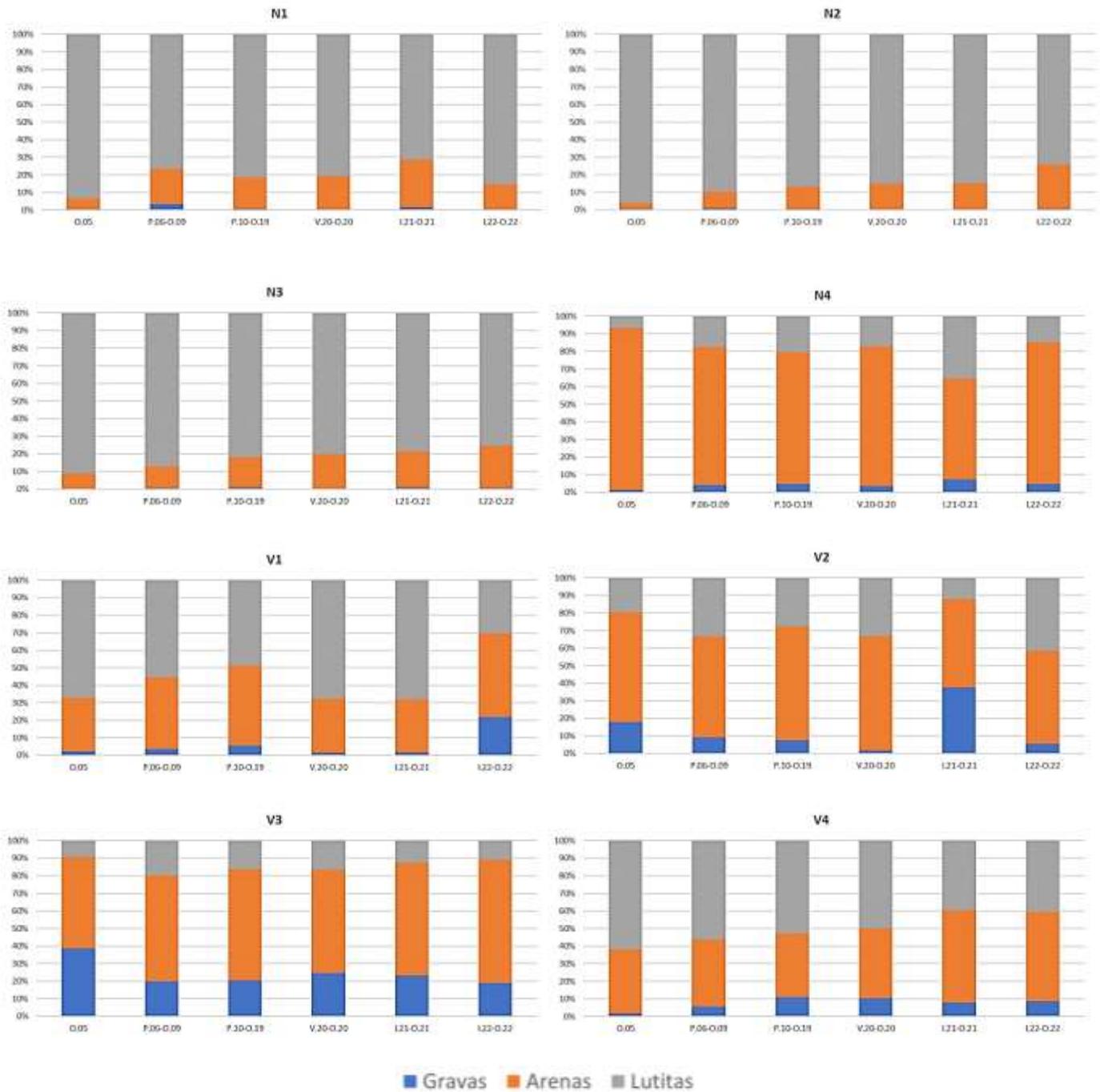


Figura 3.35. Representación de la evolución de la granulometría en cada una de las estaciones muestreadas de los transectos N (norte) y V (vertido), durante los periodos denominados: previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las campañas actuales de 2020, 2021 y 2022.

En el transecto norte (N), las estaciones N1, N2 y N3 mantienen la clasificación de fangos, con elevados porcentajes de la fracción de lutitas por encima, en todos los casos, del 70 %. Sin embargo, la estación N4 mantiene una composición arenosa, con un mayor porcentaje de lutitas durante las campañas realizadas en 2022.

En el transecto del vertido (V), la estación V1 es la estación que varía su composición con respecto a los periodos de muestreo anteriores, aumentando la representación de las arenas y gravas frente a la fracción de las lutitas. EL resto de estaciones, V2, V3 y V4 presentan una composición más similares a los periodos anteriores, a excepción de la campaña de 2021.

Materia orgánica, pH y potencial RedOx

El porcentaje de materia orgánica varía a lo largo del tiempo en cada estación de estudio. Los valores más altos se obtuvieron durante las primeras campañas de muestreo. Las estaciones N1 y N2, presentan unos valores más elevados para este parámetro respecto a las campañas de 2020 y 2021; el resto de estaciones mantienen unos valores similares o inferiores a las campañas anteriores.

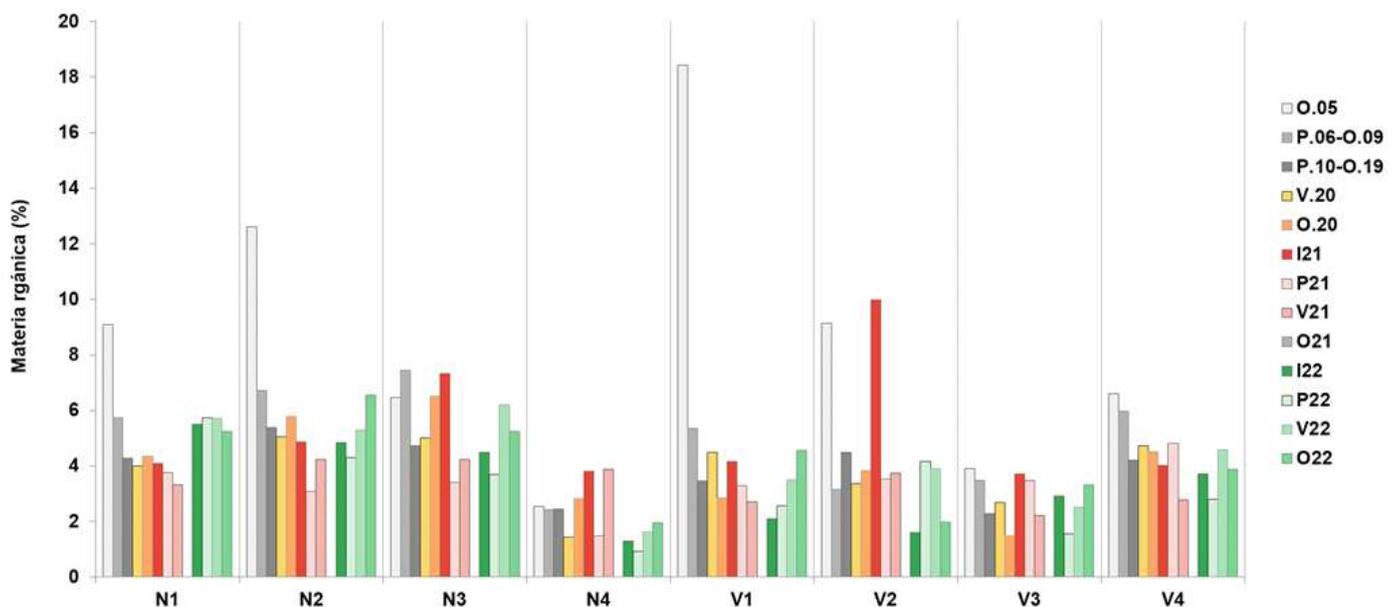


Figura 3.36. Representación en histograma del porcentaje medio de materia orgánica en cada estación y en cada época de muestreo Estudio previo (O.05), antes del difusor

(P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las últimas campañas (2020, 2021, y 2022).

Los resultados del pH del sedimento se mantienen dentro de un rango limitado, se puede observar cierta variabilidad temporal, observándose valores ligeramente superiores en esta campaña de 2022 frente a los obtenidos en periodos anteriores.

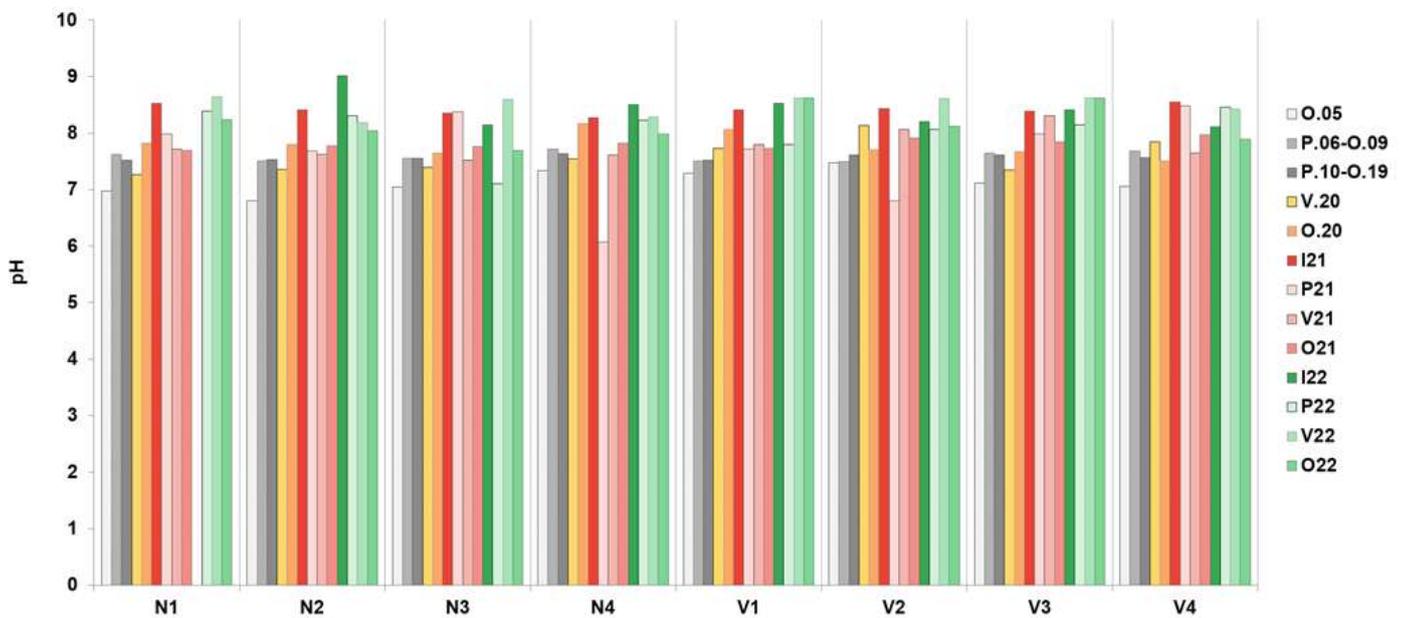


Figura 3.37. Representación en histograma del pH tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las últimas campañas (2020, 2021, y 2022).

El potencial RedOx presenta valores negativos en todas las estaciones y campañas de este año 2022. El transecto N presenta valores más negativos, en concreto para las estaciones N1, N2 y N3, y para las campañas de invierno y primavera.

En el transecto de vertido (V), los valores muestran mayor variabilidad que la observada en el transecto N, con valores más elevados para la estación V4 en las campañas de verano y otoño.

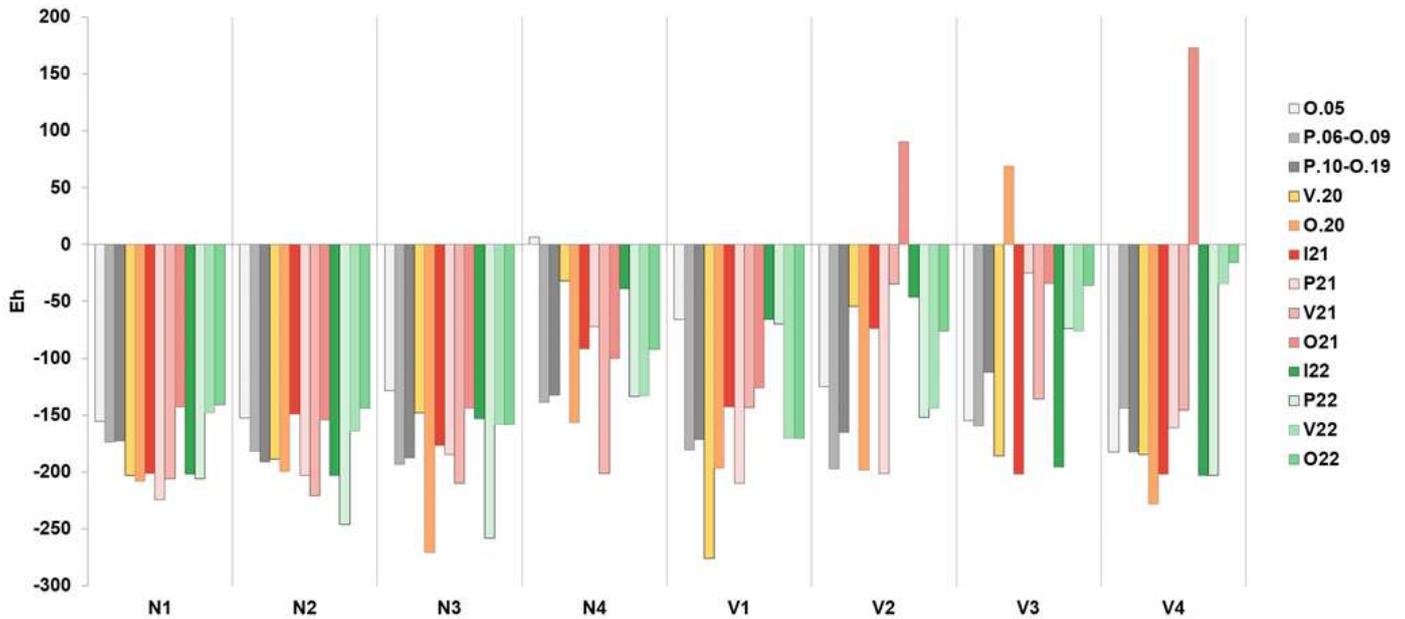


Figura 3.38. Representación en histograma del potencial redox tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19) y las últimas campañas (2020, 2021, y 2022).

3.5.6.2.- Estudio de la fauna general.

3.5.6.2.1.- Comparación de las campañas de verano 2021 y 2022.

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 2021 (2393,48 ind/m²) fue inferior al de la campaña de 2022 (3458,67 ind/m²). En cuanto a la riqueza, el valor de riqueza total obtenido en ambas campañas fue idéntico para los dos años estudiados.

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 2021 y 2022.

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 2021), T2 (campaña de verano 2022), transecto (norte y vertido) y distancia (1, 2, 3 y 4).

Al analizar los valores de abundancia total, se detectan diferencias significativas en el factor distancia ($p=0.01422$), así como en la interacción transecto*distancia ($p=0.00404$) y distancia*tiempo ($p=0.01189$). En el gráfico se puede observar cómo estos cambios temporales son debidos al ascenso de la abundancia de fauna general en alguna de las estaciones, principalmente N1, N2 y V2 de la campaña de 2021, frente a los datos reflejados para la campaña de 2022. Además, podemos observar como los datos de abundancia obtenidos durante ambas campañas en la estación V4 son inferiores con respecto al número obtenido en el resto de estaciones durante ambas campañas.

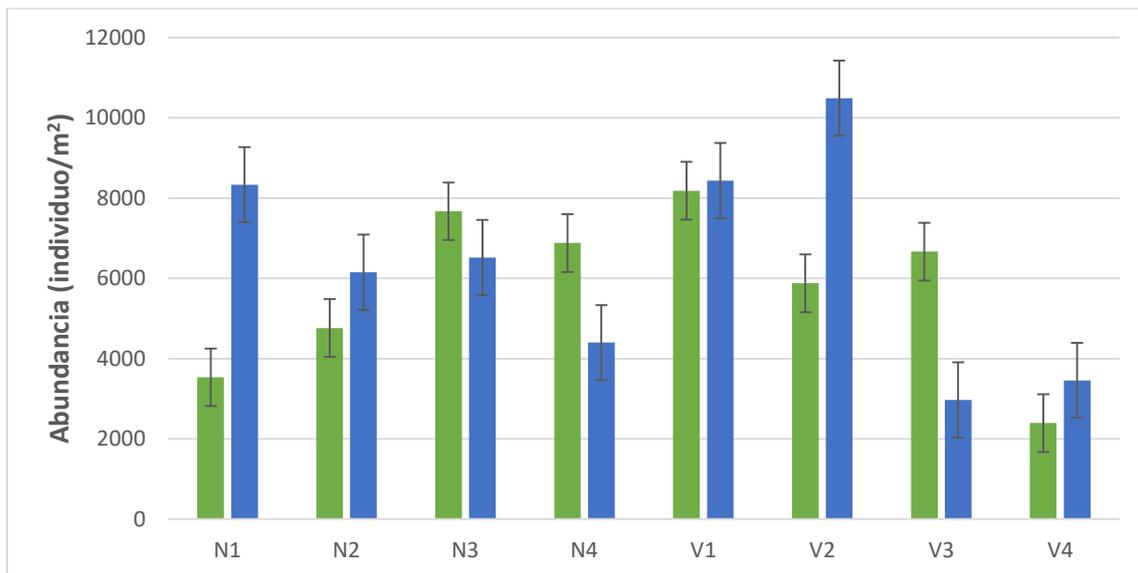


Figura 3.39. Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de invierno 2021 y 2022.

El estudio de la riqueza taxonómica revela diferencias significativas respecto al factor distancia ($p=7.04e-5$), así como en la interacción distancia*tiempo

($p=0.0476$). En el gráfico se puede observar cómo, de manera general, la riqueza durante la campaña de invierno de 2022 en las diferentes estaciones fue superior con respecto a la campaña de invierno de 2021. En N4 y en V4 destaca el incremento del número de taxones durante la campaña de invierno de 2022 en comparación con la campaña de invierno de 2021.

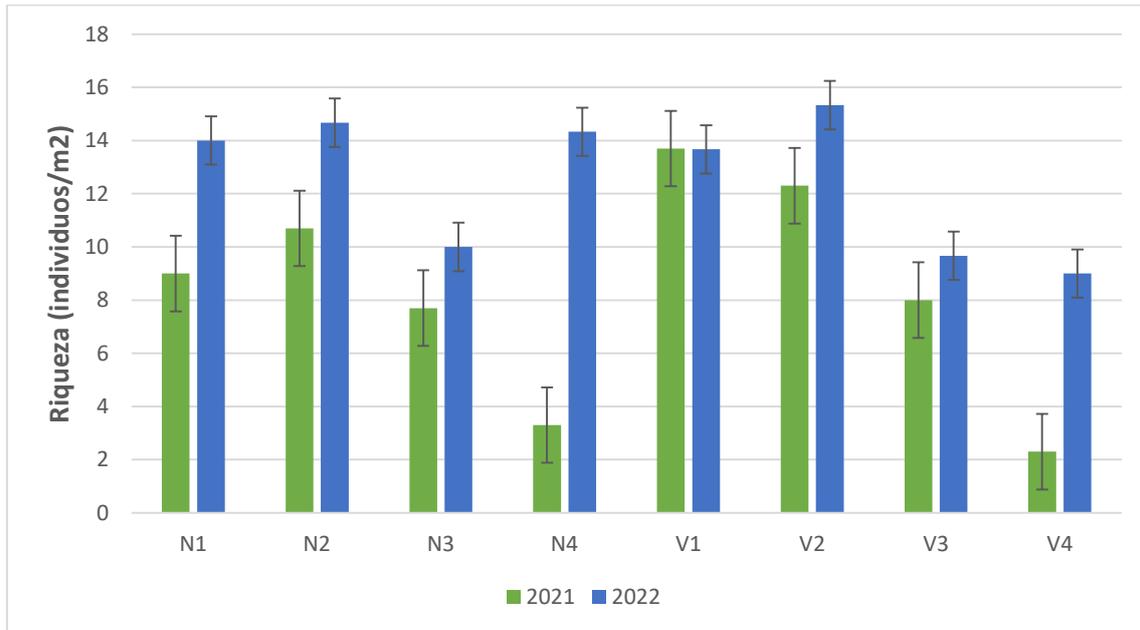


Figura 3.40. Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas de invierno de 2021 y 2022.

Análisis multivariante

Se realizó un análisis multivariante de los muestreos de invierno realizados en 2021 y 2022. Se obtuvo un MDS (Figura 3.41) donde se puede observar como el grupo IV lo forman el mayor número de estaciones, en el que se incluyen indistintamente tanto estaciones muestreadas en 2021 como en 2022. El grupo III lo forman dos únicas estaciones del transecto norte (N3 y N4) muestreadas durante el año 2021. Por último, destacar que la estación V3 del 2021 se diferencia del resto de estaciones formando el grupo III.

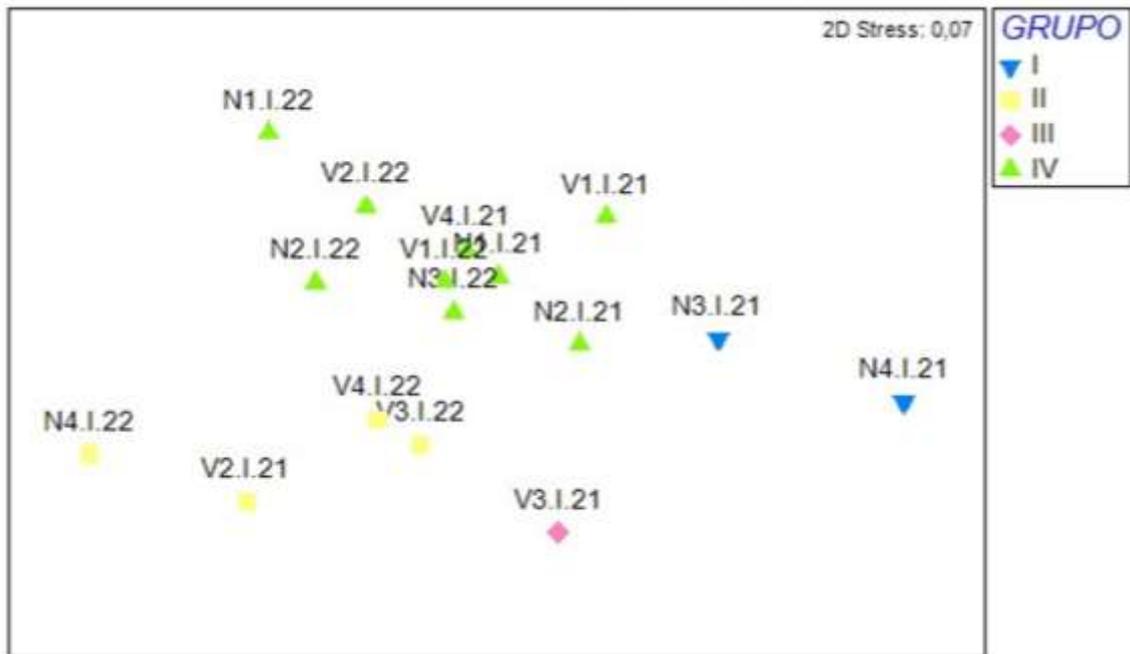


Figura 3.41. Representación bidimensional del MDS respecto a los grupos de fauna identificados en las estaciones estudiadas, durante las campañas de invierno de 2021 y 2022.

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) (Tabla 3.25), 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, seguido de anfípodos y nemátodos en el caso del grupo I, de bivalvos, anfípodos y gasterópodos para el grupo II y de anfípodos, bivalvos, tanaidáceos y cumáceos para el grupo IV.

Tabla 3.25. 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
I			
SM:			
87.09			
	Polychaeta	74.27	81.06
	Nematoda	6.45	86.87

Grupo	Grupos Taxon.	AM	PA
	Amphipoda	6.21	92.31
II			
SM: 83.83			
	Polychaeta	48.95	52.46
	Bivalvia	22.21	78.19
	Amphipoda	9.78	88.94
	Gastropoda	3.13	91.47
III			
IV			
SM: 85.03			
	Polychaeta	53.74	59.30
	Amphipoda	16.24	76.04
	Bivalvia	11.83	87.76
	Tanaidacea	2.92	89.83
	Cumacea	2.85	91.84

La tabla 3.26, muestra las diferencias entre los grupos formados en el análisis multiescalar MDS y los grupos taxonómicos que más contribuyen a la disimilitud entre ellas. El grupo V se diferencia por la mayor abundancia de anfípodos frente al resto de grupos. El grupo II y III, muestran la mayor abundancia de poliquetos con respecto al resto de grupos, siendo mayor en el grupo II. En cuanto al grupo IV, muestra una mayor heterogeneidad en el número de taxones junto con el grupo III.

Tabla 3.26. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el primer grupo analizado. AMy: Abundancia media en el segundo grupo a comparar. DM: Disimilitud media entre los grupos. PA: Porcentaje acumulado.

Grupo	Grupos Taxon.	AM x	AM y	PA
IV/I				
DM: 26.64				
	Polychaeta	53.74	74.27	38.54
	Amphipoda	16.24	6.21	57.38
	Bivalvia	11.83	6.02	69.02
	Nematoda	2.22	6.45	77.04
	Isopoda	2.47	0.25	81.22
	Cumacea	2.85	1.01	85.19
	Tanaidacea	2.92	2.12	88.21
	Ophiuroidea	2.19	1.13	90.71

Grupo	Grupos Taxon.	AM x	AM y	PA
V/IV				
DM: 32.45				
	Amphipoda	37.63	15.30	34.41
	Polychaeta	30.53	42.49	52.82
	Bivalvia	11.79	18.83	65.56
	Nematoda	4.11	1.15	71.38
	Cumacea	5.77	4.02	76.15
	Gastropoda	1.48	4.32	80.74
	Ophiuroidea	3.34	2.98	84.07
	Sipuncula	0.31	2.41	87.38
	Isopoda	2.35	1.76	90.09
II/IV				
DM: 28.48				
	Bivalvia	5.04	18.83	24.21
	Polychaeta	55.66	42.49	47.78
	Amphipoda	24.52	15.30	64.08
	Gastropoda	0.60	4.32	70.60
	Cumacea	3.66	4.02	74.79
	Ophiuroidea	1.35	2.98	78.60
	Tanaidacea	1.99	2.15	82.27
	Isopoda	2.87	1.76	85.70
	Sipuncula	0.83	2.41	88.82
	Ostracoda	0.28	1.83	91.71
V/III				
DM: 43.61				
	Polychaeta	30.53	67.76	42.68
	Amphipoda	37.63	10.02	74.33
	Bivalvia	11.79	8.76	81.07
	Cumacea	5.77	1.25	86.26
	Nematoda	4.11	2.08	89.16
	Isopoda	2.35	1.70	91.31
II/III				
DM: 22.34				
	Amphipoda	24.52	10.02	32.47
	Polychaeta	55.66	67.76	59.55
	Bivalvia	5.04	8.76	69.57
	Cumacea	3.66	1.25	75.28
	Isopoda	2.87	1.70	80.00
	Tanaidacea	1.99	1.53	83.85
	Nematoda	1.12	2.08	86.86
	Gastropoda	0.60	1.33	89.39
	Ophiuroidea	1.35	2.02	91.90
IV/III				
DM: 31.18				
	Polychaeta	42.49	67.76	40.52

Grupo	Grupos Taxon.	AM x	AM y	PA
	Bivalvia	18.83	8.76	56.82
	Amphipoda	15.30	10.02	67.29
	Gastropoda	4.32	1.33	72.36
	Cumacea	4.02	1.25	77.10
	Nematoda	1.15	2.08	80.77
	Ophiuroidea	2.98	2.02	83.90
	Tanaidacea	2.15	1.53	86.79
	Sipuncula	2.41	1.49	89.51
	Ostracoda	1.83	0.30	92.06
V/I				
DM:40.37				
	Amphipoda	37.63	19.31	22.69
	Gastropoda	1.48	11.88	35.57
	Polychaeta	30.53	20.79	47.64
	Nematoda	4.11	12.38	57.88
	Tanaidacea	0.83	7.92	66.66
	Cumacea	5.77	0.00	73.81
	Bivalvia	11.79	13.86	80.34
	Sipuncula	0.31	5.45	86.70
	Ophiuroidea	3.34	0.99	89.61
	Cephalochordata	0.00	1.98	92.06
III/I				
DM: 47.54				
	Polychaeta	55.66	20.79	36.67
	Gastropoda	0.60	11.88	48.53
	Nematoda	1.12	12.38	60.37
	Bivalvia	5.04	13.86	69.65
	Tanaidacea	1.99	7.92	75.89
	Amphipoda	24.52	19.31	81.37
	Sipuncula	0.83	5.45	86.23
	Cumacea	3.66	0.00	90.08
IV/I				
DM: 37.68				
	Polychaeta	42.49	20.79	28.79
	Nematoda	1.15	12.38	43.69
	Gastropoda	4.32	11.88	53.72
	Tanaidacea	2.15	7.92	61.39
	Bivalvia	18.83	13.86	68.05
	Amphipoda	15.30	19.31	74.45
	Cumacea	4.02	0.00	79.79
	Sipuncula	2.41	5.45	84.84
	Ophiuroidea	2.98	0.99	87.74
	Cephalochordata	0.06	1.98	90.30
III/I				
DM: 51.88				
	Polychaeta	67.76	20.79	45.27
	Gastropoda	1.33	11.88	55.44

Grupo	Grupos Taxon.	AM x	AM y	PA
	Nematoda	2.08	12.38	65.36
	Amphipoda	10.02	19.31	74.32
	Tanaidacea	1.53	7.92	80.48
	Bivalvia	8.76	13.86	85.74
	Sipuncula	1.49	5.45	89.56
	Cephalochordata	0.00	1.98	91.47

3.5.6.3.- Poliquetos.

3.5.6.3.1.- Comparación de las campañas de invierno de 2021 y 2022.

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 2561 individuos de 2021 a los 2037 individuos de 2022. 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 actual, 2022. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Syllidae, 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) y T2 (invierno 2022)).

Considerando los valores de abundancia no se detectan diferencias significativas para la interacción de los tres factores TixTrxDi ($p > 0.05$). Se detectan diferencias significativas para las dobles interacciones DixTr ($p = 0.045$) y TixDi ($p = 0.045$). Al aplicar el test a posteriori se observa que las diferencias vienen marcadas por un descenso de las abundancias en las estaciones localizadas al sur (V3 y V4), no detectándose diferencias entre las estaciones localizadas al norte. Si nos centramos en las campañas de

muestreo se detectan cambios entre las distancias dentro de la campaña del 2021, mientras que sí se observa un descenso significativo en la distancia 4, principalmente respecto a las distancias 1 y 2.

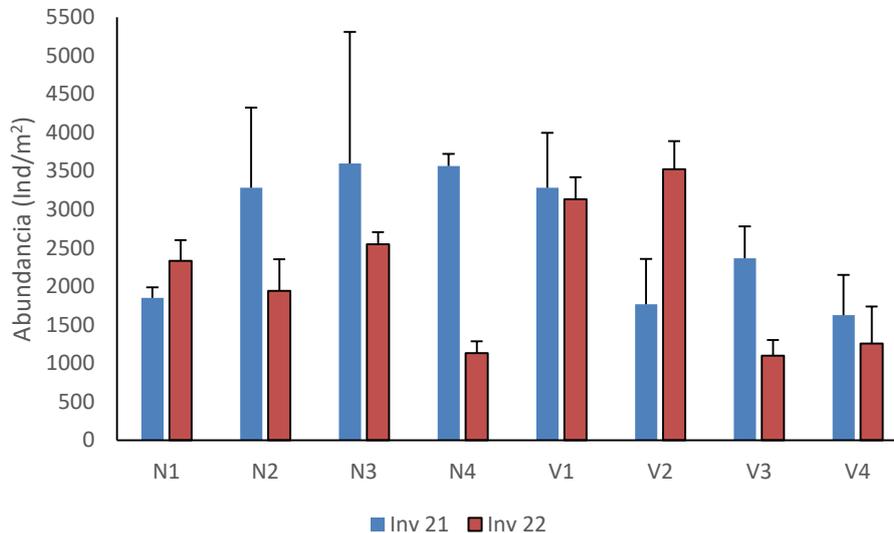


Figura 3.42: Abundancia media en cada estación para las campañas de invierno 2021 y 2022.

Considerando la riqueza, también se detectan diferencias significativas para los dobles interacciones TixDi ($p=0.007129$) y DixTr ($p=0.005127$), no se detectan diferencias para la triple interacción. Estas diferencias también vienen marcadas por el descenso de la riqueza de familias en la distancia 4 (V4) respecto a las distancias 1 y 2 y 3 en el transecto vertido, no detectándose diferencias entre distancias en el transecto norte.

Si consideramos las campañas de muestreo, al igual que lo observado en la abundancia, las diferencias se deben a un descenso de la riqueza en la distancia 4 respecto a las distancias 1 y 2, principalmente, durante la última campaña de muestreo, no detectándose diferencias en la campaña de invierno 2021.

Análisis multivariante.

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) se puede apreciar, la segregación de las muestras en dos grupos principales con un 67% de disimilitud. Un grupo B establecido por la mayoría de las estaciones localizadas al norte (N1,N2 y N3 de ambas campañas junto a N4.I.21) y las estaciones del vertido V1 de ambas campañas, V4 de la campaña del 2021 y V2 de la campaña 22), y un grupo A establecido por las estaciones de vertido (V2.I.21, V3.I.21, V3.I.22, V4.I.22), junto a la estación de muestreo N4 en la campaña de invierno 22. Dentro del grupo B se observa mayor similitud entre las estaciones localizadas al norte. Esto muestra 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.

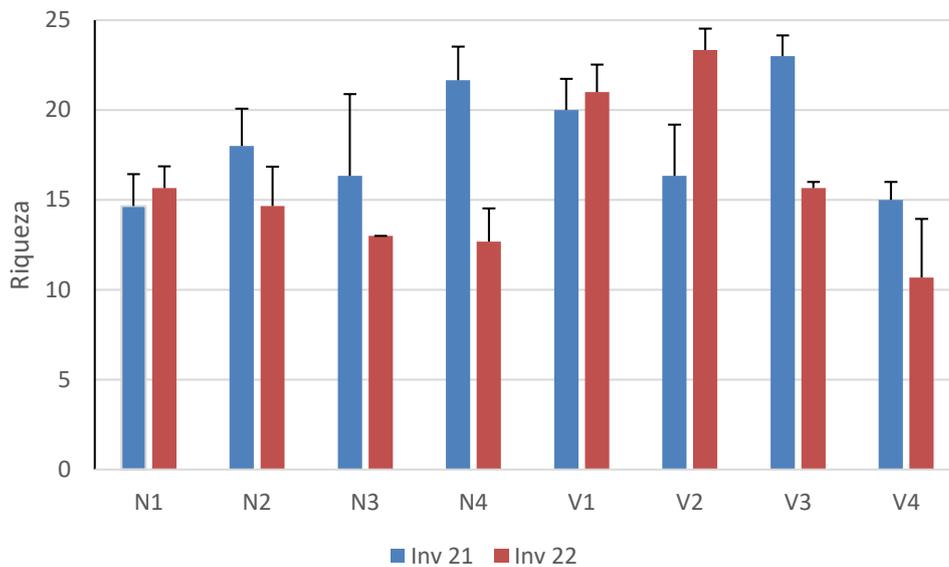


Figura 3.43: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de invierno 2021 y 2022.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas entre los distintos transectos ($p=0.02$, $R=0.269$), pero no entre las distancias ($p=0.224$, $R=0.078$) ni entre los distintos tiempos ($p=0.424$, $R=0.011$).

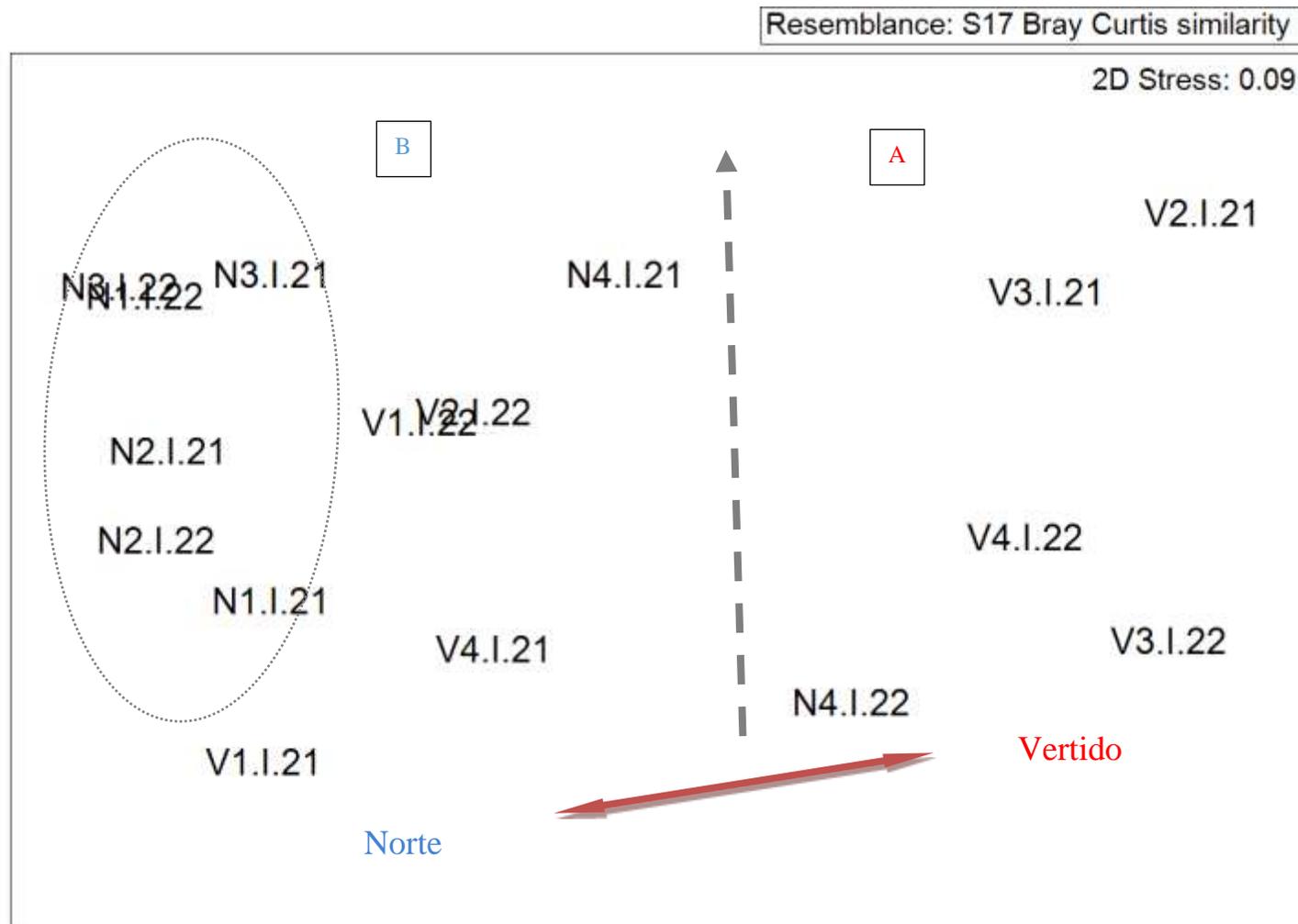


Figura 3.44: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en invierno.

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, Eunicidae, Lumbrineridae, Onuphidae y Capitellidae son las implicadas en el 73.78% de similitud detectada en el grupo A (55.82%), grupo establecido principalmente por estaciones del vertido. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae y Cirratulidae son las implicadas en la similitud dentro del grupo B (58.30%), grupo que contiene la mayoría de las estaciones localizadas al norte.

Tabla 3.27. 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
A			
SM: 55.82			
	Syllidae	215	19.83
	Sabellidae	193.33	32.34
	Dorvilleidae	146.67	43.16
	Eunicidae	143.33	52.78
	Lumbrineridae	83.33	60.27
	Onuphidae	85	67.45
	Capitellidae	63.33	73.78
B			
SM: 58.30			
	Paraonidae	820.45	38.24
	Lumbrineridae	295.45	52.04
	Capitellidae	331.82	63.34
	Cirratulidae	168.94	69.97

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 alguna de

las 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) muestran mayor heterogeneidad respecto a las estaciones del vertido incluidas en dicho grupo. Las principales diferencias vienen marcadas por el dominio de las familias Paraonidae, Spionidae y Lumbrineridae en las estaciones del norte y las familias Capitellidae, Syllidae y Cirratulidae en las del vertido.

Tabla 3.28. 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
A / B				
DM: 67.65				
	Paraonidae	75	820.45	25.83
	Capitellidae	63.33	331.82	34.71
	Lumbrineridae	83.33	295.45	42.32
	Syllidae	215	128.03	49.2
	Spionidae	33.33	189.39	54.56
B.1 / B.2				
DM: 45.25				
	Paraonidae	981.94	626.67	17.77
	Capitellidae	208.33	480	30.53
	Syllidae	22.22	255	39.5
	Spionidae	276.39	85	48.44
	Lumbrineridae	358.33	220	55.18
	Cirratulidae	126.39	220	60.61

Valoración

Respecto a la evolución temporal se observa como en ambas campañas de invierno (2021 y 2022) se mantiene el patrón de segregación de la mayoría de las estaciones localizadas al norte, junto con la estación de vertido V1 (siendo más homogéneas entre sí), 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.

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

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 a los 853 individuos en 2022. 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 a 33 en la campaña actual. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Syllidae, 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 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) y T3 (verano 2022)).

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 y T3; $p= 8.13 \times 10^{-9}$). En el gráfico se puede observar cómo estos cambios temporales son debidas al descenso de la abundancia de poliquetos en la última campaña de muestreo, 2022, siendo la segunda campaña (2021) en la que se observan los mayores valores de abundancia.

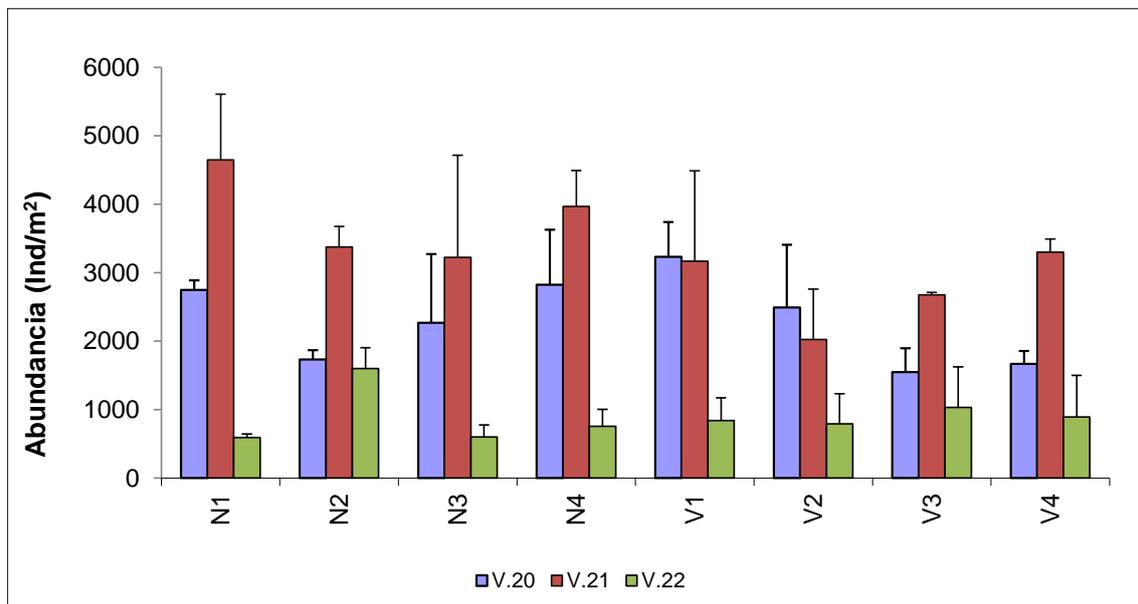


Figura 3.45: Abundancia media en cada estación para las campañas de verano 2020, 2021 y 2022.

Considerando la riqueza, también se detectan diferencias significativas para el factor tiempo ($P= 1.687 \times 10^{-8}$), 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 muestre del verano en 2022, siendo mayores los valores en la campaña del 2021.

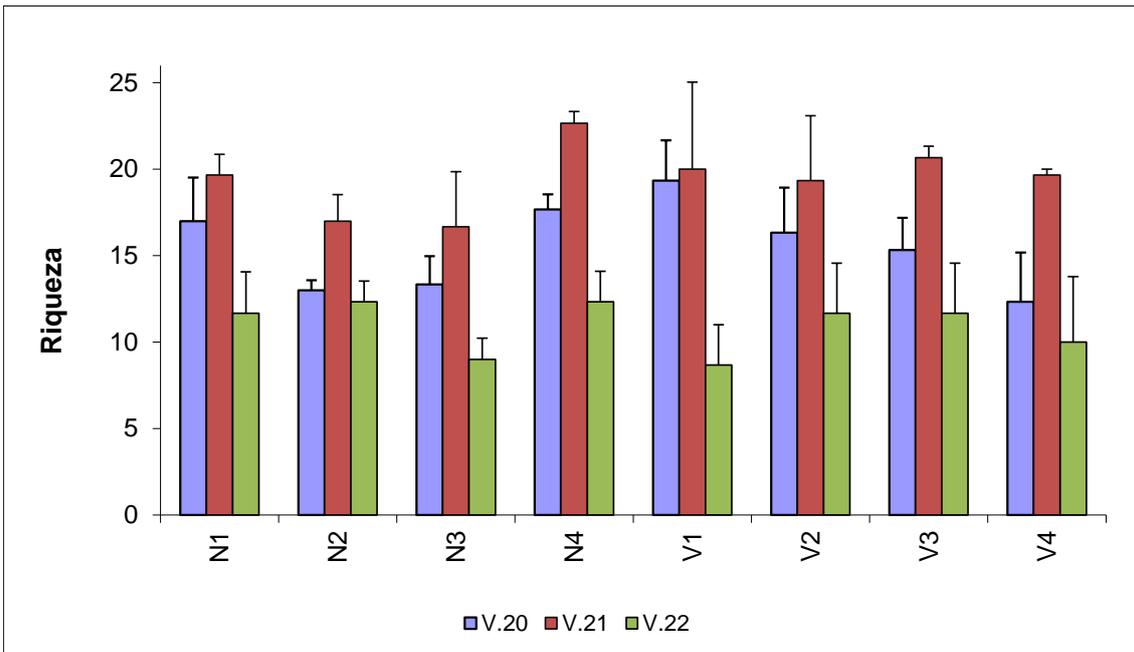


Figura 3.46: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de verano 2020, 2021 y 2022.

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, junto a alguna de las estaciones del vertido, la estación V1 de las tres campañas, la estación V4.V.20 y V2.V.20 (grupo B) respecto a la mayoría de las estaciones localizadas en el vertido, junto a N4.V.22 (grupo A). Cabe destacar la heterogeneidad observada en la estación V4 entre las tres campañas de muestreo. Dentro del grupo B se observa la agrupación de las muestras en tres subgrupos diferentes, el subgrupo B1, establecido por las estaciones del norte (N1, N2, N3) y la estación V1, de la campaña 2022; el subgrupo B2, constituido por las estaciones del vertido V1.V.20 y 22; V2.V.20; V4:V.20 Y N4.V.20 y 21 y finalmente el subgrupo B3, en el que se agrupan las estaciones del vertido N1, N2 y N3 de las dos primeras campañas de muestro.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas entre los distintos tiempos ($p=0.001$, $R=0.365$), y entre los

distintos transectos ($p= 0.001$, $R= 0.254$), pero no entre las distancias
($p=0.516$, $R=-0.01$).

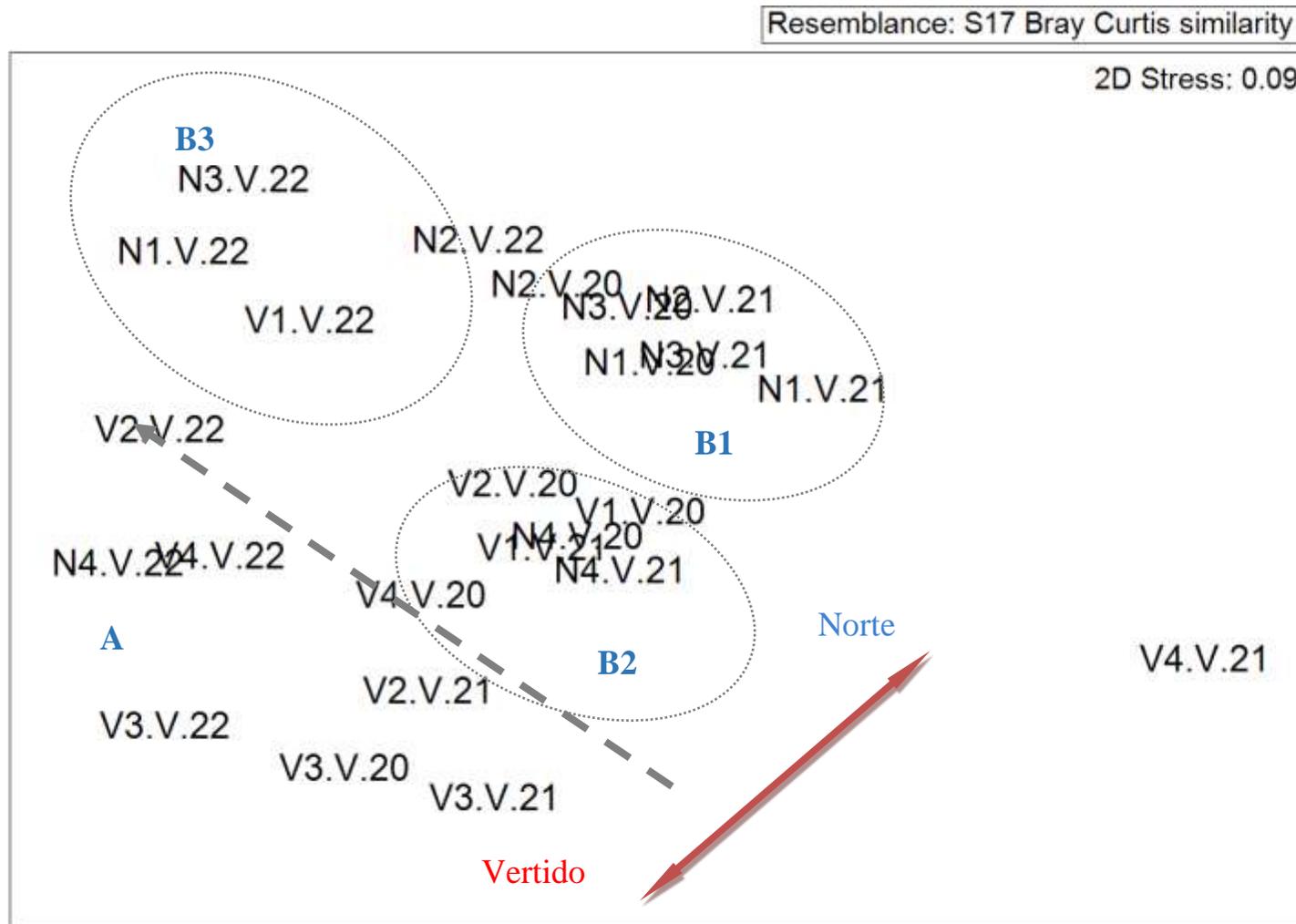


Figura 3.47: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en verano.

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, Onuphidae, Eunicidae, Capitellidae, Lumbrineridae y Sabellidae son las implicadas en el 72.37% de similitud detectada en el grupo A (47.44%), grupo constituido principalmente por estaciones del transecto vertido. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae y Cirratulidae son las implicadas en la similitud dentro del grupo B (48.38%); grupo que presenta la mayoría de las estaciones del transecto norte, junto a alguna de las estaciones del vertido, principalmente V1.

Tabla 3.29. 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
A			
SM: 47.44			
	Syllidae	221.43	19.49
	Onuphidae	170.24	35.29
	Eunicidae	113.1	46.78
	Capitellidae	76.19	53.78
	Lumbrineridae	79.76	60.16
	Sabellidae	100	66.3
	Paraonidae	70.24	72.37
B			
SM: 48.38			
	Paraonidae	645.83	34.67
	Lumbrineridae	239.06	49.01
	Capitellidae	203.13	59.08
	Cirratulidae	172.4	66.37

Las familias Paraonidae, Syllidae, Lumbrineridae, Spionidae, Cirratulidae, Capitellidae y Onuphidae son las implicadas en la disimilitud entre los principales grupos. Estas diferencias son debidas al dominio de la mayoría de las familias indicadas en las estaciones más próximas al vertido de aguas

residuales (grupo B), mientras que la familia Onuphidae domina en gran parte de las estaciones del transecto vertido. La familia Syllidae parece mostrar valores de abundancia similares en ambos grupos.

Si analizamos los subgrupos establecidos dentro del grupo B, las familias implicadas en la disimilitud son Syllidae, Paraonidae, Cirratulidae, Lumbrineridae, Capitellidae y Spionidae. Las principales diferencias vienen marcadas por el dominio de las familias Paraonidae y Spionidae en las estaciones del transecto norte (N1, N2, N3) de las dos primeras campañas mientras que la familia Syllidae domina el gran parte de las estaciones del vertido (subgrupo B2). Cabe destacar el descenso de las abundancias de la mayoría de las familias en las estaciones de la campaña actual (subgrupo B1), excepto las familias Paraonidae y Lumbrineridae que muestran valores similares a los obtenido en el resto de los subgrupos.

Tabla 3.30. 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
A / B				
DM: 67.20				
	Paraonidae	70.24	645.83	21.3
	Syllidae	221.43	191.15	31.19
	Lumbrineridae	79.76	239.06	39.03
	Spionidae	47.62	255.21	46.77
	Cirratulidae	9.52	172.4	52.78
	Capitellidae	76.19	203.13	58.66
	Onuphidae	170.24	42.19	64.38
B1 / B2				
DM: 66.28				
	Syllidae	8.33	491.67	19.73
	Paraonidae	235.42	622.22	34.96
	Cirratulidae	6.25	268.06	45.42
	Lumbrineridae	268.75	144.44	52.18
	Capitellidae	66.67	222.22	58.87
B1 / B3				
DM: 62.07				

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
	Paraonidae	235.42	943.06	29.68
	Spionidae	41.67	576.39	48.62
	Capitellidae	66.67	275	58.34
	Cirratulidae	6.25	187.5	66.21
	Lumbrineridae	268.75	313.89	74.01
B1 / B3				
DM: 62.07				
	Syllidae	491.67	12.5	16.83
	Spionidae	76.39	576.39	32.49
	Paraonidae	622.22	943.06	46.77
	Lumbrineridae	144.44	313.89	53.92
	Capitellidae	222.22	275	59.02

Valoración

Respecto a la evolución temporal cabe destacar el descenso acusado de la abundancia y riqueza de familias de poliquetos detectada en esta última campaña de muestreo, 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. Las estaciones con influencia del vertido de aguas residuales se caracterizan por el dominio de las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Spionidae, Capitellidae y Cirratulidae. 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 sí se detectaron diferencias significativas para la densidad de haces vivos entre las distintas localidades estudiadas (Tabla 3.31 y Figura 3.48). Los valores de densidad fueron significativamente más elevados

en la localidad L4 (156 haces m⁻²), seguida de la localidad L5 (120 haces m⁻²). En el resto de localidades las densidades estuvieron comprendidas entre 68 y 84 haces m⁻² (Figura 3.101).

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 3.69 y Figura 3.101).

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Densidad (haces m⁻²)	Tiempo	17	10105.0212	7.21	***	Residual
	Localidad	4	43140.0222	30.76	***	Residual
	Tiempo*Localidad	68	2555.5974	1.82	***	Residual
	Residual	270	1402.4040			
Mortalidad (haces m⁻²)	Tiempo	17	2995.7569	34.43	***	Residual
	Localidad	4	2970.5163	34.14	***	Residual
	Tiempo*Localidad	68	346.4162	3.98	***	Residual
	Residual	270	87.0105			

Tabla 3.31: 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 - 2022) al funcionamiento del emisario. GI = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = p < 0.05, ** = p < 0.01, *** = p < 0.001, ns = no significativo.

Este año no se han detectado rizomas muertos en ninguna de las localidades (Figura 3.48). Pero se continúa observando un cambio significativo de este descriptor respecto a la interacción de la localidad con el tiempo (Tabla 3.31), 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.

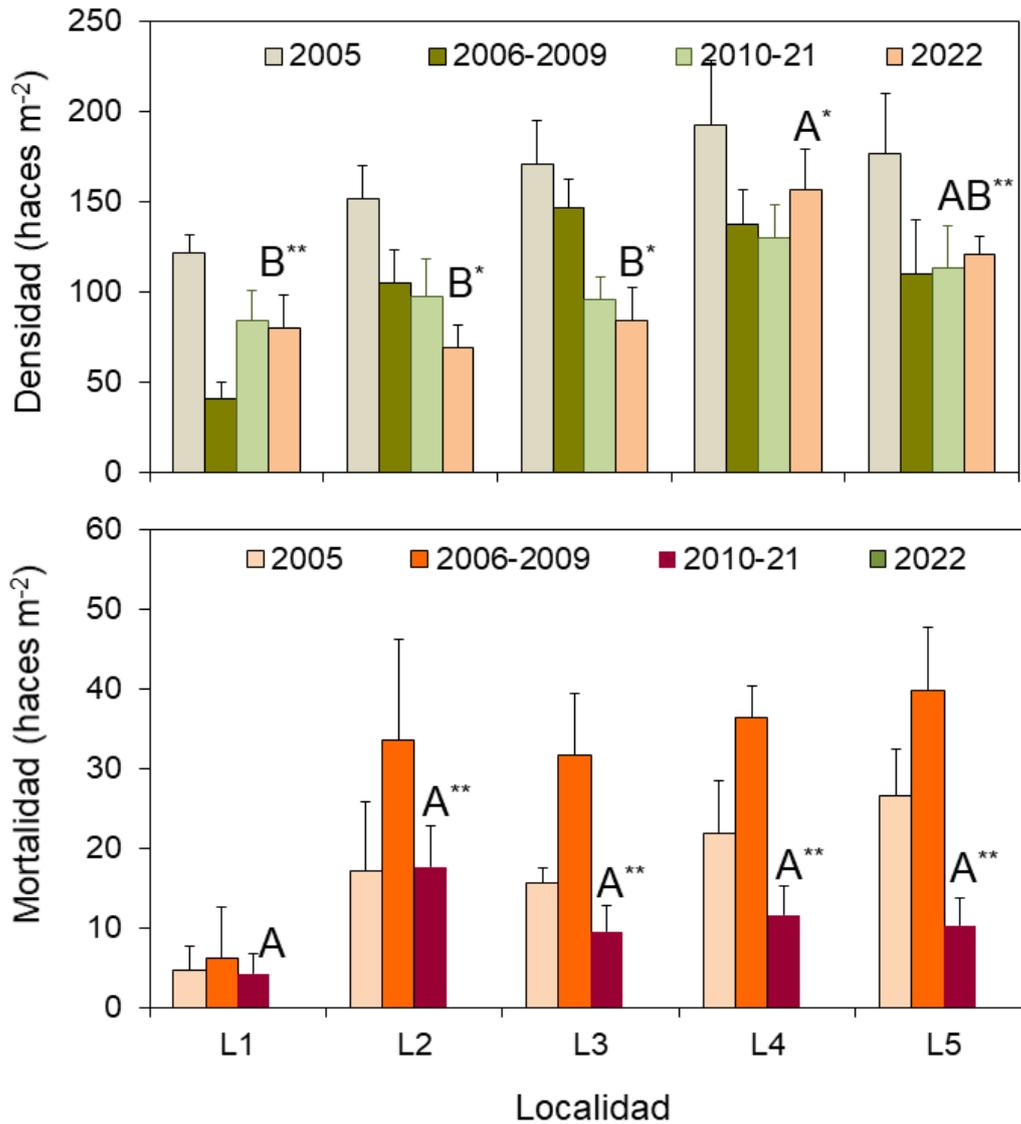


Figura 3.48: Representación gráfica de los datos de densidad media y densidad de haces muertos (haces m⁻²) obtenidos en las localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2022) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (**<0.01).

Respecto a los porcentajes de haces plagiotropos (Figura 3.49), en este muestreo tampoco se detectan diferencias significativas entre las localidades de estudio. Los valores mínimos se observaron en la localidad L4 con un 6.9 % de haces de crecimiento horizontal, mientras que el resto de localidades tenían más de un 13 % de haces plagiotropos.

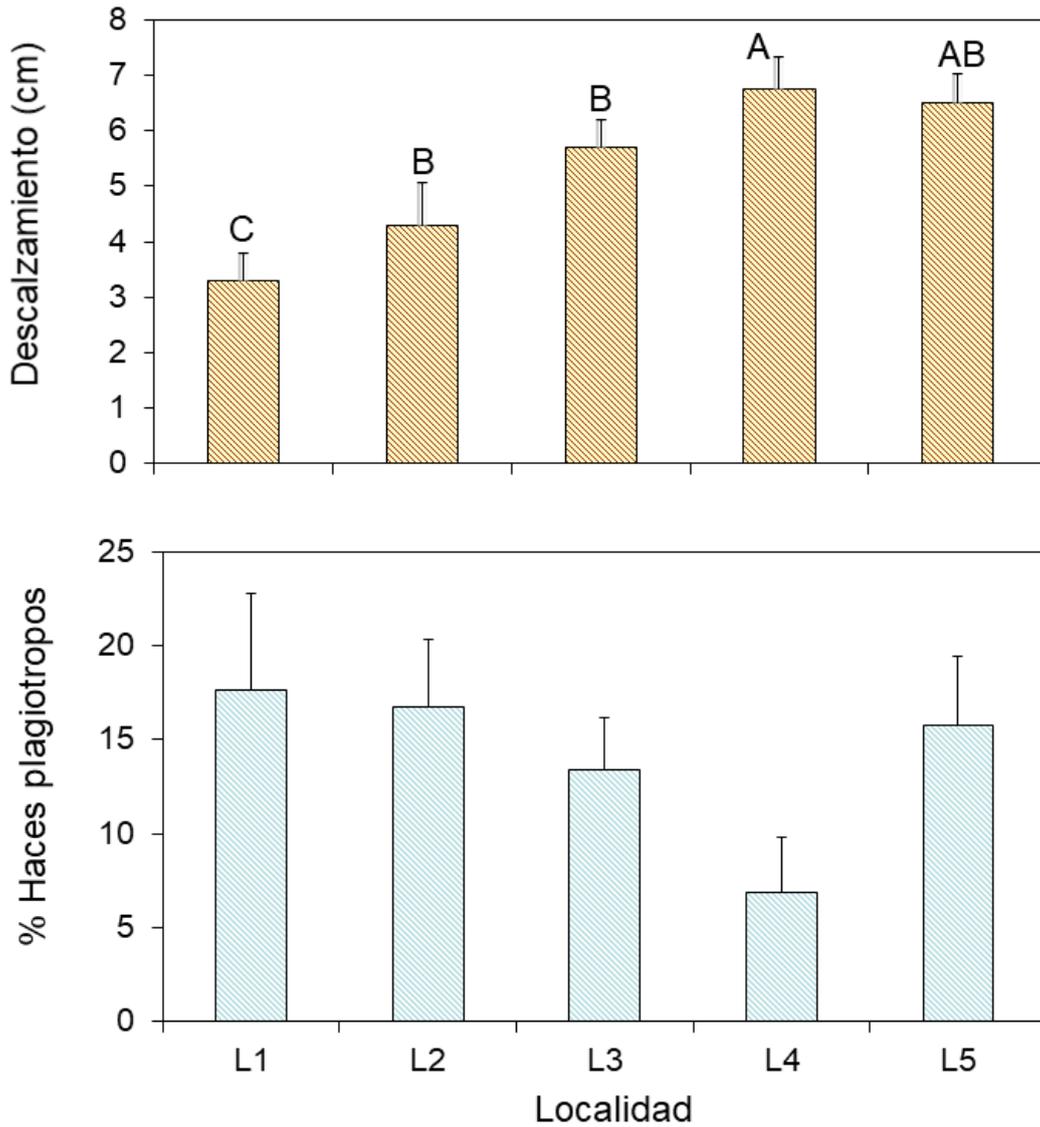


Figura 3.49: Representación gráfica de los datos de descalzamiento de los haces de *Posidonia oceanica* (cm) y del porcentaje de haces plagiotropos (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico).

Sí se detectaron diferencias entre el descalzamiento de los haces de las cinco localidades (Figura 3.49), ya que las localidades L4 y L5 presentaban haces con un descalzamiento significativamente mayor (6.5-6.8 cm) que el resto de las localidades estudiadas (3.3-5.7 cm).

3.6.2.- Cobertura

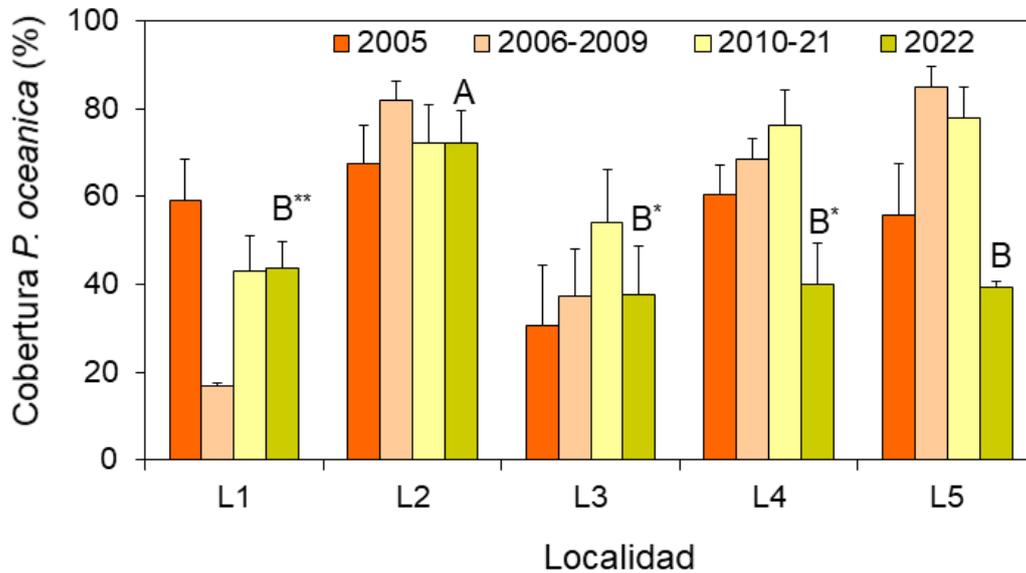


Figura 3.50: Representación gráfica de los datos de cobertura de *Posidonia oceanica* (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2022) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (*<0.05 y **<0.01).

La cobertura de *Posidonia oceanica* es considerada como un parámetro bastante variable, como se puede observar en la Figura 3.50. En la zona de estudio este año se detectaron diferencias significativas entre las distintas localidades (Tabla 3.32 y Figura 3.50). Los valores de este descriptor fueron significativamente más elevados en la localidad L2 (72 %), mientras que se estimó una cobertura de 38-44 % de *Posidonia* en el resto de las localidades.

Comparando los datos de este año con los del anterior, se detecta una disminución de este parámetro en las localidades L3, L4 y L6, probablemente debido a la alta variabilidad asociada al método de muestreo empleado. En cualquier caso, en el próximo muestreo se podrá detectar si esta disminución se debe a la metodología o a una posible degradación de dichas praderas.

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Cobertura (%)	Tiempo	17	743.5719	2.76	***	Residual
	Localidad	4	11369.6756	42.24	***	Residual
	Tiempo*Localidad	68	980.2687	3.64	***	Residual
	Residual	180	269.1722			

Tabla 3.32: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de cobertura de *Posidonia oceanica* obtenidos en las parcelas permanentes previa y posteriormente al funcionamiento del emisario. GI = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.

3.6.3.- Fenología

Al caracterizar los haces de *Posidonia oceanica* procedentes de las distintas localidades, en el presente muestreo únicamente no se observan diferencias significativas para el número de hojas, el herbivorismo y la biomasa de epífitos (Figura 3.51). 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 3.33).

En general, se observa que los haces de la localidad L3 son de mayor tamaño que el resto (Tabla 3.33, Figura 3.51). Además, este año, la carga de epífitos detectada es significativamente superior en la localidad L4.

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Número de hojas (hojas haz ⁻¹)	Tiempo	17	27.4306	33.28	***	Residual
	Localidad	4	1.5483	1.88	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	68	1.6272	1.97	***	Residual
	Residual	810	0.8242			
Longitud media foliar (cm)	Tiempo	17	416.7378	49.67	***	Residual
	Localidad	4	106.4445	12.69	***	Residual
	Tiempo*Localidad	68	37.0366	4.41	***	Residual

	Residual	810	8.3907			
Longitud máxima foliar (cm)	Tiempo	17	3511.3853	27.46	***	Residual
	Localidad	4	148.4327	1.16	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	68	385.8946	3.02	***	Residual
	Residual	810	127.8877			
Anchura media foliar (cm)	Tiempo	17	0.0309	9.28	***	Residual
	Localidad	4	0.0126	3.78	**	Residual
	Tiempo*Localidad	68	0.0088	2.63	***	Residual
	Residual	810	0.0033			
Anchura máxima foliar (cm)	Tiempo	17	0.0360	8.38	***	Residual
	Localidad	4	0.0262	6.11	***	Residual
	Tiempo*Localidad	68	0.0095	2.21	***	Residual
	Residual	810	0.0043			
Superficie foliar (cm² haz⁻¹)	Tiempo	17	15975.5479	26.49	***	Residual
	Localidad	4	5208.7527	8.64	***	Residual
	Tiempo*Localidad	68	1752.9706	2.91	***	Residual
	Residual	810	603.0486			
Biomasa foliar (g ps haz⁻¹)	Tiempo	17	3011.8129	242.94	***	Residual
	Localidad	4	40.6063	3.28	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	68	41.4244	3.34	***	Residual
	Residual	810	12.3972			
Biomasa de epifitos (g ps haz⁻¹)	Tiempo	17	0.1553	79.16	***	Residual
	Localidad	4	0.0117	5.96	***	Residual
	Tiempo*Localidad	68	0.0065	3.32	***	Residual
	Residual	810	0.0020			
Epifitos por s.f. (mg ps cm⁻²)	Tiempo	17	5.5330	30.99	***	Residual
	Localidad	4	1.1106	6.22	***	Residual
	Tiempo*Localidad	68	0.7251	4.06	***	Residual
	Residual	810	0.1786			
Herbivorismo (% hojas haz⁻¹)	Tiempo	17	1245.8500	16.29	***	Residual
	Localidad	4	243.2438	3.18	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	68	291.4179	3.81	***	Residual
	Residual	810	76.4670			

Tabla 3.33: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de fenología de los haces de *Posidonia oceanica* obtenidos en las parcelas permanentes antes y después del funcionamiento del emisario. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.

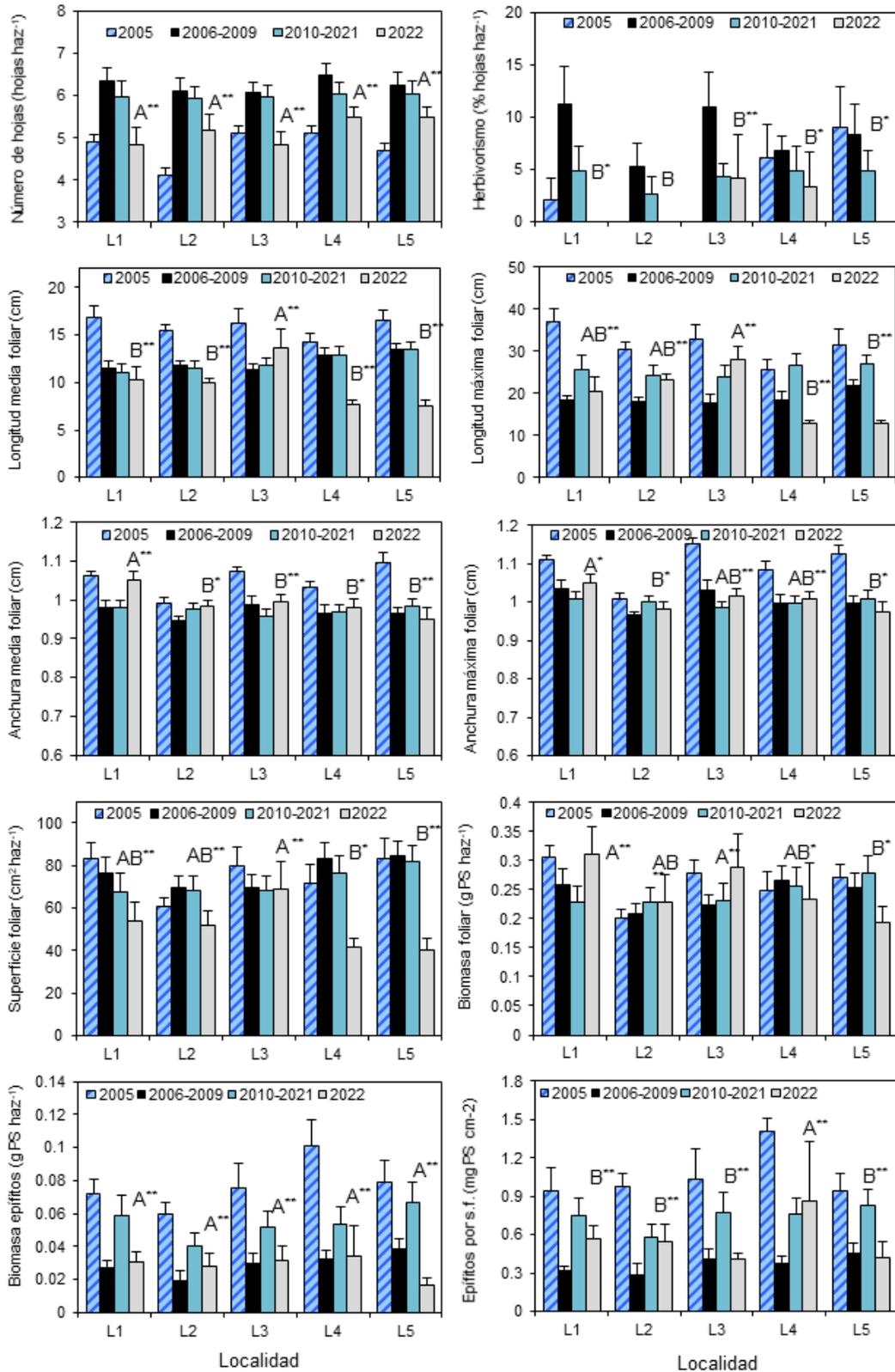


Figura 3.51: Representación de los datos de fenología obtenidos para los haces de las cinco localidades con anterioridad (2005) y posterioridad (2006-2009, 2010-2021 y 2022) del funcionamiento del emisario. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan 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 3.52) se sigue manteniendo cierta agrupación de las localidades en función de del año de muestreo y de su situación.

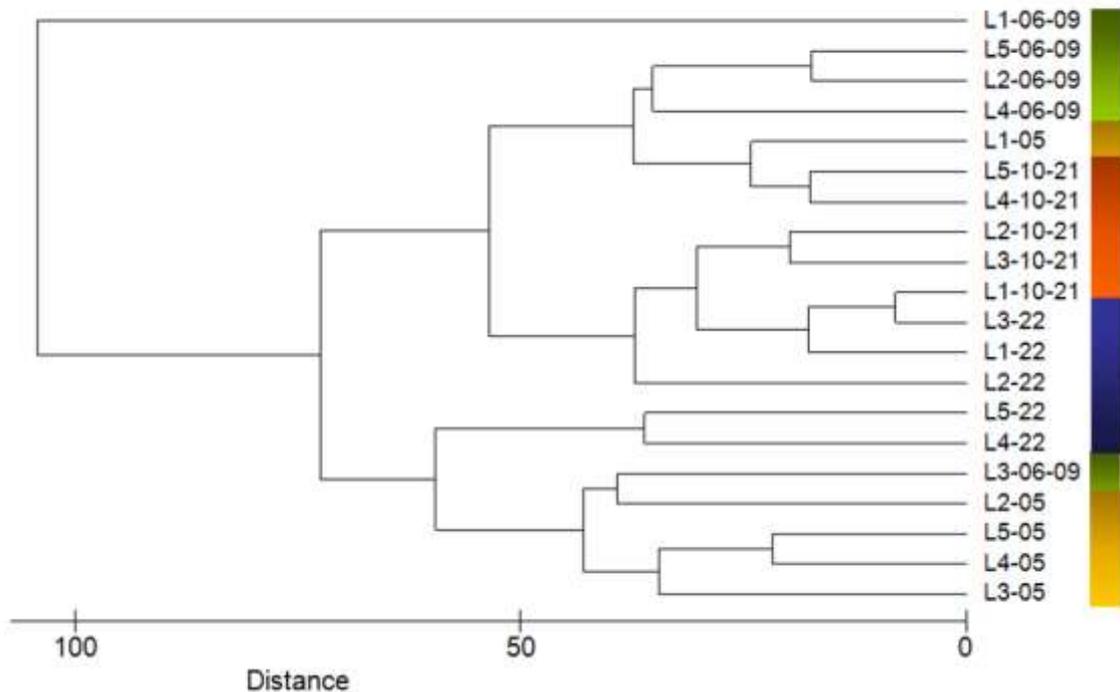


Figura 3.52: Representación del dendrograma realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.

Esta misma agrupación se puede observar de una forma más visual en la representación bidimensional del MDS (Figura 3.53).

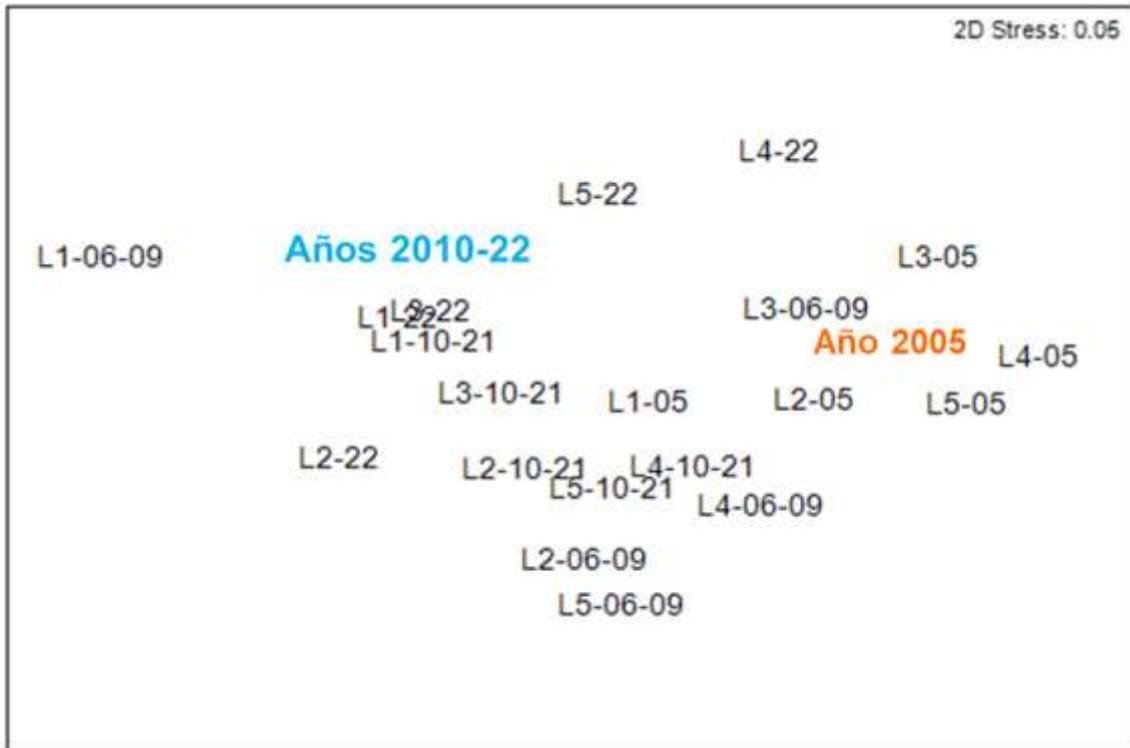


Figura 3.53: Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.

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 89.4 % del total de la variabilidad, mientras que el segundo explicaba el 7.3 %, 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 3.54). A partir de estos valores, se calculó el EQR (Tabla 3.34).

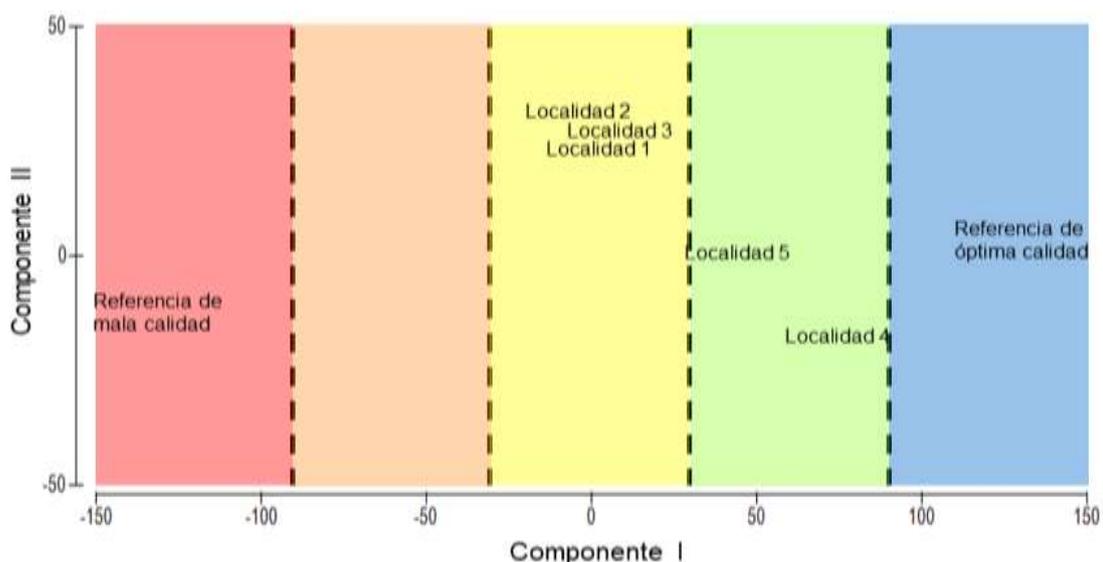


Figura 3.54: Resultado del análisis de los componentes principales (PCA) de las localidades estudiadas (incluyendo las localidades de referencia). El color rojo agrupa a las localidades muy degradadas, el naranja a las de calidad deficiente, el amarillo a aquellas con calidad media, el verde las que 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 3.34 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 3.35).

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

Localidad	EQR	Calidad
Localidad 1	0.4573	Moderada
Localidad 2	0.4337	Moderada
Localidad 3	0.4799	Moderada
Localidad 4	0.7304	Buena
Localidad 5	0.6072	Buena

Tabla 3.35: Valoración de la calidad ecológica de las localidades estudiadas en función del componente I del ACP.

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 3.36 y Figura 3.55). Este año tampoco se observó ninguna especie de equinoideo en las localidades de estudio.

L.	2005	2006-2009	2010-2021	2022
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>

Tabla 3.36: Especies de equinodermos identificadas en cada una de las cinco localidades durante los muestreos del 2005, 2006-2009, 2010-2021 y 2022.

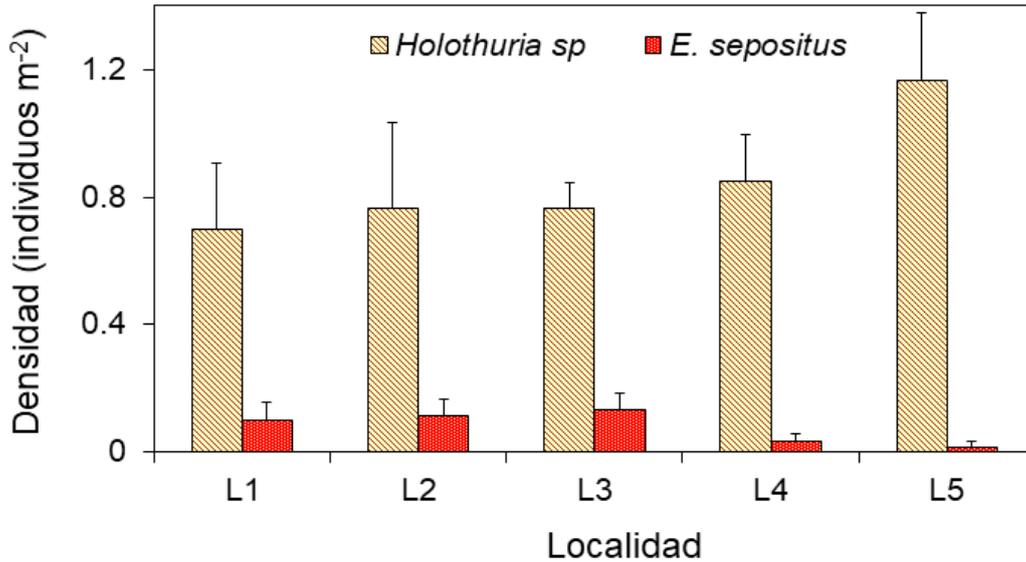


Figura 3.55: Representación gráfica de los datos de densidad de las distintas especies de equinodermos (nº individuos m⁻²) obtenidos en el año 2022 en las cinco localidades de estudio, sobre pradera de *P. oceanica* a - 26 m de profundidad (las barras representan el error típico).

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 (Tabla 3.37). Este año también se detectan diferencias significativas entre las distintas localidades, con valores más elevados en la Localidad 5 (1.2 individuos m⁻²) y más reducidos en la Localidad 1 (0.8 individuos m⁻²), frente al resto, con valores en torno a 0.9 individuos m⁻² (Figura 3.56). En todas las localidades, estos valores son similares a los del año anterior.

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Densidad de equinodermos	Tiempo	17	2.3526	48.06	***	Residual
	Localidad	4	0.2289	4.68	**	Residual
	Tiempo*Localidad	68	0.2633	5.38	***	Residual
	Residual	270	0.0490			

Tabla 3.37: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad de equinodermos (individuos m⁻²) obtenidos en las cinco localidades de estudio (L1 – L5) previa y posteriormente a que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. GI = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = p < 0.05, ** = p < 0.01, *** = p < 0.001, ns = no significativo.

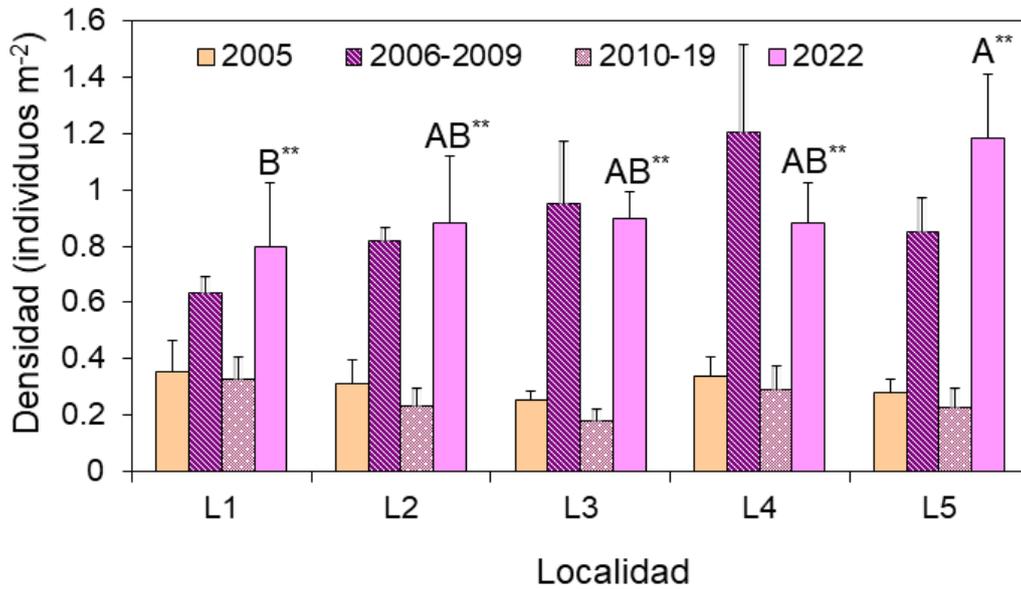


Figura 3.56: Densidad total de equinodermos (número de individuos por m^2) en las cinco localidades de estudio, obtenida antes (2005) y después (2006 - 2022) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p < 0.05$ (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (** < 0.01).

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

Las figuras siguientes presentan los resultados de las cuatro campañas de salinidad (invierno, primavera, verano y otoño) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma salina durante el año 2022.

La salinidad máxima registrada en profundidad durante las cuatro campañas realizadas ha sido de 38.5 durante la campaña de otoño. En invierno el valor máximo en el fondo alcanzó 37.3 y en primavera 32,2, mientras que en verano el valor máximo no superó el valor de 37.7. 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.

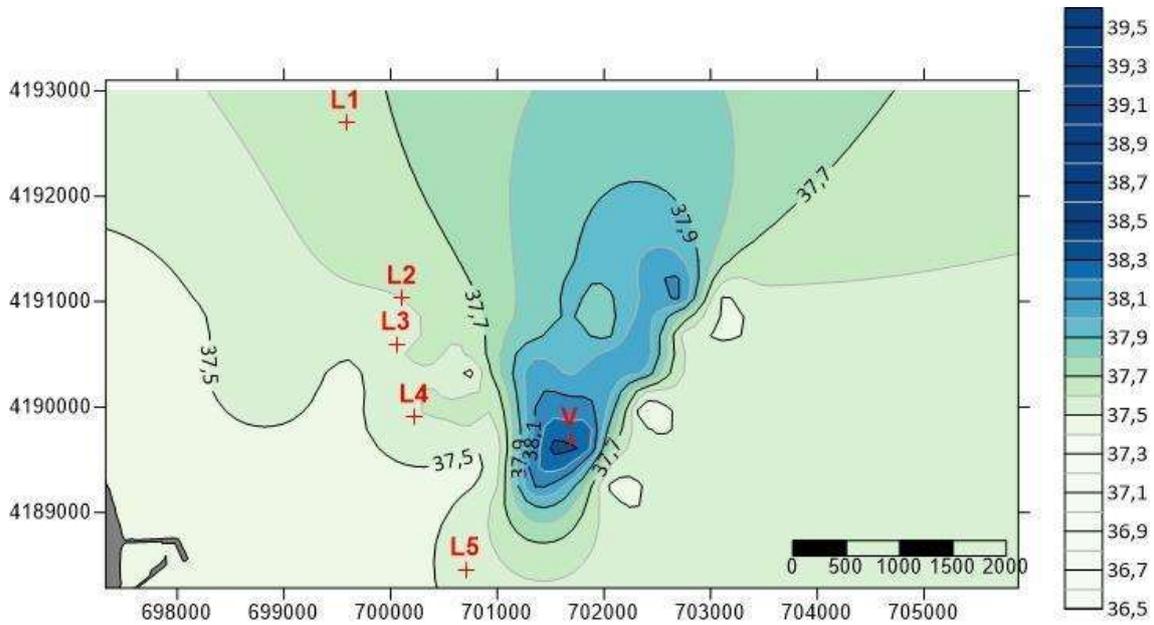


Figura 3.57. Campaña de salinidad en profundidad de invierno 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

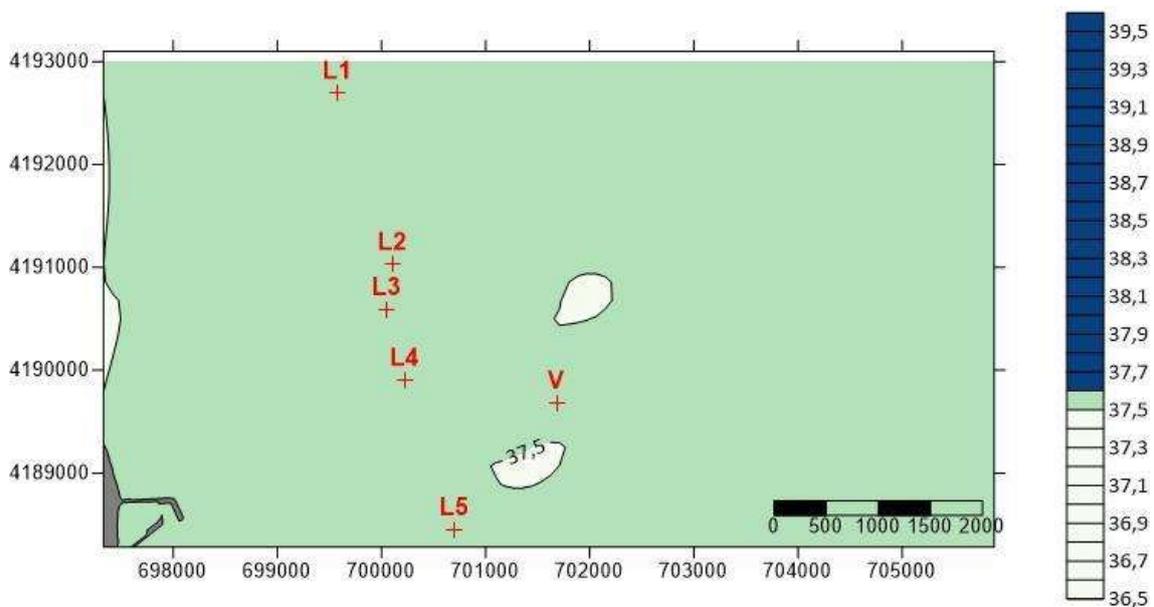


Figura 3.58. Campaña de salinidad en superficie de invierno 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

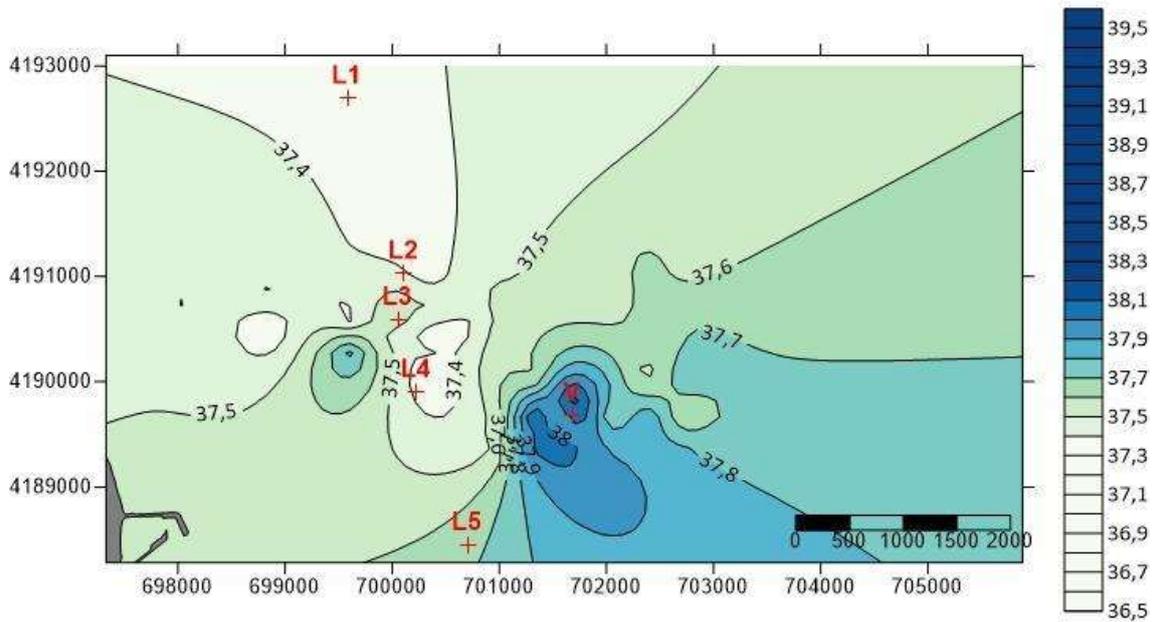


Figura 3.59. Campaña de salinidad en profundidad de primavera 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

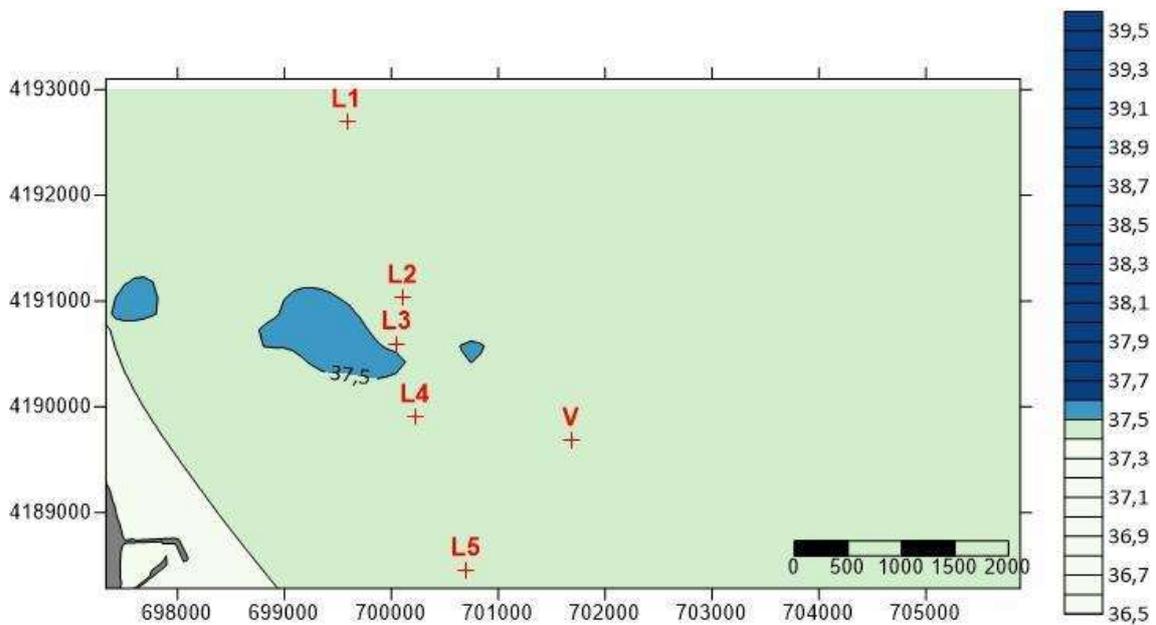


Figura 3.60. Campaña de salinidad en superficie de primavera 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

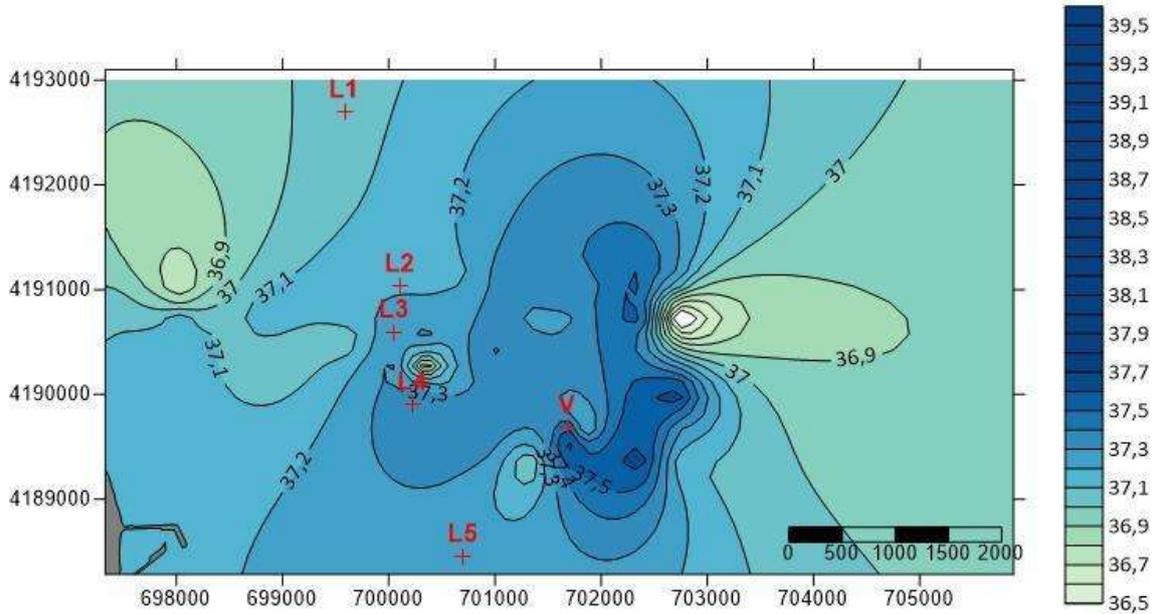


Figura 3.61. Campaña de salinidad en profundidad de verano de 2022. “V” indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

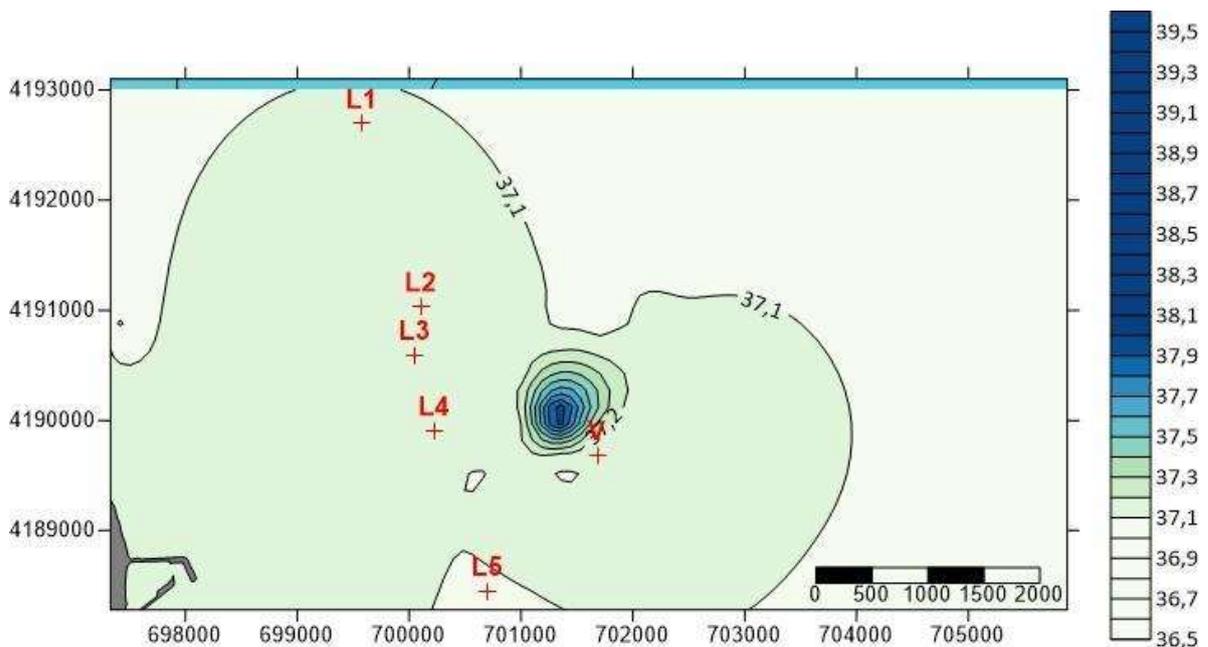


Figura 3.62. Campaña de salinidad en superficie de verano 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

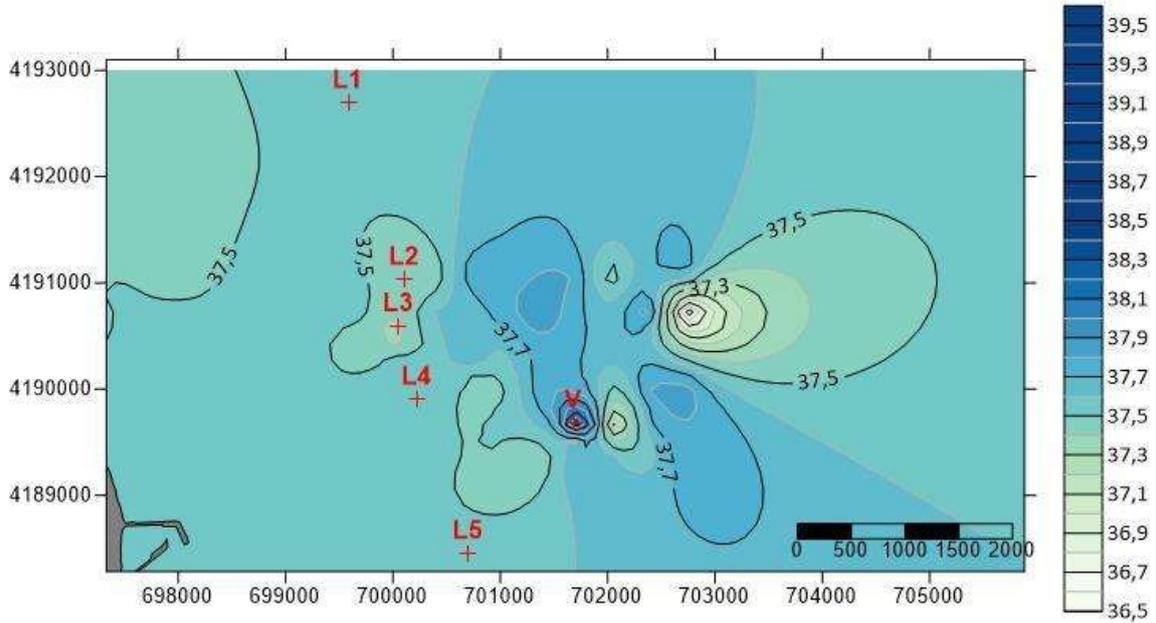


Figura 3.63. Campaña de salinidad en profundidad de otoño 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

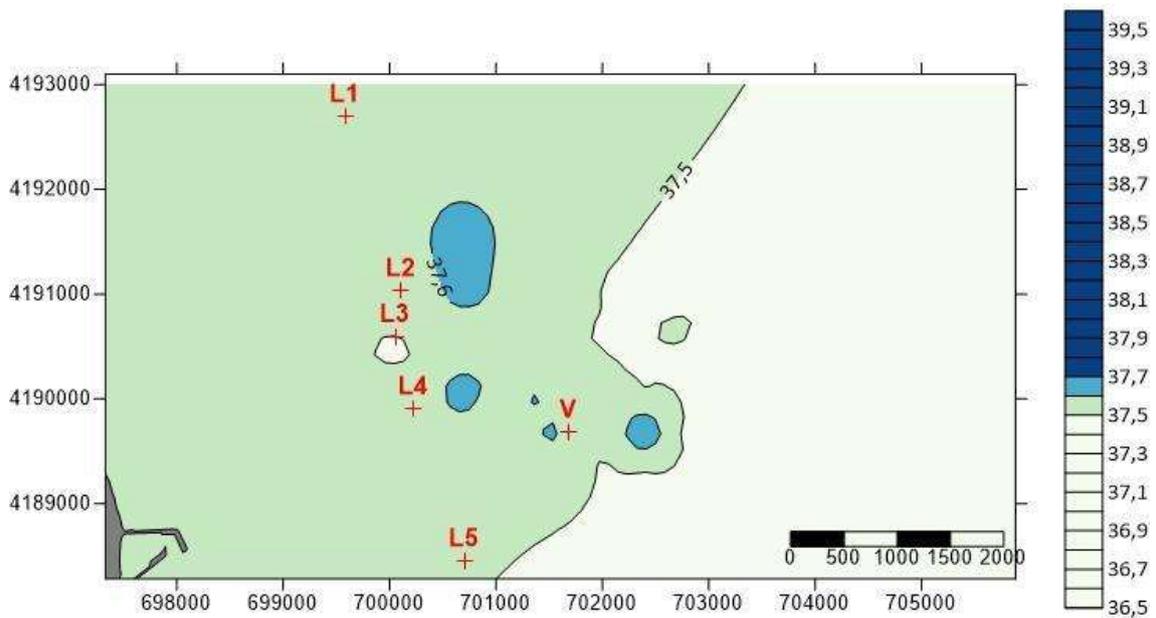


Figura 3.64. Campaña de salinidad en superficie de otoño 2022. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

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

Las figuras siguientes presentan los resultados de temperatura de las cuatro campañas (invierno, primavera, verano y otoño) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma durante el año 2022.

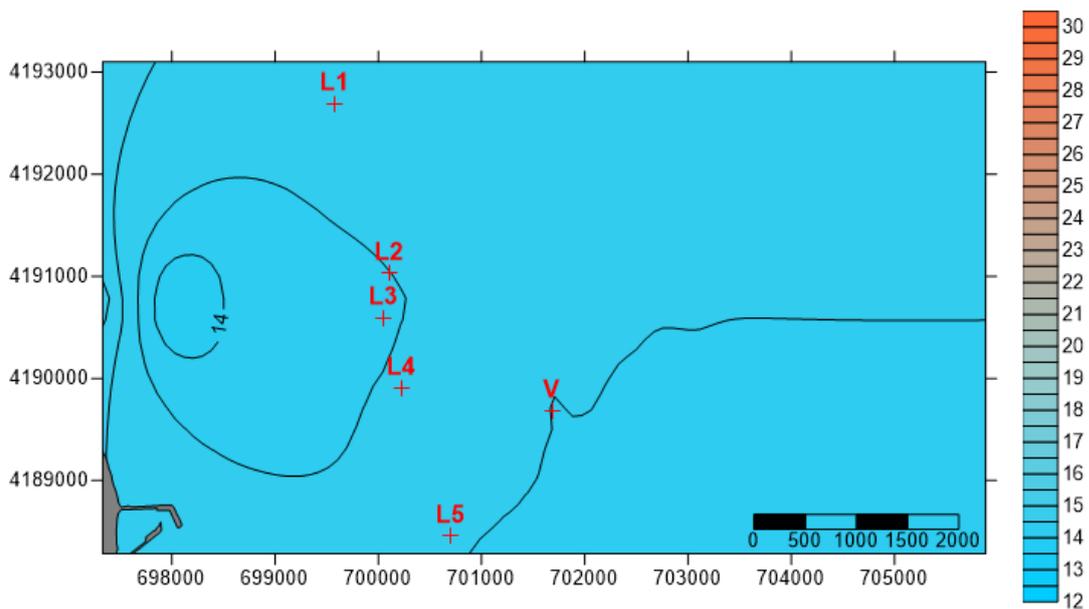


Figura 3.65. Temperatura en el fondo en invierno del 2022. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

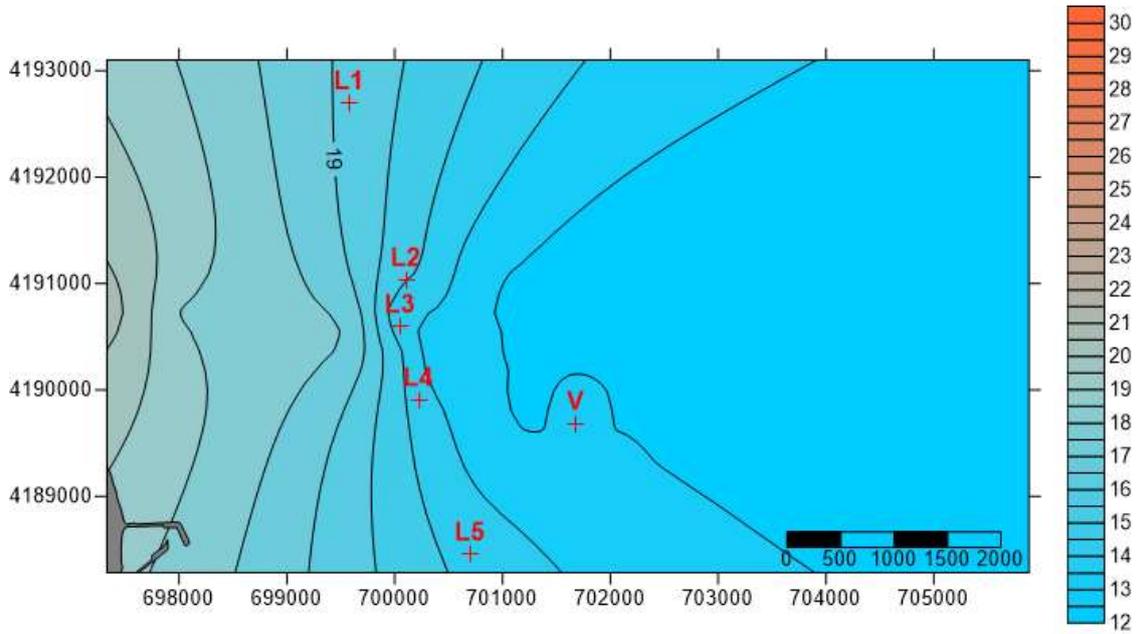


Figura 3.66. Temperatura en el fondo en primavera del 2022. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

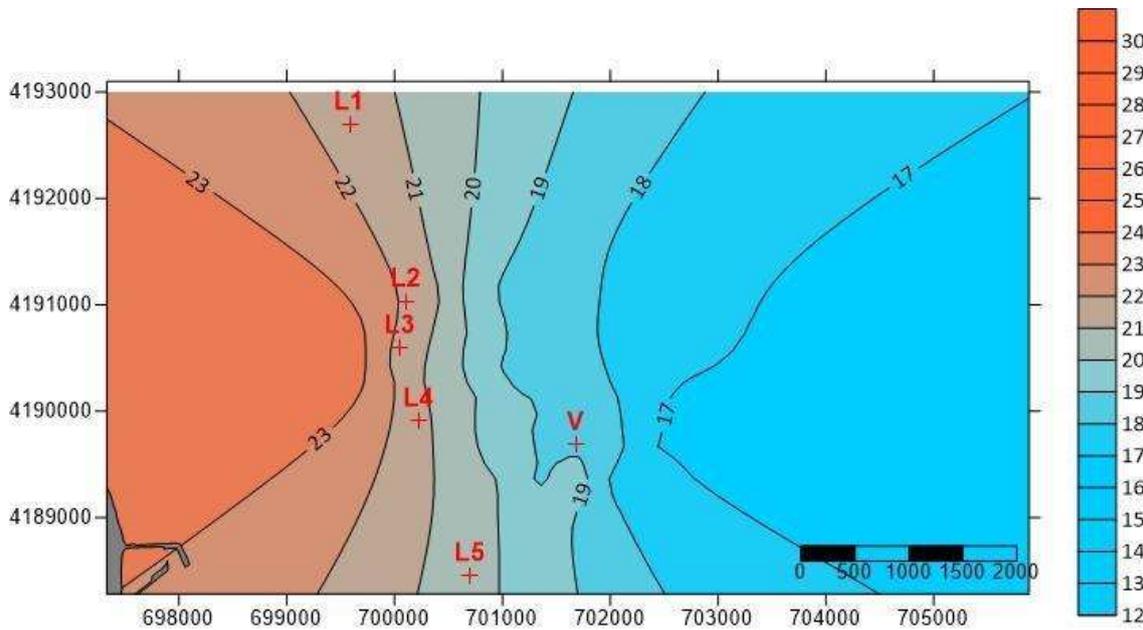


Figura 3.67. Temperatura en el fondo en verano del 2022. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

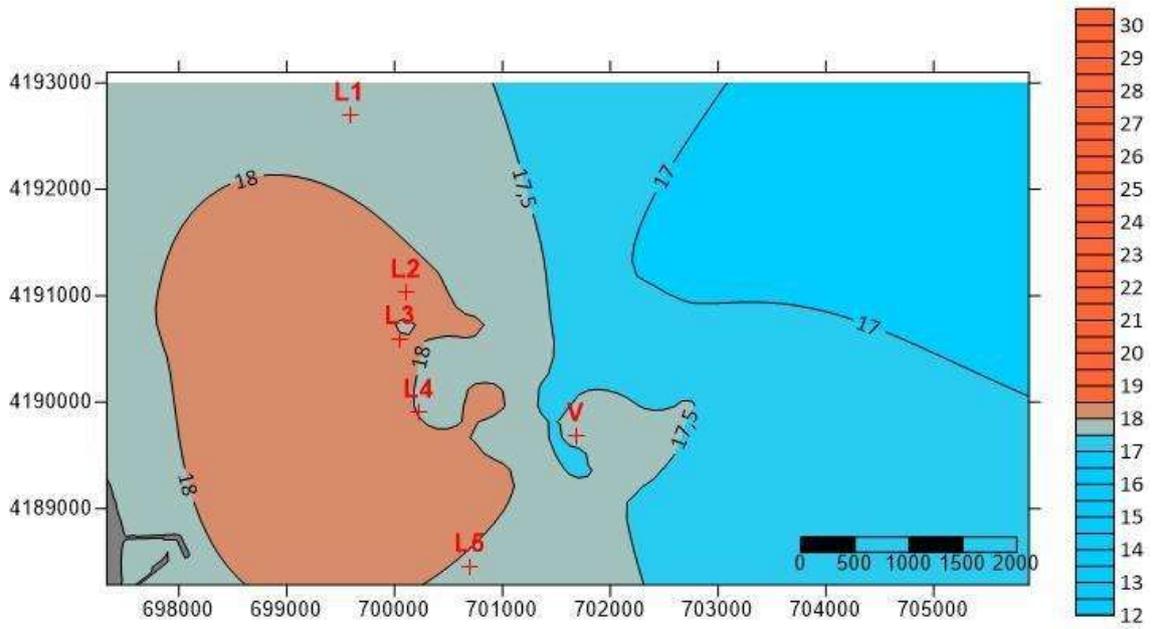


Figura 3.68. Temperatura en el fondo en otoño del 2022. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

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 38.5 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* indican que el vertido no alcanza dicho límite al no detectarse aumentos anómalos de la salinidad.

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

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 las de las localidades L4 y L5, 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 por la ausencia de valores anómalos de salinidad en el límite inferior de la pradera, lo que indica que el vertido no lo alcanza, y en la presencia de poblaciones de equinodermos en todas las localidades estudiadas, ya que estos organismos son muy sensibles a los aumentos de salinidad y se pueden emplear como especies centinela de posibles impactos por vertidos hiperhalinos antes de que estos afecten a la pradera de *Posidonia oceanica* (Fernández-Torquemada *et al.*, 2013).

En cualquier caso, al tratarse de localidades situadas en el borde inferior de la pradera es normal detectar ciertos síntomas de degradación, ya que en su momento se vieron expuestas a los efectos de la pesca de arrastre y actualmente están sometidas a la influencia de los nutrientes exógenos procedentes del emisario de aguas residuales y las instalaciones de acuicultura (Jiménez Casero *et al.* 2023). De ahí, que al aplicar la metodología y clasificación que se emplea en la Directiva Marco del Agua (Fernández-Torquemada *et al.*, 2008) las localidades no presenten un EQR muy elevado y se evalúen con una calidad moderada o buena.

ANEXOS DIGITALES

ANEXO 1: Perfiles verticales de salinidad en las campañas

ANEXO 2. Fotografías de las muestras de sedimento

ANEXO 3. Primer informe trimestral

ANEXO 4. Segundo informe trimestral

ANEXO 5. Tercer informe trimestral

ANEXO 6. Cuarto informe trimestral

ANEXO 7. Análisis del efluente

ANEXO 8. Análisis de las aguas receptoras

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/milesto

[e_reports_2007/coastaltransitional/med/section_angiosperm.pdf/ EN 1.0 &a=d.](#)

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

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

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

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

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