



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 2021**

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

Estela Carbonell Garzón

Javier Aguilar Escribano

Fabio Blanco Murillo

Iván Sola Macia

**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 22 de febrero de 2022.



Fdo: Dr José Luis Sánchez Lizaso

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	<b>4</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>15</b>
2.1.- Vigilancia estructural	15
2.2.- Control del efluente	15
2.3.- Control del medio receptor	16
2.3.1. – Estaciones de muestreo	16
2.3.2. – Métodos de muestreo.	24
2.3.3. – Métodos de análisis.	27
2.3.4.- Análisis de los datos.	29
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>35</b>
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 <sup>1</sup>	35
3.2.2 Resultados de los sensores conectados a las boyas.	35
3.3.- Control del efluente.	39
3.4.- Control de las aguas receptoras.	39
3.5.- Control de sedimentos y organismos.	48
3.5.1.- Sedimentología durante el año 2021.	48
3.5.2.- Fauna general en la campaña de invierno 2021.	58
3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en invierno de 2021. <small>¡Error! Marcador no definido.</small>	
3.5.4.- Fauna general en la campaña de verano de 2021.	74
3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en verano de 2021. <small>¡Error! Marcador no definido.</small>	
3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2020.	94
3.5.6.1- Sedimentología.	94
3.5.6.2.- Estudio de la fauna general, comparación de las campañasde verano 2020 y verano 2021.	100
3.5.6.3.- Estudio de la comunidad de poliquetos, comparación de las campañasde verano 2020 y verano 2021.	106
3.5.7.- Transectos de videocámara.	106

<b>3. 6.- Pradera de <i>Posidonia oceanica</i></b>	<b>_____</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>3.6.1.- Densidad</b>	<b>_____</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>3.6.2.- Cobertura</b>	<b>_____</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>3.6.3.- Fenología</b>	<b>_____</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>3.6.4.-Análisis multivariante de las localidades</b>	<b>_____</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>3.6.5.-Clasificación del estado ecológico de las localidades según la DMA</b>	<b>_____</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>3.7.- Equinodermos</b>	<b>_____</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>3.8.- Caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.</b>	<b>_____</b>	<b>129</b>
<b>3.9.- Caracterización espacio-temporal de la distribución de temperatura en el fondo.</b>	<b>_</b>	<b>133</b>
<b>4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>_____</b>	<b>13636</b>
<b>ANEXOS DIGITALES</b>	<b>_____</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 1: Perfiles verticales de salinidad en las campañas</b>	<b>_____</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 2. Fotografías de las muestras de sedimento</b>	<b>_____</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 3. Primer informe trimestral</b>	<b>_____</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 4. Segundo informe trimestral</b>	<b>_____</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 5. Tercer informe trimestral</b>	<b>_____</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 6. Cuarto informe trimestral</b>	<b>_____</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 7. Análisis del efluente</b>	<b>_____</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 8. Análisis de las aguas receptoras</b>	<b>_____</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 9. Transectos con video</b>	<b>_____</b>	<b>140</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>_____</b>	<b>141</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>4</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>10</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>
<i>Tabla 2.1. Estaciones de muestreo.</i> .....	<b>17</b>
<i>Tabla 2.2. Características de las estaciones muestreadas para el control de aguas receptoras.</i> .....	<b>20</b>
<i>Tabla 2.3. Características de las estaciones muestreadas para el control de sedimentos y organismos.</i> .....	<b>23</b>
<i>Tabla 2.4. Características de las estaciones muestreadas para el control de la pradera de Posidonia oceánica.</i> .....	<b>24</b>
<i>Tabla 2.5. Métodos de muestreo empleados en el control de cada elemento.</i> .....	<b>27</b>
<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> .....	<b>27</b>
<i>Tabla 2.7. Métodos de análisis de sedimentos y organismos.</i> .....	<b>28</b>
<i>Tabla 2.8. Descripción de índices empleados. Donde, <math>n_i</math>: número de individuos de la especie <math>i</math>; <math>N</math>: número total de individuos, <math>S</math>: número de especies, <math>f_{pop}</math>: frecuencia de poliquetos oportunistas, <math>f_a</math>: frecuencia de anfípodos.</i> .....	<b>30</b>
<i>Tabla 2.9. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.</i> .....	<b>31</b>
<i>Tabla 2.10. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos.</i> .....	<b>34</b>
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
<i>Tabla 3.1. Consumo de reactivos durante el año 2021.</i> .....	<b>35</b>
<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 2021 en superficie y en profundidad.</i> .....	<b>48</b>
<i>Tabla 3.6. Porcentaje de las clasificaciones granulométricas en cada estación.</i> .....	<b>49</b>
<i>Tabla 3.7. Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial RedOx en cada estación para cada campaña del 2021.</i> .....	<b>52</b>
<i>Tabla 3.8. Valores de Níquel, Hierro, Cromo, Zinc y Cobre en los sedimentos.</i> .....	<b>58</b>
<i>Tabla 3.9. Abundancias medias (<math>n^{\circ}</math> ind/<math>m^2</math>) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación.</i> .....	<b>58</b>

<b>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. ....</b>	<b>63</b>
<b>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. ....</b>	<b>64</b>
<b>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. ....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 3.13. Abundancias medias (<math>n^{\circ}</math> ind/m<sup>2</sup>) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.....</b>	<b>66</b>
<b>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. ....</b>	<b>72</b>
<b>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.....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 3.16. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 3.17. Abundancias medias (<math>n^{\circ}</math> ind/m<sup>2</sup>) de los grupos faunísticos en cada estación. ....</b>	<b>75</b>
<b>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. ....</b>	<b>79</b>
<b>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. ....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 3.20. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos. ....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 3.21. Abundancias medias (<math>n^{\circ}</math> ind/m<sup>2</sup>) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.....</b>	<b>84</b>
<b>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.....</b>	<b>90</b>
<b>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. ....</b>	<b>91</b>

**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. .... 104**

**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. .... 106**

**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..... 111**

**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. .... 112**

**Tabla 3.29. Grupos identificados en los transectos con videocámara durante las campañas de invierno y verano 2021. .... 114**

**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..... ¡Error! Marcador no definido.**

**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. .... ¡Error! Marcador no definido.**

**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. .... ¡Error! Marcador no definido.**

**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). ¡Error! Marcador no definido.**

**Tabla 3.34. Valoración de la calidad ecológica de las localidades estudiadas en función del componente I del ACP. .... ¡Error! Marcador no definido.**

**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. .... ¡Error! Marcador no definido.**

**Tabla 3.36. Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad de equinodermos (individuos m<sup>-2</sup>) obtenidos en las cinco localidades de estudio (L1 – L5) previa y posteriormente a que el emisario de la desalinizadora comenzase a**

**funcionar. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, \* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$ , \*\*\* =  $p < 0.001$ , ns = no significativo.....¡Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	<b>4</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>15</b>
<i>Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras.</i>	<b>18</b>
<i>Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control del control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S).</i>	<b>18</b>
<i>Figura 2.3. Estaciones de muestreo para el control de la pradera de Posidonia oceanica situadas aproximadamente a 26 m de profundidad.</i>	<b>19</b>
<i>Figura 2.4. Estaciones de muestreo para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.</i>	<b>20</b>
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>35</b>
<i>Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya este en 2021.</i>	<b>38</b>
<i>Figura 3.2. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya oeste en 2021.</i>	<b>38</b>
<i>Figura 3.3. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada campaña del 2021.</i>	<b>50</b>
<i>Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2021.</i>	<b>51</b>
<i>Figura 3.5. Representación del porcentaje medio de materia orgánica para cada estación y campaña de muestreo del 2021.</i>	<b>54</b>
<i>Figura 3.6. Representación del pH tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2021.</i>	<b>55</b>
<i>Figura 3.7. Representación del potencial redox tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2021.</i>	<b>57</b>
<i>Figura 3.8. Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en invierno de 2021.</i>	<b>59</b>
<i>Figura 3.9. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en invierno de 2021.</i>	<b>60</b>
<i>Figura 3.10. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en invierno de 2021. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015).</i>	<b>60</b>
<i>Figura 3.11. Representación del cluster respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.</i>	<b>61</b>

<b>Figura 3.12. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.</b>	<b>62</b>
<b>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.</b>	<b>65</b>
<b>Figura 3.14. Abundancia media de poliquetos en cada estación.</b>	<b>67</b>
<b>Figura 3.15. Riqueza media de poliquetos en cada estación.</b>	<b>68</b>
<b>Figura 3.16. Diversidad media de poliquetos en cada estación.</b>	<b>68</b>
<b>Figura 3.17. Equitatividad media de poliquetos en cada estación.</b>	<b>69</b>
<b>Figura 3.18. Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 3.19. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.</b>	<b>71</b>
<b>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).</b>	<b>74</b>
<b>Figura 3.21. Abundancia media de individuos en cada estación en verano de 2021.</b>	<b>76</b>
<b>Figura 3.22. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en verano de 2021.</b>	<b>76</b>
<b>Figura 3.23. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en verano de 2021. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817, 2015).</b>	<b>77</b>
<b>Figura 3.24. Representación del dendrograma de similitud respecto a los grupos faunísticos estudiados en las diferentes estaciones.</b>	<b>78</b>
<b>Figura 3.25. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones.</b>	<b>79</b>
<b>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).</b>	<b>83</b>
<b>Figura 3.27: Abundancia media de poliquetos en cada estación.</b>	<b>85</b>
<b>Figura 3.28: Riqueza media de poliquetos en cada estación.</b>	<b>86</b>
<b>Figura 3.29: Diversidad media de poliquetos en cada estación.</b>	<b>86</b>
<b>Figura 3.30: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.</b>	<b>87</b>
<b>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</b>	

<b>valores de cada parámetro analizado (gravas, arenas gruesas, lutitas, potencial redox y pH).</b>	<b>93</b>
<b>Figura 3.34. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta verano 2021. 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.21, V.21 Y O.21).</b>	<b>95</b>
<b>Figura 3.35. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño 2020. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21 Y O.21).</b>	<b>95</b>
<b>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), las campañas actuales de 2020 y 2021.</b>	<b>97</b>
<b>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), las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21 Y O.21).</b>	<b>98</b>
<b>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), las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21 Y O.21).</b>	<b>99</b>
<b>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), las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21 Y O.21).</b>	<b>100</b>
<b>Figura 3.40. Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de verano de 2020 y 2021.</b>	<b>101</b>
<b>Figura 3.41. Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas verano de 2020 y de 2021.</b>	<b>101</b>
<b>Figura 3.42. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de verano de 2020 y de 2021.</b>	<b>103</b>
<b>Figura 3.43: Abundancia media en cada estación para las campañas de verano 2020 y 2021.</b>	<b>107</b>
<b>Figura 3.44: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de verano 2020 y 2021.</b>	<b>108</b>
<b>Figura 3.45: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en primavera.</b>	<b>110</b>
<b>Figura. 3.46. Grupos taxonómicos observados durante la realización de los transectos con videocámara.</b>	<b>114</b>

**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 - 2020) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (\* $<0.05$  y \*\* $<0.01$ ). *¡Error! Marcador no definido.***

**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). *¡Error! Marcador no definido.***

**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 - 2020) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (\* $<0.05$  y \*\* $<0.01$ ). *¡Error! Marcador no definido.***

**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 2020) del funcionamiento del emisario. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para  $p<0.05$  (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (\* $<0.05$  y \*\* $<0.01$ ). *¡Error! Marcador no definido.***

**Figura 3.51. Representación del dendrograma realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio. *¡Error! Marcador no definido.***

**Figura 3.52. Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio. *¡Error! Marcador no definido.***

**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. *¡Error! Marcador no definido.***

**Figura 3.54. Representación gráfica de los datos de densidad de las distintas especies de equinodermos ( $n^{\circ}$  individuos  $m^{-2}$ ) obtenidos en el año 2020 en las cinco localidades de estudio, sobre pradera de *P. oceanica* a - 26 m de profundidad (las barras representan el error típico). *¡Error! Marcador no definido.***

**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 - 2020) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para  $p<0.05$  (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (\*\* $<0.01$ ). *¡Error! Marcador no definido.***

<i>Figura 3.56. Campaña de salinidad en profundidad de invierno 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	129
<i>Figura 3.57. Campaña de salinidad en superficie de invierno 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	130
<i>Figura 3.58. Campaña de salinidad en profundidad de primavera 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	130
<i>Figura 3.59. Campaña de salinidad en superficie de primavera 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	131
<i>Figura 3.60. Campaña de salinidad en profundidad de verano de 2021. “V” indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	131
<i>Figura 3.61. Campaña de salinidad en superficie de verano 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	132
<i>Figura 3.62. Campaña de salinidad en profundidad de otoño 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	132
<i>Figura 3.63. Campaña de salinidad en superficie de otoño 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	133
<i>Figura 3.64. Temperatura en el fondo en invierno del 2021. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	134
<i>Figura 3.65. Temperatura en el fondo en primavera del 2021. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	134
<i>Figura 3.66. Temperatura en el fondo en verano del 2021. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	134
<i>Figura 3.67. Temperatura en el fondo en otoño del 2021. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.</i>	135
<b>4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES</b>	136
<b>ANEXOS DIGITALES</b>	140
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>	141

## **1. INTRODUCCIÓN**

De acuerdo a la resolución de 20/04/2016 por la que se renueva la resolución de autorización de vertido al mar de la salmuera procedente de las plantas desaladoras I y II del nuevo canal de Cartagena es necesario realizar un informe anual que recoja los resultados del seguimiento de las comunidades marinas.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

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

Se ha realizado, como establece la autorización de vertido, un informe de vigilancia estructural del emisario. La inspección se realizó por grabación empleando un ROV SIBIU PRO. Dicho informe se ha enviado por separado a la Dirección General de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de Murcia. Adicionalmente la autorización de vertido establece que se deben instalar dos boyas para la transmisión de datos en tiempo real. Los datos de las boyas correspondientes al año 2021 se incluyen en este informe.

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

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

## 2.3.- Control del medio receptor

### 2.3.1. – Estaciones de muestreo

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

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

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

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

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

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

**Tabla 2.1.** Estaciones de muestreo.

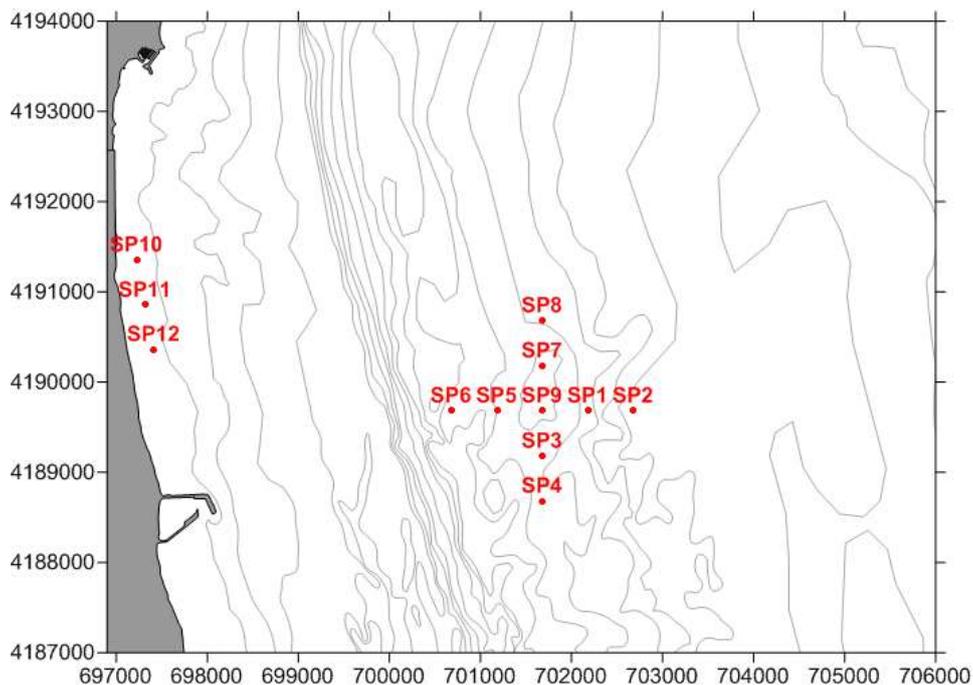


Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras.

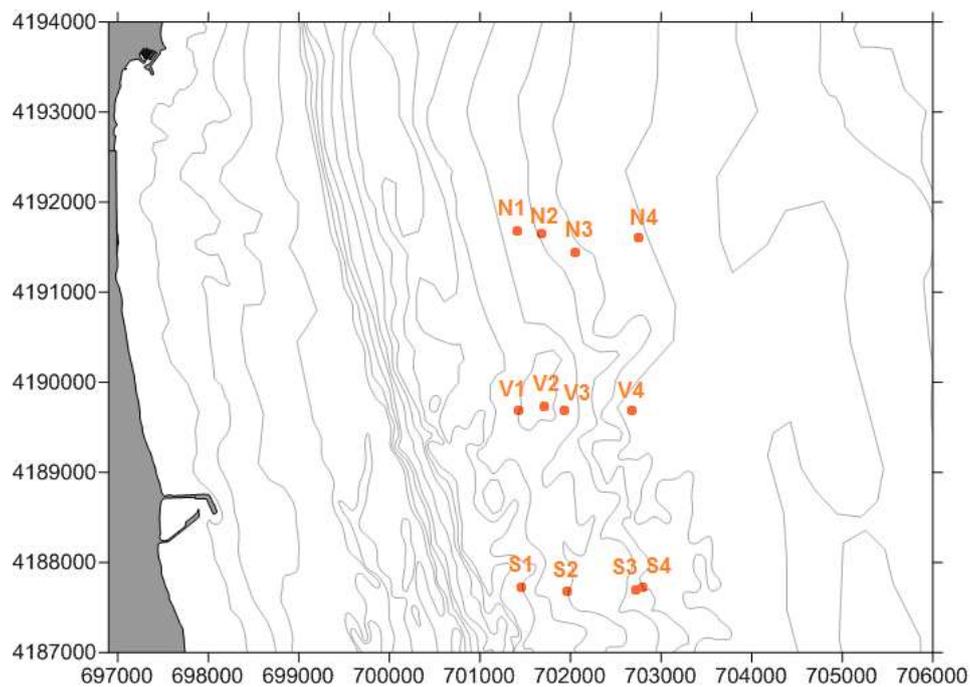
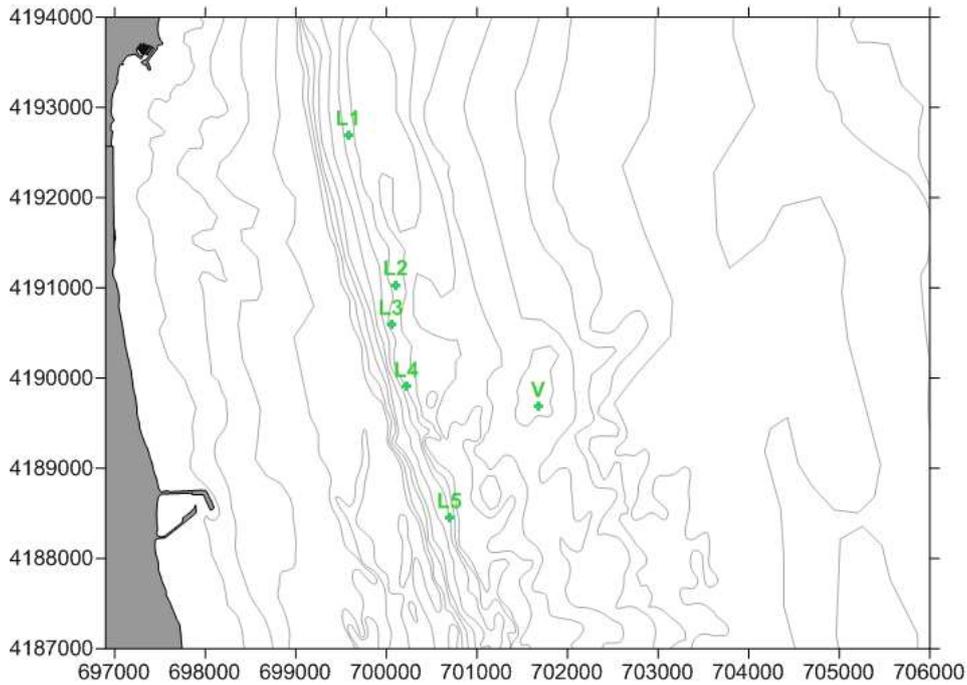
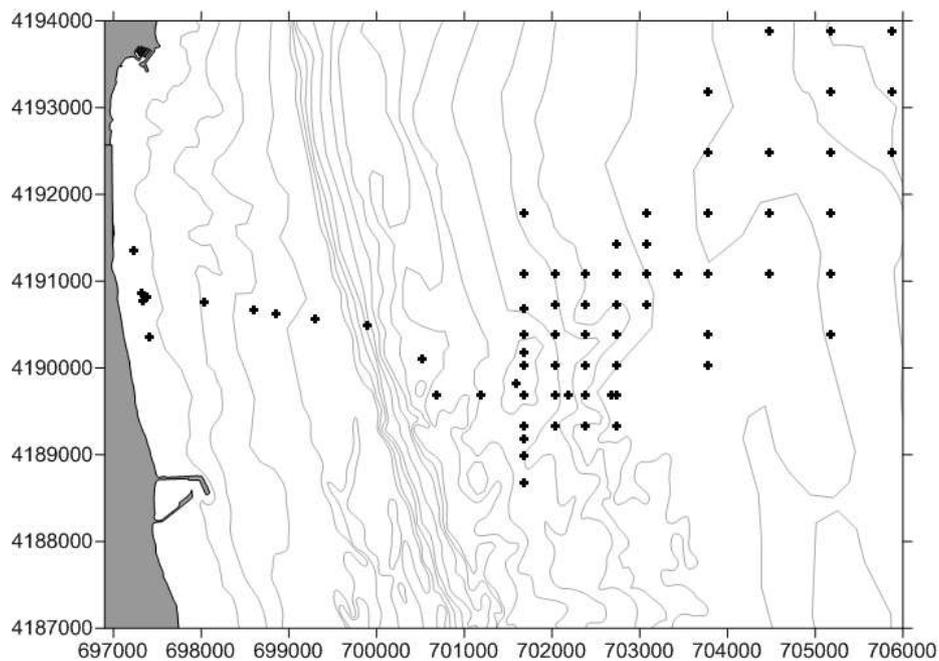


Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S).



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

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



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

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

### **Control de aguas receptoras**

<b>Periodicidad muestreo:</b>	Trimestral			
<b>Parámetros in situ medidos:</b>	pH, temperatura, salinidad, densidad, transparencia.			
<b>Muestras recogidas por estación y trimestre:</b>	Agua superficial: 1 Botella plástico (2L) y 1 botella de vidrio topacio DIN (1L) Agua profunda: 1 Botella plástico (2L) y 1 botella de vidrio topacio DIN (1L)			
<b>Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.</b>				
<u>Primer trimestre</u>		Fecha:	24/03/2021	
Corriente:	0.5 m/s N	Clima:	Soleado	
Oleaje:	0.47 m	Viento:	7.4 m/s N	
<u>Segundo trimestre</u>		Fecha:	11/05/2021	
Corriente:	0.6 m/s W	Clima:	Nublado	
Oleaje:	0.3m	Viento:	3.9 m/s W	
<u>Tercer trimestre</u>		Fecha:	10/09/2021	
Corriente:	0.2 m/s W	Clima:	Nublado	
Oleaje:	0.5 m	Viento:	6 m/s SE	
<u>Cuarto trimestre</u>		Fecha:	04/11/2021	
Corriente:	0.03 m/s NO	Clima:	Nublado	
Oleaje:	0.15m	Viento:	4 m/s N	
<b>Estaciones muestreadas</b>				
<b>Estación</b>	<b>Localización UTM ED 50</b>		<b>Profundidad (m)</b>	<b>Distancia a costa (m)</b>
AR.SP1	702183	4189682	32.7	5000
AR.SP2	702683	4189682	37.2	5450
AR.SP3	701683	4189182	32	4200
AR.SP4	701683	4188682	32.2	4300
AR.SP5	701183	4189682	31.7	3950
AR.SP6	700683	4189682	28.8	3450
AR.SP7	701683	4190182	34.3	4500
AR.SP8	701683	4190682	31.1	4500
AR.SP9	701683	4189682	33.4	4450
AR. SP10	697228	4191354	2.6	230
AR. SP11	697323	4190854	3.1	280
AR. SP12	697415	4190362	2.8	280

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

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

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

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

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

### **Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.**

Primer trimestre Fecha: 28/01/2021  
Corriente: 0.6 m/s E Clima: nublado  
Oleaje: 0.82 m W Viento: 5.9 m/s SO

Segundo trimestre Fecha: 18/06/2021  
Corriente: 0.2 m/s sE Clima: soleado  
Oleaje: 0.2 m Viento: 2 m/s NE

Tercer trimestre Fecha: 16/09/2021  
Corriente: 0.5 m/s E Clima: Soleado  
Oleaje: 0.47 m Viento: 1.9 m/s S

Cuarto trimestre Fecha: 23/11/2021  
Corriente: 0.5 m/s SE Clima: Soleado  
Oleaje: 0.3 m Viento: 5 m/s N

### **Estaciones muestreadas**

**Código estación:** N1

**Localización UTM E50:** 701416 4191683

**Distancia a la costa:** 4450 m

**Profundidad:** 34.3 m

**Tipo de sustrato:** fangos



**Código estación:** N2

**Localización UTM E50:** 701685 4191645

**Distancia a la costa:** 4700 m

**Profundidad:** 34.4 m

**Tipo de sustrato:** fangos



**Código estación:** N3

**Localización UTM E50:** 702050 4191445

**Distancia a la costa:** 5000 m

**Profundidad:** 35.6 m

**Tipo de sustrato:** fangos



<p><b>Código estación:</b> N4 <b>Localización UTM E50:</b> 702748 4191604 <b>Distancia a la costa:</b> 5750 m <b>Profundidad:</b> 36.2 m <b>Tipo de sustrato:</b> arenas</p>	
<p><b>Código estación:</b> V1 <b>Localización UTM E50:</b> 701433 4189681 <b>Distancia a la costa:</b> 4100 m <b>Profundidad:</b> 33 m <b>Tipo de sustrato:</b> fangos</p>	
<p><b>Código estación:</b> V2 <b>Localización UTM E50:</b> 701706 4189727 <b>Distancia a la costa:</b> 4450 m <b>Profundidad:</b> 33.8 m <b>Tipo de sustrato:</b> arenas</p>	
<p><b>Código estación:</b> V3 <b>Localización UTM E50:</b> 701933 4189681 <b>Distancia a la costa:</b> 4700 m <b>Profundidad:</b> 32 m <b>Tipo de sustrato:</b> arenas</p>	
<p><b>Código estación:</b> V4 <b>Localización UTM E50:</b> 702683 4189681 <b>Distancia a la costa:</b> 5450 m <b>Profundidad:</b> 37.4 m <b>Tipo de sustrato:</b> fangos</p>	
<p><b>Código estación:</b> S1 <b>Localización UTM E50:</b> 701454 4187729 <b>Distancia a la costa:</b> 3850 m <b>Profundidad:</b> 28.9 <b>Tipo de sustrato:</b> arenas</p>	
<p><b>Código estación:</b> S2 <b>Localización UTM E50:</b> 701958 4187682</p>	

**Distancia a la costa:** 4400 m

**Profundidad:** 32.7

**Tipo de sustrato:** arenas

**Código estación:** S3

**Localización UTM E50:** 702721 4187690

**Distancia a la costa:** 5100 m

**Profundidad:** 33.4 m

**Tipo de sustrato:** arenas, rocas

**Código estación:** S4

**Localización UTM E50:** 702792 4187719

**Distancia a la costa:** 5250 m

**Profundidad:** 32.8 m

**Tipo de sustrato:** arenas, rocas

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

**Control de la pradera de *Posidonia oceanica*.**

**Periodicidad muestreo:** Anual

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

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

**Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.**

Fecha: 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*



**Código estación:** L3

**Localización UTM E50:** 700064 4190595

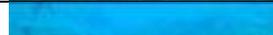
**Distancia a la costa:** 3000 m

**Profundidad:** 26

**Tipo de sustrato:** Arena y *Posidonia oceanica*



**Código estación:** L4



**Localización UTM E50:** 700228 4189906

**Distancia a la costa:** 3150 m

**Profundidad:** 25.3

**Tipo de sustrato:** Arena y *Posidonia oceanica*

---

**Código estación:** L5

**Localización UTM E50:** 700704 4188453

**Distancia a la costa:** 3300 m

**Profundidad:** 25.7

**Tipo de sustrato:** Arena y *Posidonia oceanica*

---



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

### 2.3.2. – Métodos de muestreo.

#### **Control de aguas receptoras**

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

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

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

y potencial redox se midió in situ empleando una sonda pHmetro Crison 507. Los valores de temperatura y salinidad profunda se obtuvieron con un registrador de conductividad, temperatura y profundidad RBR XR-420-CTD. Adicionalmente en cada estación se realizaron transectos de videocámara para análisis de las especies indicadoras.

En base a lo establecido en la “Resolución de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se formula informe Ambiental sobre “Modificación de las condiciones de la DIA del proyecto Nueva Desaladora del Nuevo Canal de Cartagena en San Pedro del Pinatar (Murcia)” “ (SGEA/GGH/fjs/20160080), firmada con fecha 24 de noviembre de 2017, durante la campaña actual no se han realizado los muestreos con draga Van Veen en las estaciones correspondientes al transecto sur. De modo que en este transecto únicamente se realizarán 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
<b>Control de aguas receptoras</b>		
Muestras de agua	Botella Niskin. Botella de agua operada con mensajero	ISO 5667-2. Apartado 6.3.2.2
Oxígeno disuelto y pH	Sonda multiparamétrica HANNA HI 769828. Método	ITC-MMA.EECC-1/06 Pp. 84, 85, 87

	electrométrico	
Temperatura y salinidad	RBR XR-420-CTD. Termometría y Electrometría	ITC-MMA.EECC-1/06 Pp. 91,
Transparencia	Disco de Secchi	ITC-MMA.EECC-1/06 p 89
<b>Control de sedimentos y organismos.</b>		
Sedimento	Draga Van Veen	ISO 16665 Apartado B.2.1 ISO 5667-2 Apartado 6.3.2.3.
<b>Pradera de <i>Posidonia oceanica</i></b>		
Cobertura <i>Posidonia oceanica</i>	Buceo escafandra autónoma. Cinta métrica	Descrita en apartado correspondiente
Densidad <i>Posidonia oceanica</i>	Buceo escafandra autónoma. Cuadrados 40x40cm	
Haces de <i>Posidonia oceanica</i>	Buceo escafandra autónoma.	

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

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

### 2.3.3. – Métodos de análisis.

#### Control de aguas receptoras

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

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

**Tabla 2.6.** Métodos de análisis para aguas receptoras límite de cuantización máximo. En base a lo establecido en la Instrucción técnica complementaria sobre

determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas (ITC-MMA.EECC-1/06).

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

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

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

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

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

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

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

Inicialmente se procedió a separar el haz del rizoma, manteniendo siempre el rango de inserción de las hojas. Las hojas separadas se conservaron en una

bandeja con agua para evitar su desecación durante el periodo de manipulación, en el que se procedió a la desepifitación de las hojas y a la toma de las siguientes medidas

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

#### **2.3.4.- Análisis de los datos.**

##### **Control de aguas receptoras**

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

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

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

En lo referente al análisis de la comunidad de infauna, en primer lugar, se representaron los valores la abundancia y riqueza del total de la fauna y de

poliquetos mediante histogramas, así como los valores de la diversidad y equitatividad de poliquetos y del índice BOPA, este último adaptado para su empleo en la evaluación de impactos generados por vertidos de salmuera. Para el análisis estadístico se aplicó un método univariante mediante análisis de la varianza (ANOVA), para definir el efecto de los factores considerados (transecto y distancia). Se incluyó el factor tiempo para la evolución temporal, en el que se comparan por separado las distintas campañas de muestreo de verano de 2020 y 2021.

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

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

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

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

entre 0 y 0.2. Valores mayores de estrés se corresponden con distribuciones al azar de las muestras dentro de la ordenación.

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

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

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

<b>Parámetro</b>	<b>Representación gráfica y prueba estadística</b>
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,  $\mu$  es la media total,  $T_i$  es el factor tiempo,  $L_j$  es el factor localidad, y  $TxL_{ij}$  es la interacción entre ambos factores.  $\text{Residual}_{n(ij)}$  es el término que recoge la variabilidad entre las muestras.

Cuando el ANOVA dio resultados significativos se empleó el test de comparación múltiple SNK (Student-Newman-Keuls), con el fin de determinar las diferencias específicas entre las localidades. Todos los cálculos fueron realizados con el programa estadístico 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*.

<b>Parámetro</b>	<b>Representación grafica</b>	<b>Prueba estadística</b>
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 2021 (anexos 3, 4, 5, 6).

Además, se adjunta tabla de consumo de reactivos durante el año 2021 para las diferentes plantas.

	IDAM San Pedro I	IDAM San Pedro II
Hipoclorito sódico	200.479	127.206
Ácido sulfúrico	1.009.280	800.448
Dispersante	38.178	23.300
CO2	153.241	228.340
Hidróxido cálcico	536.882	359.790
Biocida	695	1.075
Antiespumante	0	245
Metabisulfito sódico	4.250	0
Hidróxido sódico	0	72.623

**Tabla 3.1.** Consumo de reactivos en kilogramos durante el año 2021.

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

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

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

El análisis de las filmaciones submarinas tomadas con 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 uniones embridadas entre los tramos identificados. Además, tal y como se

indicó en la revisión estructural del año 2021, no se han detectado fugas en la pieza de reparación del carrete metálico del tramo n.º 4 (Fig. 22). Sin embargo, se ha identificado que el estado estructural de las mantas hormigonadas desde el tramo n.º 7 está muy 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 elementos de protección desde el tramo de la pieza difusora hasta el tramo n.º 6 es generalmente correcto. Asimismo, 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”, se han observado numerosos lastres con una funcionalidad incompleta. Por un lado, se ha observado un gran número de lastres de protección en “U” que presentan holguras de > 5 cm respecto al emisario, principalmente desde el tramo n.º 1 - 4, en los cuales no se han realizado ninguna acción de retacado. Por otro lado, se han identificado algunos lastres en “U” tumbados sobre el lomo de la tubería, principalmente desde el tramo n.º 3 - 5, y el tramo n.º 8, que además en algunos casos presentan holguras de gran envergadura, mostrando que han perdido su funcionalidad de protección. Los lastres con holguras de > 5 cm y/o tumbados respecto a la conducción principal, representan aproximadamente un 40% del total de lastres en “U” desde el tramo n.º 1 - 4.

Además, se han identificado algunos lastres de protección en los cuales se realizaron labores de retacado con sacos de mortero, entre los tramos n.º 5 – 10, y tramo n.º 3. Sin embargo, se ha observado que principalmente entre los tramos n.º 6 – 10, algunos de los lastres de protección han perdido sus sacos, que podría ser debido a la acción de agentes externos, como podrían ser las condiciones oceanográficas y/o meteorológicas, que han ido afectando desde que se realizó la última labor de retacado.

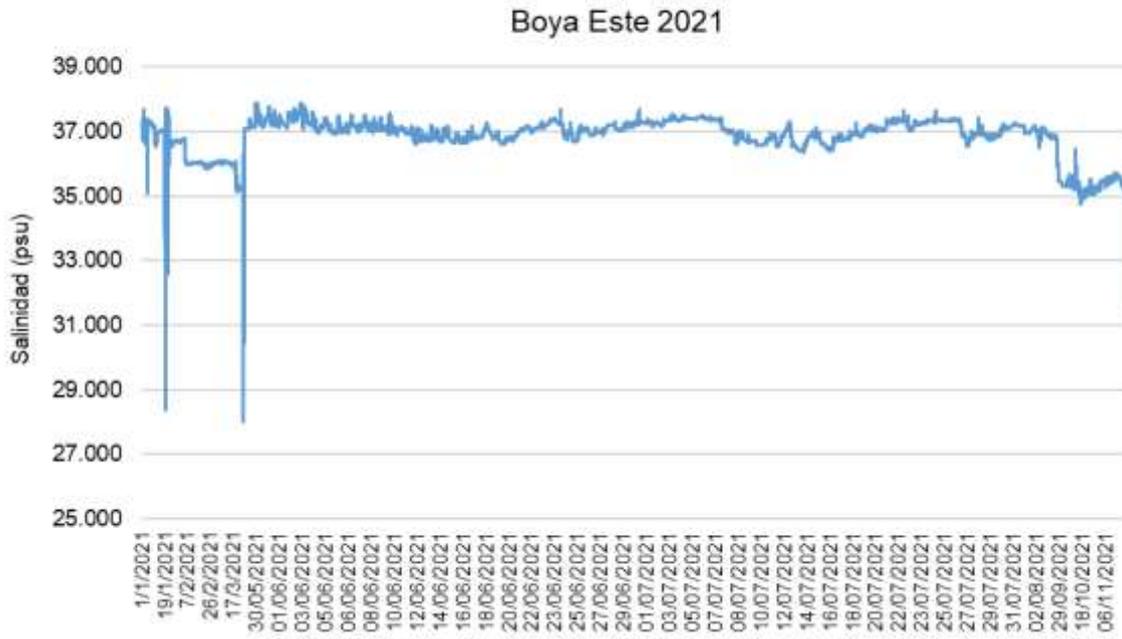
Los resultados muestran que desde el tramo n.º 7 hay numerosas mantas hormigonadas de protección muy deterioradas. Por un lado, los tramos n.º 7 y 8

presentan un gran número de 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. Por otro lado, los tramos n.º 9 y 10 se encuentran en un estado aparentemente correcto, que podría ser debido al alto grado de enterramiento por completo de gran parte de las secciones del emisario en estos tramos, sin embargo, se ha identificado un gran número de mantas con holguras que podrían terminar con fisuras y/o roturas como se ha observado en los tramos descritos anteriormente.

Tras los resultados obtenidos en la inspección estructural del emisario, se recomienda revisar las mantas hormigonadas en estado deteriorado desde el tramo n.º 7, tal y como se indicó en el informe de revisión estructural del año 2021. Además, se aconseja realizar labores de retacado y/o reparación en los lastres en “U” que presentan holguras de gran envergadura y/o en los lastres tumbados que han perdido por completo su función de protección respecto a la conducción principal.

### **3.2.2 Resultados de los sensores conectados a las boyas.**

Los valores de salinidad registrados por las boyas este y oeste situada en el curso del emisario se indican en las figuras 3.1 y 3.2.



**Figura 3.1.** Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya este en 2021.



**Figura 3.2.** Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya oeste en 2021.

### **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, 3.2, 3.4 y 3.5.

## Invierno 2021

SUPERFICE	SP1S	SP2S	SP3S	SP4S	SP5S	SP6S	SP7S	SP8S	SP9S	SP10S	SP11S	SP12S
Distancia al vertido	500 m	1000 m	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	VERTIDO	COSTA	COSTA	COSTA
X (UTM)	702183	702683	701683	701683	701183	700683	701683	701683	701683	697228	697323	697415
Y (UTM)	4189682	4189682	4189182	4188682	4189682	4189682	4190182	4190682	4189682	4191354	4190854	4190362
Fecha	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021
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)	0.45	0.62	0.41	0.63	1.20	0.41	0.6	0.71	0.26	0.77	0.84	0.80
Sólidos suspensión (mg/L)	1	1	1	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Amonio (mg/L)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitratos (mg/L)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Nitritos (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fósforo total (µg/L)	30	23	31	41	27	24	30	30	43	28	17	35
Hierro (µg/L)	25	15	25	7.8	6.9	25	10	10	17	8.3	5.9	12
Níquel (µg/L)	1.4	1.5	0.7	1.0	0.5	3.3	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	0.6
Cobre (µg/L)	7.4	2.8	3.6	3.5	4.9	3.3	2.7	2.9	1.7	1.4	1.7	2.3
Salinidad (‰)	37.24	37.28	37.21	37.23	37.24	37.22	37.10	37.22	37.01	37.06	37.15	37.12
Densidad (g/cm3)	27.68	27.71	27.66	27.65	27.67	27.63	27.65	27.62	27.14	27.45	27.52	27.36
pH (U. pH.)	8.13	8.16	8.18	8.17	8.17	8.16	8.15	8.15	8.15	8.14	8.15	8.18
Oxígeno disuelto (%/ppm)	13.2	11	13.3	14	16.4	18.8	27.5	24.1	25.6	28.1	27.7	31.2
Temperatura (°C)	15.13	15.09	15.10	15.19	15.16	15.43	15.57	15.45	16.66	15.23	15.51	15.82
Transparencia (m.)	16.5	15.5	18.5	18	16	12.5	15	15.5	16.5	Fondo	Fondo	Fondo
Profundidad (m.)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

2021

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	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021	24/03/2021
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)	9.8	11.76	6.44	6.27	2.34	2.49	11.09	14.70	57.8	20.6	16.02	11.78
Sólidos suspensión (mg/L)	7.0	9.0	3	10	1	1	17	15	18	8	28	17
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)	170	42	64	33	229	39	105	19	21	38	17	27
Hierro (µg/L)	89	40	24	15	23	14	16	25	75	184	20	14
Níquel (µg/L)	1.3	1.1	1.2	0.7	1.0	0.4	0.4	0.5	0.5	1.2	0.5	0.4
Cobre (µg/L)	8.2	4.0	3.2	2.4	2.1	1.5	1.9	1.0	1.3	2.5	1.4	1.8
Salinidad (‰)	37.69	37.71	37.66	37.39	37.45	37.27	37.82	37.75	38.49	37.23	37.23	37.21
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	28.25	28.31	28.23	28.00	28.03	27.88	28.34	28.31	28.85	27.71	27.71	27.68
pH (U. pH.)	8.19	8.2	8.2	8.21	8.2	8.19	8.2	8.17	8.19	8.2	8.17	8.20
Oxígeno disuelto (%/ppm)	90/7,96	82,6/7,36	62,5/6,13	80,2/7,15	88/7,56	86/7,6	72,1/6,44	73,4/6,4	70,2/6,23	100/8,80	98/8,7	100/8,9
Temperatura (°C)	14.75	14.67	14.71	14.77	14.84	14.90	14.82	14.713	14.84	14.98	14.98	15.05
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 2021

SUPERFICE	SP1S	SP2S	SP3S	SP4S	SP5S	SP6S	SP7S	SP8S	SP9S	SP10S	SP11S	SP12S
Distancia al vertido	500 m	1000 m	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	VERTIDO	COSTA	COSTA	COSTA
X (UTM)	702183	702683	701683	701683	701183	700683	701683	701683	701683	697228	697323	697415
Y (UTM)	4189682	4189682	4189182	4188682	4189682	4189682	4190182	4190682	4189682	4191354	4190854	4190362
Fecha	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021
Hora	9:50	10:02	10:20	10:30	10:45	10:58	11:14	11:28	11:41	12:04	12:11	12:19
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	0.23	0.31	1.44	1.62	0.41	0.29	0.64	0.35	0.55	0.83	0.65	1.37
Sólidos suspensión (mg/L)	1	2	2	< 1	2	3	1	1	2	4	1	< 1
Amonio (mg/L)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitratos (mg/L)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Nitritos (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Fósforo total (µg/L)	38	31	70	43	43	49	39	39	43	38	43	45
Hierro (µg/L)	10	7.1	12	61	3.3	17	2.5	2.2	2.9	51	4.1	28
Níquel (µg/L)	0.8	0.6	1.1	0.8	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6
Cobre (µg/L)	13	12	8.0	7.3	5.4	14	6.3	3.9	3.9	4.4	3.5	3.9
Salinidad (‰)	37.16	37.16	37.21	37.22	37.18	37.22	37.16	37.19	37.26	37.24	37.28	37.28
Densidad (g/cm3)	26.91	27.12	26.93	26.87	26.93	26.95	26.92	26.95	27.00	27.07	27.13	27.10
pH (U. pH.)	8,39	8,22	8,23	8,24	8,2	8,16	8,1	8,2	8,23	8,31	8,3	8,33
Oxígeno disuelto (%/ppm)	91,9/8,1	91,1/8	89,1/7,8	89/7,8	89,1/7,8	88,4/7,8	87,4/7,6	85,9/7,5	86,3/7,5	89,7/7,8	92,3/8,03	90,3/7,9
Temperatura (°C)	18.08	17.66	18.15	18.22	18.07	18.11	18.02	18.03	18.04	17.68	17.56	17.69
Transparencia (m.)	10.5	7.5	6.5	7.5	8	8.5	10.5	8.5	7.5	FONDO	FONDO	FONDO
Profundidad (m.)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

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

2021

FONDO	SP1F	SP2F	SP3F	SP4F	SP5F	SP6F	SP7F	SP8F	SP9F	SP10F	SP11F	SP12F
Distancia al vertido	500 m	1000 m	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	VERTIDO	COSTA	COSTA	COSTA
X (UTM)	702183	702683	701683	701683	701183	700683	701683	701683	701683	697228	697323	697415
Y (UTM)	4189682	4189682	4189182	4188682	4189682	4189682	4190182	4190682	4189682	4191354	4190854	4190362
Fecha	20/04/2021	20/04/2021	20/04/2021	20/04/2021	20/04/2021	20/04/2021	20/04/2021	20/04/2021	20/04/2021	20/04/2021	20/04/2021	20/04/2021
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)	41	29.4	43.1	14.4	3.78	2.46	6.74	7.47	3.3	1.1	1.7	1.78
Sólidos suspensión (mg/L)	43	< 1	23	9	1	1	4	9	2	< 1	< 1	< 1
Amonio (mg/L)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nitratos (mg/L)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Nitritos (mg/L)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.03	< 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)	741	66	63	89	85	80	59	60	57	66	77	84
Hierro (µg/L)	17	18	21	24	7.2	8.8	5.3	3.7	5.3	6.9	89	5.5
Níquel (µg/L)	1.0	0.7	0.8	1.0	0.8	1.2	0.6	0.6	0.5	1.1	0.7	0.8
Cobre (µg/L)	7.8	3.6	12	13	6.6	6.0	4.6	4.2	2.7	2.4	2.5	2.6
Salinidad (‰)	38.25	38.13	37.85	37.80	37.58	37.67	38.16	37.73	38.28	37.24	37.21	37.25
Densidad (g/cm3)	28.62	28.53	28.31	28.25	28.09	28.11	28.53	28.25	28.63	27.08	27.06	27.07
pH (U. pH.)	8,23	8,17	8,21	8,21	8,12	8,17	8,21	8,13	8,2	8,34	833	8,34
Oxígeno disuelto (%/ppm)	88,6/7,8	86,7/7,6	91,4/8,1	87,6/7,7	77/6,7	85,7/7,5	83,4/7,3	82,9/7,2	85,7/7,5	93,6/8,1	92,9/8,1	90,3/7,9
Temperatura (°C)	15.08	15.09	15.01	15.09	15.089	15.24	15.14	14.94	15.09	17.69	17.67	17.75
Profundidad (m.)	37.9	37,2	32,0	32,2	31,7	28,8	34,3	31,1	33,4	2,6	3,1	2,8

**Verano 2021**

SUPERFICE	SP1S	SP2S	SP3S	SP4S	SP5S	SP6S	SP7S	SP8S	SP9S	SP10S	SP11S	SP12S
Distancia al vertido	500 m	1000 m	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	VERTIDO	COSTA	COSTA	COSTA
X (UTM)	702183	702683	701683	701683	701183	700683	701683	701683	701683	697228	697323	697415
Y (UTM)	4189682	4189682	4189182	4188682	4189682	4189682	4190182	4190682	4189682	4191354	4190854	4190362
Fecha	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021
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)	2,75	1,92	1,4	1,59	1,37	1,74	1,64	1,63	1,09	2,91	1,51	1,90
Sólidos suspensión (mg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	30	99	35	20	20	24	14	19	19	13	32	26
Hierro (µg/L)	14	9,8	20	7,1	10	8,0	4,3	4,3	8,9	3,9	5,0	21
Níquel (µg/L)	2,8	0,6	1,4	1,0	< 0,4	1,7	< 0,4	1,0	< 0,4	0,4	< 0,4	1,6
Cobre (µg/L)	3,3	2,4	8,3	1,4	2,5	2,1	1,5	1,7	2,0	1,4	1,6	2,0
Salinidad (‰)	36.93	36.91	36.94	36.93	36.94	36.98	36.93	36.93	36.92	-	-	-
Densidad (g/cm3)	25.38	25.36	26,00	25,37	25.38	25.39	25.38	25.38	25.37	-	-	-
pH (U. pH.)	8,17	8,17	8,17	8,17	8,17	8,16	8,17	8,18	8,18	-	-	-
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	23.10	23.1	23.1	23.10	23.11	23.19	23.09	23.10	23.09	-	-	-
Transparencia (m.)	16	16	20	19	21	19	17.5	16	20	FONDO	FONDO	FONDO
Profundidad (m.)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

2021

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	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021	21/10/2021
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)	1,2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	12	5,20	8,21	5,72	8,25	12,06	2,61	9,05	3,83	2,07	1,75	3,0
Sólidos suspensión (mg/L)	15	2	7	8	4	14	< 1	7	< 1	7	1	1
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,03	< 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)	30	22	25	30	19	24	16	19	21	22	23	25
Hierro (µg/L)	28	18	78	34	15	16	14	14	16	20	12	11
Níquel (µg/L)	0,8	< 0,4	1,4	3,1	6,7	1,4	1,0	1,3	3,4	3,0	1,5	1,1
Cobre (µg/L)	7,8	3,5	3,3	3,6	2,1	2,2	2,6	1,8	2,5	2,4	3,2	2,4
Salinidad (‰)	37.17	37.12	37.16	37.01	37.05	37.02	37.13	37.03	37.15	-	-	-
Densidad (g/cm3)	27.41	27.34	27.09	26.8	26.29	26.86	26.93	26.98	30,06	-	-	-
pH (U. pH.)	8,2	8,2	8,19	8,17	8,19	8,19	8,18	8,15	8,15	8,17	8,15	8,15
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	18.90	16,84	17.82	18.75	22.06	22.06	17.84	17.95	17.86	-	-	-
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 2021

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	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021
Hora	9:26	9:37	9:54	10:05	10:20	10:36	10:53	11:12	11:28	11:53	12:03	12:13
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,0	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	6,5	1,4	< 1
Turbidez (NTU)	2,99	2,91	1,63	2,16	1,65	1,11	0,71	1,01	5,25	1,33	0,47	0,76
Sólidos suspensión (mg/L)	< 1	< 2	< 1	< 1	6	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	3,4	35	2,2	4,2	1,8	2,3	2,1	1,7	1,6	1,9	1,7	2,3
Hierro (µg/L)	9,2	90	4,5	2,9	5,1	4,9	6,4	7,2	2,9	7,1	6,3	4,5
Níquel (µg/L)	0,8	11	0,5	0,5	0,7	1,0	0,7	0,4	0,5	0,9	0,5	0,5
Cobre (µg/L)	11	22	13	15	15	16	15	16	17	15	17	16
Salinidad (‰)	36.82	36.83	36.82	36.80	36.82	36.80	36.82	36.83	36.68	36.68	36.82	36.81
Densidad (g/cm3)	25.83	25,84	25.83	25.82	25.83	25.82	25,84	25.87	26.14	26.13	26.12	26.05
pH (U. pH.)	8,18	8,2	8,17	8,17	8,18	8,17	8,2	8,18	8,19	8,16	8,15	8,16
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	21.20	21.16	21,19	21.19	21,19	21.19	21.15	21.09	19.64	19.65	20.09	20.38
Transparencia (m.)	22	20	20	20	20	20	21	21	20	FONDO	FONDO	FONDO
Profundidad (m.)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

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

2021

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	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021	04/11/2021
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	1,2	< 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)	2,63	1,96	6,53	1,63	8,13	11,26	3,08	25	9,69	14,3	3,18	7,24
Sólidos en suspensión (mg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	4	1	< 1	72	11	< 1	3	< 1
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,10	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	2,1	2,4	2,7	2,2	2,4	1,8	2,3	2,2	2,2	1,7	1,2	1,6
Hierro (µg/L)	16	3,8	23	6,2	2,6	4,7	2,4	2,8	4,1	5,4	3,7	7,2
Níquel (µg/L)	1,7	2,7	1,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	1,0
Cobre (µg/L)	17	16	18	17	18	16	16	15	15	13	13	13
Salinidad (‰)	37,24	37,18	37,01	37,01	37,14	36,92	36,89	37,13	36,68	36,47	36,74	36,76
Densidad (g/cm3)	27,37	27,42	27,06	26,91	26,54	26,93	26,69	27,29	25,99	25,99	26,12	26,03
pH (U. pH.)	8,17	8,17	8,17	8,16	8,17	8,17	8,2	8,18	8,21	8,16	8,17	8,15
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (°C)	17,10	16,73	17,44	17,51	17,96	17,59	18,66	17,05	19,62	19,63	19,97	20,32
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 2021 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 2021.

##### Granulometría

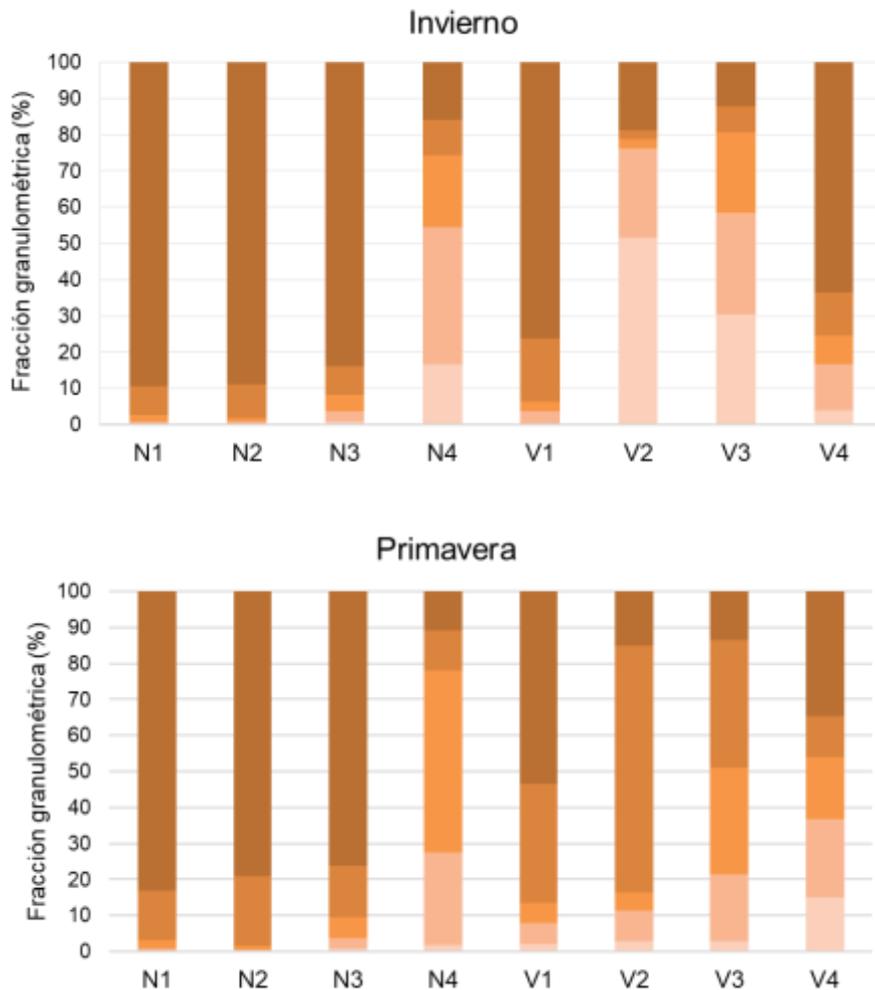
El análisis de la granulometría según la clasificación de Wentworth, muestra heterogeneidad en el sedimento de la zona de muestreo (Tabla 3.5, Figura 3.3). En el transecto situado al norte del vertido en las estaciones N1, N2 y N3 el sedimento está dominado por lutitas con un porcentaje superior al 70%.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

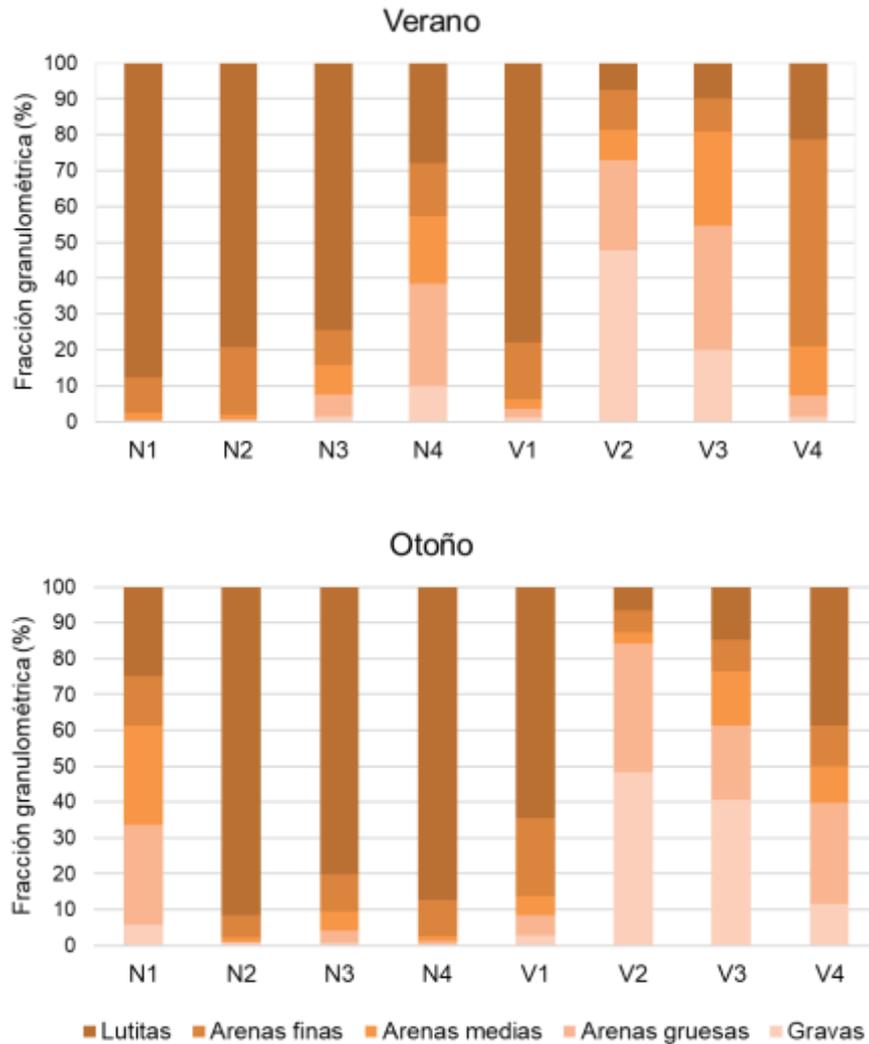
En el transecto correspondiente al vertido, en la estación V1 se observa un sedimento compuesto principalmente por lutitas. En la estación del vertido, V2, dominaron gravas excepto en primavera, con un mayor porcentaje de arena fina. El sedimento de la estación V3 está compuesto por las distintas fracciones granulométricas en porcentajes similares, con un incremento arenas medias durante la primavera. Mientras que en V4 dominan principalmente las lutitas excepto en verano, donde aumenta el porcentaje de arenas finas.

		Gravas	Arenas gruesas	Arenas medias	Arenas finas	Lutitas
N1	Invierno	0.31	0.62	1.73	7.98	89.35
	Primavera	0.12	0.70	2.36	13.83	82.99
	Verano	0.10	0.41	1.99	9.74	87.75
	Otoño	5.71	28.02	27.54	13.85	24.88
N2	Invierno	0.25	0.51	1.01	9.34	88.89
	Primavera	0.06	0.47	0.95	19.38	79.14
	Verano	0.20	0.44	1.36	18.76	79.24
	Otoño	0.60	0.46	1.20	6.17	91.57
N3	Invierno	0.75	2.86	4.48	7.94	83.97
	Primavera	0.81	2.88	5.75	14.43	76.13
	Verano	1.42	6.19	8.17	9.81	74.41
	Otoño	0.64	3.53	5.27	10.40	80.17
N4	Invierno	16.66	37.78	19.81	9.82	15.92
	Primavera	1.92	25.48	50.70	11.01	10.89

	<b>Verano</b>	9.85	28.59	18.82	14.97	27.78
	<b>Otoño</b>	0.39	0.92	1.18	10.26	87.26
<b>V1</b>	<b>Invierno</b>	0.37	3.28	2.81	17.42	76.11
	<b>Primavera</b>	2.06	5.80	5.60	33.03	53.50
	<b>Verano</b>	1.12	2.39	2.80	15.85	77.85
	<b>Otoño</b>	2.78	5.71	5.26	21.83	64.42
<b>V2</b>	<b>Invierno</b>	51.50	24.78	2.56	2.26	18.89
	<b>Primavera</b>	2.87	8.56	4.92	68.64	15.00
	<b>Verano</b>	47.87	25.00	8.53	10.97	7.63
	<b>Otoño</b>	48.28	35.95	3.06	6.19	6.53
<b>V3</b>	<b>Invierno</b>	30.44	28.14	22.05	7.18	12.18
	<b>Primavera</b>	2.85	18.49	29.67	35.62	13.37
	<b>Verano</b>	20.04	34.53	26.40	9.10	9.92
	<b>Otoño</b>	40.46	20.89	15.08	8.78	14.78
<b>V4</b>	<b>Invierno</b>	3.88	12.87	7.85	11.91	63.49
	<b>Primavera</b>	15.18	21.65	17.19	11.33	34.65
	<b>Verano</b>	1.62	5.65	13.79	57.66	21.29
	<b>Otoño</b>	11.56	28.35	9.97	11.33	38.79

**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 2021.

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, excepto en otoño que se clasifica como arena fangosa. V1 se clasifica como fango arenoso tanto en verano como en otoño. La estación del vertido, V2, se clasifica como arena fangosa en la misma proporción durante invierno y otoño, y arenoso durante verano y primavera. La estación V3 se clasifica como arenas durante todo el año, excepto en invierno y otoño, que presenta un porcentaje mayor de fangos. Por último, V4 se clasificó como arenas fangosas durante todo el año.

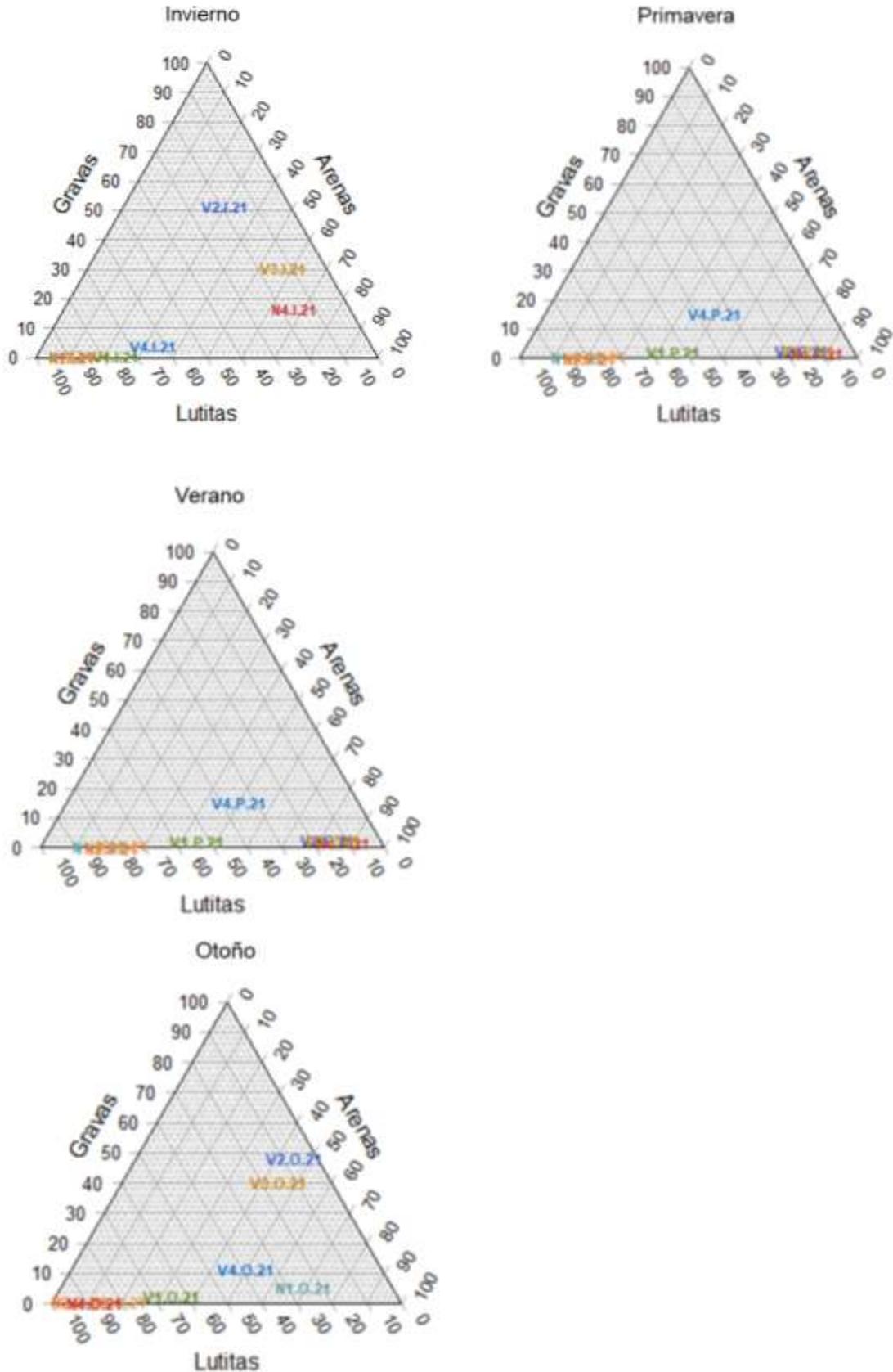


Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2021.

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

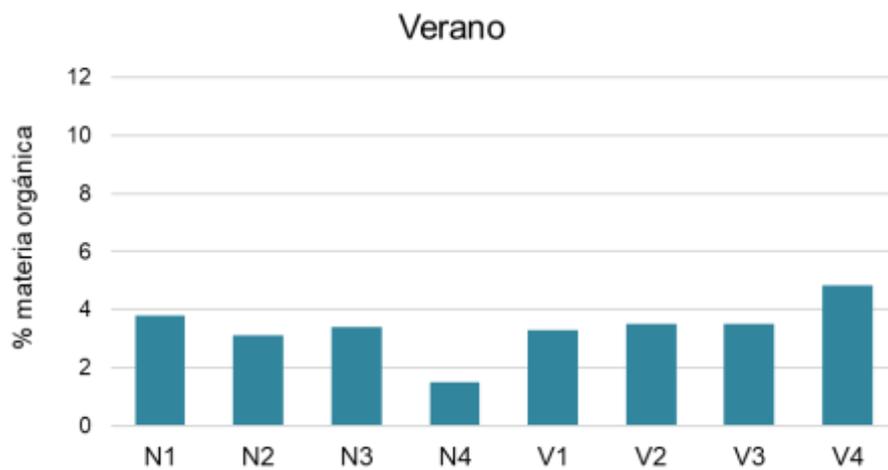
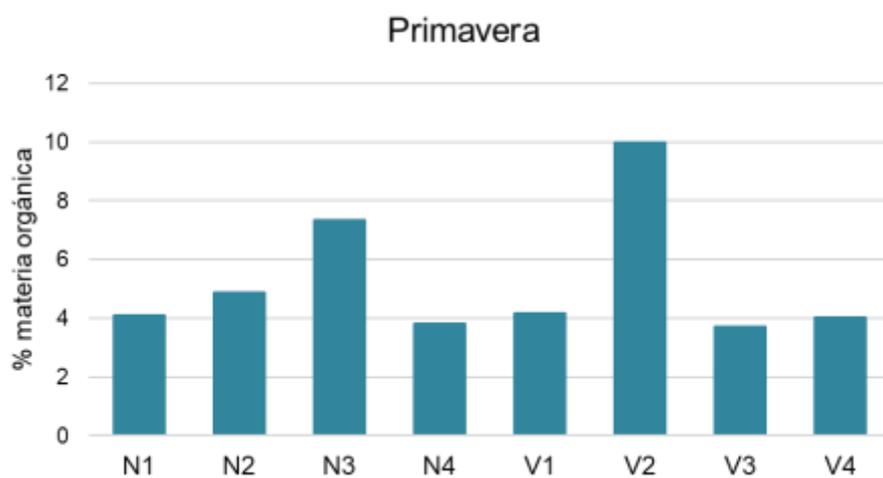
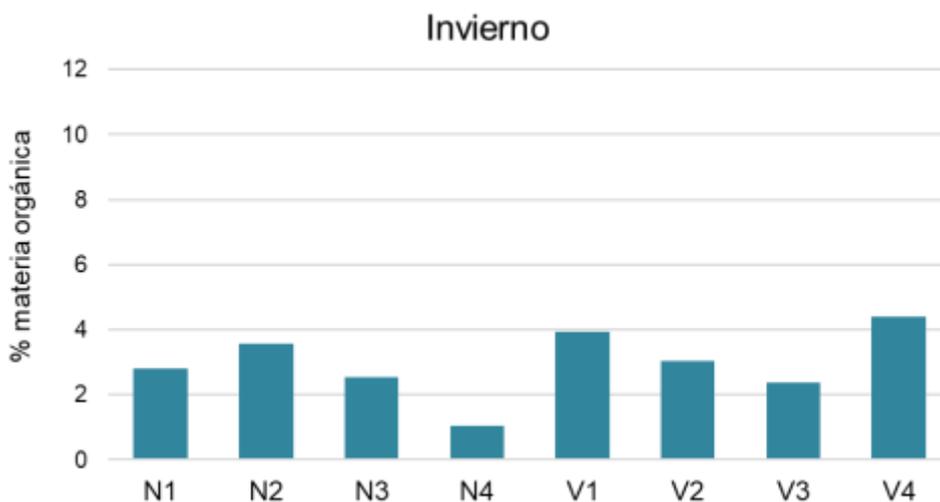
El mayor porcentaje de materia orgánica se obtiene en la estación V2 y N3 durante la campaña de primavera (9.99- 7.33%), mientras que el valor más bajo se obtuvo en la estación V4 durante las campañas de invierno y verano (1.05-1.5%), siendo además la estación que de manera general presentó valores más bajos, y V4 los valores más elevados (Tabla 3.6, figura 3.5).

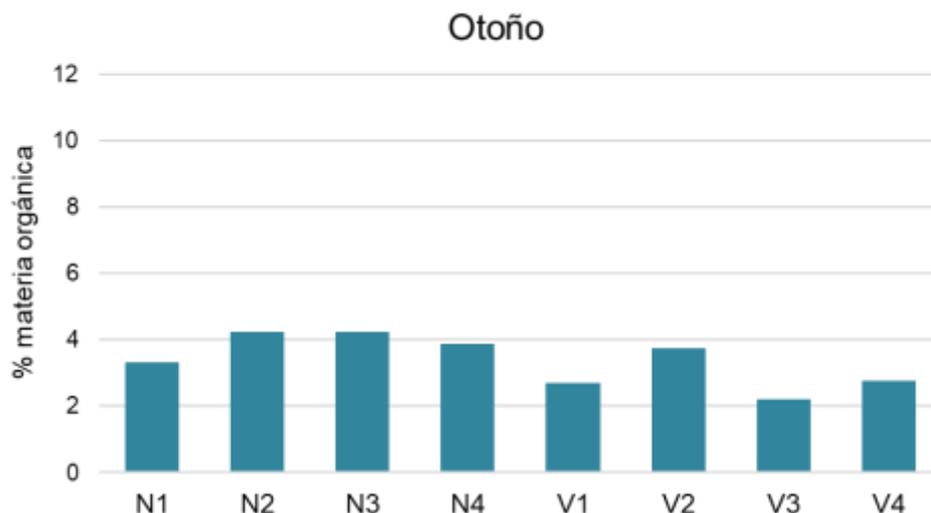
Los valores de pH oscilan entre 6.07 y 8.48, correspondiendo el valor más bajo a la estación N4 durante primavera; y el valor más alto a V4 durante la misma campaña (Tabla 3.6, figura 3.6).

El valor más alto de potencial redox (Tabla 3.6, Figura 3.7) se obtiene en invierno en la estación V1 (+142.8), mientras que el valor más reducido se obtiene en primavera en la estación N1 (-224) durante la campaña de primavera.

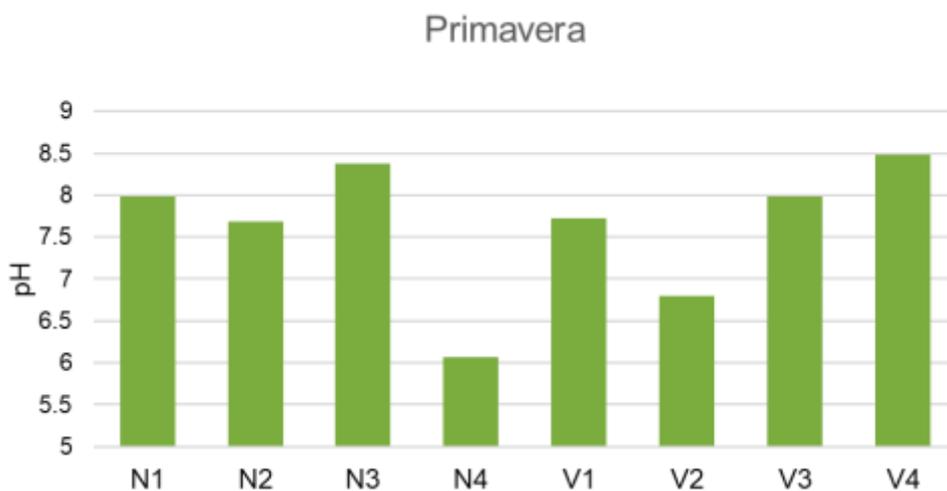
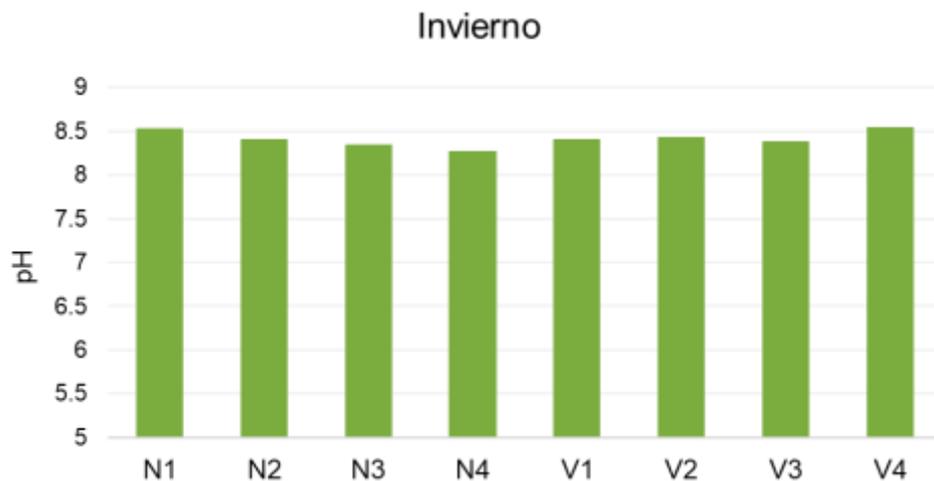
		N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
% M.O.	Invierno	2.80	3.55	2.53	1.05	3.92	3.04	2.36	4.38
	Primavera	4.10	4.87	7.33	3.82	4.18	9.99	3.71	4.04
	Verano	3.78	3.10	3.41	1.50	1.67	3.52	3.49	4.82
	Otoño	3.33	4.23	4.23	3.88	2.71	3.74	2.22	2.77
pH	Invierno	8.53	8.41	8.35	8.28	8.41	8.44	8.39	8.55
	Primavera	7.98	7.68	8.1	6.07	7.72	6.8	7.99	8.48
	Verano	7.72	7.63	7.52	7.61	7.80	8.07	8.31	7.65
	Otoño	7.69	7.78	7.1	7.82	7.73	7.92	7.85	7.97
RedOx	Invierno	-201	-149.3	-176.7	-91.6	142.8	-73.9	-202	-202
	Primavera	-224	-203	-184.4	-72.4	-210	-201	-25	-161
	Verano	-206	-221	-210	-201	-143	-35	-136	-146
	Otoño	-143	-154	-144	-100	-126	90	-34	173

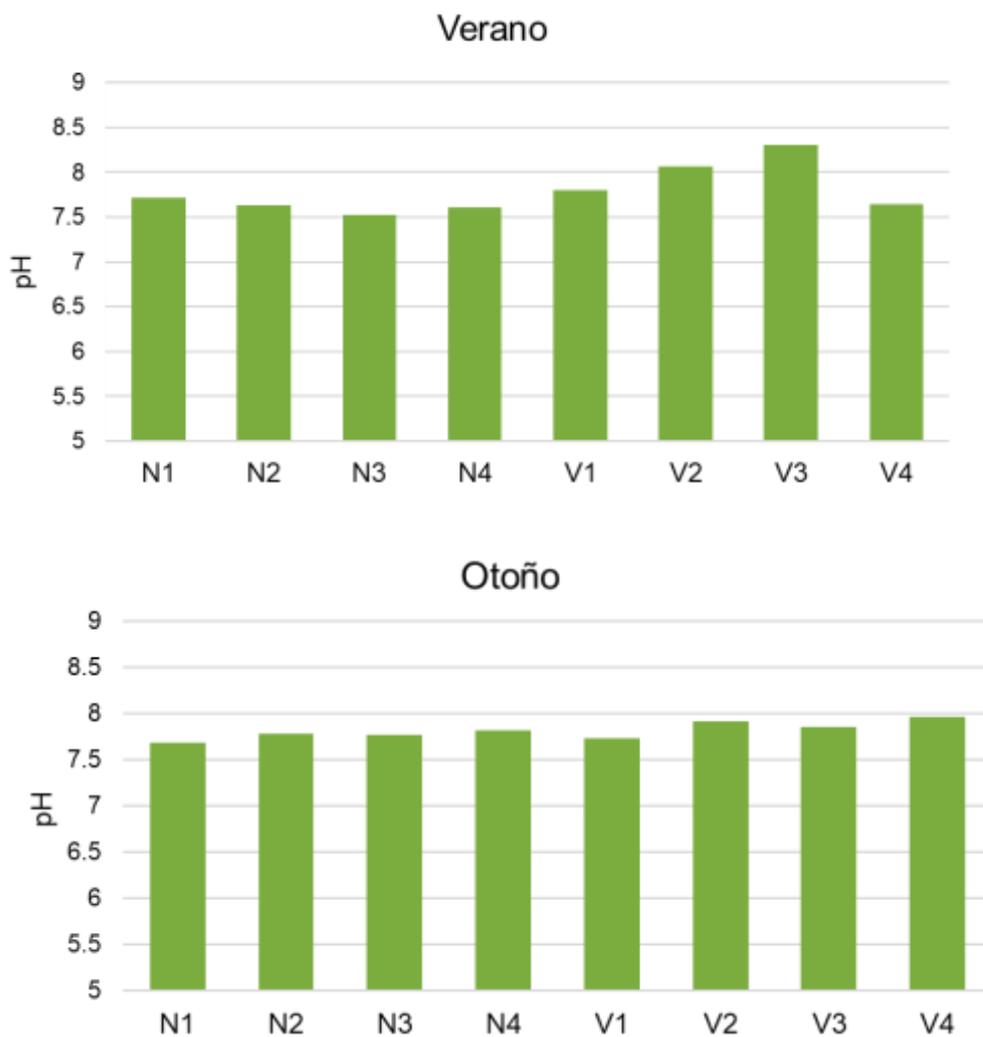
**Tabla 3.7.** Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial RedOx en cada estación para cada campaña del 2021.



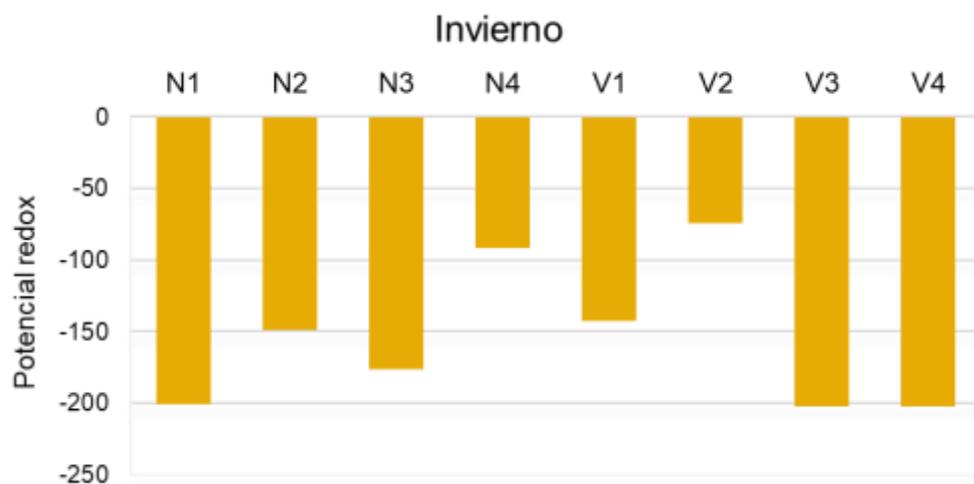


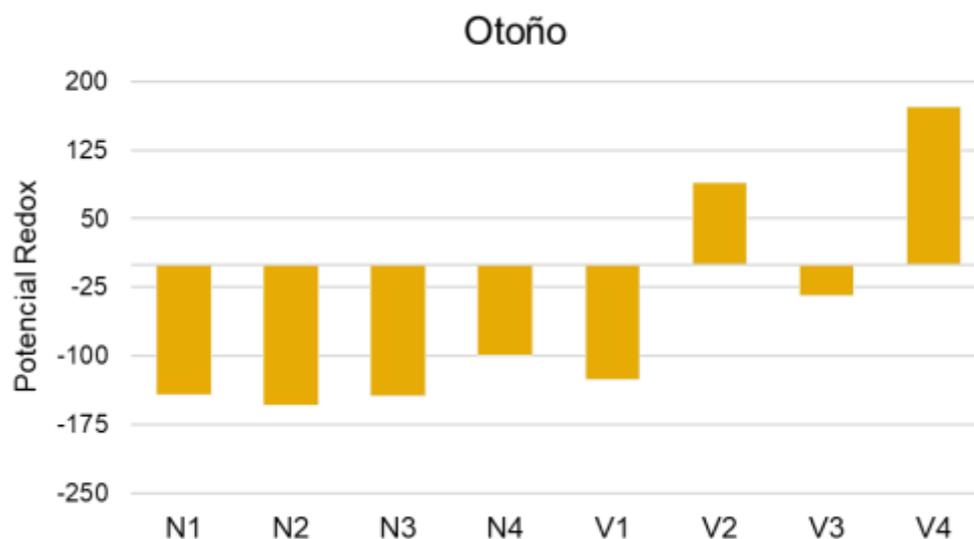
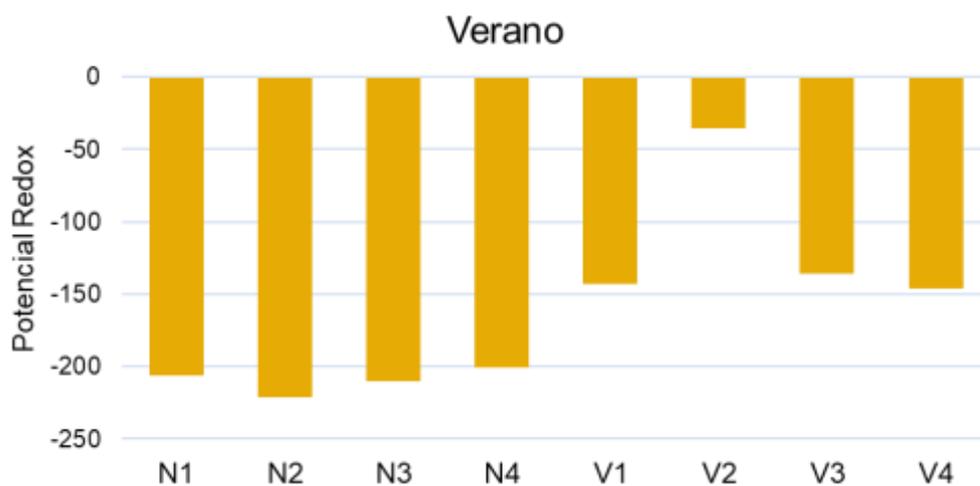
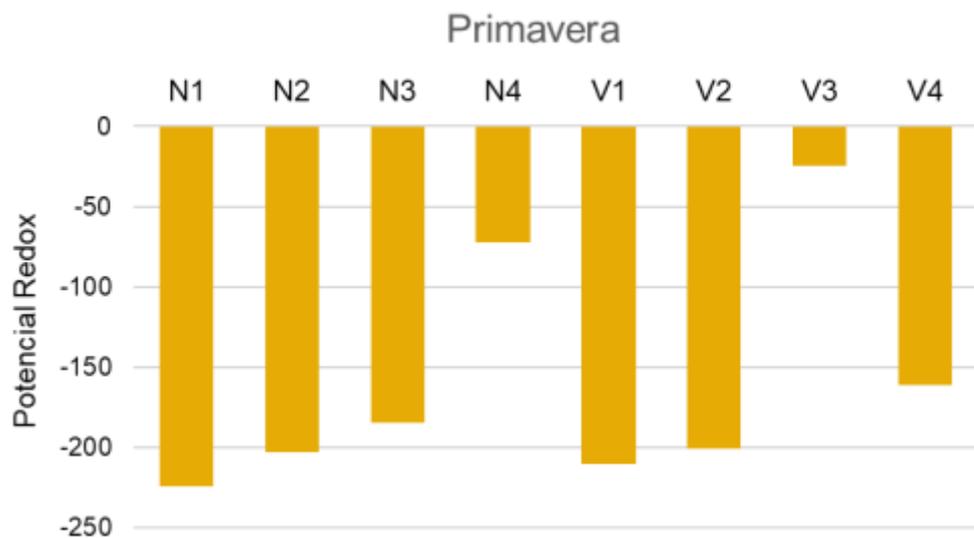
**Figura 3.5.** Representación del porcentaje medio de materia orgánica para cada estación y campaña de muestreo del 2021.





**Figura 3.6.** Representación del pH tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2021.





**Figura 3.7.** Representación del potencial redox tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2021.

Las muestras presentaron un contenido en Níquel entre 4.1 ppm y 10.2 ppm, en Hierro entre 0.4 % y 1.3 %, en Cromo entre 8.4 ppm y 34.8 ppm, en Zinc entre 4.2 ppm y 34.2 ppm y en Cobre entre un 1.7 ppm y 6.6 ppm. Destaca la estación N4 con la mayoría de los valores máximos de cada contaminante, especialmente durante el muestreo de primavera. Las siguientes estaciones con niveles más altos fueron V4 durante invierno y primavera (Tabla 3.7).

<b>Muestra</b>	<b>Ni (ppm)</b>	<b>Fe (%)</b>	<b>Cromo (ppm)</b>	<b>Zinc (ppm)</b>	<b>Cobre (ppm)</b>
<b>N1.I.21</b>	6.6	0.8	16.9	12.4	4.4
<b>N2.I.21</b>	5.2	0.6	18.0	10.7	3.1
<b>N3.I.21</b>	6.1	0.8	19.5	12.9	4.0
<b>N4.I.21</b>	7.7	1.0	28.0	27.5	5.5
<b>V1.I.21</b>	5.7	0.7	14.0	14.7	3.9
<b>V2.I.21</b>	6.4	0.7	17.8	14.1	4.3
<b>V3.I.21</b>	5.6	0.7	14.4	13.0	5.2
<b>V4.I.21</b>	9.0	1.0	26.4	34.2	5.5
<b>N1.P.21</b>	6.2	0.6	12.4	8.3	4.1
<b>N2.P.21</b>	2.8	0.4	9.0	4.2	1.7
<b>N3.P.21</b>	5.3	0.7	16.1	10.4	3.6
<b>N4.P.21</b>	10.2	1.3	34.8	33.4	6.6
<b>V1.P.21</b>	4.4	0.5	10.1	10.0	3.0
<b>V2.P.21</b>	6.9	0.7	18.6	14.2	4.7
<b>V3.P.21</b>	4.1	0.5	8.4	7.3	3.8
<b>V4.P.21</b>	7.5	0.9	22.0	25.9	4.6
<b>N1.V.21</b>	6.4	0.9	13.8	9.6	3.9
<b>N2.V.21</b>	4.3	0.5	16.8	4.6	2.7
<b>N3.V.21</b>	6.4	0.9	20.0	12.5	4.1
<b>N4.V.21</b>	7.0	0.9	24.0	23.5	4.5
<b>V1.V.21</b>	5.4	0.6	13.3	9.9	3.6
<b>V2.V.21</b>	6.3	0.7	16.8	13.3	4.0
<b>V3.V.21</b>	5.7	0.8	15.4	9.5	4.4
<b>V4.V.21</b>	7.3	0.8	21.7	15.6	4.7
<b>N1.O.21</b>	6.4	0.8	16.2	9.6	4.2
<b>N2.O.21</b>	4.3	0.7	12.5	4.6	2.0
<b>N3.O.21</b>	6.4	0.9	20.9	12.5	3.5
<b>N4.O.21</b>	7.0	0.9	25.1	23.5	4.7
<b>V1.O.21</b>	5.4	0.7	12.1	9.9	3.3

<b>V2.O.21</b>	6.3	0.6	17.8	13.3	3.9
<b>V3.O.21</b>	5.7	0.8	14.5	9.5	2.7
<b>V4.O.21</b>	7.3	0.9	18.4	15.6	4.3

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

### 3.5.2.- Fauna general en la campaña de invierno 2021.

Se han obtenido un total 3668 individuos clasificados en 23 grupos taxonómicos diferentes, entre los cuales dominan la clase Polychaeta con 2228 individuos (64.48%); seguida por la clase Bivalva con 378 individuos (10.96%) y el orden Amphipoda con 363 individuos (10.53%). Estos grupos están presentes en las ocho estaciones muestreadas (Tabla 3.8).

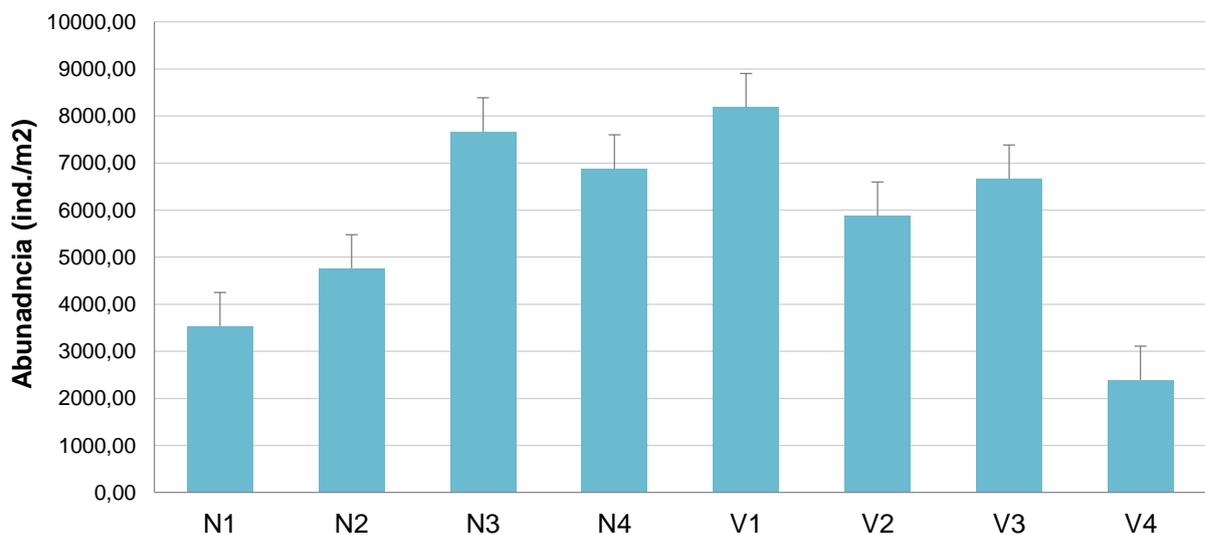
	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>
Hidrozoa	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	75.00	0.00	0.00
Nemertino	0.00	58.33	0.00	0.00	50.00	16.67	33.33	0.00
Nematoda	75.00	175.00	258.33	358.33	225.00	50.00	366.67	8.33
Polychaeta	1325.0	1783.33	3600.00	3566.67	3283.33	1766.67	2366.67	875.0
Platelminta	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	8.33	0.00	0.00
Sipuncula	0.00	50.00	0.00	41.67	25.00	25.00	25.00	0.00
Oligochaeta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ostracoda	8.33	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00	25.00	0.00
Copepoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00
Leptostraca	0.00	0.00	0.00	0.00	75.00	0.00	0.00	0.00
Cumacea	33.33	33.33	75.00	25.00	283.33	116.67	58.33	0.00
Mysidacea	0.00	0.00	8.33	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Tanaidacea	83.33	250.00	141.67	66.67	208.33	0.00	108.33	58.33
Isopoda	50.00	33.33	25.00	0.00	50.00	66.67	16.67	83.33
Amphipoda	408.33	358.33	391.67	216.67	766.67	400.00	241.67	241.67
Decapoda	8.33	25.00	16.67	0.00	33.33	33.33	8.33	8.33
Pycnogonida	8.33	0.00	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Placophora	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	100.00	0.00	0.00
Gastropoda	33.33	33.33	41.67	50.00	16.67	191.67	316.67	41.67
Bivalvia	241.67	275.00	475.00	125.00	350.00	883.33	591.67	208.33
Asteroidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ophiuroidea	58.33	83.33	50.00	58.33	33.33	16.67	116.67	66.67
Echinoidea	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	25.00	100.00	0.00
Holothurioidea	16.67	8.33	0.00	16.67	0.00	16.67	33.33	0.00
Cephalochordata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	8.33	0.00
Pennatulacea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tabla 3.9.** Abundancias medias (nº ind/m<sup>2</sup>) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación.

## **Análisis univariante**

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

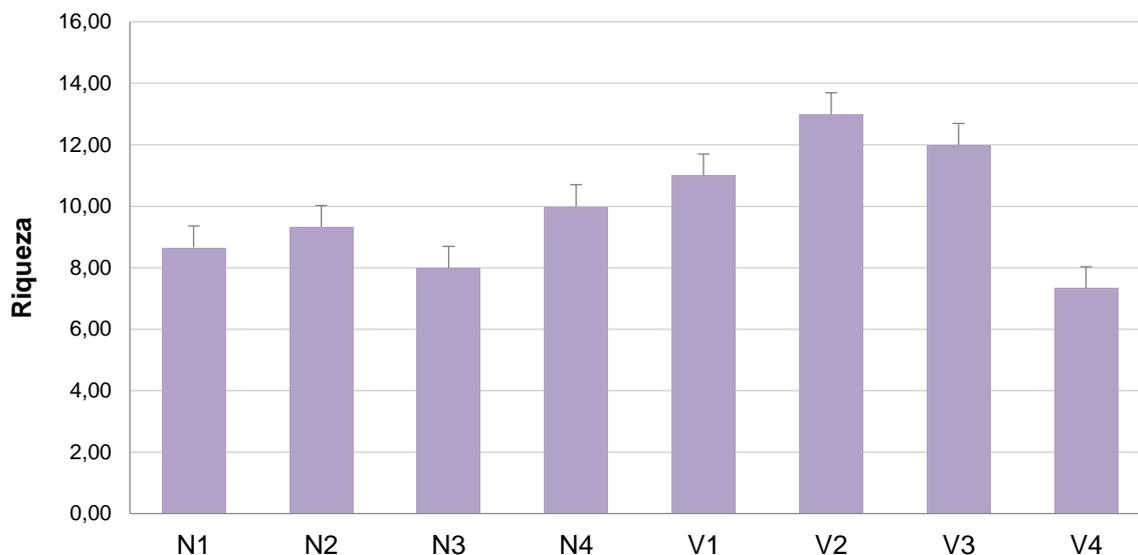
Por lo que se refiere a la abundancia, no se detectan diferencias significativas para ninguno de los factores analizados. El mayor valor de abundancia media (Figura 3.8) se encuentra en la estación en V1 (8182.96 ind/m<sup>2</sup>), y el valor más bajo de abundancia media se obtiene en la estación V4 (2393.48 ind/m<sup>2</sup>).



**Figura 3.8.** Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en invierno de 2021.

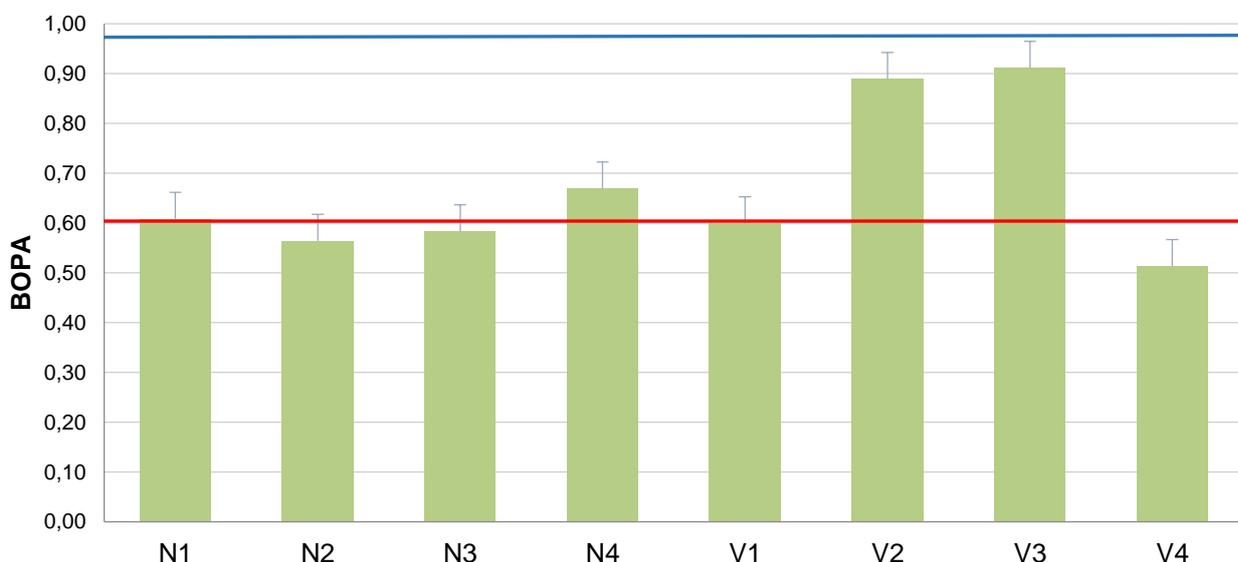
En el caso de la riqueza taxonómica tampoco se detectan diferencias significativas para ninguno de los factores analizados. Sin embargo, puede observarse como en el transecto vertido la riqueza alcanza su valor más bajo en la estación más profunda, mientras que en la estación norte es la estación más profunda la que mayor riqueza muestra.

Los valores más altos de riqueza se encuentran en las estaciones V2 y V3 (12-13 taxones/m<sup>2</sup>), mientras que los valores más bajos se registran en la estación del N3 y V4 (8- 7.33 taxones/m<sup>2</sup>) (Figura 3.9).



**Figura 3.9.** Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en invierno de 2021.

Por lo que se refiere al índice BOPA únicamente las estaciones N2, N3 y V4 obtienen valores de calidad por debajo 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. Los valores obtenidos en las estaciones V2 y V3 fueron cercanos al 0.9, y el valor más bajo se obtuvo en V4 (0.61) (Figura 3.10)

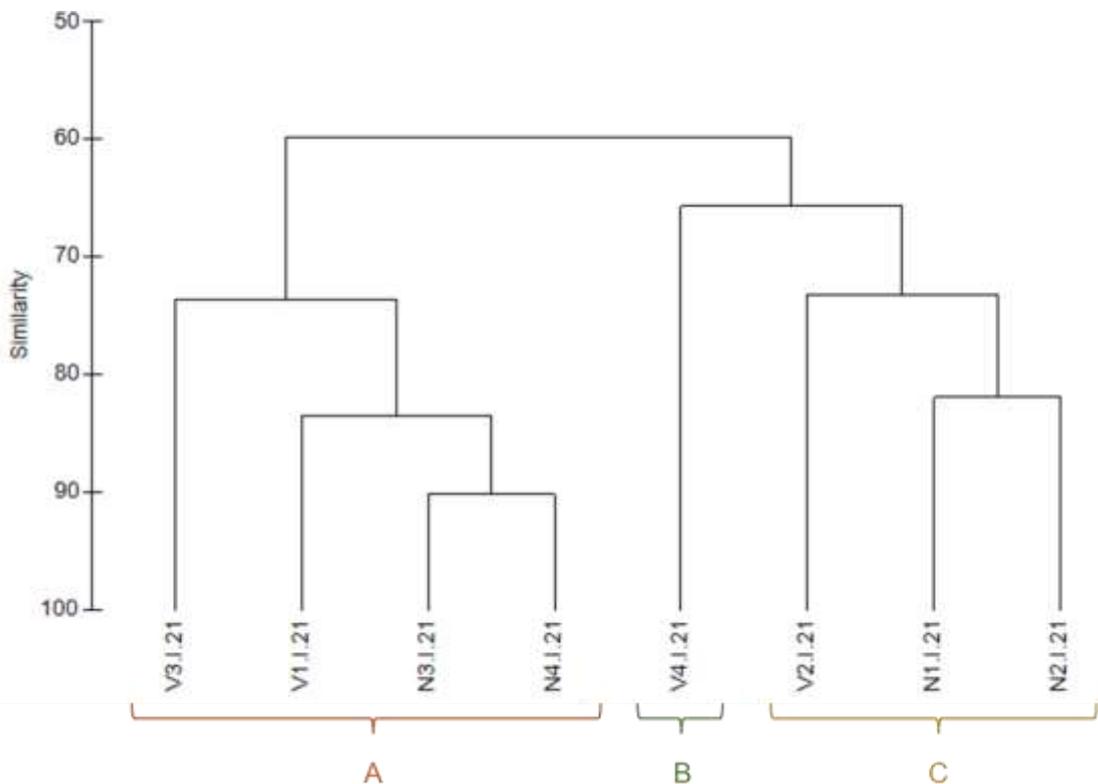


**Figura 3.10.** Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en invierno de 2021. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015).

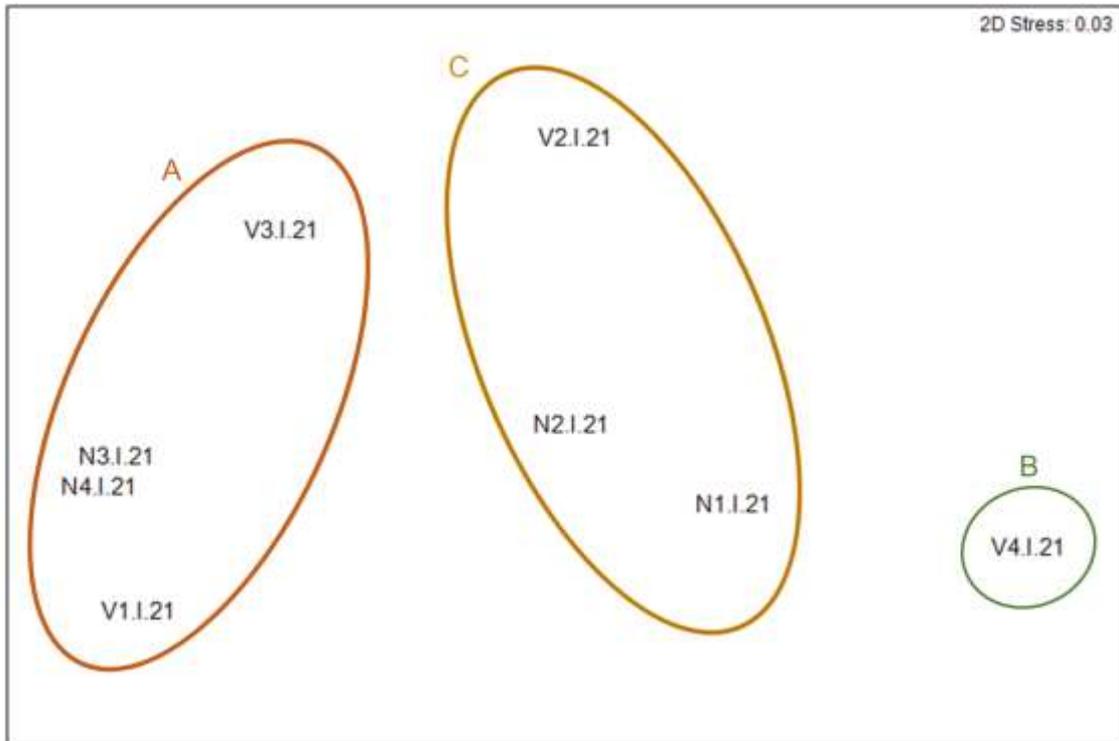
### **Análisis multivariante**

El dendrograma de similitud (Figura 3.11) muestra como las estaciones forman tres grupos diferenciados. El grupo A lo forman las estaciones V1, V3, N3 y N4, con una similitud entre ellas superior del 80%. El grupo B, únicamente con la estación V4; y V2, N1 y N2, formando el grupo C.

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



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



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

Al aplicar el análisis de similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas para el factor transecto, con un nivel de significación del 88.6% y un  $R = -0.188$ ; ni se observan diferencias dentro del factor distancia, siendo el nivel de significación de 57.1%, con un  $R = -0.063$ .

Se aplica el análisis multivariante SIMPER de porcentaje de similitud con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a la similitud dentro de cada uno de los grupos establecidos a partir del MDS, así como los que contribuyen a la disimilitud entre ellos. En la siguiente tabla aparecen los valores de similitud obtenidos mediante el análisis SIMPER entre las estaciones que forman los grupos establecidos.

Para el grupo A los taxones que más contribuyen son los poliquetos seguidos de nematodos, bivalvos y anfípodos. En el caso del grupo C, los poliquetos fueron el taxón de mayor relevancia seguido por anfípodos y bivalvos (Tabla 3.9).

Grupo MDS	Grupo Taxon.	AM	PA
-----------	--------------	----	----

<b>A</b>			
SM: 79.59			
	Polychaeta	3204.17	73.68
	Nematoda	302.08	80.39
	Bivalvia	385.42	87.00
	Amphipoda	404.17	93.50
<b>B</b>			
<b>C</b>			
SM: 76.02			
	Polychaeta	1625.00	62.09
	Amphipoda	388.89	77.97
	Bivalva	466.67	88.70
	Nematoda	100.00	91.24

**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.

Al analizar la disimilitud entre los grupos, se observa como el grupo A se diferencia por presentar mayores abundancias de poliquetos y cumáceos con respecto al resto de grupos, y nemátodos respecto al grupo B. En el grupo C destaca la abundancia de poliquetos, nemátodos y teneidáceos respecto al grupo B (Tabla 3.10).

Grupos MDS	Grupo Taxon.	AM <sub>x</sub>	AM <sub>y</sub>	PA
<b>A/B</b>				
DM: 54.12				
	Polychaeta	3204.17	875.00	66.25
	Nematoda	302.08	8.33	74.77
	Bivalvia	385.42	208.33	81.10
	Amphipoda	404.17	241.67	85.78
	Cumacea	110.42	0.00	88.79
	Gastropoda	106.25	41.67	91.13
<b>A/C</b>				
DM: 35.56				
	Polychaeta	3204.17	1625.00	56.07
	Bivalva	385.42	466.67	66.31
	Nematoda	302.08	100.00	73.57
	Amphipoda	404.17	388.89	79.84
	Gastropoda	106.25	86.11	83.53
	Tanaidacea	131.25	111.11	87.04
	Cumacea	110.42	61.11	89.90
	Ophiuroidea	64.58	52.78	91.14
<b>B/C</b>				
DM: 34.36				
	Polychaeta	875.00	1625.00	45.58
	Bivalva	208.33	466.67	59.87
	Amphipoda	241.67	388.89	69.19

Nematoda	8.33	100.00	74.98
Tanaidacea	58.33	111.11	80.54
Cumacea	0.00	61.11	84.14
Gastropoda	41.67	86.11	87.20
Isopoda	83.33	50.00	89.34
Plachophora	0.00	33.33	91.13

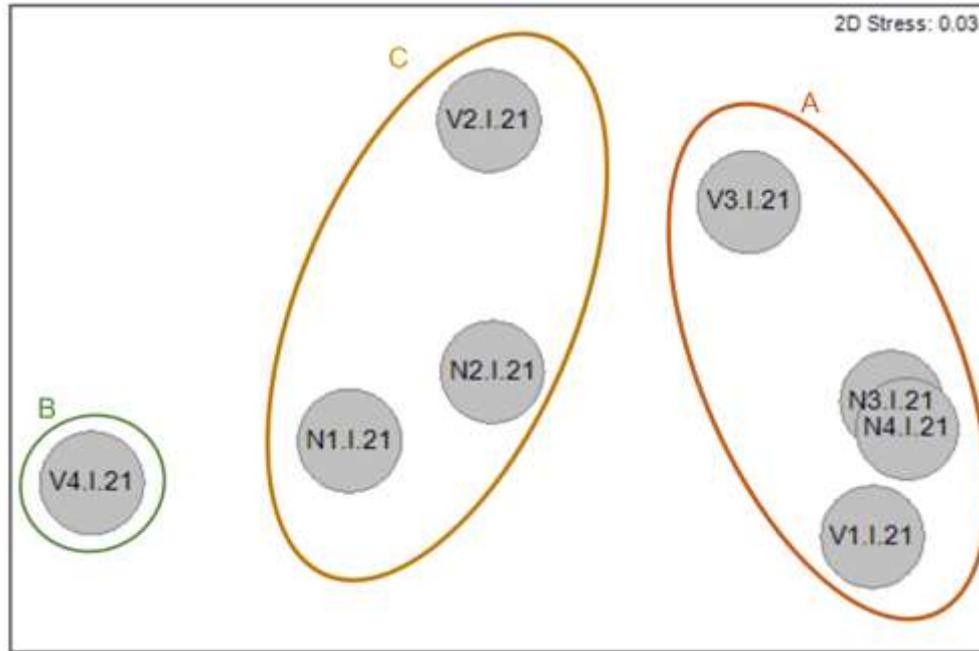
**Tabla 3.11.** Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. AM1: abundancia media en el grupo 1. AM2: Abundancia media en el grupo 2. AM3: Abundancia media en el grupo 3. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

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 pH (Tabla 3.11).

Factores ambientales	Rho	P
<b>Materia orgánica</b>	0.138	0.231
% Gravas	0.043	0.326
% A. gruesa	-0.06	0.564
% A. media	0.061	0.328
% A. fina	-0.117	0.676
% Lutitas	-0.077	0.60
<b>pH</b>	0.643	<b>0.003</b>
<b>Eh</b>	0.026	0.405
<b>Salinidad</b>	-0.241	0.896
<b>Factores totales</b>	0.024	0.401

**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.

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 pH.

### 3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en invierno de 2021.

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Apistobranchidae	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00
Ampharetidae	8,33	8,33	25,00	16,67	16,67	0,00	41,67	8,33
Capitellidae	141,67	258,33	350,00	91,67	1241,67	25,00	83,33	225,00
Chaetopteridae	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	8,33	0,00	8,33
Cirratulidae	108,33	108,33	308,33	341,67	158,33	16,67	50,00	308,33
Cossuridae	16,67	41,67	75,00	16,67	0,00	0,00	0,00	33,33
Chrysopetalidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	0,00	0,00
Dorvilleidae	8,33	8,33	0,00	183,33	0,00	108,33	266,67	0,00
Eunicidae	8,33	8,33	25,00	141,67	25,00	325,00	125,00	33,33
Flabelligeridae	25,00	33,33	25,00	8,33	16,67	8,33	16,67	8,33
Glyceridae	0,00	0,00	8,33	16,67	16,67	16,67	25,00	0,00
Gonianidae	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00	25,00	41,67	0,00
Hesionidae	8,33	0,00	33,33	16,67	8,33	8,33	8,33	0,00
Lumbrineridae	191,67	533,33	241,67	133,33	216,67	66,67	116,67	158,33
Magelonidae	25,00	41,67	191,67	108,33	125,00	8,33	0,00	116,67
Maldanidae	33,33	25,00	133,33	50,00	33,33	8,33	183,33	33,33

Nepthyidae	16,67	33,33	8,33	41,67	150,00	0,00	33,33	8,33
Nereididae	0,00	8,33	0,00	41,67	16,67	83,33	116,67	8,33
Oeonidae	0,00	0,00	8,33	8,33	8,33	16,67	0,00	0,00
Onuphidae	8,33	8,33	8,33	100,00	33,33	108,33	91,67	25,00
Opheliidae	0,00	41,67	25,00	0,00	16,67	0,00	8,33	0,00
Orbiniidae	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00	0,00
Oweniidae	50,00	8,33	41,67	0,00	66,67	16,67	50,00	16,67
Paralacydoniidae	25,00	91,67	8,33	8,33	100,00	0,00	8,33	0,00
Paraonidae	508,33	933,33	1116,67	875,00	516,67	16,67	41,67	325,00
Pectinariidae	8,33	0,00	0,00	25,00	8,33	16,67	16,67	8,33
Phyllodocidae	0,00	8,33	8,33	33,33	8,33	91,67	108,33	8,33
Pilargidae	8,33	0,00	16,67	91,67	0,00	8,33	33,33	8,33
Pisionidae	0,00	8,33	0,00	0,00	0,00	91,67	33,33	0,00
Poecilochaetidae	183,33	383,33	16,67	8,33	241,67	0,00	50,00	25,00
Polynoidae	0,00	16,67	0,00	25,00	0,00	8,33	0,00	8,33
Sabellidae	108,33	100,00	108,33	291,67	125,00	291,67	375,00	125,00
Serpulidae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	158,33	8,33	8,33
Sigalionidae	8,33	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00	8,33	0,00
Spionidae	316,67	466,67	733,33	75,00	50,00	8,33	25,00	58,33
Sternaspidae	0,00	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Syllidae	0,00	58,33	66,67	700,00	41,67	166,67	350,00	33,33
Terebellidae	8,33	16,67	8,33	66,67	0,00	41,67	50,00	25,00
Trichobranchidae	25,00	8,33	8,33	41,67	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabla 3.13.** Abundancias medias (nº ind/m<sup>2</sup>) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

Se han analizado un total de 2561 individuos pertenecientes a 39 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 525 individuos, representando el 20% de todos los individuos analizados, seguida de las familias Capitellidae, de la que se identificaron 290 individuos (11.32%), Spionidae con 208 individuos (8%), las familias Lumbrineridae y Sabellidae con 199 y 183 individuos, respectivamente (7.8% y 7.1%), y por último las familias Syllidae y Cirratulidae, representando el 6.6% (170 y 168 individuos, respectivamente). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos que el 5 % del total analizado.

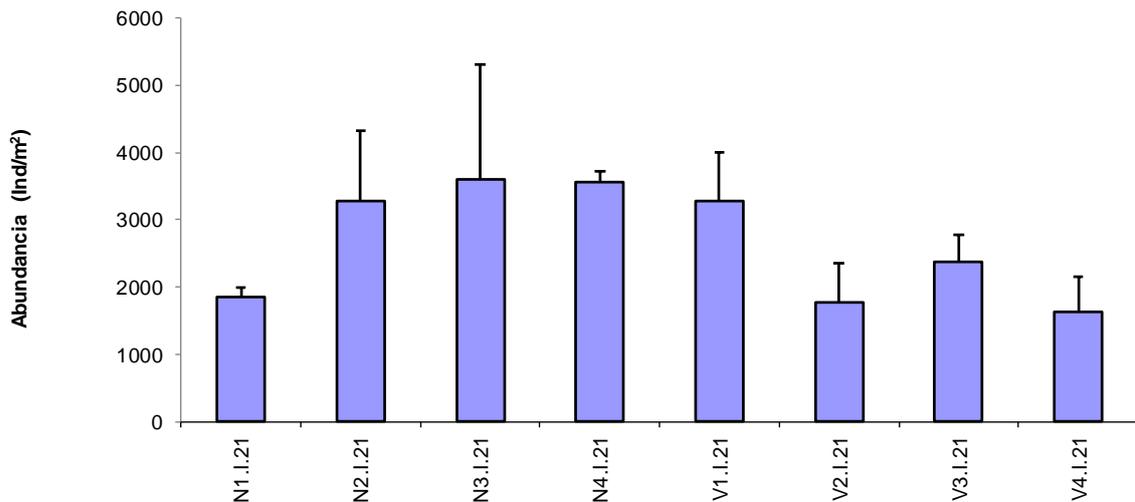
Las familias Capitellidae, Cirratulidae, Eunicidae, Flabelligeridae, Lumbrineridae, Maldanidae, Onuphidae, Paraonidae, Sabellidae y Spionidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. De las 39 familias encontradas en la zona de estudio, 20 aparecen con abundancias inferiores al 1%. Dichas familias son: Apistobranchidae, Ampharetidae, Chaetopteridae, Cossuriidae, Chrysopetalidae, Flabelligeridae, Glyceridae, Goniadidae, Hesionidae, Oeonidae, Opheliidae, Orbiniidae,

Pectinariidae, Pilargidae, Pisionidae, Polyonidae, Sternaspidae y Trichobranchidae.

### **Análisis univariante.**

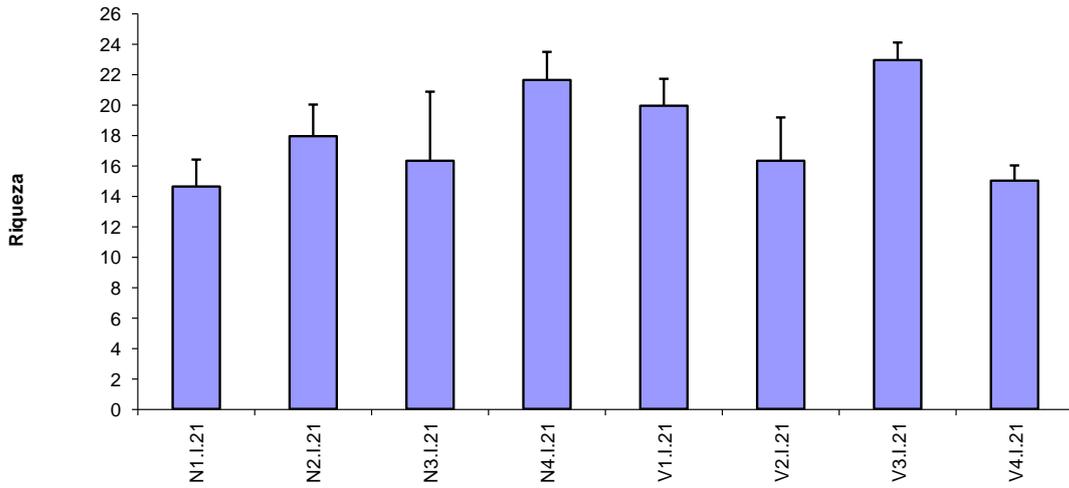
Para el estudio de la comunidad de poliquetos asociados a fondos blandos se aplicó un análisis univariante tanto a la abundancia como a la riqueza, para los factores analizados.

Considerando los valores de abundancia no se detectan diferencias significativas para la interacción ( $p=0.918$ ), ni para ninguno de los factores estudiados; factor distancia ( $p=0.1391$ ), factor Transecto ( $p=0.1368$ ). Se detectan diferencias para el factor transecto ( $p=0.0088$ ). Aun así, se observa una tendencia a disminuir las abundancias en las estaciones N1, V2, V3 y V4.



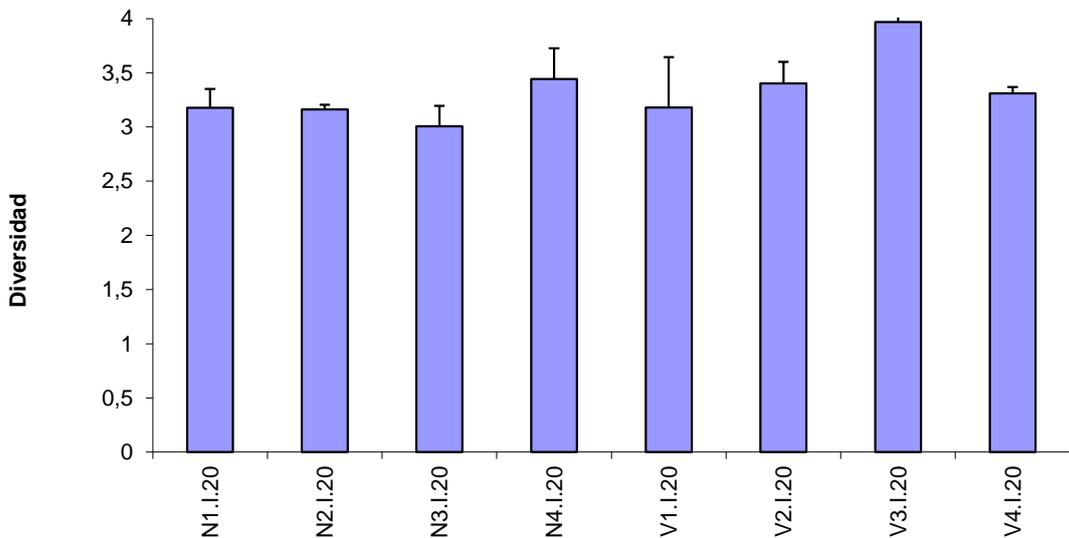
**Figura 3.14.** Abundancia media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la riqueza se detectan diferencias significativas para la interacción entre los factores TrXDi ( $p=0.02485$ ). Estas diferencias se deben, principalmente, al descenso de la riqueza de familias en la estación N3 respecto a V3 y en la estación V4 respecto a N4. Siendo éstas últimas estaciones donde se detecta un mayor número de familias promedio.



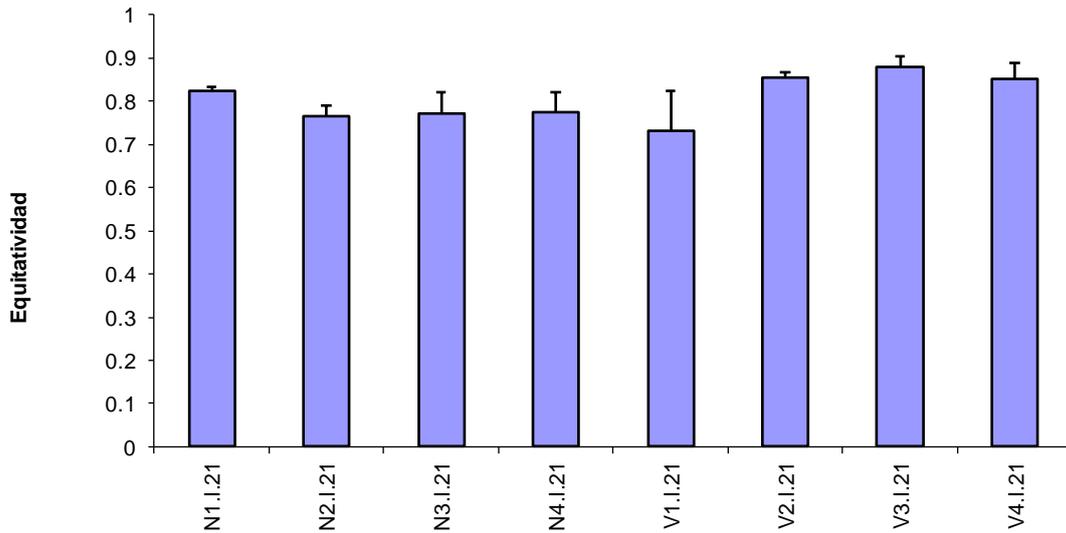
**Figura 3.15.** Riqueza media de poliquetos en cada estación.

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 V1. 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.

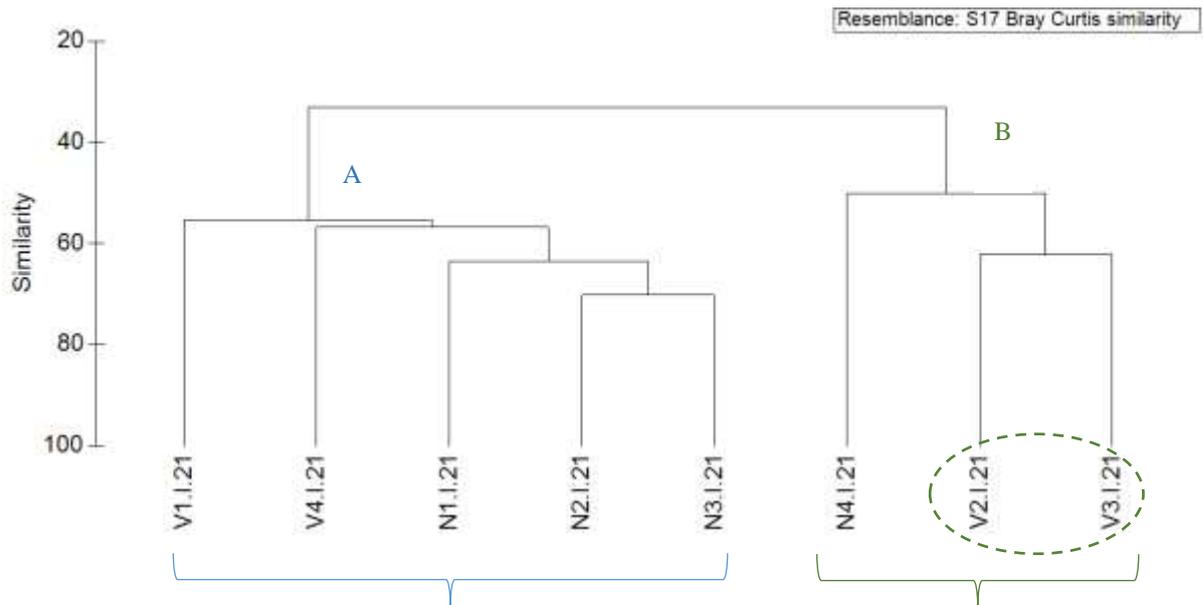
En cuanto a la equitatividad se obtienen valores bastante elevados, oscilando entre los 0.73 y 0.88. Son las estaciones localizadas al norte, junto a V1, donde se detectan los menores valores de equitatividad; estaciones donde se obtienen bajos valores de diversidad, lo que indica que en dichas estaciones hay un mayor dominio de ciertas familias.



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

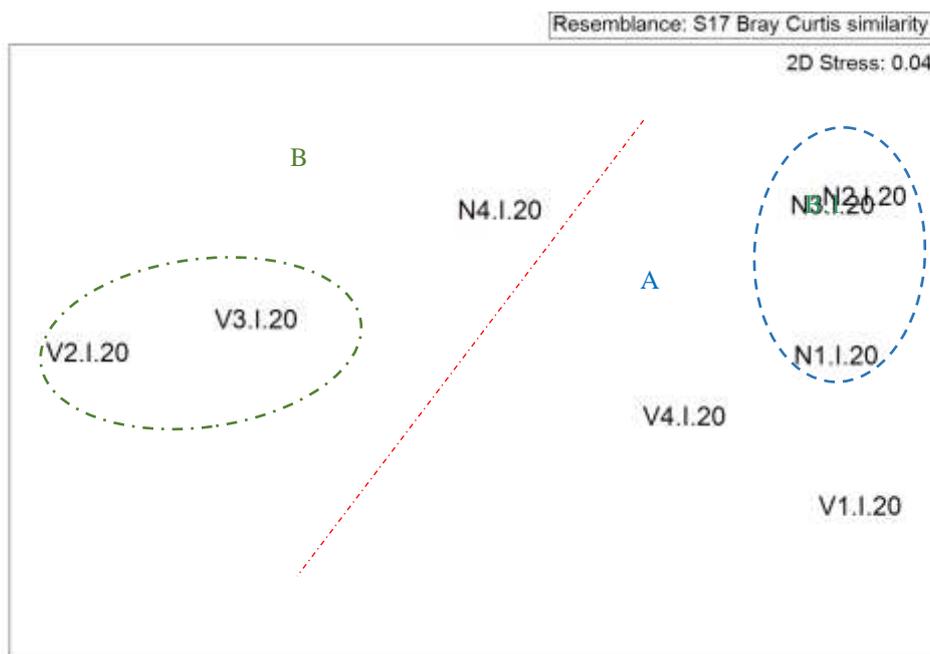
### **Análisis multivariante.**

Se observa la formación de dos grupos principales con una disimilitud superior al 66%. El grupo A, establecido por la mayoría las estaciones y el grupo B establecido por las estaciones V2, V3 y N4. En el grupo A, que presenta una elevada similitud (alrededor del 60%), se observa una mayor homogeneidad entre las estaciones localizadas al norte. En el grupo B, algo más heterogéneo (50% de similitud), son las estaciones localizadas en el transecto V las que muestran mayor similitud entre ellas.



**Figura 3.18.** Representación del *cluster* respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

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



**Figura 3.19.** 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 ( $R=-0.208$ ,  $p=0.724$ ), ni para las distintas distancias ( $R=-0.25$  y  $p=0.171$ ).

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 Sabellidae, Syllidae, Eunicidae, Dorvilleidae, Onuphidae y Lumbrineridae son las implicadas en el 79% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A. En las estaciones incluidas en el grupo B son las familias Paraonidae, Spionidae, Lumbrineridae, Capitellidae, Sabellidae y Cirratulidae las que contribuyen casi al 70% de la similitud detectada.

Grupo	Familia	AM	PA
<b>A</b>			
SM: 58.90			
	Paraonidae	680	29.5
	Capitellidae	443.33	42.55

	Lumbrineridae	268.33	54.43
	Spionidae	325	63.33
	Cirratulidae	198.33	72.23
	Sabellidae	113.33	79.14
<b>B</b>			
SM: 54.08			
	Sabellidae	319.44	21.5
	Syllidae	405.56	37.59
	Eunicidae	197.22	47.19
	Dorvilleidae	186.11	56.74
	Onuphidae	100	63.69
	Lumbrineridae	105.56	69.64

**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.

Las familias Paraonidae, Capitellidae, Syllidae, Spionidae, Sabellidae, Eunicidae y Dorvilleidae 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 y las familias Syllidae, Sabellidae Eunicidae y Dorvilleidae en las estaciones incluidas en el grupo B.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
<b>A / B</b>				
DM: 67.04				
	Paraonidae	680	311.11	15.75
	Capitellidae	443.33	66.67	26.02
	Syllidae	40	405.56	35.98
	Spionidae	325	36.11	44.07
	Sabellidae	113.33	319.44	50.16
	Eunicidae	20	197.22	55.69
	Dorvilleidae	3.33	186.11	60.98

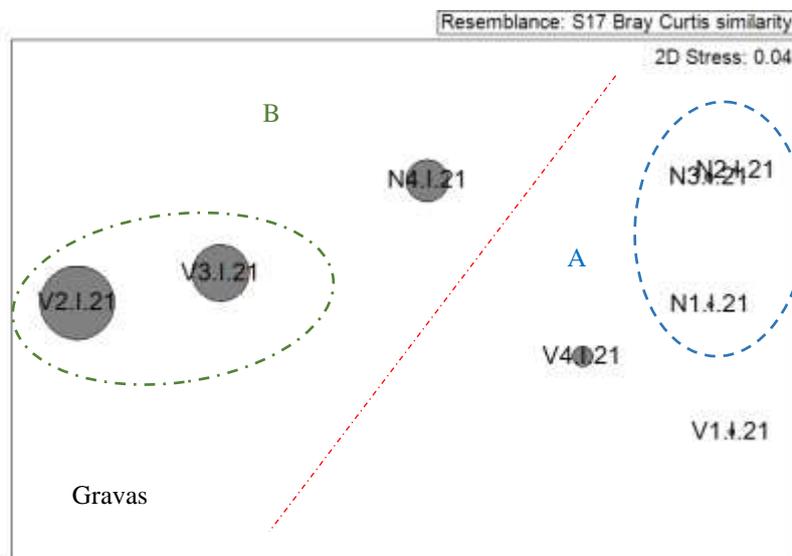
**Tabla 3.15** Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

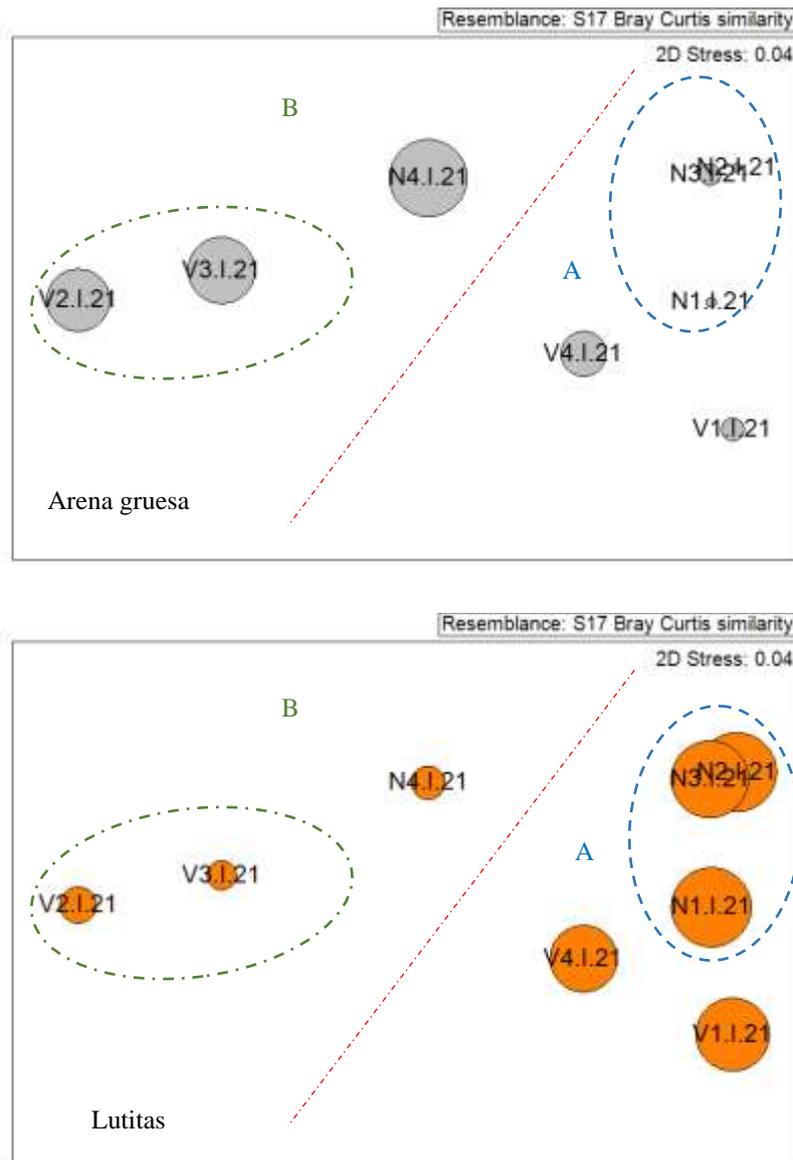
Mediante el procedimiento RELATE se observa correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz de los factores ambientales estudiados en su conjunto (granulometría, materia orgánica, salinidad Eh y pH). Se obtiene un nivel de significación de un 0.7% y con un  $Rho = 0.655$  (Tabla 3.23). Al analizar por separado cada uno de los factores ambientales se observa que existe correlación con la fracción del sedimento: gravas, arenas gruesas y lutitas.

Parámetros ambientales	Rho	p
% Gravas	0.8450	<b>0.002</b>
% A. gruesa	0.609	<b>0.014</b>
% A. media	0.103	0.214
% A. fina	0.33	0.071
% Lutitas	0.7	<b>0.003</b>
Materia orgánica	-0.106	0.642
ph	-0.187	0.849
Eh	0.206	0.127
Salinidad	0.075	0.3
<b>Factores totales</b>	<b>0.655</b>	<b>0.007</b>

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

Mediante la representación bidimensional con círculos superpuestos se observa que las estaciones localizadas al norte, junto a las estaciones V1 y V4 (grupo A), presentan un mayor porcentaje de lutitas; siendo las estaciones localizadas en el grupo B (V2 y V3, junto a N4) las que presentan un mayor porcentaje de la fracción gruesa. Las estaciones localizadas en el transecto del vertido las que presentan mayor heterogeneidad de sedimentos.





**Figura 3.20.** 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).

### 3.5.4.- Fauna general en la campaña de verano de 2021.

Se han obtenido un total 4928 individuos clasificados en 29 grupos taxonómicos diferentes, entre los cuales domina la clase Polychaeta con 2887 individuos (83.78%); seguida por el orden Amphipoda con 927 individuos

(26.9%) y el orden Bivalva con 308 individuos (8.94%). Estos grupos están presentes en las ocho estaciones muestreadas (Tabla 3.8).

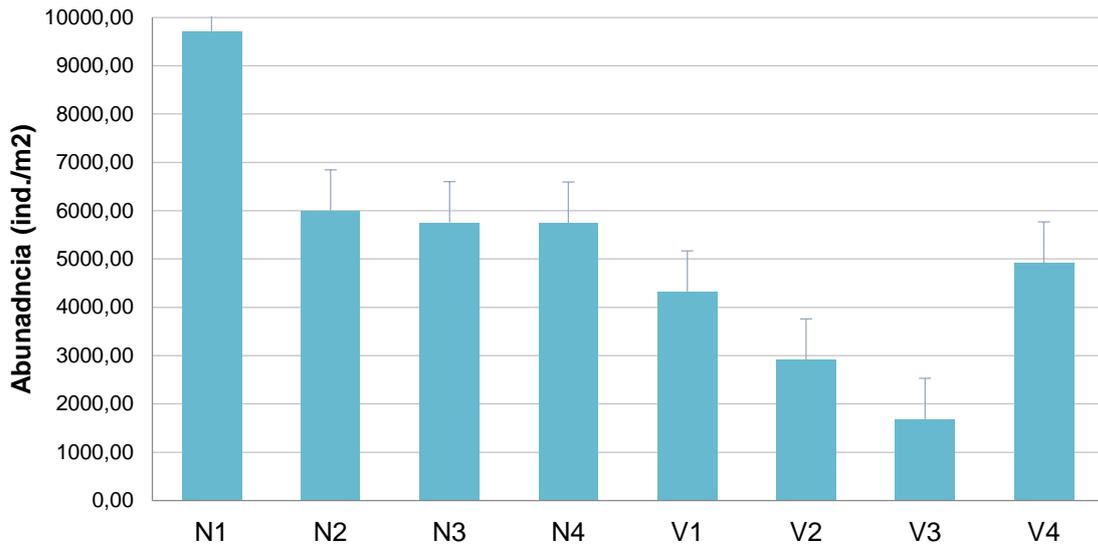
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Hydrozoa	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	8.33
Nemertino	8.33	41.67	25.00	25.00	16.67	8.33	0.00	25.00
Nematoda	175.00	91.67	58.33	75.00	91.67	8.33	208.33	58.33
Polychaeta	4650.00	3375.00	3225.00	3966.67	3166.67	2025.00	350.00	3300.00
Platelminta	0.00	16.67	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sipuncula	50.00	58.33	8.33	66.67	41.67	8.33	91.67	108.33
Oligochaeta	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ostracoda	16.67	0.00	8.33	8.33	33.33	16.67	25.00	0.00
Copepoda	33.33	8.33	8.33	16.67	0.00	8.33	0.00	0.00
Cumacea	158.33	133.33	241.67	25.00	25.00	91.67	0.00	83.33
Mysidacea	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	8.33	0.00	0.00
Tanaidacea	525.00	100.00	191.67	208.33	41.67	66.67	133.33	50.00
Isopoda	641.67	208.33	100.00	50.00	58.33	75.00	8.33	233.33
Amphipoda	2733.33	1291.67	1400.00	791.67	383.33	241.67	325.00	558.33
Decapoda	83.33	58.33	25.00	16.67	8.33	33.33	33.33	16.67
Pycnogonida	0.00	8.33	0.00	8.33	16.67	0.00	8.33	0.00
Placophora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00
Gastropoda	116.67	58.33	25.00	116.67	50.00	100.00	200.00	66.67
Bivalvia	458.33	450.00	333.33	291.67	325.00	108.33	233.33	366.67
Asteroidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ophiuroidea	25.00	66.67	91.67	75.00	58.33	91.67	16.67	50.00
Echinoidea	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00
Holothurioidea	0.00	25.00	8.33	0.00	8.33	8.33	8.33	0.00
Cephalochordata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00
Pennatulacea	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tabla 3.17.** Abundancias medias (nº ind/m<sup>2</sup>) de los grupos faunísticos en cada estación.

### **Análisis univariante**

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

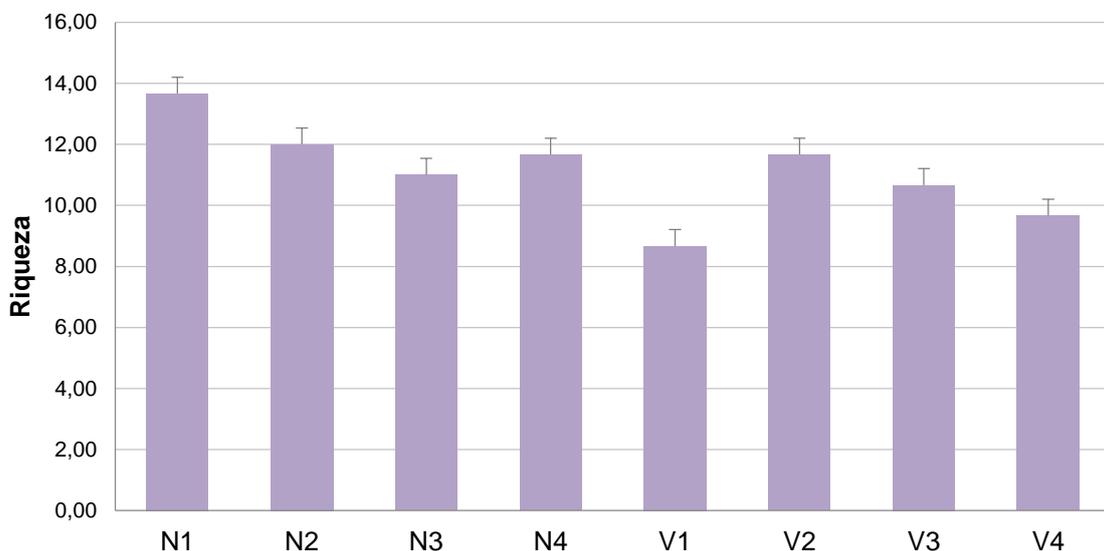
Por lo que se refiere a la abundancia, se detectan diferencias significativas únicamente para el factor transecto, siendo mayores las abundancias en el transecto Norte. El mayor valor de abundancia media se obtiene en la estación N1 (9708.33 ind/m<sup>2</sup>), mientras que el menor valor se obtiene en la estación V3 (1683.33 ind/ m<sup>2</sup>). Además, en ambos transectos la abundancia disminuye con la profundidad excepto en V4, con el valor de abundancia más elevado del transecto (Figura 3.24).



**Figura 3.21.** Abundancia media de individuos en cada estación en verano de 2021.

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

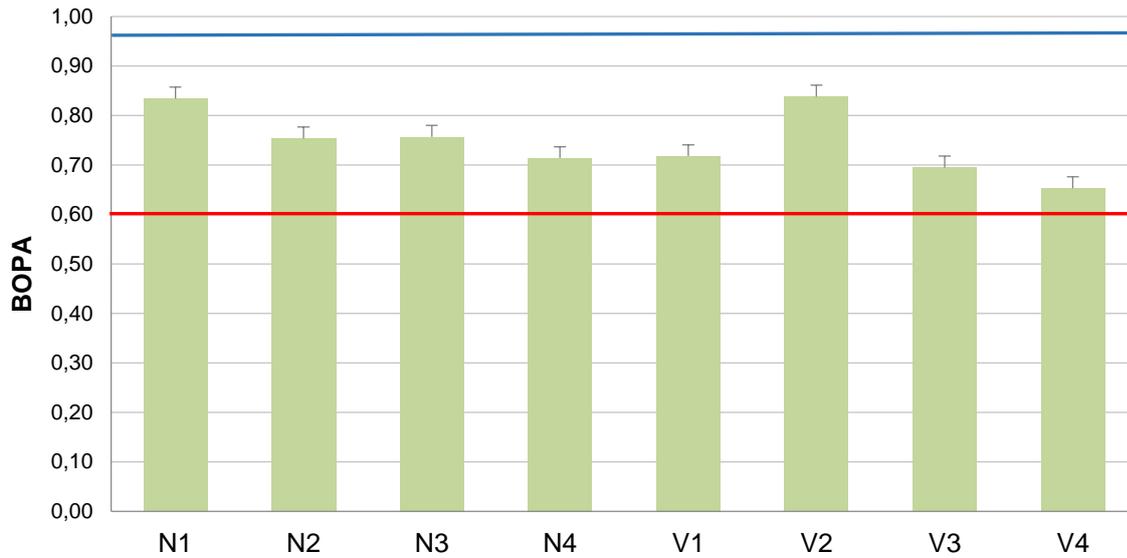
Los mayores valores de riqueza taxonómica se encuentran en las estaciones N1 (13.67 taxones/m<sup>2</sup>), mientras que el valor más bajo se obtiene en la estación V1 (8.67 taxones/m<sup>2</sup>) (Figura 3.25).



**Figura 3.22.** Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en verano de 2021.

Por lo que se refiere al índice BOPA todas las estaciones obtienen valores correspondientes a un estado de calidad bueno. Los resultados del ANOVA indican que no existen diferencias significativas para ninguno de los factores

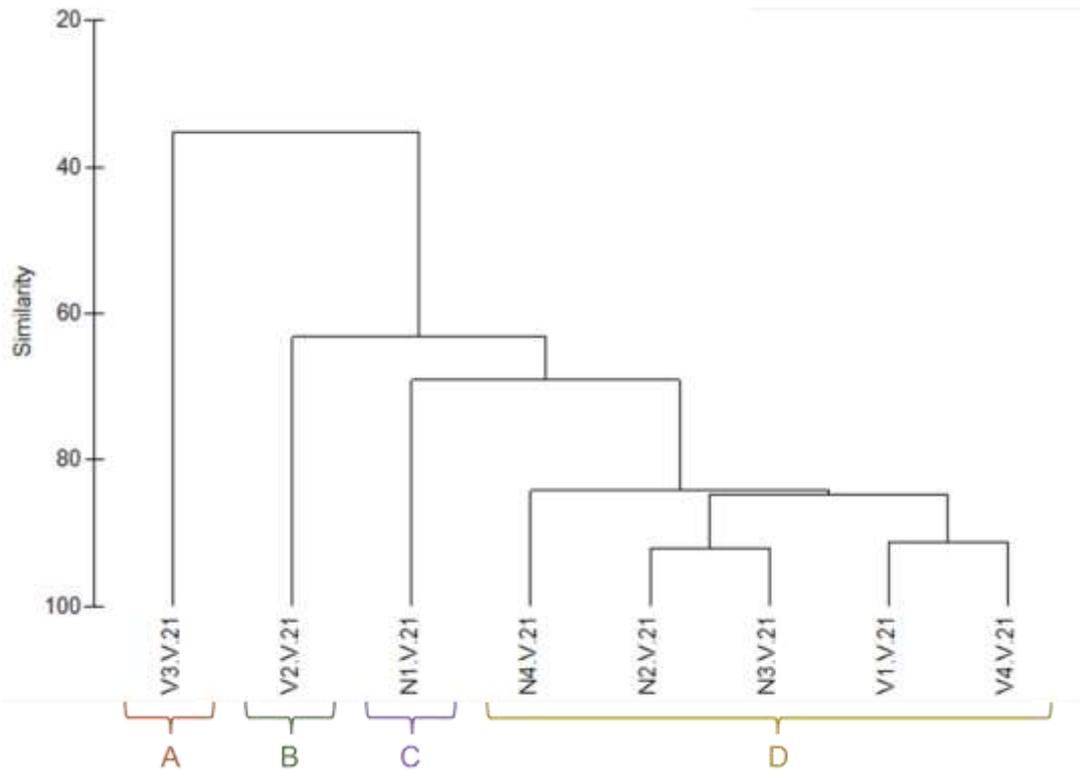
analizados. En el transecto Norte los índices fueron relativamente superiores al transecto Vertido, con valores entre 0.71 y 0.83. Sin embargo, el mejor los mejores índices se encuentran en las estaciones N1 (0.83) y V2 (0.84). En lo que respecta a los valores del transecto Vertido, los valores oscilan entre 0.65 y 0.84. En esta época, todas las estaciones quedan por encima del umbral Bueno/Moderado (Fig.3.26).



**Figura 3.23.** Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en verano de 2021. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817, 2015).

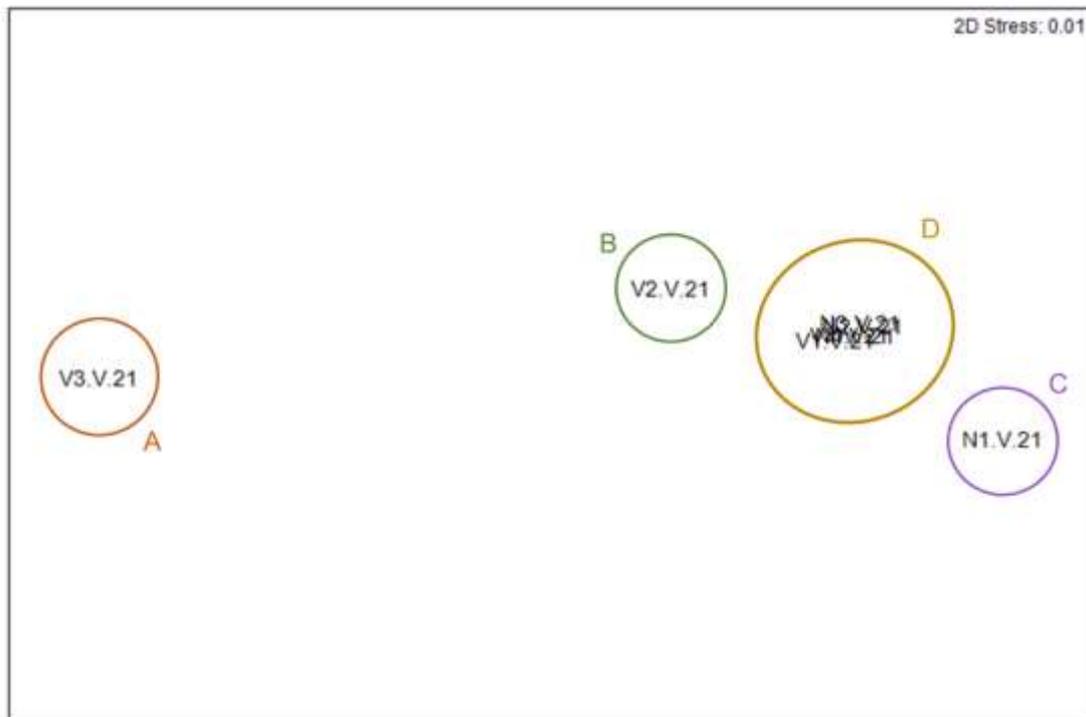
### **Análisis multivariante**

El dendrograma de similitud (Figura 3.11) muestra como las estaciones forman cuatro grupos diferenciados. El grupo A lo forman la estación V3, el grupo B está formado por estación V2, y el grupo C por N1. En cuanto al grupo D, lo conforman las estaciones N2, N3, N4, V1 y V4 con una similitud del 86 % (Figura 3.27).



**Figura 3.24.** Representación del dendrograma de similitud respecto a los grupos faunísticos estudiados en las diferentes estaciones.

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



**Figura 3.25.** Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones.

Al aplicar el análisis de similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas para el factor transecto, con un nivel de significación del 2.9% y un  $R=0.24$ ; ni se observan diferencias dentro del factor distancia, siendo el nivel de significación de 98.1 %, con un  $R=-0.25$ . 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, siendo poliquetos, anfípodos y bivalvos los taxones que más contribuyen en el grupo D (Tabla 3.9).

Grupo	Grupo Taxon.	AM	PA
A			
B			
C			
D			
SM: 86.00			
	Annelida	3406.67	70.51
	Amphipoda	885.00	83.45
	Bivalvia	353.33	90.39

**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.

Al analizar la disimilitud entre grupos, se observa como el grupo A se diferencia por presentar menores abundancias de poliquetos frente a los grupos B y C, mayores abundancias de bivalvos, nemátodos, gasterópodos y anfípodos frente al grupo B. En cuanto al grupo D, presenta mayores abundancias de poliquetos, anfípodos e isópodos frente a los grupos A y B, pero menores frente a C (Tabla 3.10).

Grupos MDS	Grupo Taxon.	AM <sub>x</sub>	AM <sub>y</sub>	PA (%)
A/B				
DM: 57.97				
	Polychaeta	350.00	2025.00	62.81
	Nematoda	208.33	8.33	70.31

Bivalva	233.33	108.33	75.00
Gastropoda	200.00	100.00	78.75
Cumacea	0.00	91.67	82.19
Sipuncula	91.67	8.33	85.31
Amphipoda	325.00	241.67	88.44
Ophiuroidea	16.67	91.67	91.25
<b>A/C</b>			
DM: 74.40			
Polychaeta	350.00	4650.00	50.74
Amphipoda	325.00	2733.33	79.15
Isopoda	8.33	641.67	86.63
Tanaidacea	133.33	525.00	91.25
<b>A/D</b>			
DM: 64.11			
Polychaeta	350.00	3406.67	68.07
Amphipoda	325.00	885.00	79.86
Gastropoda	200.00	63.33	82.93
Nematoda	208.33	75.00	85.91
Isopoda	8.33	130.00	88.60
Bivalva	233.33	353.33	91.25
<b>B/C</b>			
DM: 55.25			
Polychaeta	2025.00	4650.00	37.63
Amphipoda	241.67	2733.33	73.36
Isopoda	75.00	641.67	81.48
Tanaidacea	66.67	525.00	88.05
Bivalva	108.33	458.33	93.07
<b>B/D</b>			
DM: 32.97			
Polychaeta	2025.00	3406.67	50.60
Amphipoda	241.67	885.00	73.33
Bivalva	108.33	353.33	82.33
Isopoda	75.00	130.00	84.95
Nematoda	8.33	75.00	87.42
Tanaidacea	66.67	118.33	89.85
Cumacea	91.67	101.67	92.27
<b>C/D</b>			
DM: 30.79			
Amphipoda	2733.33	885.00	40.26
Polychaeta	4650.00	3406.67	67.24
Isopoda	641.67	130.00	78.31
Tanaidacea	525.00	118.33	87.14
Bivalva	458.33	353.33	89.43
Nematoda	175.00	75.00	91.59

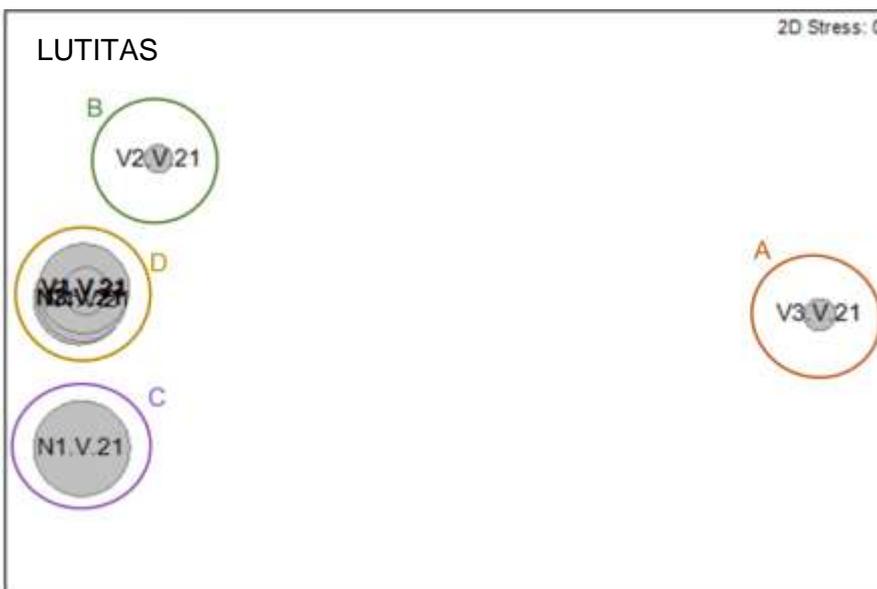
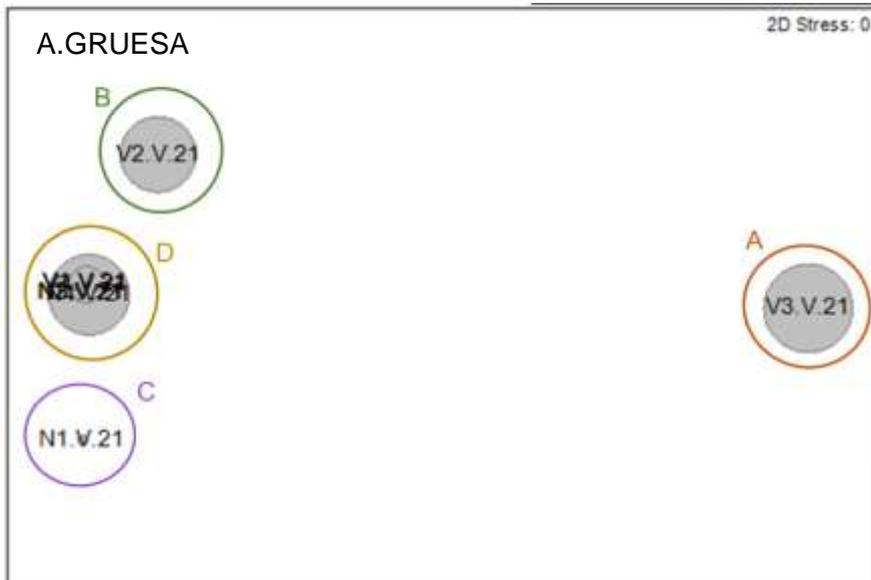
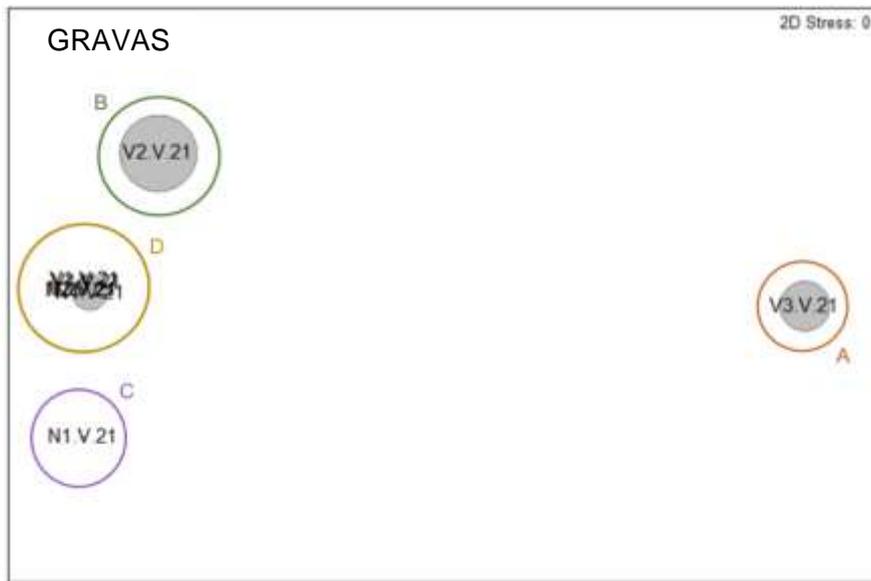
**Tabla 3.19.** Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

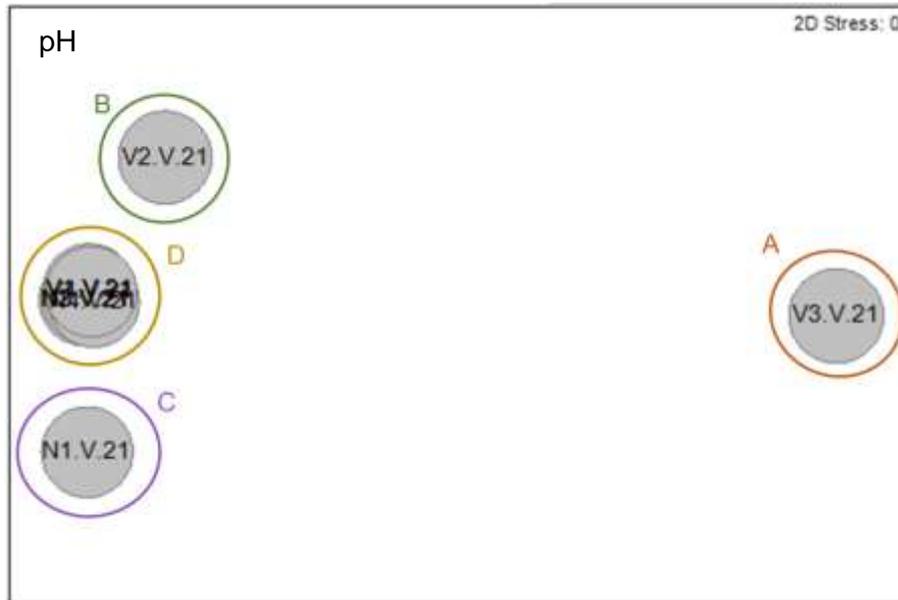
Se emplea el procedimiento RELATE para analizar la correlación de la comunidad con cada parámetro ambiental: salinidad, granulometría, materia orgánica, pH y potencial RedOx. Se detectaron correlaciones significativas en los porcentajes de gravas y arenas gruesas, además de las lutitas y pH (Tabla 3.11).

<b>Factores ambientales</b>	<b>Rho</b>	<b>P</b>
<b>Materia orgánica</b>	-0.334	0.922
<b>% Gravas</b>	0.597	<b>0.0052</b>
<b>% A. gruesa</b>	0.493	<b>0.034</b>
<b>% A. media</b>	0.365	0.143
<b>% A. fina</b>	-0.269	0.851
<b>% Lutitas</b>	0.345	<b>0.0034</b>
<b>pH</b>	0.764	<b>0.0004</b>
<b>Eh</b>	0.349	0.145
<b>Salinidad</b>	-0.244	0.84
<b>Factores totales</b>	0.368	0.146

**Tabla 3.20.** Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos.

A partir de los resultados obtenidos en el RELATE, se representaron en las estaciones en un MDS según su similitud según la comunidad de infauna representando cada una de las variables ambientales que han demostrado influir de forma significativa en su composición. De esta forma se puede observar cómo el grupo A se caracteriza por un elevado porcentaje de arenas gruesas, y un bajo porcentaje de lutitas y el grupo B presenta altos porcentajes de las fracciones gruesas del sedimento. Sin embargo, el grupo C se caracteriza por un mayor porcentaje de lutitas y no presenta composición por gravas, y el grupo D por un elevado porcentaje de lutitas y arenas gruesas. En lo que respecta al pH, todos los grupos presentan valores similares (Figuras 3.29).





**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).

### 3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en verano 2021.

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Ampharetidae	158.33	75.00	108.33	83.33	16.67	41.67	75.00	58.33
Capitellidae	175.00	391.67	125.00	150.00	250.00	150.00	116.67	416.67
Cirratulidae	191.67	166.67	241.67	333.33	316.67	25.00	25.00	366.67
Cossuridae	0.00	41.67	66.67	0.00	58.33	0.00	0.00	25.00
Dorvilleidae	8.33	0.00	0.00	166.67	50.00	41.67	183.33	0.00
Eunicidae	16.67	8.33	33.33	291.67	325.00	83.33	308.33	75.00
Flabelligeridae	41.67	25.00	8.33	8.33	16.67	8.33	8.33	0.00
Glyceridae	8.33	16.67	8.33	25.00	16.67	8.33	66.67	8.33
Goniadidae	8.33	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00
Hesionidae	16.67	8.33	0.00	16.67	0.00	0.00	25.00	16.67
Lumbrineridae	125.00	633.33	341.67	200.00	308.33	91.67	66.67	291.67
Magelonidae	75.00	75.00	183.33	66.67	150.00	0.00	0.00	141.67
Maldanidae	50.00	25.00	50.00	100.00	158.33	75.00	158.33	58.33
Nephtyidae	25.00	16.67	33.33	33.33	16.67	50.00	0.00	25.00
Nereididae	8.33	16.67	0.00	16.67	8.33	33.33	83.33	0.00
Oeononidae	8.33	8.33	0.00	25.00	0.00	0.00	41.67	0.00
Onuphidae	8.33	8.33	8.33	200.00	125.00	258.33	341.67	150.00
opheliidae	58.33	25.00	8.33	8.33	0.00	8.33	0.00	8.33
Oweniidae	16.67	0.00	0.00	25.00	16.67	58.33	25.00	25.00
Paralacydiionidae	0.00	16.67	8.33	8.33	25.00	16.67	0.00	8.33
Paraonidae	1283.33	733.33	1125.00	908.33	400.00	58.33	41.67	800.00
Pectinariidae	91.67	16.67	33.33	41.67	75.00	50.00	8.33	16.67
Phyllodocidae	8.33	0.00	0.00	25.00	25.00	25.00	100.00	8.33
Pilargidae	0.00	0.00	8.33	75.00	66.67	16.67	16.67	16.67
Pisionidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00

Poecilochaetidae	133.33	216.67	41.67	0.00	0.00	58.33	25.00	116.67
Polynoidae	16.67	8.33	33.33	8.33	16.67	16.67	8.33	33.33
Sabellariidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	8.33
Sabellidae	200.00	41.67	91.67	175.00	33.33	225.00	191.67	16.67
Scalibregmatidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00	0.00
Serpulidae	8.33	58.33	25.00	8.33	100.00	33.33	8.33	83.33
Sigalionidae	0.00	0.00	8.33	8.33	0.00	8.33	8.33	0.00
Spionidae	1841.67	725.00	591.67	208.33	50.00	150.00	133.33	400.00
Sternaspidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33
Syllidae	8.33	0.00	8.33	625.00	450.00	258.33	483.33	75.00
Terebellidae	33.33	16.67	8.33	58.33	66.67	100.00	91.67	16.67
Trichobranchidae	25.00	0.00	16.67	66.67	25.00	41.67	0.00	0.00

**Tabla 3.21.** Abundancias medias (nº ind/m<sup>2</sup>) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

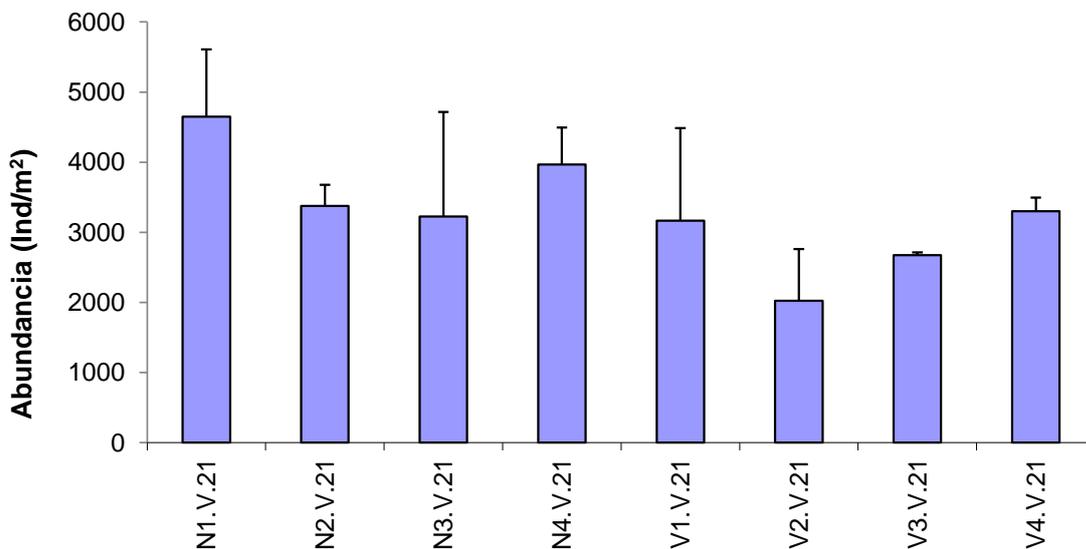
Se han analizado un total de 3166 individuos pertenecientes a 37 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 642 individuos, representando el 20% de todos los individuos analizados, seguida de las familias Spionidae de la que se identificaron 492 individuos (15.54%), Lumbrineridae con 247 individuos (7.8%), las familias Syllidae y Capitellidae con 229 y 213 individuos, respectivamente (7.2% y 6.77%), y por último las familias Cirratulidae representando el 6.3% (200 individuos). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos que el 5 % del total analizado.

Las familias Amphateretidae, Capitellidae, Cirratulidae, Eunicidae, Glyceridae, Lumbrineridae, Maldanidae, Onuphidae, Paraonidae, Pectinariidae, Polyionidae, Sabellidae, Serpulidae, Spionidae y Terebellidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. Durante esta campaña de muestreo, las familias Cossuriidae, Flabelligeridae, Glyceridae, Goniadidae, Hesionidae, Nephtyidae, Nereididae, Oeonidae, Oweniidae, Paralacydoniidae, Phyllodocidae, Pilargidae, Pisionidae, Polynoidae, Sabellariidae, Scalibregmatidae, Sigalionidae, Sternaspidae y Trichobranchidae aparecen con abundancias inferiores al 1%, por lo que se considerarían familias con un alto nivel de rareza en la zona de estudio (alrededor del 51% del total de las familias).

### **Análisis univariante.**

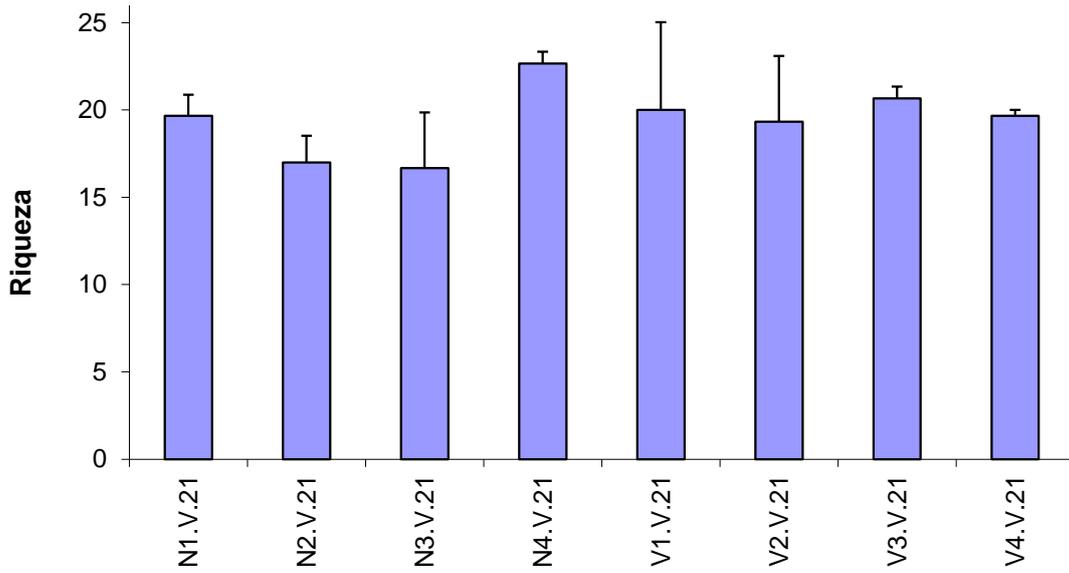
Para el estudio de la comunidad de poliquetos asociados a fondos blandos se aplicó un análisis univariante tanto a la abundancia como a la riqueza, para los factores analizados.

Considerando los valores de abundancia no se detectan diferencias significativas para la interacción entre los dos factores analizados (transecto x distancia) ( $p=0.9264$ ). Tampoco se detectan diferencias significativas para los dos factores estudiados (Transecto,  $p=0.302$ ; Distancia,  $p=0.4723$ ). Aun así, se observa un descenso en las estaciones V2 y V3 respecto al resto de las estaciones.



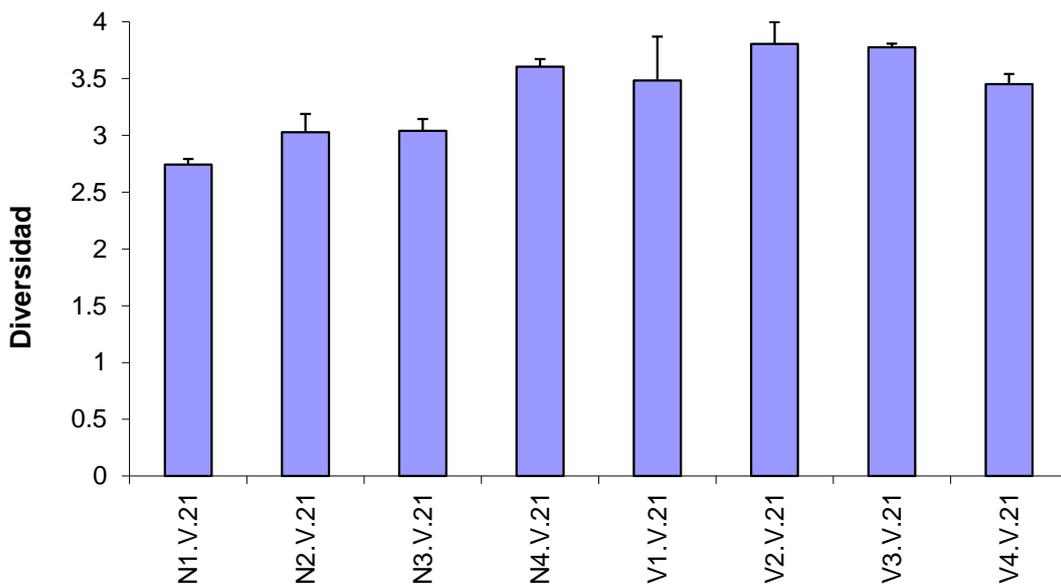
**Figura 3.27:** Abundancia media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la riqueza, tampoco se detectaron diferencias significativas para la interacción entre los dos factores analizados (transecto x distancia  $p=0.5595$ ) ni para los factores por separados; Transecto ( $p=0.6491$ ) y distancia ( $p=0.6147$ ). Aun así, se observa un descenso en las estaciones del norte, respecto al resto de las estaciones, siendo más acusado en las estaciones N2 y N3



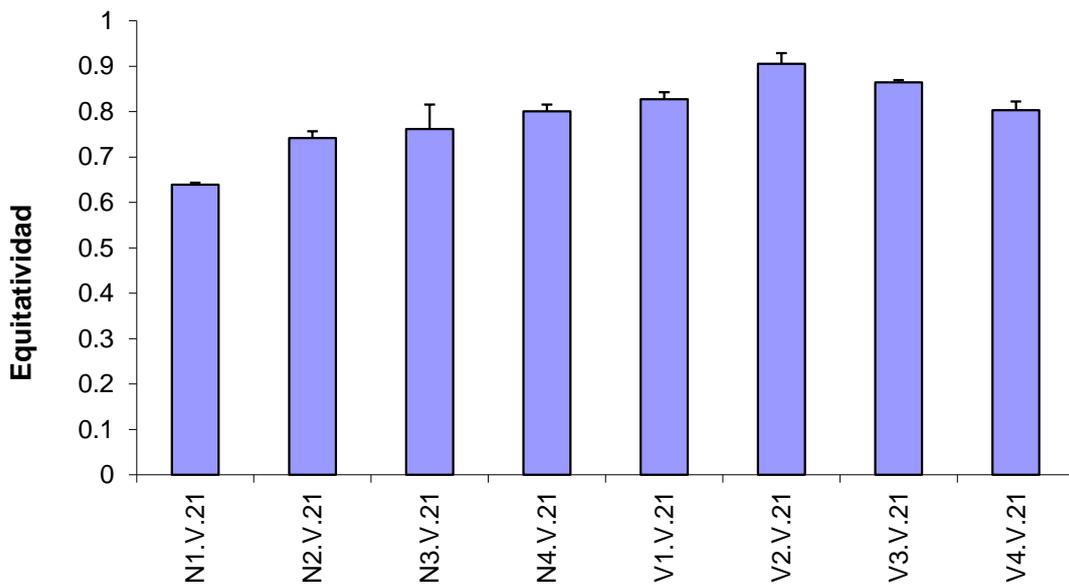
**Figura 3.28:** Riqueza media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la diversidad del poblamiento de poliquetos se observa un descenso en las estaciones localizadas al norte, principalmente en las distancias 1, 2 y 3. Esto puede indicar un mayor empobrecimiento en el poblamiento de poliquetos de dichas estaciones durante esta campaña, respecto al resto de las estaciones.



**Figura 3.29:** Diversidad media de poliquetos en cada estación.

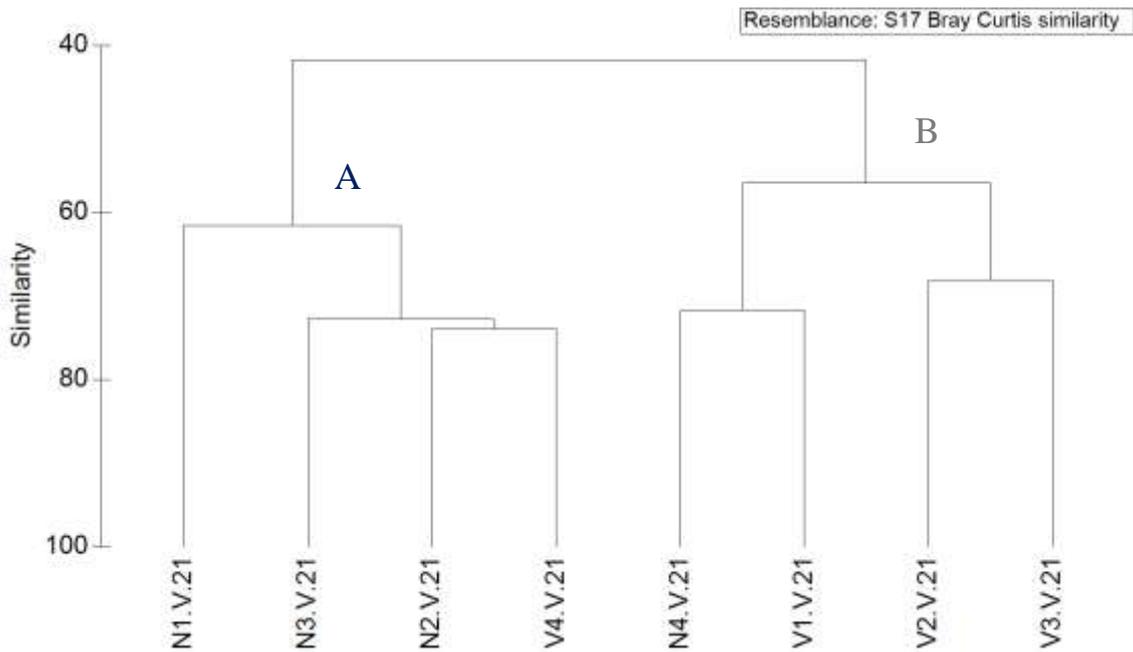
Los valores de equitatividad en la zona de estudio superan una equitatividad de 0.8 en todas las estaciones localizadas en el vertido, junto a la estación N4; sin embargo, son más bajos en las estaciones localizadas al norte, principalmente en N1; estaciones en las que un menor número de familias son las dominantes. Sin embargo, en la estación V2, se obtienen los valores más elevados de equitatividad (superando el 0.9); lo que nos indica un dominio similar del número de familias detectadas en dicha estación.



**Figura 3.30:** Equitatividad media de poliquetos en cada estación.

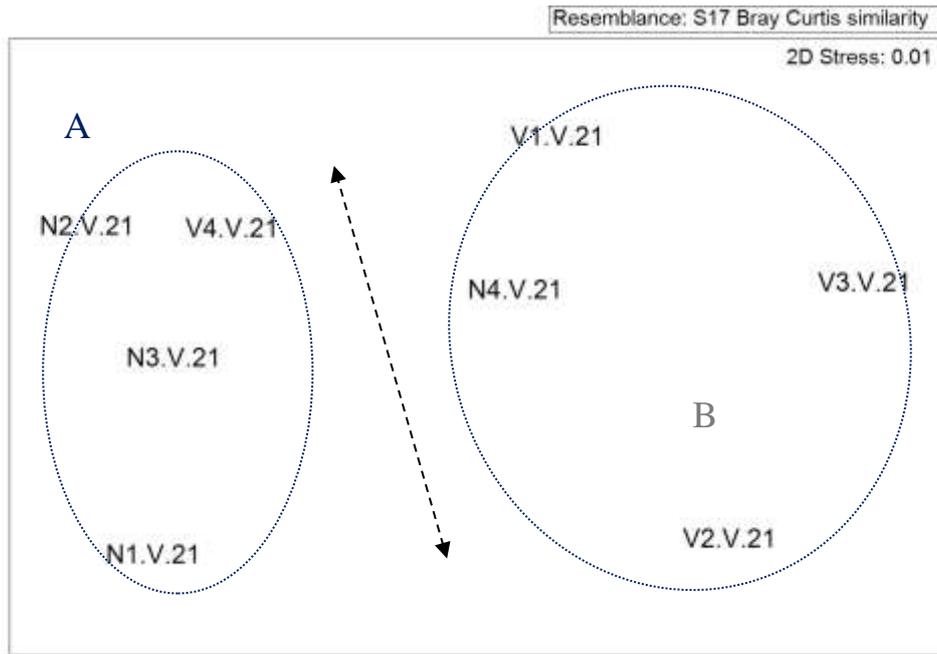
### **Análisis multivariante.**

Se detecta la formación de dos grupos principales; el grupo A establecido por las estaciones localizadas al norte (N1. V.21, N2. V.21, N3. V.21, junto a V4. V.21) con una similitud de superior al 60 %. El grupo B, está constituido por las estaciones localizadas en el vertido (V1. V.21, V2. V.21 y V3. V.21, junto a N4. V.21); mostrando una similitud próxima al 60%.



**Figura 3.31:** 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, (estaciones que muestran una homogeneidad algo mayor) y las del vertido en cuanto a la composición del poblamiento de poliquetos.



**Figura 3.32:** 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 ( $p=0.941$  y  $R= -0.438$ ), ni entre los distintos transectos ( $p=0.114$ ,  $R=0.50$ ).

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

Las familias Paraonidae, Spionidae, Lumbrineridae, Cirratulidae y Capitellidae son las implicadas en casi el 80% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A (porcentaje de similitud de un 67.33%). Las estaciones incluidas en el grupo B presentan un porcentaje de similitud de un 60.97%. En este caso, son las familias Syllidae, Eunicidae, Onuphidae, Capitellidae, Sabellidae, Paraonidae, Maldanidae, Spionidae y Lumbrineridae las que contribuyen en un 75% de la similitud.

Grupo	Familia	AM	PA
<b>A</b>			
SM: 67.33			
	Paraonidae	985.42	33.59
	Spionidae	889.58	54.71
	Lumbrineridae	347.92	63.98
	Cirratulidae	241.67	71.73
	Capitellidae	277.08	79.48
<b>B</b>			
SM: 60.97			
	Syllidae	454.17	19.72
	Eunicidae	252.08	29.85
	Onuphidae	231.25	39.77
	Capitellidae	166.67	47.28
	Sabellidae	156.25	53.47
	Paraonidae	352.08	58.9
	Maldanidae	122.92	64.32
	Spionidae	135.42	69.71
	Lumbrineridae	166.67	74.99

**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.

Las familias Spionidae, Paraonidae, Syllidae, Lumbrineridae, Eunicidae, Cirratulidae y Onuphidae, son las principales responsables de la mayor diferencia entre los grupos establecidos. La disimilitud se debe, principalmente al dominio de las familias Spionidae, Paraonidae, Lumbrineridae y Cirratulidae en la mayoría de las estaciones del norte (N1.V.21, N2.V.21, N3.V.21, junto a V4.V.21), mientras que en la mayoría de las estaciones localizadas en el transecto vertido, junto a N4. V.21, son las familias Syllidae, Eunicidae y Onuphidae las que presentan mayores abundancias.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
<b>A / B</b>				
DM: 58.22				
	Spionidae	<b>889.58</b>	135.42	18.84
	Paraonidae	<b>985.42</b>	352.08	37.06
	Syllidae	22.92	<b>454.17</b>	48.13
	Lumbrineridae	<b>347.92</b>	166.67	54.11
	Eunicidae	33.33	<b>252.08</b>	59.68
	Onuphidae	43.75	<b>231.25</b>	64.8
	Cirratulidae	<b>241.67</b>	175	69.22

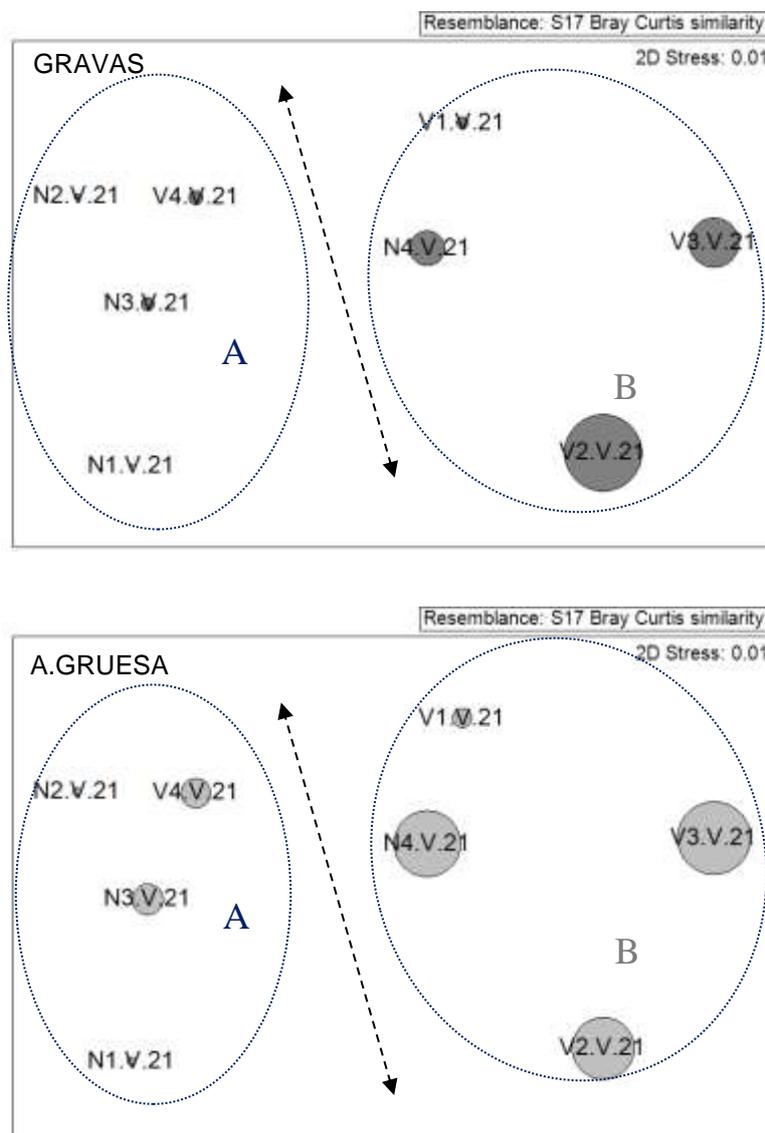
**Tabla 3.23.** Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos y subgrupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

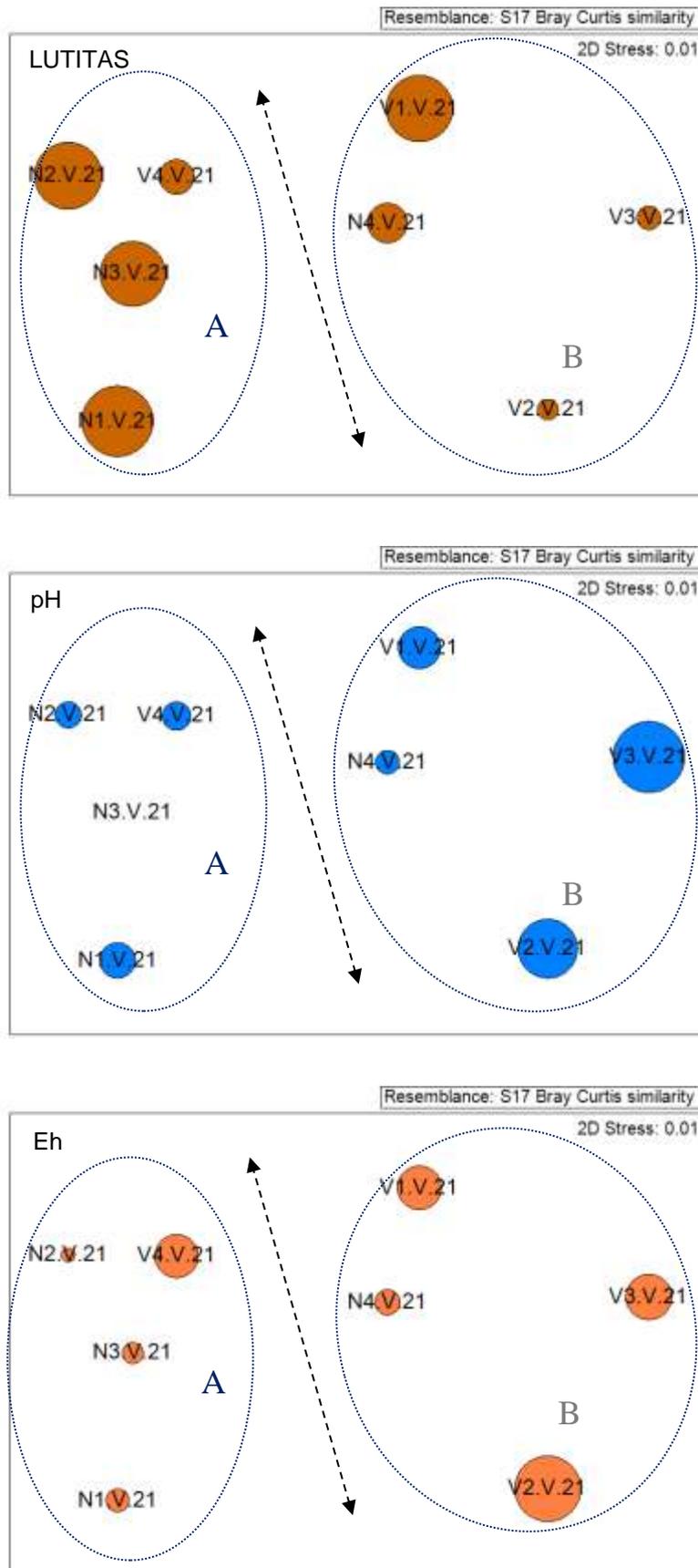
Mediante el procedimiento RELATE se observa correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz de los factores ambientales estudiados (granulometría, materia orgánica, Eh, pH y salinidad). Se obtiene un nivel de significación de un 0.4% y con un Rho=0.561 (Tabla 3.16). Al analizar cada uno de los factores por separado, se observa que el potencial redox, el pH, las gravas, la arena gruesa 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.

Factores ambientales	Rho	p
<b>Materia orgánica</b>		
% Gravas	0.526	0.013
% A. gruesa	0.494	0.03
% A. media	0.125	0.244
% A. fina	-0.164	0.773
% Lutitas	0.426	0.044
pH	0.533	0.015
Eh	0.427	0.016
Sal	-0.216	0.875
<b>Factores totales</b>	<b>0.561</b>	<b>0.004</b>

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

Mediante la representación bidimensional con círculos superpuestos se observa que las estaciones del vertido, presentan mayor porcentaje de gravas y arena gruesa y arena media (principalmente V2 y V3, junto a N4), así como un pH más básico. 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 3.33:** 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).

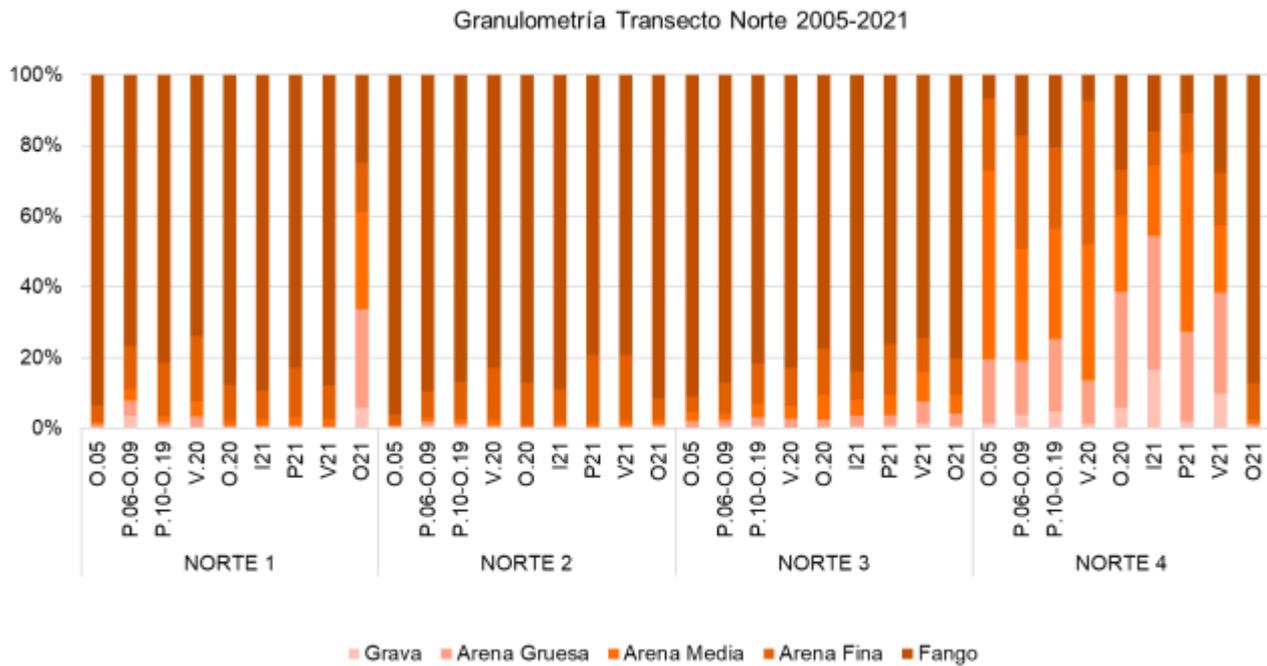
### **3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y verano 2021.**

#### **3.5.6.1- Sedimentología.**

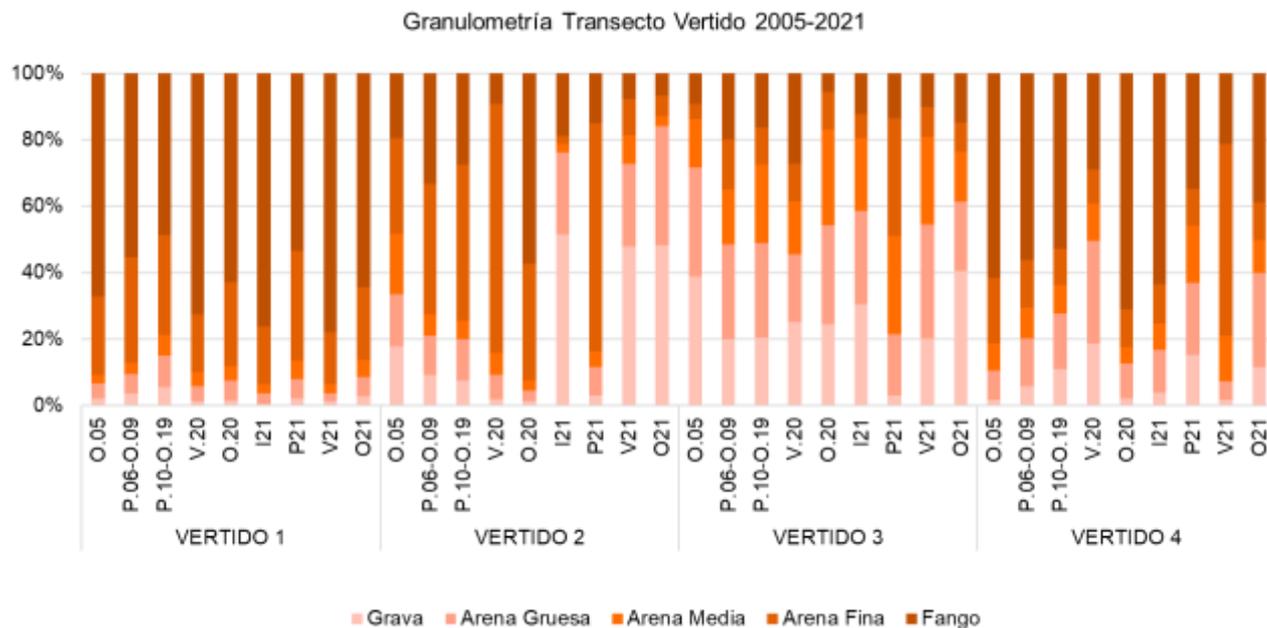
##### **Granulometría.**

El análisis de la granulometría según la clasificación de Wentworth durante las épocas de estudio refleja cierta estabilidad en el sedimento de la mayoría de las estaciones. En el transecto Norte se mantiene la composición granulométrica en las distintas estaciones, a pesar de que, durante octubre de 2021, la composición de N1 y N4 varió aumentando el porcentaje de fangos. 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 únicamente en V4 cierto descenso en el porcentaje de lutitas durante las últimas campañas. En la estación V2, se detecta un incremento del porcentaje de arena fina, que disminuye en el resto de las campañas de 2021. Además, en V4 durante el verano también aumentó el porcentaje de arena fina frente a las lutitas y las gravas (Figuras 3.40 y 3.41).



**Figura 3.34.** Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta verano 2021. 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.21, V.21 Y O.21).

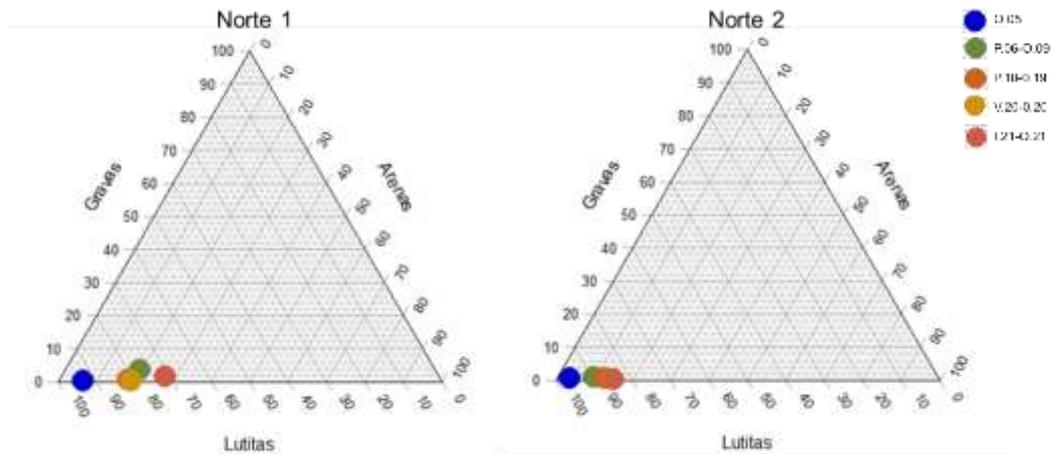


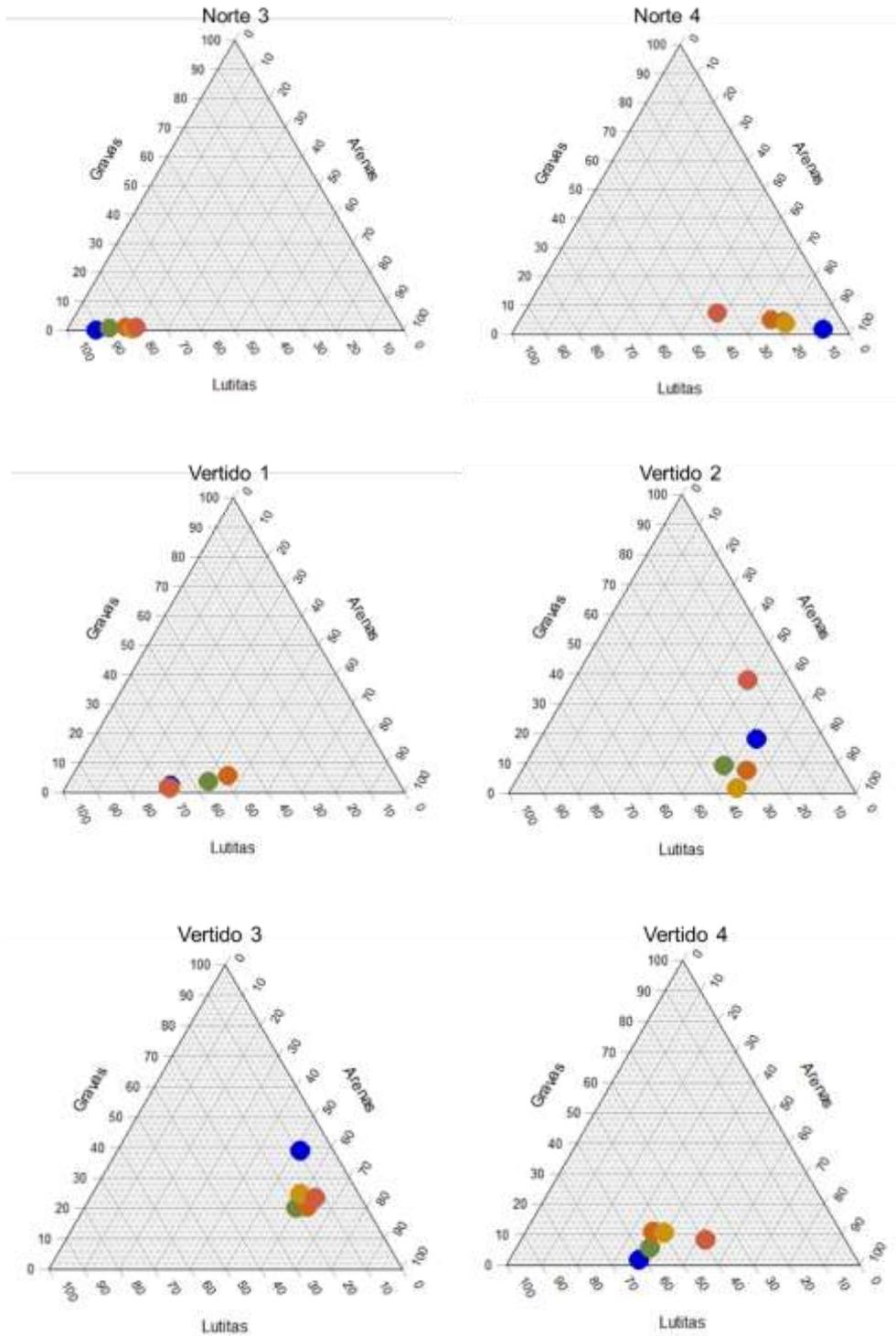
**Figura 3.35.** Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño 2020. Estudio previo

(O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21 Y O.21).

En los diagramas triangulares se observa la evaluación de cada estación en base a su textura granulométrica. En el transecto norte, las estaciones N1, N2 y N3 mantienen la clasificación de fangos. Mientras la estación N4 mantiene una composición arenosa, con un mayor porcentaje de lutitas durante las campañas realizadas en 2021.

En el transecto del vertido, la estación V1 se mantiene con una composición similar a la de campañas anteriores, como arenas fangosas. Sin embargo, V2 muestra una mayor variabilidad, siendo principalmente arenas en las campañas anteriores, pero con un aumento del porcentaje de gravas en las campañas de 2021. V3 se mantiene dentro de la clasificación de arenas, con una gran similitud en las campañas comprendidas entre 2006 y 2021. Por último, V4 muestra un sedimento de arenas con fango, con una disminución en el porcentaje de fangos en para las campañas de 2021 (Figura 3.42).

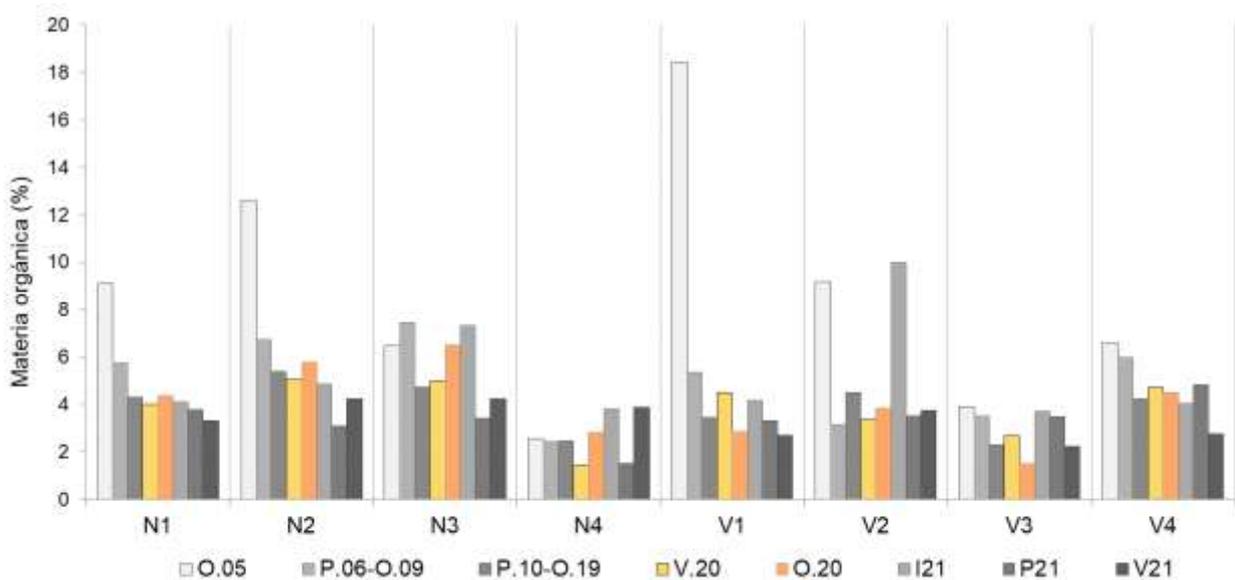




**Figura 3.36.** Representación del diagrama triangular de granulometría para estación muestreada a lo largo y en cada época de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales de 2020 y 2021.

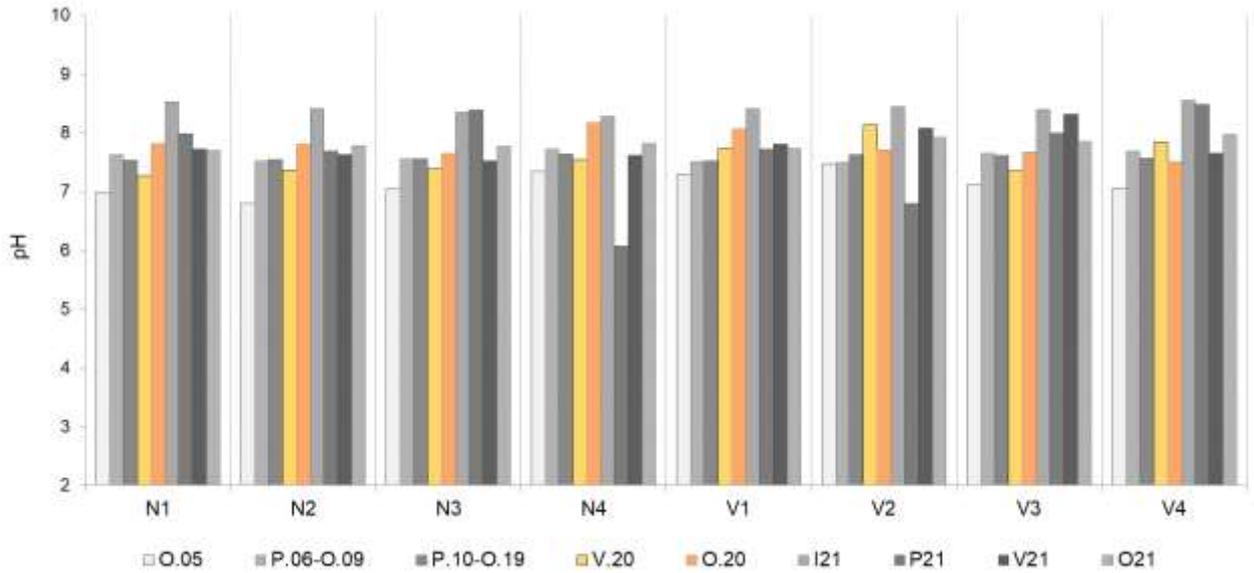
### **Materia orgánica, pH y potencial redox.**

El porcentaje de materia orgánica varía a lo largo del tiempo en cada estación de estudio. Los mayores valores se obtuvieron durante las primeras campañas de muestreo. En las estaciones N1, N2, V1 y V3 se observa una disminución de del porcentaje durante las campañas del último año. Para la estación N3 y V2 se detectaron valores similares a las campañas iniciales, siendo en invierno V2 los valores más elevados para esta estación.



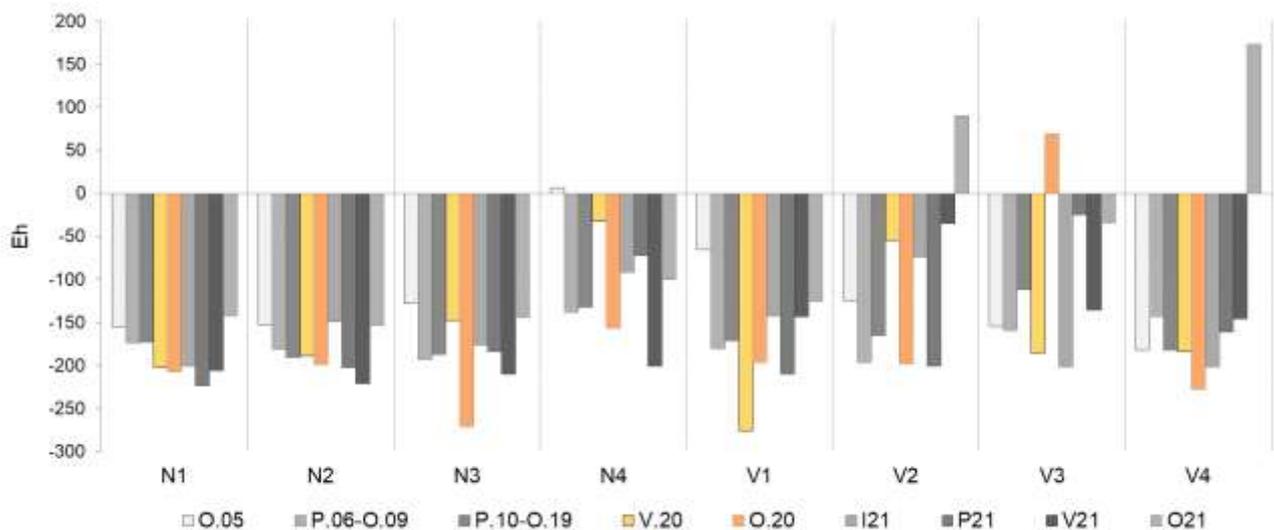
**Figura 3.37.** Representación en histograma del porcentaje medio de materia orgánica en cada estación y en cada época de muestreo Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.19), las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21 Y O.21).

A la hora de analizar los resultados del pH del sedimento, aunque los valores se mantienen dentro de un rango limitado, se puede observar cierta variabilidad temporal. Para todas las estaciones se observan valores superiores durante la campaña de invierno 2021, y en N4 hubo una disminución durante la campaña de primavera. Además, de manera general los valores de las campañas del último año fueron similares a las campañas anteriores, y en todos los casos el pH es superior al de la campaña de 2005 y similar a la media de 2010-2019.



**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), las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21 Y O.21).

El potencial redox presenta valores negativos en la mayor parte de las estaciones y campañas, excepto para V2 y V4 durante el otoño de 2021, V3 durante otoño de 2020, y en la campaña inicial de la estación N4. En el transecto norte, se detectan los valores más bajos durante la campaña de otoño de 2021, con valores similares a N2 y N4 durante el invierno de 2021. En cuanto al transecto vertido, los valores muestran una mayor variabilidad, con valores decrecientes para V1 y V4 durante las campañas del último año.



**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), las campañas actuales (V.20, O.20, I.21, P.21, V.21 Y O.21).

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

#### **3.5.6.2.1.- Comparación de las campañas de verano 2020 y 2021.**

Se detecta variabilidad temporal en los valores de abundancia total entre las distintas campañas de muestreo realizadas durante verano. Al comparar la abundancia media entre las distintas campañas, observamos que el valor obtenido en la campaña de verano de 2020 (4928 ind/m<sup>2</sup>) fue inferior al de la campaña de 2021 (5133 ind/m<sup>2</sup>).

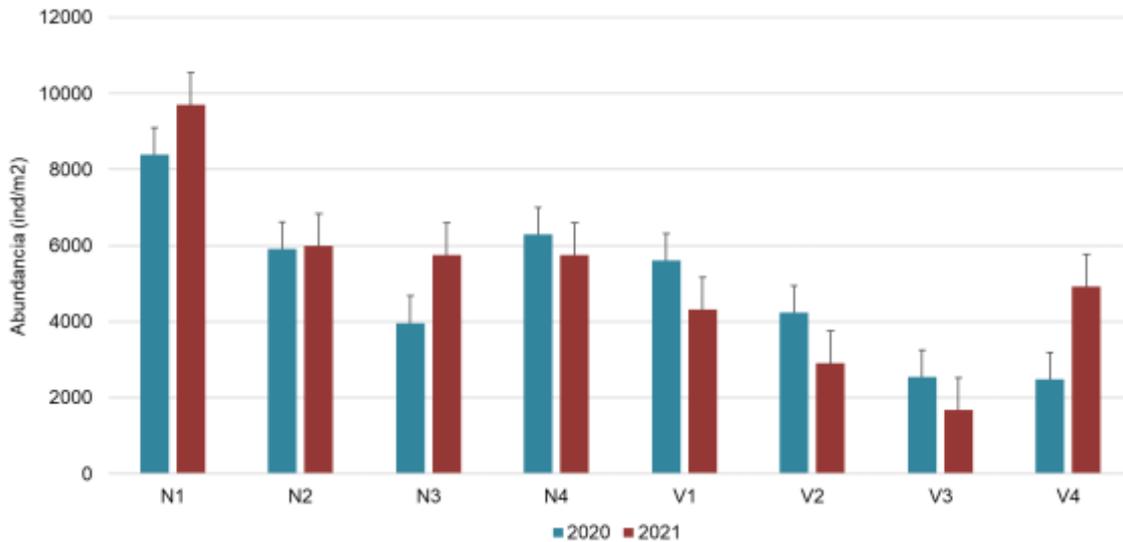
En cuanto a la riqueza, se obtienen de igual modo valores superiores durante la campaña de 2021 frente a la de 2020.

A continuación, se muestran los análisis univariantes y multivariantes que se aplicaron para la abundancia y la riqueza taxonómica registrada en las muestras recogidas durante verano de 2020 y 2021.

#### **Análisis univariante.**

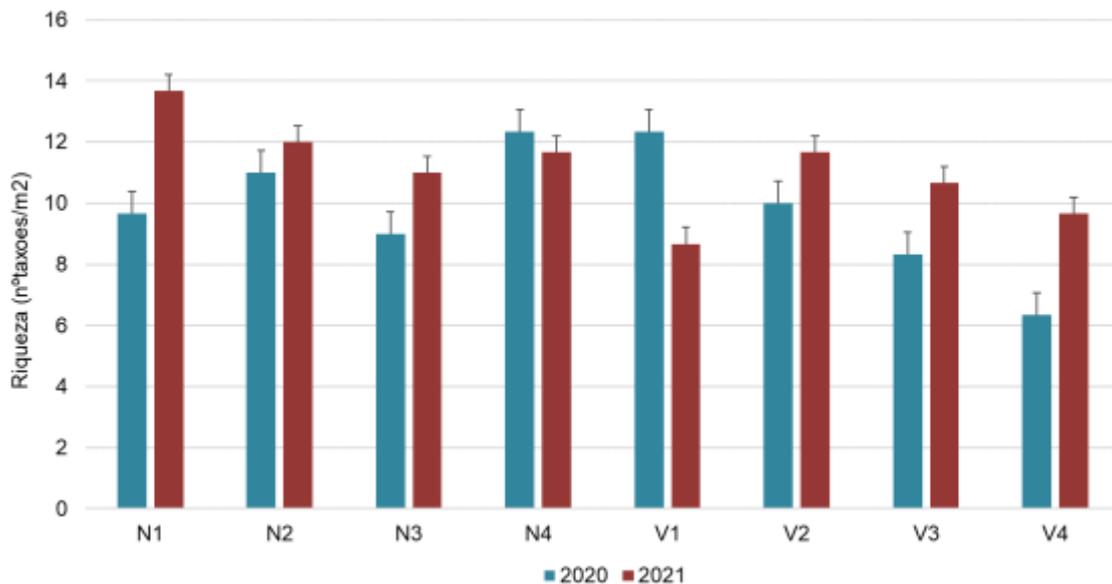
Para el estudio la fauna general, se ha aplicado un análisis univariante tanto de su abundancia como de su riqueza taxonómica para los tres factores analizados: Tiempo (T1 (campaña de verano 2020), T2 (campaña de verano 2021) transecto (norte y vertido) y distancia (1, 2, 3 y 4).

Al analizar los valores de abundancia total, se detectan diferencias significativas en el factor transecto ( $p=4.24e-6$ ) y distancia ( $p=0.00047$ ), pero no con el factor tiempo ni en la interacción. De manera general, las mayores abundancias se dan en la estación N1 y las menores en V3. Además, tanto N1 como N2, N3 y V4 muestran abundancias mayores en 2021.



**Figura 3.40.** Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de verano de 2020 y 2021.

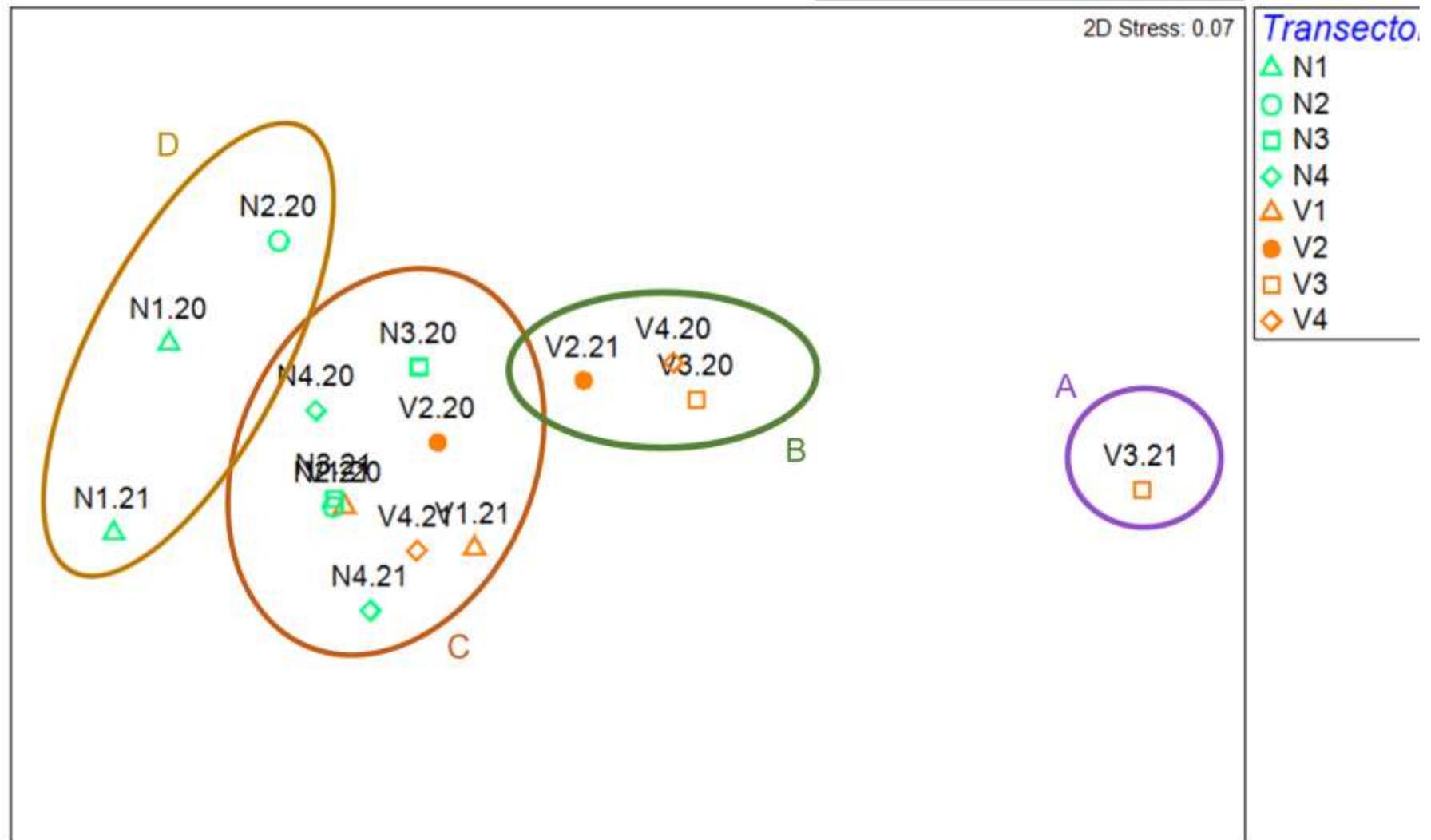
El estudio de la riqueza taxonómica no revela diferencias significativas asociadas a ningún factor ni a la interacción entre los tres factores estudiados). Sin embargo, en el gráfico se puede ver como de manera general la riqueza durante la campaña de 2021 fue superior a la de 2020, excepto para las estaciones N4 y V1.



**Figura 3.41.** Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas verano de 2020 y de 2021.

### **Análisis multivariante.**

Se realizó un análisis multivariante de los muestreos de verano realizados entre 2020 y 2021. Se obtuvo un MDS (Figura 3.48) donde se puede observar como la estación vertido (V2) se encuentra en grupos diferentes en ambos años. Para el año 2021 se encuentra en el grupo B, junto con las estaciones V3 y V4 de 2020, mientras que para 2020 se encuentra en el grupo C junto con V1 y V4 de la campaña de 2021, y diferentes estaciones del transecto norte de ambas campañas. Además, el grupo D está conformado por las estaciones N1 de ambas campañas y N2 de 2020. Por último, V3 se diferencia del resto de estaciones formando el grupo A.



**Figura 3.42.** Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de verano de 2020 y de 2021.

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) (Tabla 3.24), con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a la similitud entre los diferentes grupos. En los porcentajes de similitud se observa como los poliquetos son el taxón que más contribuye a la similitud de los grupos B y C, seguido de anfípodos y bivalvos. Sin embargo, para el grupo D, el taxón que más influye son los anfípodos, seguidos de poliquetos, bivalvos e isópodos.

Grupo	Grupos Taxon.	AM	PA
<b>A</b>			
<b>B</b>			
SM: 81.47			
	Polychaeta	1747.22	73.66
	Amphipoda	230.56	83.30
	Bivalvia	277.78	92.39
<b>C</b>			
SM: 81.67			
	Polychaeta	3094.44	66.07
	Amphipoda	993.52	84.47
	Bivalvia	381.48	90.11
<b>D</b>			
SM: 74.33			
	Amphipoda	2844.44	44.81
	Polychaeta	3044.44	79.29
	Bivalvia	563.89	86.37
	Isopoda	375.00	90.01

**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.

La tabla 3.25, muestra las diferencias entre los grupos formados en el análisis multiescalar MDS y los grupos taxonómicos que más contribuyen a la disimilitud entre ellas. El grupo A se diferencia por la menor abundancia de poliquetos frente al resto de grupos, y de anfípodos frente a los grupos C y D. El grupo B, mostró de manera general abundancias inferiores con respecto al

resto de grupos. En cuanto a D, muestra las mayores abundancias tanto de poliquetos como de anfípodos y bivalvos.

<b>Grupo</b>	<b>Grupos Taxon.</b>	<b>AM x</b>	<b>AM y</b>	<b>PA</b>
<b>A/B</b>				
DM: 54.00				
	Polychaeta	350.00	1747.22	59.48
	Gastropoda	200.00	33.33	66.70
	Nematoda	208.33	66.67	72.71
	Bivalva	233.33	277.78	78.18
	Tanaidacea	133.33	33.33	82.51
	Amphipoda	325.00	230.56	86.58
	Ophiuroidea	16.67	75.00	89.05
	Sipuncula	91.67	38.89	91.27
<b>A/C</b>				
DM: 64.78				
	Polychaeta	350.00	3094.44	61.56
	Amphipoda	325.00	993.52	76.33
	Bivalvia	233.33	381.48	80.28
	Nematoda	208.33	106.48	83.90
	Gastropoda	200.00	49.07	87.37
	Cumacea	0.00	149.07	90.73
<b>A/D</b>				
DM: 71.05				
	Polychaeta	350.00	3044.44	37.46
	Amphipoda	325.00	2844.44	74.84
	Cumacea	0.00	363.89	80.21
	Isopoda	8.33	375.00	85.25
	Bivalva	233.33	563.89	90.00
<b>B/C</b>				
DM: 36.55				
	Polychaeta	1747.22	3094.44	46.52
	Amphipoda	230.56	993.52	72.82
	Bivalva	277.78	381.48	79.59
	Cumacea	44.44	149.07	83.71
	Nematoda	66.67	106.48	86.76
	Isopoda	30.56	105.56	89.68
	Tanaidacea	33.33	77.78	91.78
<b>B/D</b>				
DM: 51.59				
	Amphipoda	230.56	2844.44	48.40
	Polychaeta	1747.22	3044.44	70.85
	Isopoda	30.56	375.00	76.77
	Cumacea	44.44	363.89	82.66
	Bivalva	277.78	563.89	87.74

	Nematoda	66.67	238.89	91.16
<b>C/D</b>				
DM: 34.26				
Amphipoda	993.52	2844.44	41.63	
Polychaeta	3094.44	3044.44	67.35	
Isopoda	381.48	563.89	74.03	
Cumacea	105.56	375.00	79.81	
Bivalva	149.07	363.89	85.05	
Nematoda	106.48	238.89	89.36	
Tanaidacea	77.78	211.11	93.18	

**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.

### 3.5.6.3.- Poliquetos.

#### 3.5.6.3.1.- Comparación de las campañas de verano de 2020 y 2021.

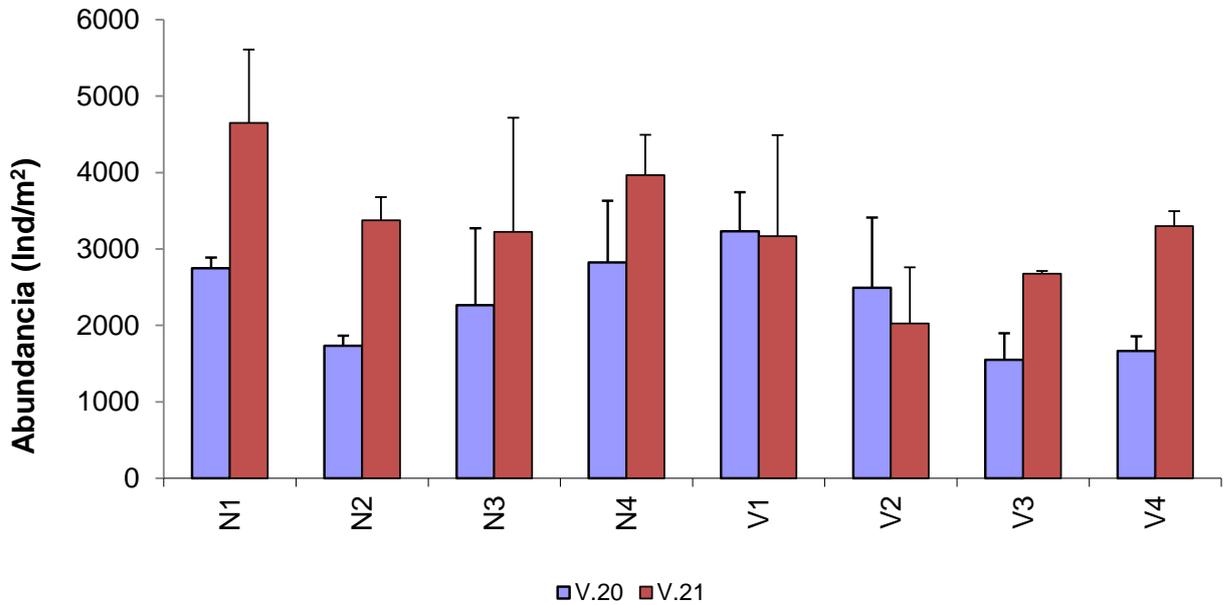
Se observa una variación temporal en la abundancia y riqueza de poliquetos en el área de estudio en los muestreos de verano. En el total de muestras analizadas se han separado e identificado un número de individuos que oscila entre los 2222 individuos de 2020 a los 3166 individuos de 2021. Del mismo modo el número de familias de poliquetos en el total de muestras ha oscilado desde 35 en 2020 a 37 en la campaña actual, 2021. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Syllidae, Capitellidae, Cirratulidae 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) y T2 (verano 2021)).

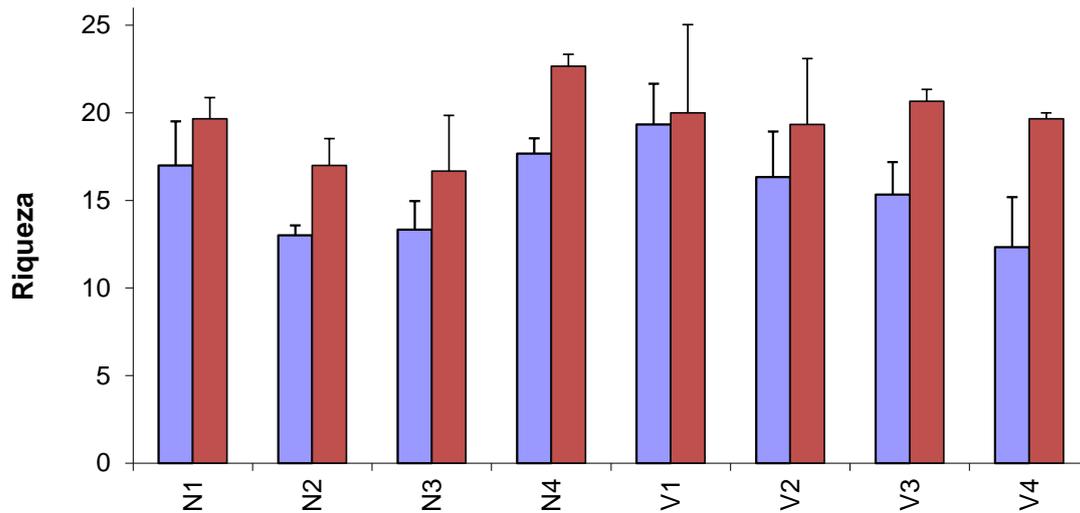
Considerando los valores de abundancia no se detectan diferencias significativas para la interacción de los tres factores TixTrxDi ( $p < 0.05$ ), ni para

las dobles interacciones. Se detectan diferencias significativas entre las dos campañas de muestreo (T1 y T2;  $P= 0.01233$ ). En el gráfico se puede observar cómo estos cambios temporales son debidas al aumento de la abundancia de poliquetos en la segunda campaña de muestreo, 2021.



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

Considerando la riqueza, también se detectan diferencias significativas para el factor tiempo ( $P= 0.001734$ ), no detectándose para ninguna de las interacciones, ni para ninguno de los otros factores estudiados. Estas diferencias también vienen marcadas por el incremento de las familias de poliquetos durante la campaña de muestreo de verano en 2021.

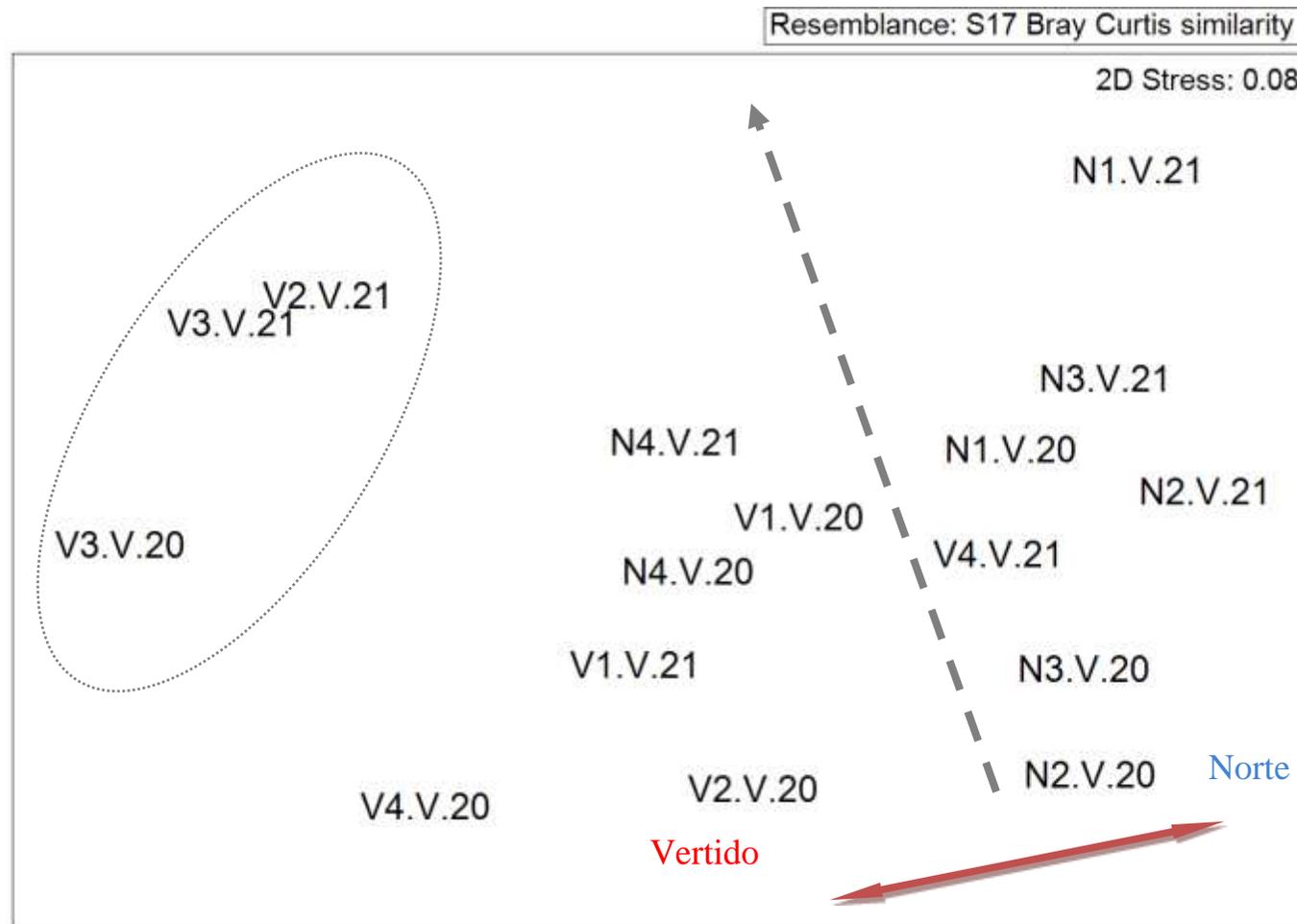


**Figura 3.44:** Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de verano 2020 y 2021.

### **Análisis multivariante.**

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) se puede apreciar, la existencia de un eje principal que marca un patrón de segregación de la mayoría de las estaciones de muestreo localizadas al norte (N1, N2 y N3), junto a V4 de la campaña del 2021 y la mayoría de las estaciones localizadas en el vertido, junto a N4 de ambas campañas de muestreo. Las estaciones del vertido, junto a la estación N4 (grupo C), se distribuyen de forma más heterogénea. Esta segregación es debida a las características físicas del sedimento, ya que, mientras que, en las estaciones localizadas al norte, predominan los fangos y presentan un potencial más reducido el resto de las estaciones están caracterizadas por una mayor heterogeneidad de sedimentos. Estaciones en las que dominan las fracciones más gruesas y muestran un pH más básico. En segundo lugar, se detecta una segregación de la composición de la comunidad de poliquetos en la estación próxima al vertido de la campaña de verano 2021, junto a la estación V1 de ambas campañas, pero no se ha observado ninguna correlación entre el poblamiento de poliquetos y los valores de salinidad en dicha campaña.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas entre los distintos transectos ( $p=0.01$ ,  $R=0.312$ ), pero no entre las distancias ( $p=0.62$ ,  $R=-0.038$ ) ni entre los distintos tiempos ( $p=0.116$ ,  $R=0.1$ ).



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

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

Las familias Syllidae, Onuphidae, Sabellidae, Eunicidae y Lumbrineridae son las implicadas en el 64.12% de similitud detectada en el grupo A (65.10%), grupo que contiene la estación próxima al vertido V2. V.21 y la V3 de ambas campañas de muestreo. Las familias Paraonidae, Syllidae, Cirratulidae y Capitellidae son las implicadas en la similitud dentro del grupo B (65.59%); grupo que presenta el resto de las estaciones de vertido, junto a la estación N4 de ambas campañas. En la mayoría de las estaciones del transecto norte, junto a la estación V4. V.21, las principales familias responsables de la similitud (65.21%) han sido Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae, Spionidae y Cirratulidae.

Grupo	Familia	AM	PA
<b>A</b>			
<b>SM: 65.10</b>			
	<b>Syllidae</b>	369.44	21.92
	<b>Onuphidae</b>	275	39.45
	<b>Sabellidae</b>	191.67	52
	<b>Eunicidae</b>	161.11	58.42
	<b>Lumbrineridae</b>	116.67	64.12
<b>B</b>			
<b>SM: 65.59</b>			
	<b>Paraonidae</b>	622.22	23.34
	<b>Syllidae</b>	491.67	45.25
	<b>Cirratulidae</b>	268.06	56.13
	<b>Capitellidae</b>	222.22	63.63
<b>C</b>			
<b>SM: 65.21</b>			
	<b>Paraonidae</b>	922.62	39.14
	<b>Lumbrineridae</b>	310.71	51.05
	<b>Capitellidae</b>	295.24	62.75
	<b>Spionidae</b>	551.19	72.34
	<b>Cirratulidae</b>	213.1	81.34

**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.

Las familias Paraonidae, Cirratulidae, Onuphidae, Syllidae, Capitellidae, Sabellidae, Spionidae, Lumbrineridae y Eunicidae son las implicadas en la disimilitud entre los distintos grupos establecidos. Estas diferencias son debidas, principalmente, al dominio de las familias Paraonidae, Spionidae y Lumbrineridae, en el grupo establecido por la mayoría de las estaciones más próximas al vertido de aguas residuales, mientras que en la mayoría de las estaciones caracterizadas por la heterogeneidad del sedimento se encuentran dominadas por las familias Syllidae, Onuphidae, Sabellidae y Eunicidae. Se mantiene la segregación de la estación V2, durante la campaña del 2021 junto a la estación V3 de ambas campañas (grupo A), grupo en el que se observa un incremento de la abundancia de las familias Sabellidae y Onuphidae y el descenso de las familias Paraonidae y Cirratulidae, respecto al resto de las estaciones del vertido de salmuera.

<b>Grupos</b>	<b>Familia</b>	<b>AMx</b>	<b>AMy</b>	<b>PA</b>
<b>A / B</b>				
DM: 50.89				
	<b>Paraonidae</b>	33.33	622.22	22.85
	<b>Cirratulidae</b>	22.22	268.06	32.53
	<b>Onuphidae</b>	275	97.22	39.71
	<b>Syllidae</b>	369.44	491.67	46.38
	<b>Capitellidae</b>	102.78	222.22	51.93
	<b>Sabellidae</b>	191.67	72.22	56.99
<b>A / C</b>				
DM: 72.96				
	<b>Paraonidae</b>	33.33	922.62	23.96
	<b>Spionidae</b>	100	551.19	35.39
	<b>Syllidae</b>	369.44	21.43	44.94
	<b>Onuphidae</b>	275	27.38	51.74
	<b>Capitellidae</b>	102.78	295.24	57.3
	<b>Lumbrineridae</b>	116.67	310.71	62.78
	<b>Cirratulidae</b>	22.22	213.1	67.98
	<b>Eunicidae</b>	161.11	23.81	71.6
<b>B / C</b>				
DM: 48.11				
	<b>Syllidae</b>	491.67	21.43	16.83
	<b>Spionidae</b>	76.39	551.19	32.23
	<b>Paraonidae</b>	622.22	922.62	46.21
	<b>Lumbrineridae</b>	144.44	310.71	53.3
	<b>Capitellidae</b>	222.22	295.24	58.75

**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.

### 3.5.7.- Transectos de videocámara.

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

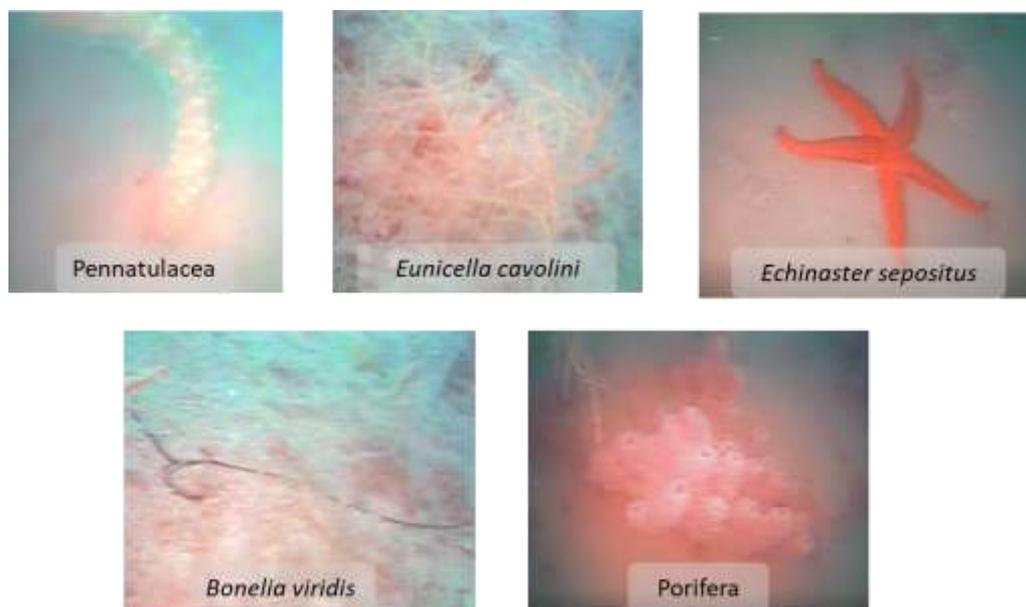
En las estaciones situadas al norte del vertido se observa un sustrato sedimentario caracterizado por sustratos principalmente fangosos. Aparecen individuos del orden Pennatulacea, los cuales son especialmente abundantes durante invierno en la estación N3.

En el transecto del vertido se observan individuos dispersos de la familia *Gorgoniidae* en las estaciones, V3 y V4. Además, en la estación V2 aparece un individuo de *E.sepositus* y *Holothuria sp.*, y en la estación V4 un individuo de *Bonelia viridis*.

Por lo que se refiere a las estaciones del transecto sur, el sedimento se identifica también como arenoso. La estación S1 muestra ejemplares del orden Pennatulacea, y de *Holothuria sp.* junto con la estación S4. Además, en la estación S3 se observa una alta densidad de individuos de la familia Gorgonidae, diferenciándose *Eunicella singularis* y *Eunicella cavolinii*, junto con individuos de la clase Desmospongiae y el orden Pennatulacea.

Phylum	Especie/Grupo	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4	S1	S2	S3	S4
Porifera	Porifera											●	
Cnidaria	Pennatulacea		●	●						●		●	
Cnidaria	<i>Eunicella singularis</i>							●				●	
Cnidaria	<i>Eunicella cavolinii</i>							●	●			●	
Cnidaria	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>												
Annelida	<i>Bonelia viridis</i>								●				
Annelida	<i>Myxicola infundibulum</i>												
Echinodermata	<i>Echinaster sepositus</i>						●						
Echinodermata	<i>Holothuria sp.</i>						●			●			●

**Tabla 3.29.** Grupos identificados en los transectos con videocámara durante las campañas de invierno y verano 2021.



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

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

#### 3.6.1.- Densidad

En el muestreo de este año tampoco se detectaron diferencias significativas para la densidad de haces vivos entre las distintas localidades estudiadas (Tabla 3.30 y Figura 3.47). Los valores de densidad más elevados se siguen observando en la localidad L4 (116 haces m<sup>-2</sup>) y en la localidad L3 (100 haces m<sup>-2</sup>). En el resto de localidades las densidades estuvieron comprendidas entre 50 y 73 haces m<sup>-2</sup> (Figura 3.47).

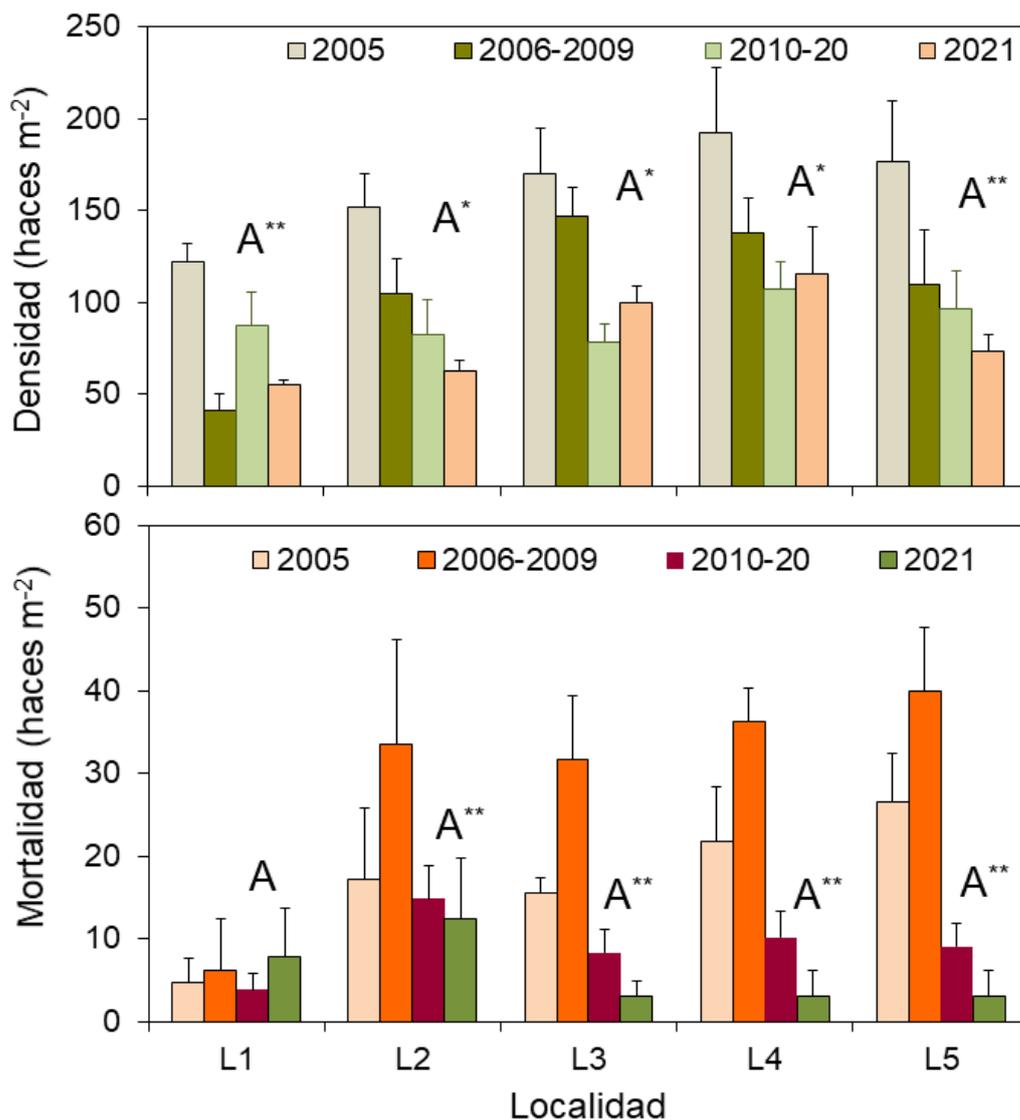
Al comparar estos datos con los de los años anteriores se siguen detectando diferencias significativas al observarse una disminución significativa de este parámetro respecto a los primeros años de funcionamiento del emisario (2005-2009). Detectándose una interacción entre el factor tiempo y el factor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

ya que la disminución no se da por igual en todas las localidades estudiadas (Tabla 3.30 y Figura 3.47).

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
<b>Densidad (haces m<sup>-2</sup>)</b>	Tiempo	16	10726.1588	7.48	***	Residual
	Localidad	4	40272.5886	28.10	***	Residual
	Tiempo*Localidad	64	2570.0129	1.79	***	Residual
	Residual	255	1433.0448			
<b>Mortalidad (haces m<sup>-2</sup>)</b>	Tiempo	15	2906.6266	31.55	***	Residual
	Localidad	4	3145.2525	34.14	***	Residual
	Tiempo*Localidad	60	357.1462	3.88	***	Residual
	Residual	240	92.1288			

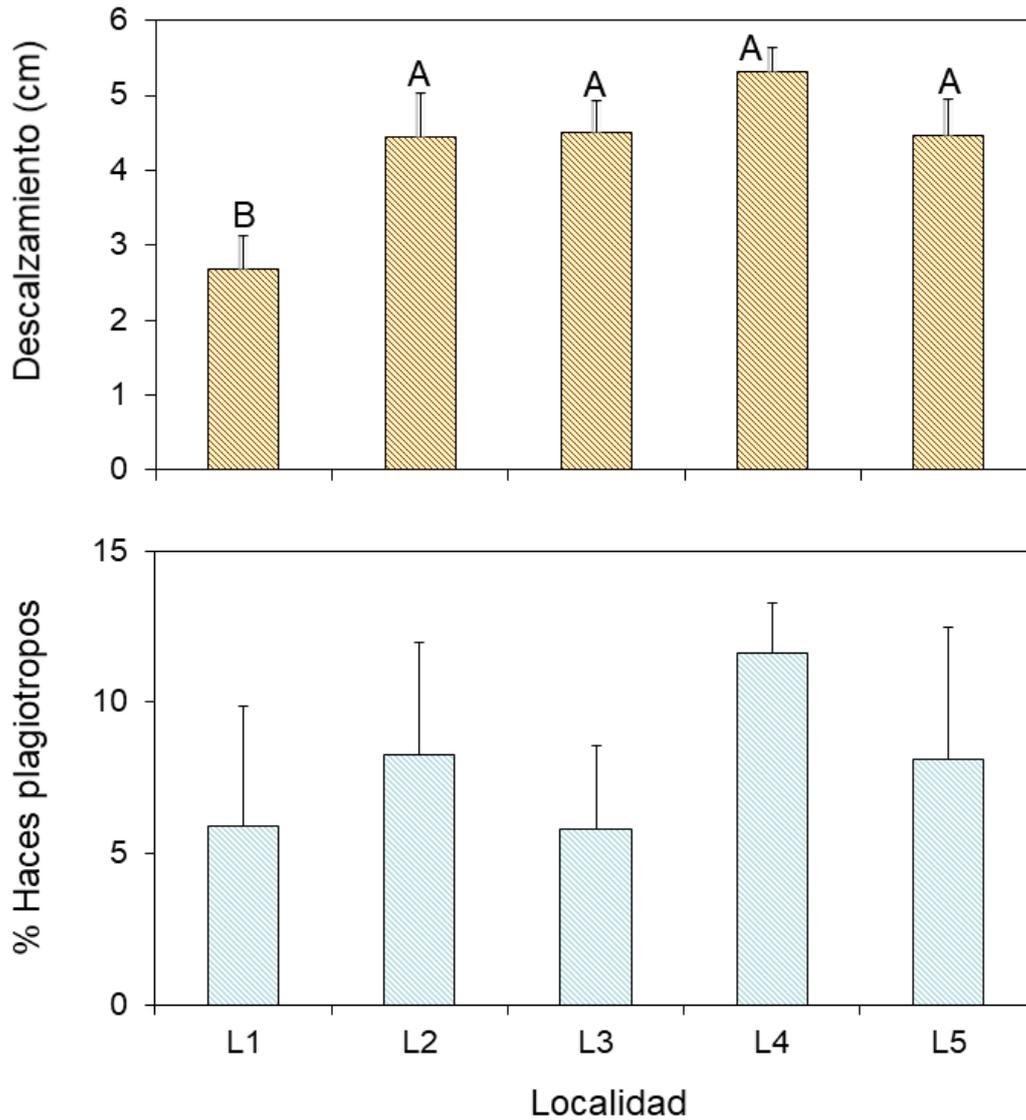
**Tabla 3.30:** Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad y mortalidad de haces de *Posidonia oceanica* obtenidos en las parcelas permanentes previa (2005) y posteriormente (2006 - 2021) al funcionamiento del emisario. GI = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, \* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$ , \*\*\* =  $p < 0.001$ , ns = no significativo.

Los valores de densidad de rizomas muertos se mantienen similares a los del año anterior (Figura 3.47), con valores comprendidos entre 3 y 13 haces m<sup>-2</sup>, en todas las localidades estudiadas. Además, también se observa un cambio significativo de este descriptor respecto a la interacción de la localidad con el tiempo (Tabla 3.30), 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 3.47:** Representación gráfica de los datos de densidad media y densidad de haces muertos (haces m<sup>-2</sup>) obtenidos en las localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2021) 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).

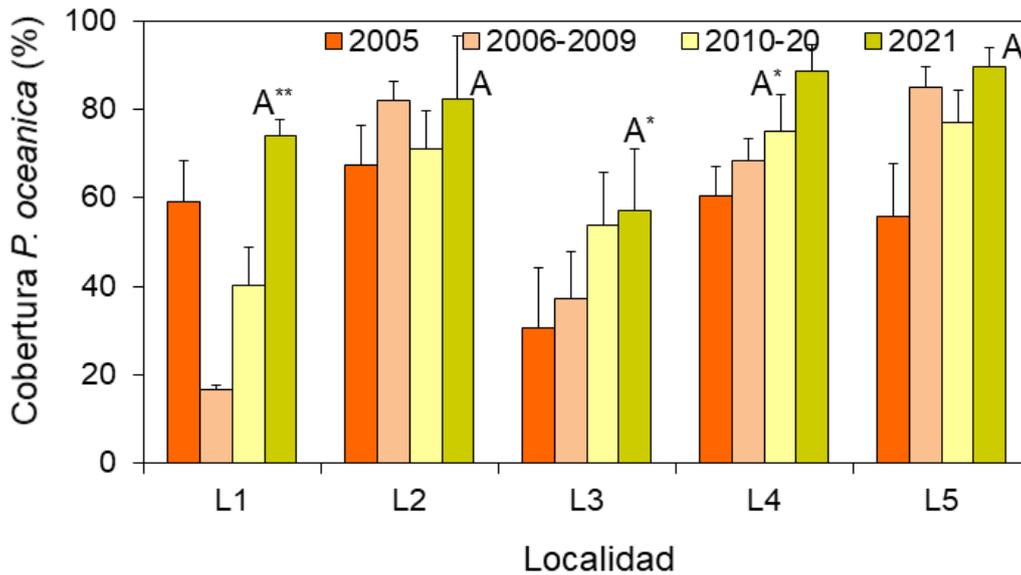
Respecto a los porcentajes de haces plagiotropos (Figura 3.48), en este muestreo no se detectan diferencias significativas entre las localidades de estudio. Los valores máximos se observaron en la localidad L4 con un 12 % de haces de crecimiento horizontal.



**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).

Sí se detectaron diferencias entre el descalzamiento de los haces de las cinco localidades (Figura 3.48), ya que la localidad L1 presentaba haces con un descalzamiento significativamente menor (2.7 cm) que el resto de las localidades estudiadas (4.5-5.3 cm).

### 3.6.2.- Cobertura



**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 - 2021) 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 3.49. Sin embargo, en la zona de estudio este año no se detectaron diferencias significativas entre las distintas localidades (Tabla 3.31 y Figura 3.49). Aunque los valores de este descriptor fueron más bajos en la localidad L3 (57 %), mientras que se estimó una cobertura de 70-90 % de *Posidonia* en el resto de las localidades.

Comparando los datos de este año con los del anterior, se detecta un aumento de este parámetro en la localidad L1, probablemente debido a la alta variabilidad asociada al método de muestreo empleado o a cierta recuperación en dicha pradera. Al compararlo con el resto de años se observa una tendencia estable para este parámetro (Figura 3.49),

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Cobertura (%)	Tiempo	16	814.5212	3.40	**	Residual
	Localidad	4	14696.9706	61.40	***	Residual
	Tiempo*Localidad	64	779.6504	3.26	***	Residual
	Residual	170	239.3706			

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

### 3.6.3.- Fenología

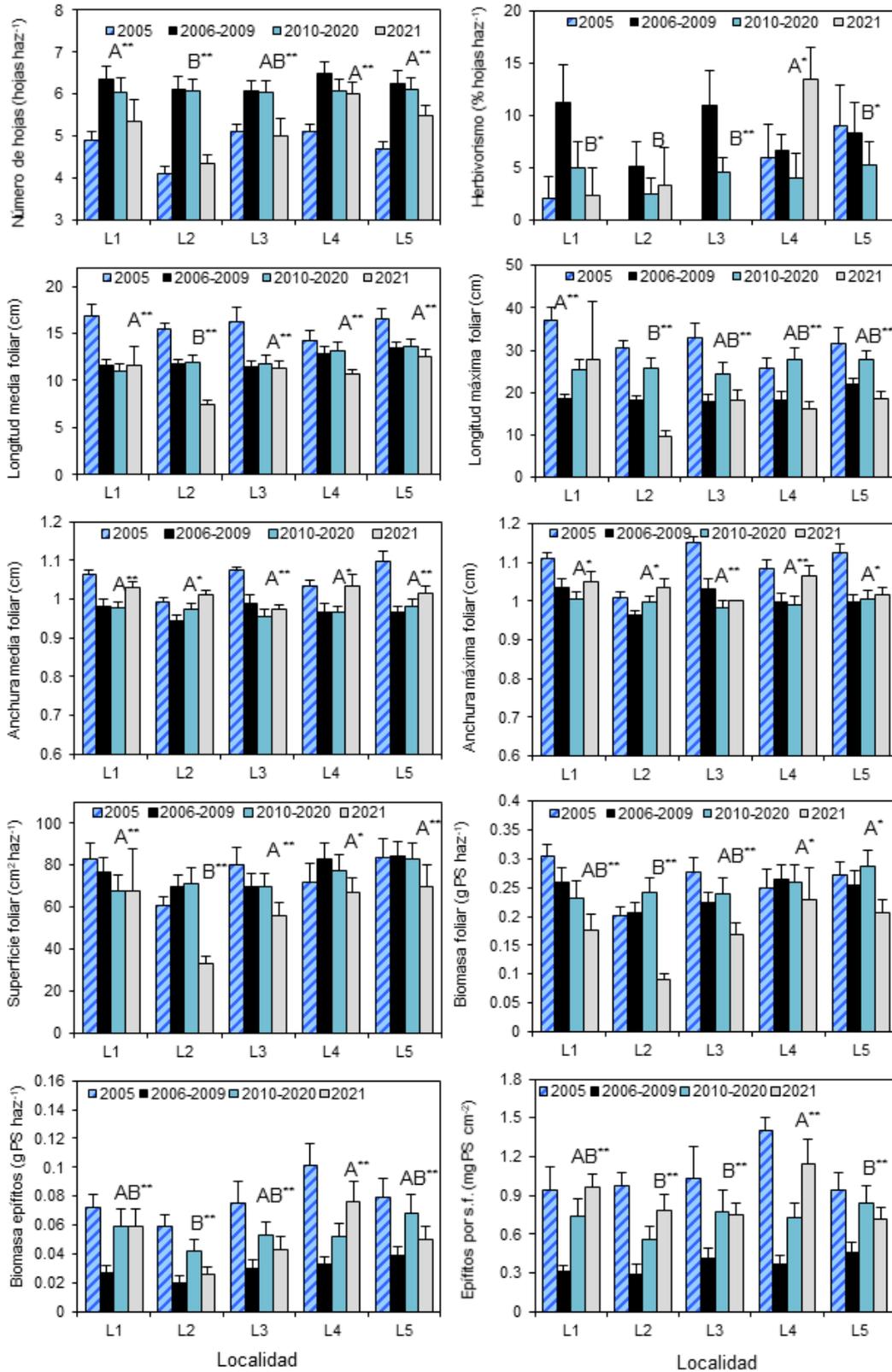
Al caracterizar los haces de *Posidonia oceanica* procedentes de las distintas localidades, en el presente muestreo únicamente no se observan diferencias significativas para la anchura media y máxima foliar (Figura 3.50, Tabla 3.32). Además, se siguen detectando variaciones significativas entre los diecisiete años de muestreo para todos los descriptores, así como una interacción del factor tiempo con la localidad para los mismos (Tabla 3.32).

En general, se observa que los haces de la localidad L2 son de menor tamaño que el resto (Tabla 3.32, Figura 3.50). Además, este año, la carga de epífitos detectada es significativamente superior en la localidad L4, cuyos haces también presentan un porcentaje de hojas mordidas significativamente mayor que el resto de localidades.

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Número de hojas (hojas haz <sup>-1</sup> )	Tiempo	16	27.0274	32.24	***	Residual
	Localidad	4	1.2982	1.55	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	64	1.6551	1.97	***	Residual
	Residual	765	0.8383			
Longitud media foliar (cm)	Tiempo	16	422.7298	49.89	***	Residual
	Localidad	4	141.2432	16.67	***	Residual
	Tiempo*Localidad	64	32.5308	3.84	***	Residual
	Residual	765	8.4725			

<b>Longitud máxima foliar (cm)</b>	Tiempo	16	3646.0601	27.22	***	Residual
	Localidad	4	305.4342	2.28	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	64	371.3358	2.77	***	Residual
	Residual	765	133.9354			
<b>Anchura media foliar (cm)</b>	Tiempo	16	0.0324	9.60	***	Residual
	Localidad	4	0.0104	3.09	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	64	0.0084	2.48	***	Residual
	Residual	765	0.0034			
<b>Anchura máxima foliar (cm)</b>	Tiempo	16	0.0382	8.65	***	Residual
	Localidad	4	0.0217	4.92	***	Residual
	Tiempo*Localidad	64	0.0096	2.18	***	Residual
	Residual	765	0.0044			
<b>Superficie foliar (cm<sup>2</sup> haz<sup>-1</sup>)</b>	Tiempo	16	15384.5240	24.91	***	Residual
	Localidad	4	6627.4481	10.73	***	Residual
	Tiempo*Localidad	64	1681.5055	2.72	***	Residual
	Residual	765	617.5543			
<b>Biomasa foliar (g ps haz<sup>-1</sup>)</b>	Tiempo	16	0.2412	30.13	***	Residual
	Localidad	4	0.0708	8.84	***	Residual
	Tiempo*Localidad	64	0.0216	2.69	***	Residual
	Residual	765	0.0080			
<b>Biomasa de epifitos (g ps haz<sup>-1</sup>)</b>	Tiempo	16	0.0418	33.38	***	Residual
	Localidad	4	0.0128	10.27	***	Residual
	Tiempo*Localidad	64	0.0056	4.44	***	Residual
	Residual	765	0.0013			
<b>Epifitos por s.f. (mg ps cm<sup>-2</sup>)</b>	Tiempo	16	4.6595	24.65	***	Residual
	Localidad	4	1.1759	6.22	***	Residual
	Tiempo*Localidad	64	0.7663	4.05	***	Residual
	Residual	765	0.1890			
<b>Herbivorismo (% hojas haz<sup>-1</sup>)</b>	Tiempo	16	1294.3135	16.42	***	Residual
	Localidad	4	233.0329	2.96	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	64	306.3947	3.89	***	Residual
	Residual	765	78.8213			

**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.

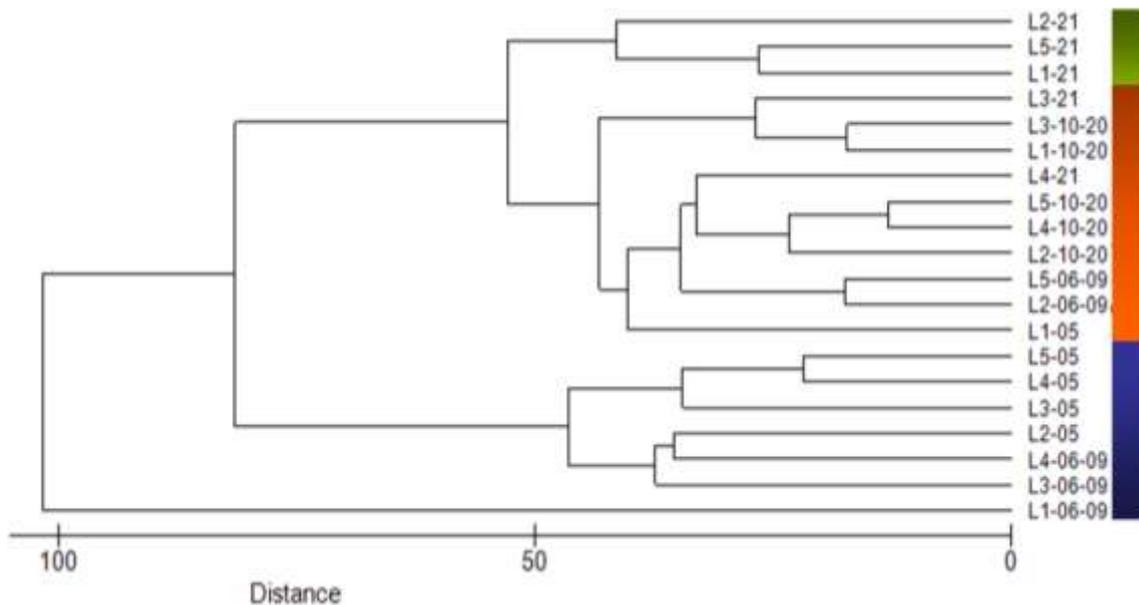


**Figura 3.50:** Representación de los datos de fenología obtenidos para los haces de las cinco localidades con anterioridad (2005) y posterioridad (2006-2009, 2010-2020 y 2021) del funcionamiento del emisario. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para  $p < 0.05$  (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (\* $p < 0.05$  y \*\* $p < 0.01$ ).

### 3.6.4.-Análisis multivariante de las localidades

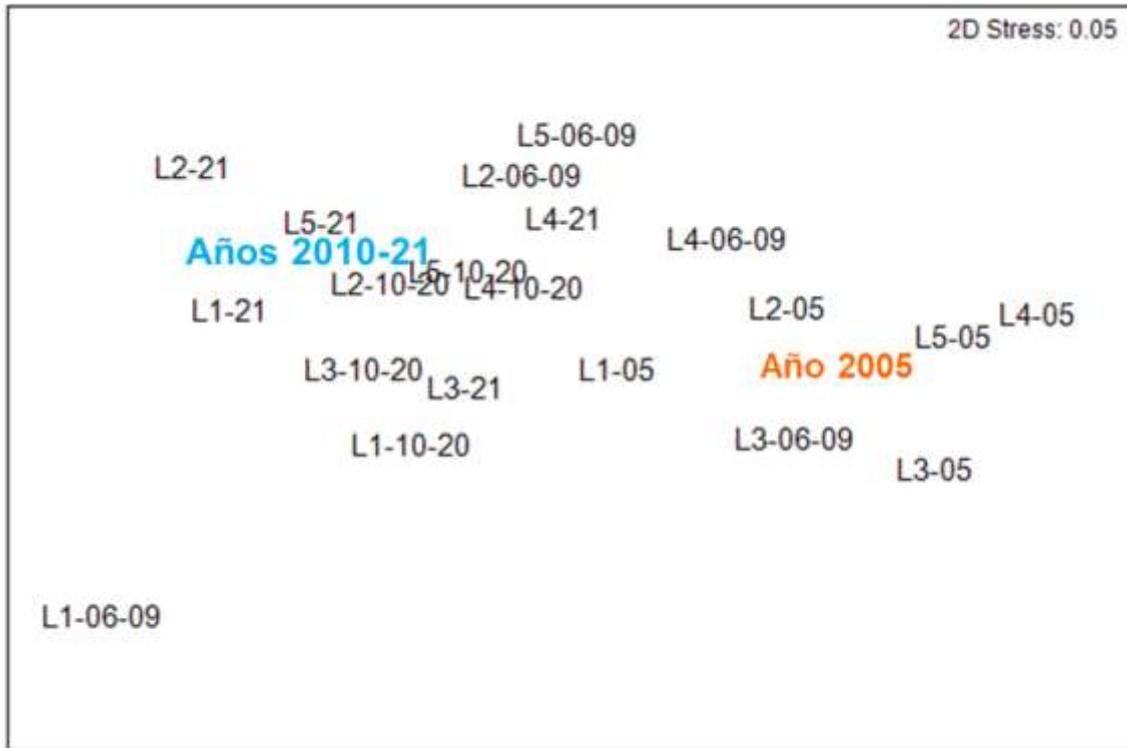
Los resultados obtenidos en los anteriores apartados se emplearon para crear una matriz de similitud con la que realizar varios análisis multivariantes (CLUSTER, MDS y ACP), que nos ayudasen a agrupar las distintas localidades, clasificarlas y apreciar su evolución entre los distintos tiempos de muestreo.

Según se puede observar en la representación gráfica del cluster (Figura 3.51) se sigue manteniendo cierta agrupación de las localidades en función de su situación y del año de muestreo.



**Figura 3.51:** 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 3.52).

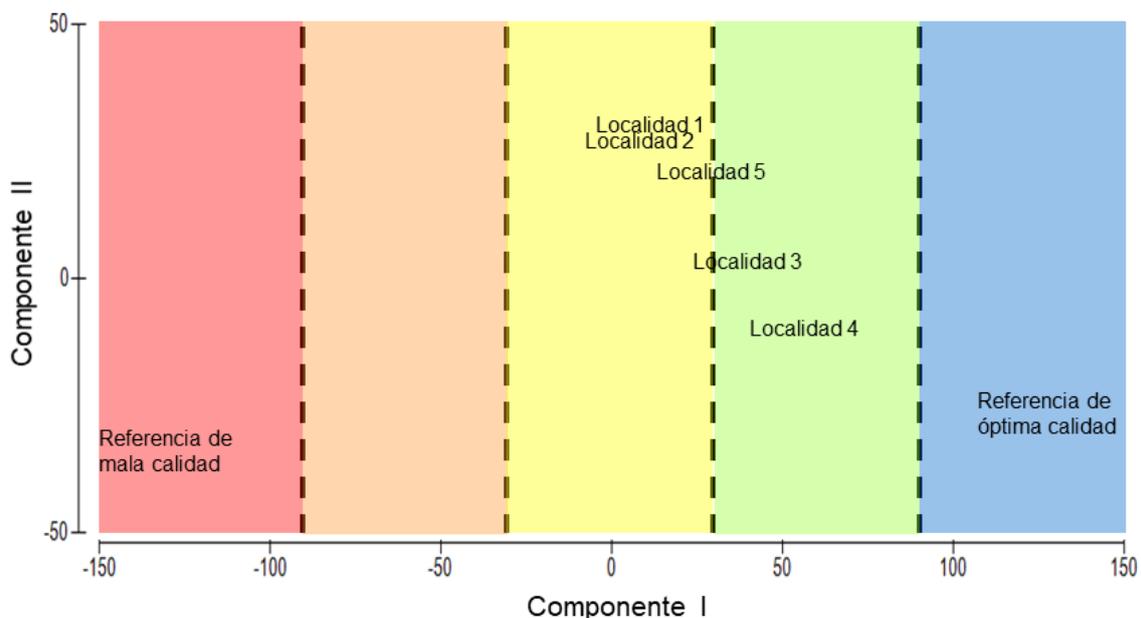


**Figura 3.52:** Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.

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

Para obtener un valor concreto de EQR (*Ecological Quality Ratio*), se realizó un análisis de los componentes principales (ACP) con los ocho descriptores previamente seleccionados. En este análisis, se observó que el primer componente por sí solo explicaba el 86.1 % del total de la variabilidad, mientras que el segundo explicaba el 10.4 %, lo que indicaría la existencia de una fuente principal de variación común para todos los descriptores. Los parámetros que se encontraban positivamente correlacionados con el componente I eran indicativos de buena calidad (densidad, superficie foliar, índice de conservación y cierto descalzamiento frente al enterramiento), mientras que aquellos que se correlacionan de forma negativa indicarían mal estado (herbivorismo, necrosis, biomasa de epífitos y predominancia de rizomas plagiotropos). Lo que confirmaría la idoneidad de emplear el componente I del ACP como principal indicador de la calidad de las praderas de *Posidonia*.

Al representar las distintas localidades, vemos como éstas se hallan distribuidas a lo largo del eje del componente I, desde los valores más negativos donde aparece la localidad más degradada, hasta los mayores valores que alcanza la localidad de referencia (Figura 3.53). A partir de estos valores, se calculó el EQR (Tabla 3.34).



**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.

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

En cualquier caso, los datos de EQR obtenidos este año, y por tanto la clasificación de las localidades estudiadas, es similar al del muestreo anterior, presentando una calidad buena o moderada. La localidad L1, que en los primeros muestreos presentaba una calidad deficiente, se mantiene con una calidad moderada desde hace varios años (Tabla 3.34).

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

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

Localidad	EQR	Calidad
Localidad 1	0.4663	Moderada
Localidad 2	0.4568	Moderada
Localidad 3	0.5817	Buena
Localidad 4	0.6464	Buena
Localidad 5	0.5420	Moderada

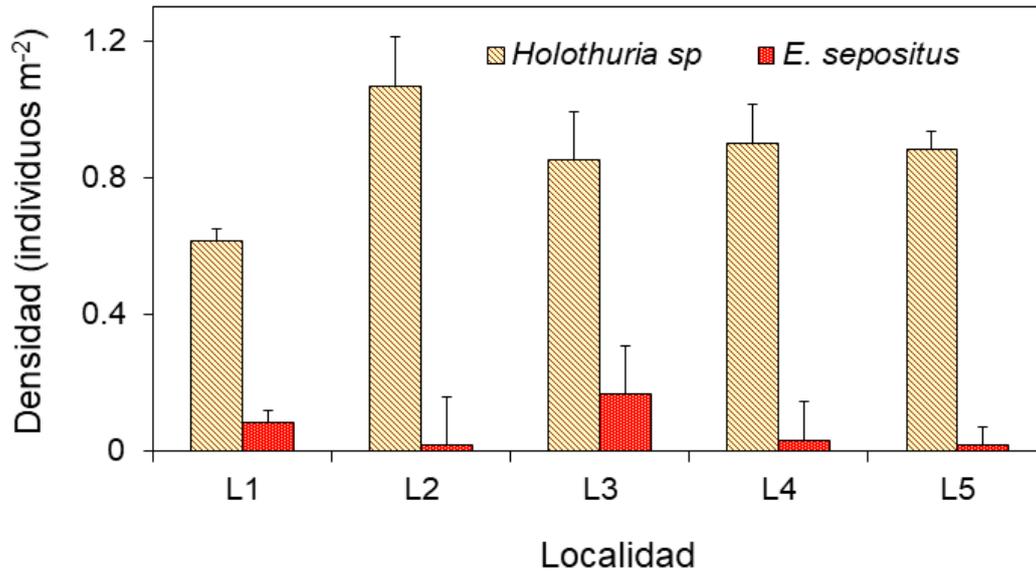
**Tabla 3.34:** Valoración de la calidad ecológica de las localidades estudiadas en función del componente I del ACP.

### 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 3.35 y Figura 3.54). Este año no se observó ninguna especie de equinoideo en las localidades de estudio.

L.	2005	2006-2009	2010-2020	2021
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 3.35:** Especies de equinodermos identificadas en cada una de las cinco localidades durante los muestreos del 2005, 2006-2009, 2010-2020 y 2021.

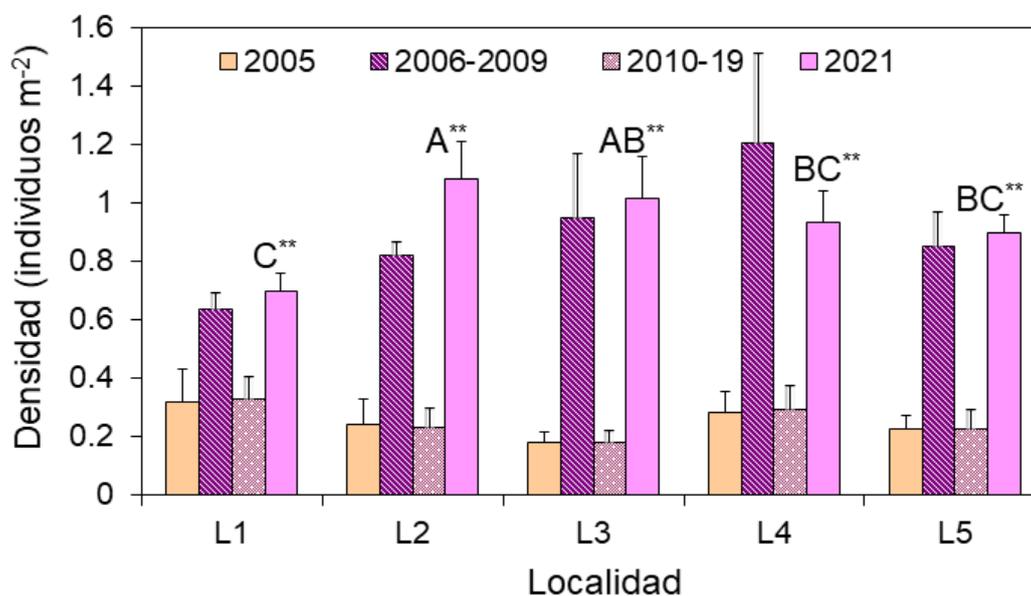


**Figura 3.54:** Representación gráfica de los datos de densidad de las distintas especies de equinodermos (nº individuos m<sup>-2</sup>) obtenidos en el año 2021 en las cinco localidades de estudio, sobre pradera de *P. oceanica* a - 26 m de profundidad (las barras representan el error típico).

En cuanto a los valores de densidad total de equinodermos durante el muestreo de este año, estos mostraron diferencias significativas en la interacción del tiempo y la localidad (Tabla 3.36). Este año sí se detectan diferencias significativas entre las distintas localidades, con valores más elevados en la Localidad 2 (1.1 individuos m<sup>-2</sup>) y en la Localidad 3 (1.0 individuos m<sup>-2</sup>), frente al resto, con valores comprendidos entre 0.7 y 0.9 individuos m<sup>-2</sup> (Figura 3.55). En todas las localidades, estos valores son superiores a los del periodo anterior, lo que entra dentro de la variabilidad de este grupo de especies y de la metodología empleada.

Parámetro	Fuente de variabilidad	GI	CM	F	p	F versus
Densidad de equinodermos (transf. $\sqrt{x+1}$ )	Tiempo	15	0.3352	66.54	***	Residual
	Localidad	4	0.0321	6.37	***	Residual
	Tiempo*Localidad	60	0.0400	7.94	***	Residual
	Residual	240	0.0050			

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

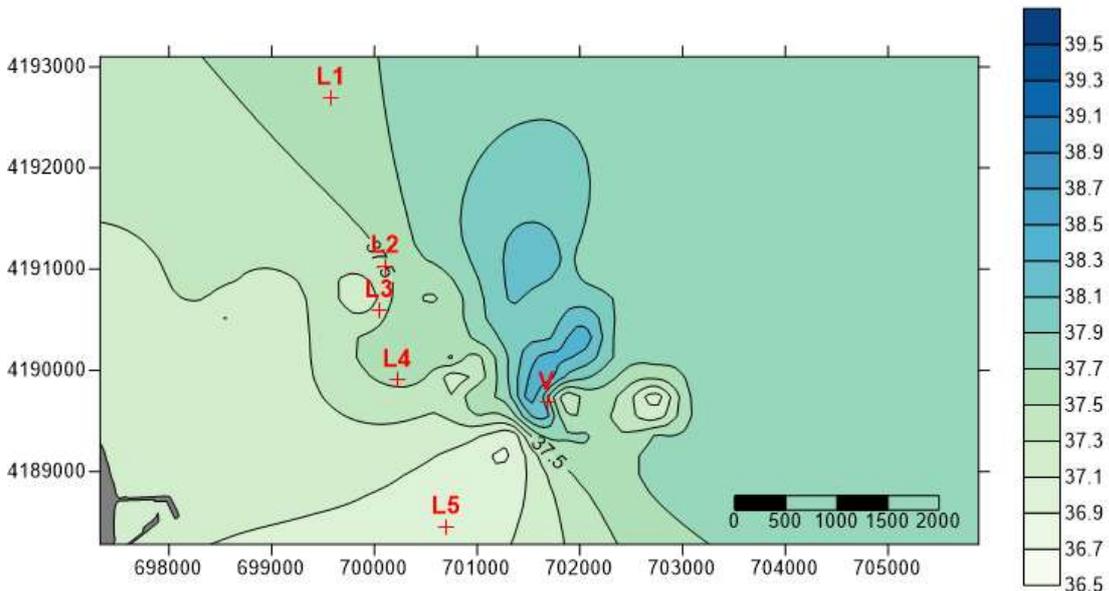


**Figura 3.55:** Densidad total de equinodermos (número de individuos por  $m^2$ ) en las cinco localidades de estudio, obtenida antes (2005) y después (2006 - 2021) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para  $p < 0.05$  (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (\*\* $< 0.01$ ).

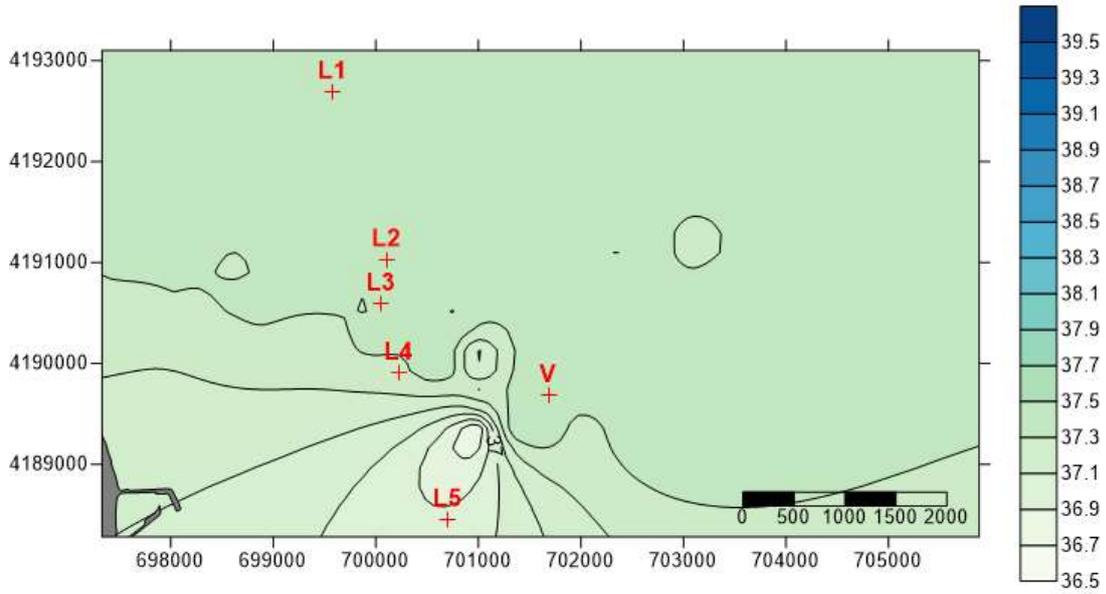
### 3.8.- Caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.

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 2021.

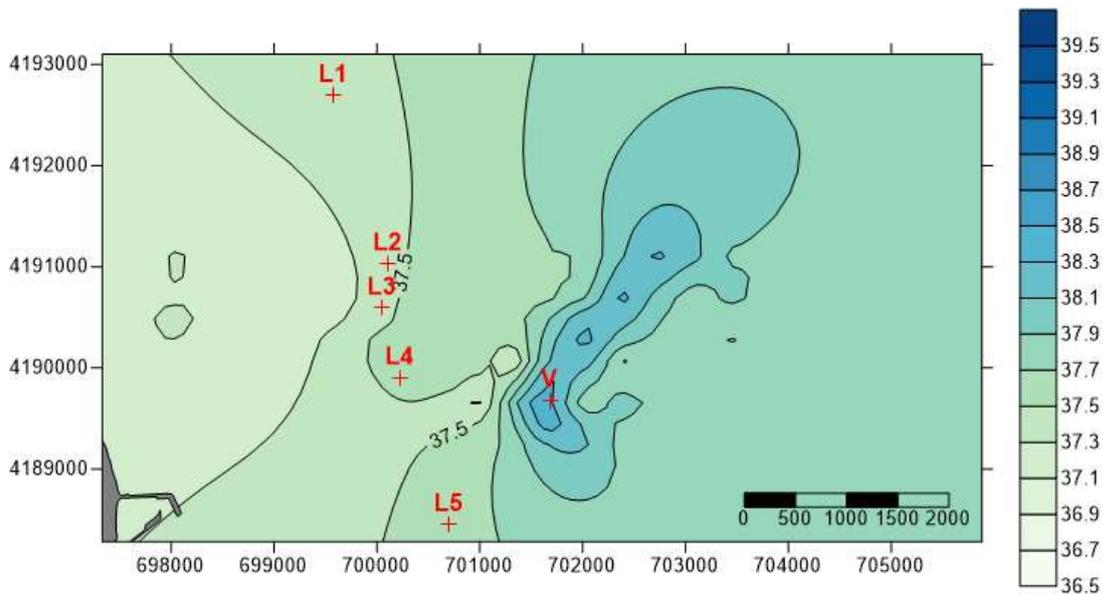
La salinidad máxima registrada en profundidad ha sido de 38.5 durante la campaña de invierno y de primavera. Estos valores no alcanzan los registrados durante las campañas anteriores al 2010, debido al aumento de la mezcla de este efluente gracias al tramo difusor colocado en el extremo del emisario el mes de mayo de 2010.



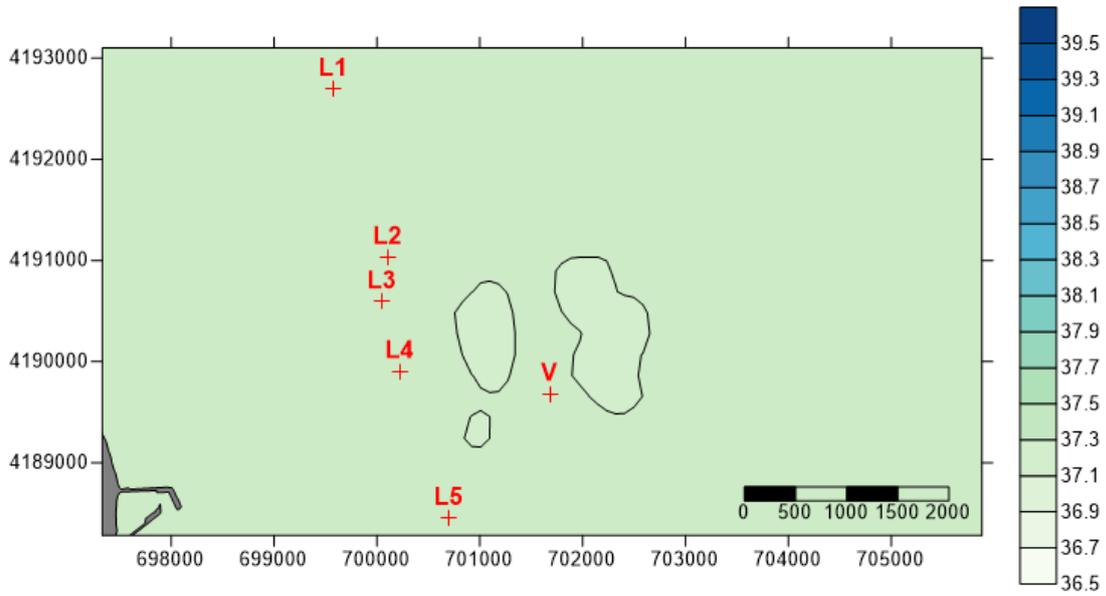
**Figura 3.56.** Campaña de salinidad en profundidad de invierno 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



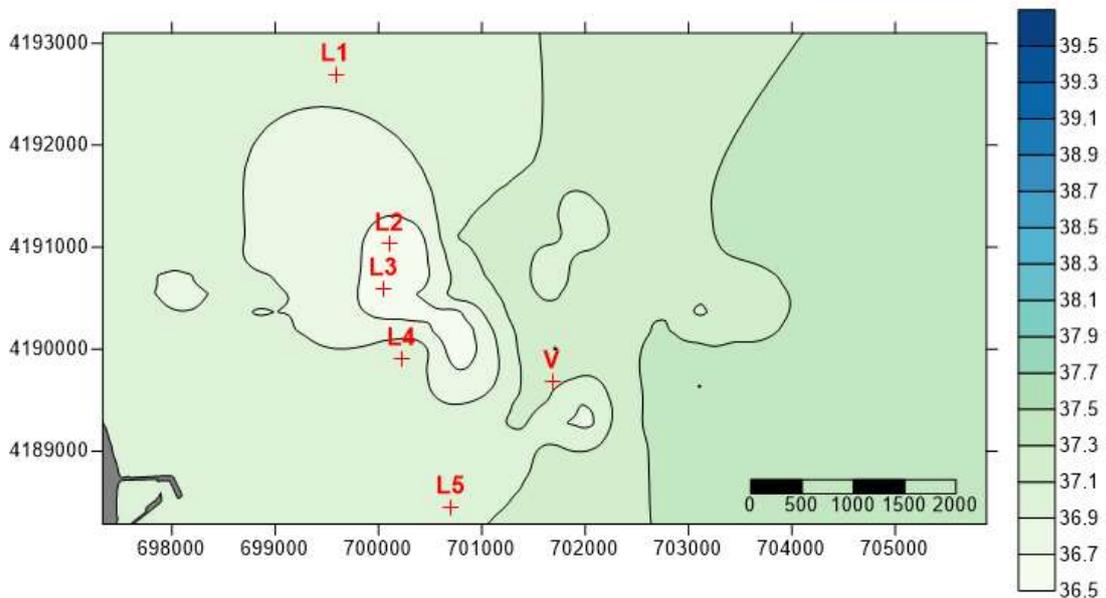
**Figura 3.57.** Campaña de salinidad en superficie de invierno 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



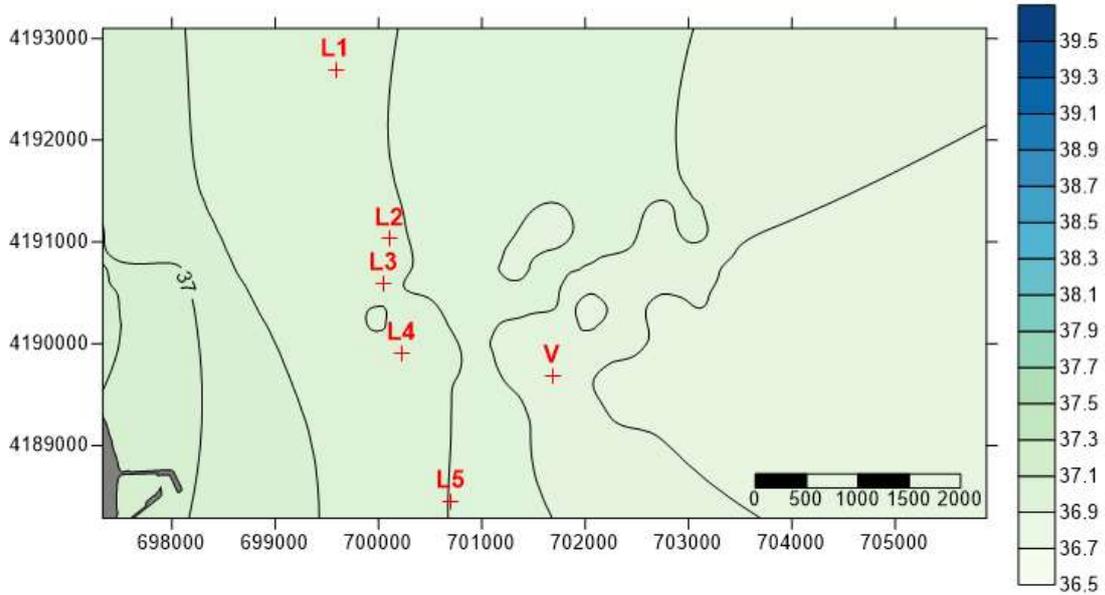
**Figura 3.58.** Campaña de salinidad en profundidad de primavera 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



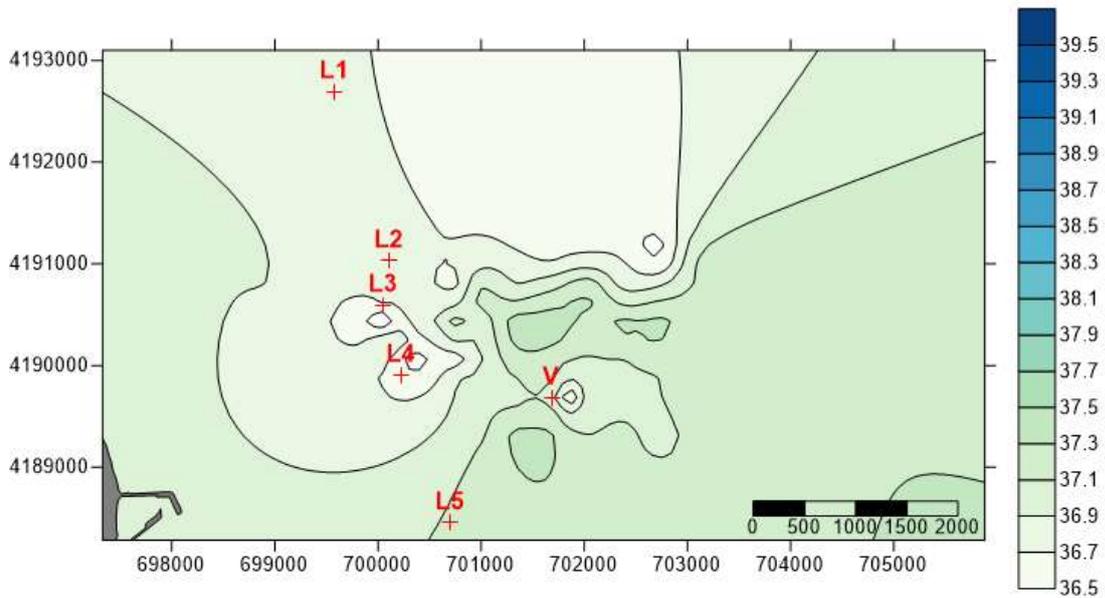
**Figura 3.59.** Campaña de salinidad en superficie de primavera 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



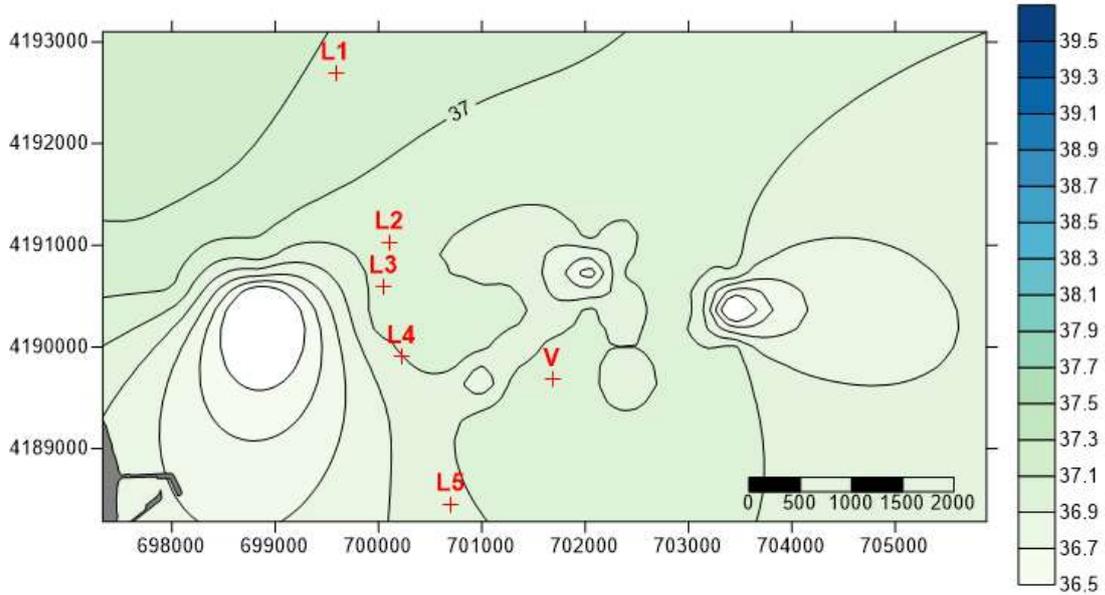
**Figura 3.60.** Campaña de salinidad en profundidad de verano de 2021. “V” indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



**Figura 3.61.** Campaña de salinidad en superficie de verano 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



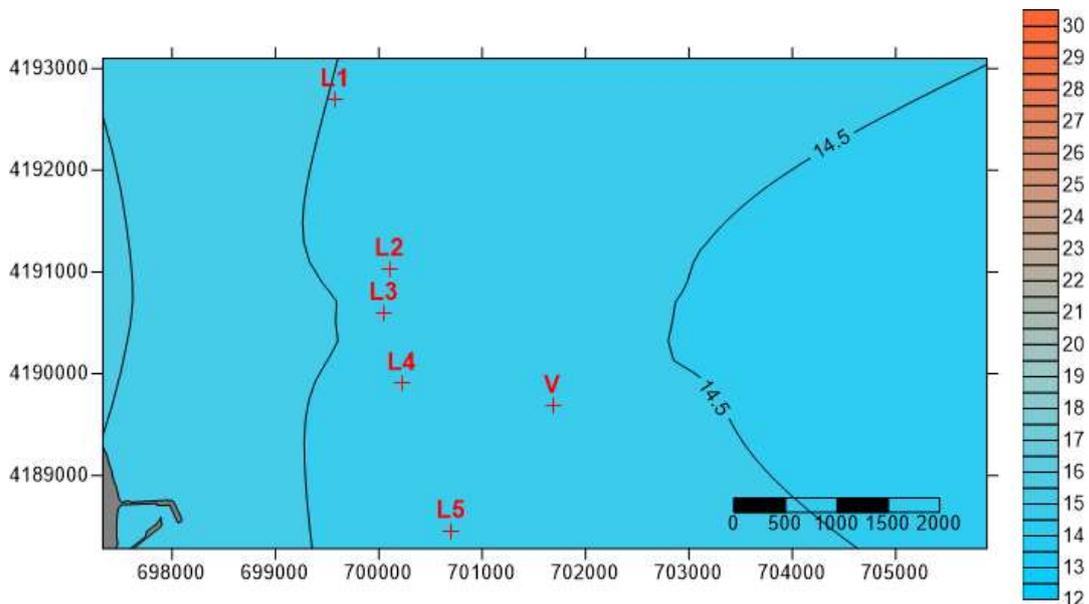
**Figura 3.62.** Campaña de salinidad en profundidad de otoño 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



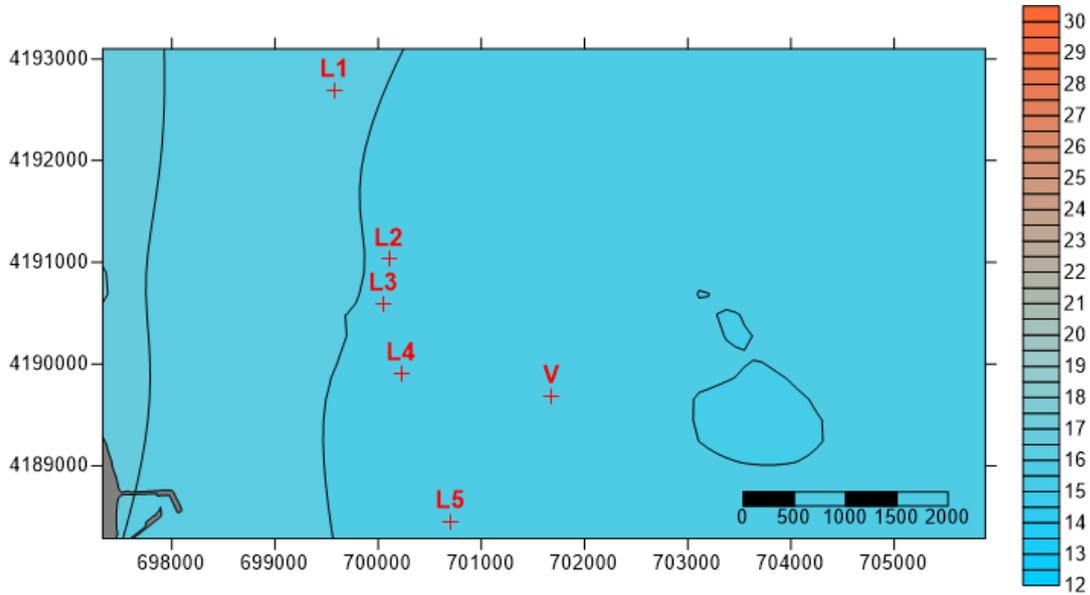
**Figura 3.63.** Campaña de salinidad en superficie de otoño 2021. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

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

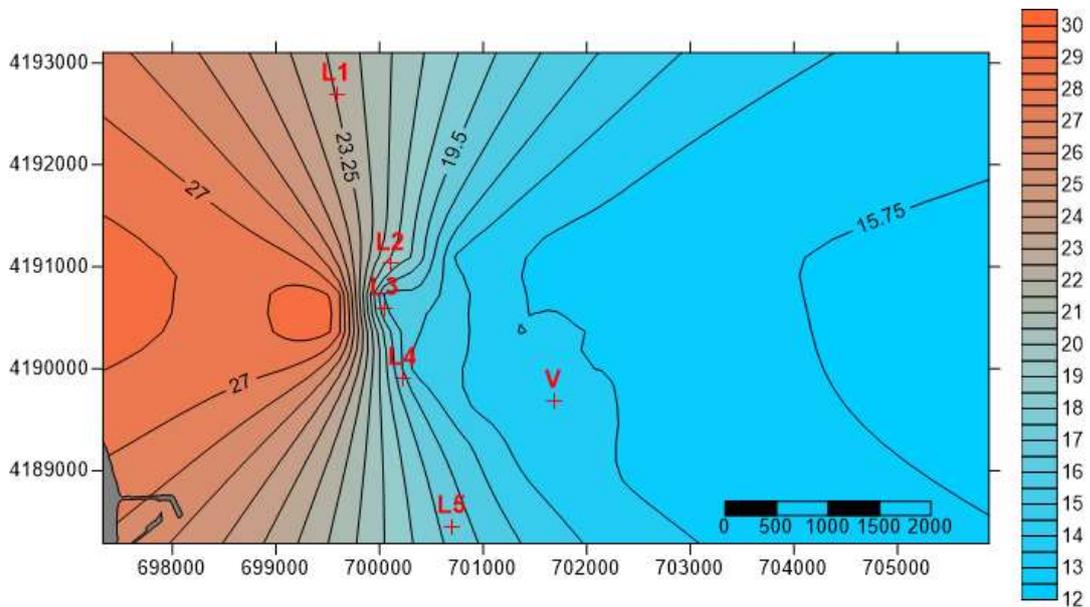
Las figuras siguientes presentan los resultados de temperatura de las cuatro campañas (invierno, primavera, verano y otoño) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma durante el año 2021.



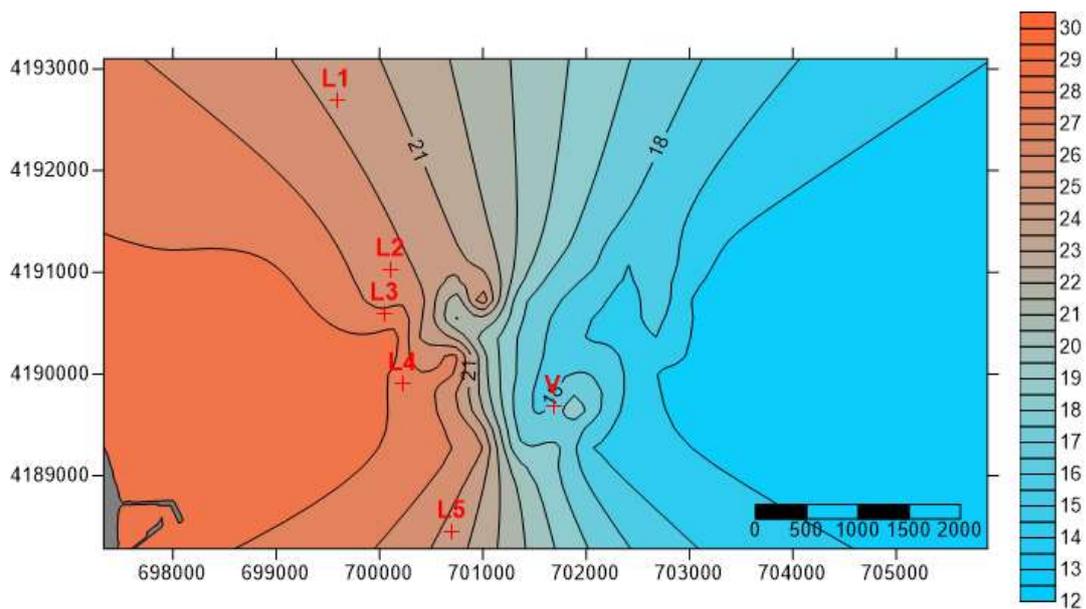
**Figura 3.64.** Temperatura en el fondo en invierno del 2021. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.



**Figura 3.65.** Temperatura en el fondo en primavera del 2021. 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 verano del 2021. 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 otoño del 2021. Las cruces indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

#### 4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES

Las campañas de salinidad han registrado como el incremento de salinidad en las proximidades del punto de vertido se mantiene bajo y la zona de influencia de la pluma de salinidad es reducida respecto a lo que se observaba en años anteriores a la instalación del tramo difusor al final del emisario. De modo que el valor máximo de salinidad registrado durante las campañas del 2021 no supera 38.5 ups en el punto de vertido, mientras que, en campañas anteriores a la instalación del tramo difusor, la salinidad en el medio podía alcanzar valores cercanos a 50 ups en el punto más próximo al vertido. Este pico de salinidad observado se diluye rápidamente no alcanzando a la pradera de *Posidonia oceanica*.

El emisario mantiene su funcionalidad y las operaciones de mantenimiento y mejora realizadas han cumplido su función. Actualmente no se requieren operaciones adicionales de lastrado ya que la rotura de las mantas de hormigón está siendo compensada por el enterramiento del emisario y se efectuaron operaciones de lastrado que compensan algunos de los lastres en U invertida que no contactan con el emisario desde el momento de su construcción. Desde el punto de vista estructural sólo se recomienda revisar las mantas hormigonadas en estado deteriorado desde el tramo n.º 7, tal y como se indicó en el informe de revisión estructural del año 2021. Además, se aconseja realizar labores de retacado y/o reparación en los lastres en “U” que presentan holguras de gran envergadura y/o en los lastres tumbados que han perdido por completo su función de protección respecto a la conducción principal.

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

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

puede destacarse el aumento del porcentaje del porcentaje de fangos en la estación N4 durante la campaña de otoño, haciendo que las características granulométricas de dicha estación se asemejen al del resto de estaciones del transecto.

El contenido de materia orgánica muestra variaciones a lo largo del año, aunque manteniendo un patrón para cada una de las estaciones a excepción de la campaña de otoño, en la que los porcentajes fueron similares para todas las estaciones. Respecto a los años anteriores, de manera general los porcentajes de materia orgánica disminuyen con el tiempo a excepción de N3 y V2 durante el invierno, momento en el que se detectaron valores similares a las campañas iniciales.

Por lo que se refiere al pH, se observan ciertas diferencias entre campañas relacionadas con cambios estacionales, con valores más bajos en otoño, y más altos en invierno. Respecto a años anteriores, se detectan los valores más elevados durante la campaña de invierno de 2021, excepto en N3 y V3. El resto de las estaciones muestran valores similares a los obtenidos en años anteriores.

En cuanto al potencial RedOx medido en las muestras, los niveles más negativos coinciden con aquellas muestras con mayor componente lutítico y mayor contenido en materia orgánica. Entre campañas se puede observar que los valores más negativos se dan durante el otoño y el verano de 2020 respectivamente.

La comunidad de infauna durante la campaña de invierno no refleja cambios relacionados con el vertido de salmuera. Existe una alta similitud entre estaciones y el índice BOPA muestra valores por debajo del límite bueno/moderado para las estaciones N2, N3 y V4, aunque estos valores no pueden tener como causa el vertido de salmuera.

El pH ha sido el factor ambiental que contribuye a las diferencias en la composición de infauna, a diferencia de campañas anteriores, en las que era la fracción granulométrica la que contribuía a estas diferencias.

Durante la campaña de verano, la abundancia ha sido superior en el transecto norte y destacan los bajos valores registrados para las estaciones V2 y V3. Por

otro lado, la riqueza muestra una tendencia similar entre ambos transectos, y el índice BOPA muestra para todas las estaciones valores por encima del límite bueno/moderado.

En comparación con años anteriores los valores medios de abundancia no muestran diferencias asociadas al año, siendo superiores para 2021 en las estaciones N1, N3 y V4, e inferiores para N4, V1, V2 y V3. Sin embargo, la riqueza sí que ha mostrado valores superiores durante el año 2021, excepto para las estaciones N4 y V1.

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

Respecto al poblamiento de poliquetos durante la campaña de invierno de 2021, se observa una mayor homogeneidad, en cuanto a la estructura y composición del poblamiento de poliquetos entre las estaciones localizadas al norte, siendo más heterogéneas las localizadas en el vertido, de tal modo que las estaciones V1 y V4 son más similares a las estaciones del norte que al resto de las del vertido. Esto puede ser debido a la proximidad del vertido de aguas residuales a la estación V1 y a la piscifactoría a la estación V4. Así mismo, se observa un descenso del índice de diversidad, así como de equitatividad en las estaciones localizadas en los transectos norte (siendo dicho descenso algo mayor en las estaciones N1, N2 y N3), junto a V1. Este hecho indica que existe un cierto empobrecimiento de la comunidad en estas estaciones, así como un dominio por igual de todas las familias presentes. Estaciones más próximas al vertido de aguas residuales.

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.

Los índices de diversidad y equitatividad, junto con la abundancia y la riqueza, así como los cambios en la composición del poblamiento de poliquetos

muestran una situación de empobrecimiento en la mayoría de las estaciones próximas al vertido del emisario de aguas residuales respecto a las estaciones localizadas en el transecto del vertido de la desaladora.

Respecto a la evolución temporal se observa como en ambas campañas (2020 y 2021) se mantiene el patrón de segregación de la mayoría de las estaciones localizadas al norte (siendo más homogéneas entre sí, respecto a la mayoría de las estaciones localizadas en el transecto vertido, estaciones más heterogéneas. Esta segregación parece ser debida a las características físicas del sedimento

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

En cualquier caso, al tratarse de localidades situadas en el borde inferior de la pradera es normal detectar ciertos síntomas de degradación, ya que en su momento se vieron expuestas a los efectos de la pesca de arrastre. De ahí, que al aplicar la metodología y clasificación que se emplea en la Directiva Marco del Agua (Fernández-Torquemada et al., 2008) las localidades no

presenten un EQR muy elevado y se evalúen con una calidad moderada o buena.

## **ANEXOS DIGITALES**

**ANEXO 1: Perfiles verticales de salinidad en las campañas**

**ANEXO 2. Fotografías de las muestras de sedimento**

**ANEXO 3. Primer informe trimestral**

**ANEXO 4. Segundo informe trimestral**

**ANEXO 5. Tercer informe trimestral**

**ANEXO 6. Cuarto informe trimestral**

**ANEXO 7. Análisis del efluente**

**ANEXO 8. Análisis de las aguas receptoras**

**ANEXO 9. Transectos con video**

## 5. BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

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

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

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

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

MedGIG. 2007. WFD intercalibration technical report. Part 3 – Coastal and Transitional Waters. Section 5—Angiosperms. Geographical Intercalibration Group of the Mediterranean Coastal Waters. 10 pp.  
[http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc\\_eewai/library?l=milestone\\_reports/milestone\\_reports\\_2007/coastaltransitional/med/section\\_angiosperm.pdf/EN\\_1.0 &a=d](http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc_eewai/library?l=milestone_reports/milestone_reports_2007/coastaltransitional/med/section_angiosperm.pdf/EN_1.0&a=d).

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

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

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

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

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