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 2019

Han intervenido en la realización de este estudio:

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

José Luis Sánchez Lizaso (Coordinador)
Yoana del Pilar Ruso
Yolanda Fernández Torquemada
Mercedes Varela
Fabio Blanco Murillo
Javier Aguilar Escribano

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Alicante

Adoración Carratalá Giménez

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

Daniel Prats Rico
María Ángeles Bernal

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

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente escrito, en Alicante 18 de febrero de 2020.

Firmado por JOSE LUIS SANCHEZ LIZASO - NIF:48568823E el día 18/02/2020 con un certificado emitido por ACCVCA-120

Fdo: Dr José Luis Sánchez Lizaso

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO ____ *4*

INDICE DE TABLAS ____ *6*

ÍNDICE DE FIGURAS ____ *9*

1. INTRODUCCIÓN ____ *14*

2. MATERIAL Y MÉTODOS ____ *14*

2.1.- Vigilancia estructural ____ **14**

2.2.- Control del efluente ____ **14**

2.3.- Control del medio receptor ____ **15**

2.3.1. – Estaciones de muestreo ____ **15**

2.3.2. – Métodos de muestreo. ____ **23**

2.3.3. – Métodos de análisis. ____ **26**

2.3.4.- Análisis de los datos. ____ **28**

3. RESULTADOS ____ *33*

3.1.- Régimen de funcionamiento de las desalinizadoras. ____ **33**

3.2.- Vigilancia estructural y resultados de los sensores conectados a las boyas. ____ **33**

3.2.1.- Vigilancia estructural[1] ____ **33**

3.2.2 Resultados de los sensores conectados a las boyas. ____ **34**

3.3.- Control del efluente. ____ **35**

3.4.- Control de las aguas receptoras. ____ **35**

3.5.- Control de sedimentos y organismos. ____ **44**

3.5.1.- Sedimentología durante el año 2019. ____ **44**

3.5.2.- Fauna general en la campaña de primavera de 2019. ____ **51**

3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en primavera 2019. ____ **61**

3.5.4.- Fauna general en la campaña de otoño de 2019. ____ **72**

3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en otoño de 2019. ____ **79**

3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2019. ____ **90**

3.5.6.1- Sedimentología. ____ **90**

3.5.6.2.- Estudio de la fauna general. ____ **95**

3.5.6.2.1.- Comparación de las campañas de primavera de 2006 a 2019. ____ **95**

3.5.6.2.2.- Comparación de las campañas de otoño de 2005 a 2019. ____ **100**

3.5.6.3.- Poliquetos. ____ **107**

3.5.6.3.1.- Comparación de las campañas de primavera del 2006 al 2019. 107
3.5.6.3.2.- Comparación de las campañas de otoño del 2005 al 2019. 116
3.5.7.- Transectos de videocámara. 126
3. 7.- Pradera de Posidonia oceanica 127
3.7.1.- Densidad 127
3.7.2.- Cobertura 131
3.7.3.- Fenología 132
3.7.4.-Análisis multivariante de las localidades 135
3.7.5.-Clasificación del estado ecológico de las localidades según la DMA 136
3.8.- Equinodermos 139
3.8.- Caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad. 141
3.9.- Caracterización espacio-temporal de la distribución de temperatura en el fondo. 146
4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES 148
ANEXOS DIGITALES 153
ANEXO 1: Perfiles verticales de salinidad en las campañas 153
ANEXO 2. Fotografías de las muestras de sedimento 153
ANEXO 3. Primer informe trimestral 153
ANEXO 4. Segundo informe trimestral 153
ANEXO 5. Tercer informe trimestral 153
ANEXO 6. Cuarto informe trimestral 153
ANEXO 7. Análisis del efluente 153
ANEXO 8. Análisis de las aguas receptoras 153
ANEXO 9. Transectos con video 153
ANEXO 10. Informe de reparación del emisario 153
5. BIBLIOGRAFÍA 154

INDICE DE TABLAS

1. INTRODUCCIÓN 14

2. MATERIAL Y MÉTODOS 14

Tabla 2.1. Estaciones de muestreo. 16

Tabla 2.2. Características de las estaciones muestreadas para el control de aguas receptoras. 19

Tabla 2.3. Características de las estaciones muestreadas para el control de sedimentos y organismos. 21

Tabla 2.4. Características de las estaciones muestreadas para el control de la pradera de Posidonia oceánica. 22

Tabla 2.5. Métodos de muestreo empleados en el control de cada elemento. 25

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). 26

Tabla 2.7. Métodos de análisis de sedimentos y organismos. 27

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. 28

Tabla 2.9. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos. 30

Tabla 2.10. Descripción del método de análisis de datos utilizado para cada parámetro del control de sedimentos y organismos. 32

3. RESULTADOS 33

Tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 (páginas anteriores). Valores de los análisis de control de las aguas receptoras en las campañas del 2019 en superficie y en profundidad. 44

Tabla 3.5. Porcentaje de las clasificaciones granulométricas en cada estación. 45

Tabla 3.6. Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial redox en cada estación para cada campaña del 2019. 48

Tabla 3.7. Valores de Níquel, Hierro, Cromo, Zinc y Cobre en los sedimentos. 50

Tabla 3.8. Abundancias medias (nº ind/m^2) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación. 51

Tabla 3.9. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada transecto. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado. 56

Tabla 3.10. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. AM1: abundancia media en el grupo 1.

AM2: Abundancia media en el grupo 2. AM3: Abundancia media en el grupo 3. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado. 56

Tabla 3.11. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos. En negrita se señalan los que proporcionan un resultado significativo. 57

Tabla 3.12: Abundancias medias (nº ind/m^2) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones. 61

Tabla 3.13: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado. 67

Tabla 3.14: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos y subgrupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado. 68

Tabla 3.15: Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado. 69

Tabla 3.16. Abundancias medias (nº ind/m^2) de los grupos faunísticos en cada estación. 72

Tabla 3.17. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las especies respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada transecto. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado. 76

Tabla 3.18. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado. 77

Tabla 3.19. Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado, y el total como conjunto de ellos. 77

Tabla 3.20: Abundancias medias (nº ind/m^2) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones. 79

Tabla 3.21: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media en cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado. 86

Tabla 3.22: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado. 87

Tabla 3.23: Resumen del RELATE considerando cada uno de los factores ambientales por separado. 88

Tabla 3.24. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de grupos taxonómicos respecto a las agrupaciones establecidas. SM: Similitud media en cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado. 99

Tabla 3.25. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el primer grupo analizado. AMy: Abundancia media en el segundo grupo a comparar. DM: Disimilitud media entre los grupos. PA: Porcentaje acumulado. 100

Tabla 3.27. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el primer grupo analizado. AMy: Abundancia media en el segundo grupo a comparar. DM: Disimilitud media entre los grupos. PA: Porcentaje acumulado. 106

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

Tabla 3.29: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos, considerando el eje 1. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado. 115

Tabla 3.30: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado..... 123

Tabla 3.31: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en la estación x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado..... 126

ÍNDICE DE FIGURAS

1. INTRODUCCIÓN ____ *14*

2. MATERIAL Y MÉTODOS ____ *14*

Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras. ____ *17*

Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control del control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S). ____ *17*

Figura 2.3. Estaciones de muestreo para el control de la pradera de Posidonia oceanica situadas aproximadamente a 26 m de profundidad. ____ *18*

Figura 2.4. Estaciones de muestreo para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad. ____ *18*

3. RESULTADOS ____ *33*

Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya este en 2019. ____ *34*

Figura 3.2. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya oeste en 2019. ____ *35*

Figura 3.3. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada campaña del 2019. ____ *46*

Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2019. ____ *47*

Figura 3.6. Representación del pH tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2019. ____ *49*

Figura 3.7. Representación del potencial redox tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2019. ____ *49*

Figura 3.8. Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en primavera de 2019. ____ *52*

Figura 3.9. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en primavera 2019. *53*

Figura 3.10. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en primavera 2019. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015). ____ *53*

Figura 3.11. Representación del dendrograma respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo. ____ *54*

Figura 3.12. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo. ____ *55*

Figura 3.13. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de gravas. ____ *58*

Figura 3.14. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas gruesas. _____ *58*

Figura 3.16. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de lutitas. _____ *59*

*Figura 3.17. 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 potencial RedOx.*_____ *60*

Figura 3.18: Abundancia media de poliquetos en cada estación. _____ *62*

Figura 3.19: Riqueza media de poliquetos en cada estación. _____ *63*

Figura 3.20: Diversidad media de poliquetos en cada estación. _____ *63*

*Figura 3.21: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.*_____ *64*

*Figura 3.22: Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.*_____ *65*

Figura 3.23: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas. _____ *66*

Figura 3.24. Abundancia media de individuos en cada estación en otoño 2019. ___ *73*

Figura 3.25. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en otoño 2019. __ *73*

Figura 3.27. Representación del dendrograma de similitud respecto a los grupos faunísticos estudiados en las diferentes estaciones. _____ *75*

Figura 3.28. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones. _____ *76*

Figura 3.29. Representación bidimensional MDS para las abundancias de la comunidad de infauna en cada una de las estaciones con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas gruesas. _____ *78*

Figura 3.30: Abundancia media de poliquetos en cada estación. _____ *81*

Figura 3.31: Riqueza media de poliquetos en cada estación. _____ *81*

Figura 3.32: Diversidad media de poliquetos en cada estación. _____ *82*

*Figura 3.33: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.*_____ *83*

*Figura 3.34. Representación del cluster respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.*_____ *84*

Figura 3.35. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas. _____ *85*

Figura 3.36: Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (gravas, arenas gruesas y lutitas). _____ 89

Figura 3.37. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta otoño 2019. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.18), las campañas actuales (I.19, P19, V19 y O.19). _____ 90

Figura 3.38. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño 2019. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.18), las campañas actuales (I.19, P19, V19 y O.19). _____ 91

Figura 3.39. 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.18), las campañas actuales (I.19, P19, V19 y O.19). _____ 92

Figura 3.40. Representación en histograma del porcentaje medio de materia orgánica en cada estación y en cada época de muestreo Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.18, P18, V18 y O.18). _____ 93

Figura 3.41. Representación en histograma del pH tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.19, P19, V19 y O.19).___ 94

Figura 3.42. Representación en histograma del potencial redox tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.18), las campañas actuales (I.19, P19 y O.19). _____ 94

Figura 3439. Abundancia de la fauna general en cada localidad durante las distintas campañas de muestreo de primavera. Antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017) así como en la campaña actual (campaña del 2019). _____ 96

Figura 3.44. Riqueza taxonómica de la fauna general en cada localidad durante las campañas de primavera. Antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017 2019) así como en la campaña actual (campaña del 2019). _____ 97

Figura 3.45. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las diez campañas de muestreo en primavera (2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019). _ 98

Figura 3.46. Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la

instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018), así como en la campaña actual (campaña del 2019). _____ 102

Figura 3.47. Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018), y la campaña actual (campaña del 2019)._____ 103

Figura 3.49. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las once campañas de muestreo en otoño (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019). _____ 104

Figura 3.50: Abundancia media en cada estación para las campañas de primavera; antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018), así como en la campaña actual (campaña del 2019)._____ 108

Figura 3.51: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de primavera, antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018) así como en la campaña actual (campaña del 2019). _____ 109

Figura 3.52: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en primavera. _____ 111

Figura. 3.53: Abundancia media en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018), así como en la campaña actual (campaña del 2019)._____ 117

Figura. 3.54: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.2017, 2018), así como en la campaña actual (campaña del 2019)._____ 119

Figura. 3.55: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo de otoño. _____ 121

Figura. 3.56. Grupos taxonómicos observados durante la realización de los transectos con videocámara._____ 127

Figura 3.67. Campaña de salinidad en profundidad de febrero 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 142

Figura 3.68. Campaña de salinidad en superficie de febrero 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 142

Figura 3.69. Campaña de salinidad en profundidad de mayo 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 143

Figura 3.70. Campaña de salinidad en superficie de mayo 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 143

Figura 3.71. Campaña de salinidad en profundidad de agosto 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 144

Figura 3.72. Campaña de salinidad en superficie de agosto 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 144

Figura 3.73. Campaña de salinidad en profundidad de octubre 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 145

Figura 3.74. Campaña de salinidad en superficie de octubre 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 145

Figura 3.75. Temperatura en el fondo en febrero del 2019. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 146

Figura 3.76. Temperatura en el fondo en mayo del 2019. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. 146

Figura 3.77. Temperatura en el fondo en agosto del 2019. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. 147

Figura 3.78. Temperatura en el fondo en octubre del 2019. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. _____ 147

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo establecido en las declaraciones de impacto ambiental y en la autorización de vertido para desarrollar el programa de vigilancia del vertido de las desalinizadoras I y II del Nuevo Canal de Cartagena en San Pedro del Pinatar es necesario realizar un informe anual que recoja los resultados del seguimiento de las comunidades marinas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1.- Vigilancia estructural

Se ha realizado, como establece la autorización de vertido, un informe de vigilancia estructural del emisario. Este año se ha modificado la metodología optando por realizar la inspección estructural mediante un ROV. Dicho informe se ha enviado por separado a la Subdirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de la Comunidad Autónoma de Murcia. Adicionalmente la resolución de 2015 para el vertido conjunto de las dos desalinizadoras establece que se deben instalar dos sensores junto al emisario, a mitad y al final de la pradera, que recojan datos de salinidad en tiempo real y los transmitan a tierra para su visualización. Los datos dichos sensores correspondientes al año 2019 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 O 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 *P. oceánica*	L1	2000 m N emisario	699651	4192721
Pradera de *P. oceánica*	L2	500 m N emisario	700135	4171040
Pradera de *P. oceánica*	L3	emisario	700064	4190595
Pradera de *P. oceánica*	L4	500 m S emisario	700228	4189906
Pradera de *P. oceánica*	L5	2000 m S emisario	700704	4188453

Tabla 2.1. Estaciones de muestreo.

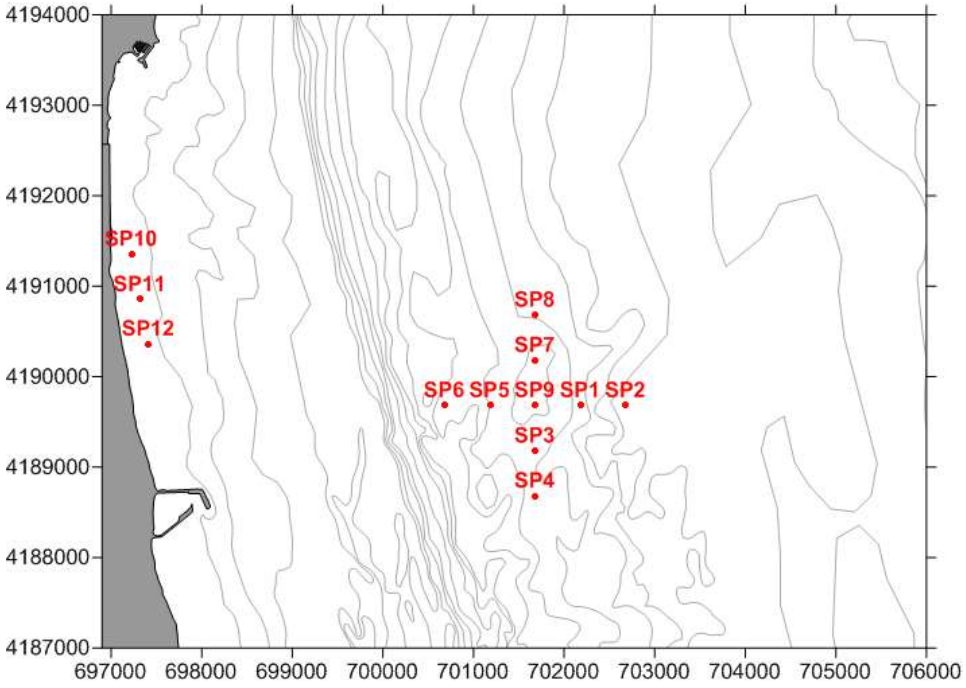


Figura 2.1. Estaciones de muestreo para el análisis de las aguas receptoras.

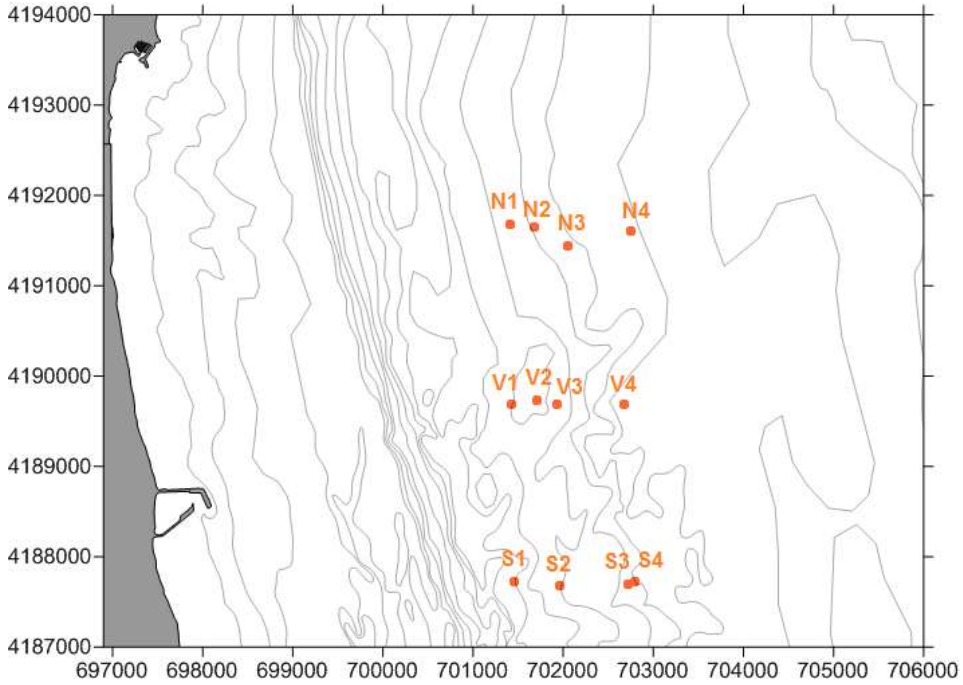


Figura 2.2. Estaciones de muestreo para el control del control de sedimentos y de organismos marinos (N, V y S).

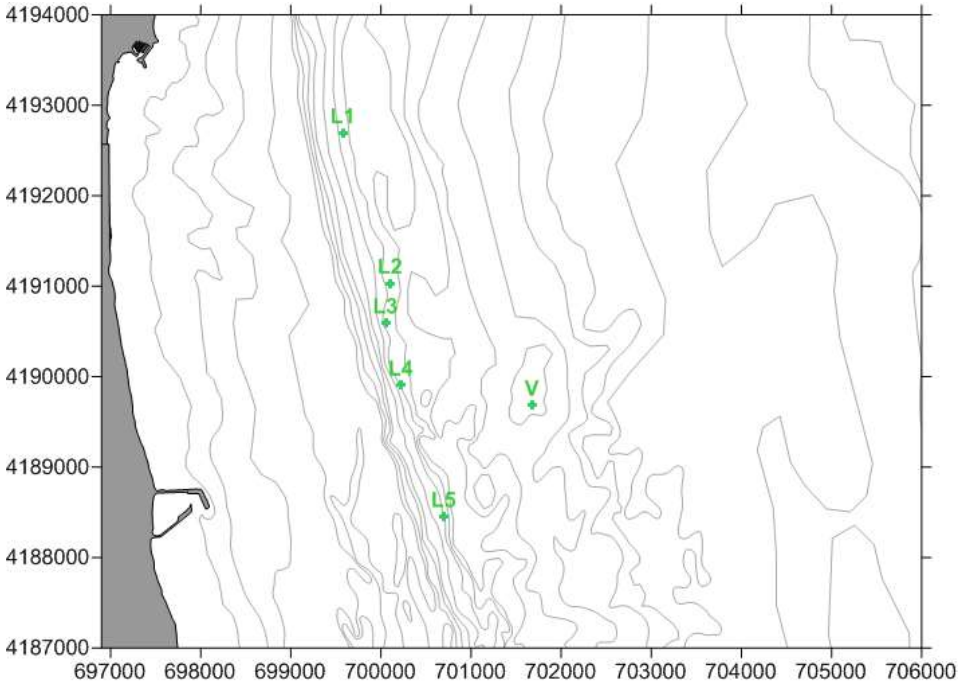


Figura 2.3. Estaciones de muestreo para el control de la pradera de *Posidonia oceanica* situadas aproximadamente a 26 m de profundidad.

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

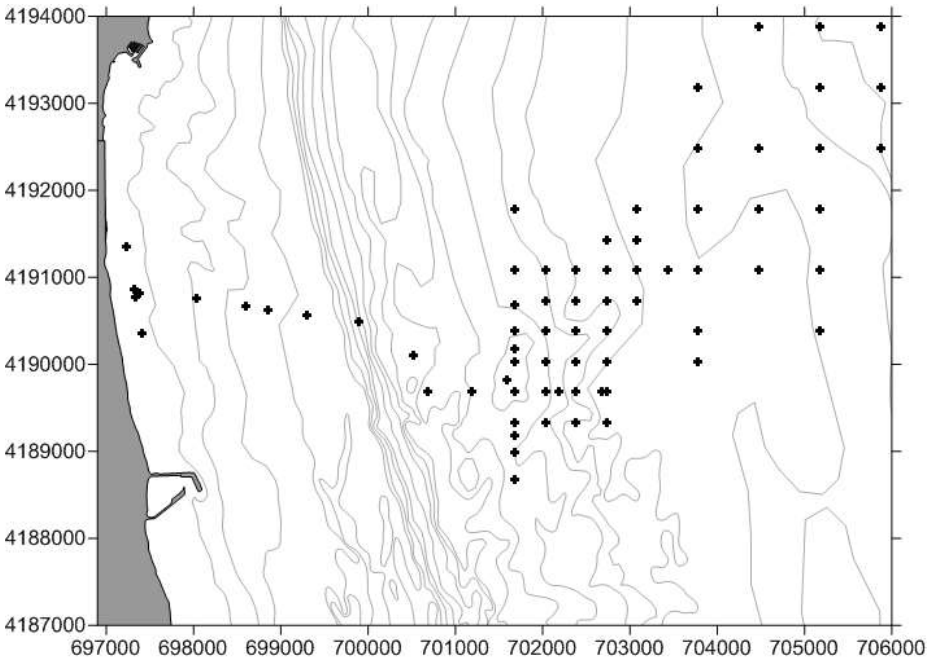


Figura 2.4. Estaciones de muestreo para la caracterización espacio-temporal de la pluma de salinidad.

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

Control de aguas receptoras

Periodicidad muestreo:	Trimestral			
Parámetros in situ medidos:	pH, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, densidad, transparencia.			
Muestras recogidas por estación y trimestre:	Agua superficial: 1 Botella plástico (2L) y 1 botella de vidrio topacio DIN (1L) Agua profunda: 1 Botella plástico (2L) y 1 botella de vidrio topacio DIN (1L)			
Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.				
Primer trimestre			Fecha:	9/02/2019
Corriente:	0.5 m/s N		Clima:	Soleado
Oleaje:	0.7 m		Viento:	4 m/s N
Segundo trimestre			Fecha:	3/05/2019
Corriente:	0.6 m/s W		Clima:	Soleado
Oleaje:	0.5m		Viento:	7 m/s W
Tercer trimestre			Fecha:	19/07/2019
Corriente:	0.2 m/s W		Clima:	Soleado
Oleaje:	0.5 m		Viento:	6 m/s SE
Cuarto trimestre			Fecha:	17/10/2019
Corriente:	0.03 m/s NO		Clima:	Soleado
Oleaje:	0.15m		Viento:	4 m/s N
Estaciones muestreadas				
Estación	**Localización UTM ED 50**		**Profundidad (m)**	**Distancia a costa (m)**
AR.SP1	702183	4189682	32.7	5000
AR.SP2	702683	4189682	37.2	5450
AR.SP3	701683	4189182	32	4200
AR.SP4	701683	4188682	32.2	4300
AR.SP5	701183	4189682	31.7	3950
AR.SP6	700683	4189682	28.8	3450
AR.SP7	701683	4190182	34.3	4500
AR.SP8	701683	4190682	31.1	4500
AR.SP9	701683	4189682	33.4	4450
AR.SP10	697228	4191354	2.6	230
AR.SP11	697323	4190854	3.1	280
AR.SP12	697415	4190362	2.8	280

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

Control de sedimentos y organismos.

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

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

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

Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.

Primer trimestre	Fecha: 15/02/2019
Corriente: 0.6 m/s E	Clima: nublado
Oleaje: 0.5 m W	Viento: 6 m/s NW
Segundo trimestre	Fecha: 16/05/2019
Corriente:0.2 m/s sE	Clima: soleado
Oleaje: 0.2 m	Viento: 2 m/s NE
Tercer trimestre	Fecha: 06/08/2019
Corriente: 0.5 m/s E	Clima: Soleado
Oleaje: 0.3 m	Viento: 5 m/s NE
Cuarto trimestre	Fecha: 22/11/2019
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		
Código estación: N4 **Localización UTM E50**: 702748 4191604 **Distancia a la costa:** 5750 m **Profundidad:** 36.2 m **Tipo de sustrato:** arenas		

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

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

Control de la pradera de *Posidonia oceanica.*

Periodicidad muestreo: Anual	
Parámetros medidos: Salinidad profunda y temperatura profunda en continuo. Cobertura y densidad de *Posidonia oceanica*. Densidad de equinodermos	
Muestras recogidas: 10 haces de *Posidonia oceanica* por localidad	
Muestreos realizados. Condiciones meteorológicas.	
Fecha: 08/01/2020	
Corriente: 0.5 m/s SE	Clima: Soleado
Oleaje: 0.4 NE	Viento: 8 m/s NE
Estaciones muestreadas	
Código estación: L1 **Localización UTM E50**: 699651 4192721 **Distancia a la costa:** 2700 m **Profundidad:** 25.8 **Tipo de sustrato:** Arena y *Posidonia oceanica*	
Código estación: L2 **Localización UTM E50**: 700135 4171040 **Distancia a la costa:** 3200 m **Profundidad:** 26.6 **Tipo de sustrato:** Arena y *Posidonia oceanica*	
Código estación: L3 **Localización UTM E50**: 700064 4190595 **Distancia a la costa:** 3000 m **Profundidad:** 26 **Tipo de sustrato:** Arena y *Posidonia oceanica*	
Código estación: L4 **Localización UTM E50**: 700228 4189906 **Distancia a la costa:** 3150 m **Profundidad:** 25.3 **Tipo de sustrato:** Arena y *Posidonia oceanica*	
Código estación: L5 **Localización UTM E50**: 700704 4188453 **Distancia a la costa:** 3300 m **Profundidad:** 25.7 **Tipo de sustrato:** Arena y *Posidonia oceanica*	

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

2.3.2. – Métodos de muestreo.

Control de aguas receptoras

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

Control de sedimentos y organismos.

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

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

Veen en las estaciones correspondientes al transecto sur. De modo que en este transecto únicamente se 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
Control de aguas receptoras		
Muestras de agua	Botella Niskin. Botella de agua operada con mensajero	ISO 5667-2. Apartado 6.3.2.2
Oxígeno disuelto y pH	Sonda multiparamétrica HANNA HI 769828. Método electrométrico	ITC-MMA.EECC-1/06 Pp. 84, 85, 87
Temperatura y salinidad	RBR XR-420-CTD. Termometría y Electrometría	ITC-MMA.EECC-1/06 Pp. 91,
Transparencia	Disco de Secchi	ITC-MMA.EECC-1/06 p 89
Control de sedimentos y organismos.		
Sedimento	Draga Van Veen	ISO 16665 Apartado B.2.1 ISO 5667-2 Apartado 6.3.2.3.
Pradera de *Posidonia oceanica*		
Cobertura *Posidonia oceanica*	Buceo escafandra autónoma. Cinta métrica	Descrita en apartado correspondiente
Densidad *Posidonia oceanica*	Buceo escafandra autónoma. Cuadrados 40x40cm	
Haces de *Posidonia oceanica*	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 500º C durante 4 horas) de una cantidad conocida de la muestra.

El resto de sedimento se utiliza para el estudio de la granulometría, que se analiza empleando una columna de tamices.

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

Tabla 2.7. Métodos de análisis de sedimentos y organismos.

Pradera de *Posidonia oceanica.*

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

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

- Número de hojas presentes en cada haz.

- Longitud total: longitud del limbo foliar desde el meristemo basal hasta su ápice.

- Anchura: que se mide en la parte media de las hojas para que sea lo más representativa posible.

- Superficie foliar: valor que se obtiene al multiplicar la longitud por la anchura media de las hojas de un haz.

- Estado del ápice: ya que este puede aparecer entero, roto o mordido por algún herbívoro.

- Manchas de necrósis: 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 ºC durante 48h.

- Biomasa de epífitos: peso seco de los epífitos de cada haz

2.3.4.- Análisis de los datos.

Control de aguas receptoras

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

Control de sedimentos y organismos.

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

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

Índice	Formula	Referencia
Índice de diversidad de Shannon- Wiener	$H' = - \sum \log_2[ni/N]$,	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 (nº ind/m^2), por estación muestreada. Se llevó a cabo un análisis multivariante con técnicas no paramétricas de escalamiento multidimensional, que permiten evaluar la composición de la comunidad de poliquetos y la de los distintos grupos taxonómicos presentes en la zona de estudio, respecto a los factores considerados (transecto: N, V y S y distancias 1, 2, 3, y 4).

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

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

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

Para contrastar la hipótesis de diferencias entre muestras para los factores transecto y distancia se utilizó el test de análisis ANOSIM. Si se rechaza la

hipótesis nula, significa que existe relación entre los patrones de distribución de las muestras comparadas.

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

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

Pradera de *Posidonia oceanica.*

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

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

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

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

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

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

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

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

Las condiciones de referencia empleadas en dicho ACP se crearon de forma virtual, ya que varían a nivel sub-ecoregional (MedGIG, 2007) y no se dispone de ninguna localidad prístina, sin ningún tipo de impacto o alteración. Para ello se considera que un sitio con un estado ecológico óptimo debe presentar los mejores valores de los descriptores analizados (que serán el valor máximo o mínimo dependiendo de la naturaleza del descriptor (por ejemplo: sería mínimo

para el porcentaje de mata muerta o de necrosis foliar; y máximo, para la densidad o superficie foliar). Del mismo modo se ha elaborado una hipotética localidad de peor calidad ecológica. Ambas localidades se han incluido a la hora de realizar los análisis de los componentes principales (ACP).

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

EQR (localidad i) = [Eje I (peor) – Eje I (local. i)] / [Eje I (peor) – Eje I (referencia)]

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

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

Parámetro	Representación grafica	Prueba estadística
Descriptores de *P. oceanica*	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 2019 (anexos 3, 4, 5, 6).

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

3.2.1.- Vigilancia estructural[1]

Nota[1]: Extracto del informe de vigilancia estructural, el informe completo se adjunta al presente informe.

La inspección estructural denota que la conducción se encuentra en buen estado en el tramo de difusor, así como en los subtramos 1,2, 3 y 4 hasta la reparación del carrete. En la zona del carrete metálico de codo de unión, no se observan daños graves ni roturas.

Desde el final del subtramo 5, el emisario submarino continua su trazado dentro de una zanja artificial excavada sobre una masa rocosa de calcarenitas colonizadas de forma importante por pradera de *Posidonia oceanica* en buen estado de conservación.

Desde el subtramo 5 hasta costa se reportan gran número de lastres “U” con retacado deficiente o nulos y en menor número girados respecto al tubo de la conducción. Se detectan en los subtramos 7, 8 y 9 un número elevado de mantas de protección, inyectadas con micro hormigón, deterioradas.

En los subtramos más someros como el 8 y el 9 es frecuente la aparición de filtraciones de salmuera a través del sedimento a un lado y otro del tubo, así como a través de las mantas de micro hormigonado. En algunos casos se observan abanicos radiales excavados en el sedimento con origen en el tubo lo que puede ser indicativo de una fuga. Se tratan de fugas difusas, con movilización del sedimento junto al tubo, que sale a través de manta

hormigonada, pero no se aprecia una rotura como tal. Estas pequeñas fugas detectadas, entre otras causas, pueden ser pequeñas fisuras en una junta, que recorren cierta distancia por debajo de la manta y que posteriormente afloran por una microrrotura en la misma.

El informe de reparación de la fuga se encuentra incluido en el Anexo 10 de este informe.

3.2.2 Resultados de los sensores conectados a las boyas.

Los valores de salinidad registrados por las boyas este y oeste situada en el curso del emisario se indican en las figuras 3.1 y 3.2. Se han producido interrupciones en la recogida de datos de dichas boyas por vandalismo sobre las mismas así como durante las necesarias operaciones de mantenimiento de las mismas. Además, la boya este tuvo que ser recuperada de un temporal durante el mes de enero, se cambió todo el fondeo y fue instalada después de las operaciones de mantenimiento. Durante los periodos en los que se han registrado datos, los valores de salinidad son normales sin detectarse una influencia del vertido.

Figura 3.1. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya este en 2019.

Figura 3.2. Promedio diario de los valores de salinidad registrados en la boya oeste en 2019.

3.3.- Control del efluente.

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

3.4.- Control de las aguas receptoras.

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

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

Febrero 2019

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	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019
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	1,2	< 1	1,2	< 1	1,0	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	0,80	1,45	2,51	1,34	0.75	2,27	1,98	2,65	1,13	1,71	1,55	2,04
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	0,2
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	< 67	69	< 67	77	< 67	< 67	91	< 67	< 67	< 67	71	< 67
Hierro (µg/L)	< 4,8	< 4,8	6,05	< 4,8	< 4,8	< 4,8	12	< 4,8	< 4,8	6,1	7,7	5,8
Níquel (µg/L)	< 1,4	1,9	< 1,4	1,7	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4
Cobre (µg/L)	< 0,4	< 0,4	1,7	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Salinidad (‰)	37,41	37,41	37,42	37,42	37,42	37,42	37,41	37,42	37,43	37,44	37,49	37,45
Densidad (g/cm3)	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,92	27,91	27,92	27,93	27,95	28,01	28,00
pH (U. pH.)	8,21	8,17	8,16	8,18	8,19	8,16	8,19	8,19	8,17	8,15	8,17	8,16
Oxígeno disuelto (%/ppm)	95,3/8,4	94,3/8,24	93,3/8,27	95,2/8,4	94,4/8,3	95,2/8,4	94/8,3	93,3/8,25	92,4/8,18	100/8,85	95,3/8,44	96/8,5
Temperatura (ºC)	14,62	14,62	14,64	14,65	14,65	14,66	14,67	14,66	14,66	14,59	14,51	14,449785
Transparencia (m.)	16	16	13	10	15	15	16	16	16	Fondo	Fondo	Fondo
Profundidad (m.)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

FONDO	SP1F	SP2F	SP3F	SP4F	SP5F	SP6F	SP7F	SP8F	SP9F	SP10F	SP11F	SP12F
Distancia al vertido	**500 m**	**1000 m**	**500 m.**	**1000 m.**	**500 m.**	**1000 m.**	**500 m.**	**1000 m.**	**VERTIDO**	**COSTA**	**COSTA**	**COSTA**
X (UTM)	**702183**	**702683**	**701683**	**701683**	**701183**	**700683**	**701683**	**701683**	**701683**	**697228**	**697323**	**697415**
Y (UTM)	**4189682**	**4189682**	**4189182**	**4188682**	**4189682**	**4189682**	**4190182**	**4190682**	**4189682**	**4191354**	**4190854**	**4190362**
Fecha	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019
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	1,27	< 1	1,2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	0,99	1,94	0,82	0,99	0,99	1,27	0,77	1,36	1,01	1,71	2,06	2,43
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)	< 67	76	< 67	< 67	76	104	88	68	88	120	< 67	89
Hierro (µg/L)	7,8	8,4	< 4,8	< 4,8	5,3	7,9	16	5,2	6,7	5,0	6,3	16
Níquel (µg/L)	< 1,4	0,7	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4
Cobre (µg/L)	< 0,4	2,6	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Salinidad (‰)	37.43	37.51	36.69	37.19	37.41	37.14	37.89	37.58	38.27	37.32	37.41	37.51
Densidad (g/cm3)	28.08	28.15	27.50	27.89	28.05	27.83	28.42	28.18	28.71	27.86	27.97	28.04
pH (U. pH.)	8,16	8,16	8,17	8,16	8,16	8,16	8,17	8,17	8,14	8,2	8,18	8,18
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 (ºC)	14.63	14.67	14.63	14.63	14.63	14.63	14.69	14.68	14.70	14.59	14.44	14.45
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

Mayo 2019

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	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019
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	< 1,0	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1,0	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	0,44	0,45	0,54	1,06	0,77	1,15	1,26	1,40	1,40	3,76	4,61	6,38
Sólidos suspensión (mg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,01	< 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)	84	73	< 60	63	< 60	84	< 60	< 60	60	100	60	61
Hierro (µg/L)	7,7	20	8,5	13	7,7	5,5	5,5	5,6	< 4,7	25	18	39
Níquel (µg/L)	< 1,7	5,2	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4
Cobre (µg/L)	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Salinidad (‰)	37,60	37,61	37,71	37,73	37,83	37,69	37,63	37,61	37,68	37,96	37,96	37,95
Densidad (g/cm3)	26,94	27,07	27,10	27,09	27,12	27,02	26,96	26,96	26,99	26,71	26,75	26,75
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 (ºC)	19,28	18,88	19,02	19,08	19,23	19,23	19,28	19,26	19,33	21,15	21,00	20,97
Transparencia (m.)	16	13	16	17	14	15	14	18	15	FONDO	FONDO	FONDO
Profundidad (m.)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

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	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019	21/05/2019
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)	3,02	4,12	3,66	1,84	1,43	1,90	0,73	0,53	3,64	8,47	8,21	14,9
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)	98	130	67	66	68	66	< 60	< 60	79	< 60	63	65
Hierro (µg/L)	5,0	17	17	4,8	7,0	< 4,7	16	6,4	31	51	100	93
Níquel (µg/L)	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4
Cobre (µg/L)	< 0,4	< 0,4	0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Salinidad (‰)	38,43	38,22	38,25	38,12	38,13	38,05	38,13	38,15	38,99	37,75	37,91	37,88
Densidad (g/cm3)	28,61	28,49	28,46	28,34	28,35	28,25	28,38	28,39	29,01	26,56	26,73	26,71
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 (ºC)	15,69	15,56	15,68	15,75	15,73	15,88	15,65	15,71	15,82	21,16	20,99	20,98
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

Agosto 2019

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	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019
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	< 1,0	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1,0	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1,0	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	1,76	3,15	2,69	0,57	1,27	2,21	3,73	1,96	0,76	1,63	1,53	1,18
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)	< 63	< 63	83	105	< 63	< 63	< 66	< 63	< 63	69	81	< 63
Hierro (µg/L)	< 8,4	< 8,4	22	20	58	11	< 8,4	< 8,4	< 8,4	< 8,4	15	< 8,4
Níquel (µg/L)	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7
Cobre (µg/L)	1,1	1,2	1,1	2,1	2,7	1,9	1,7	1,5	2,0	2,8	3,0	2,7
Salinidad (‰)	37,38	37,39	37,37	37,42	37,41	37,46	37,46	37,45	37,41	37,42	37,37	37,37
Densidad (g/cm3)	26,04	26,11	26,00	25,95	26,12	26,21	26,08	26,20	25,92	26,02	26,70	26,64
pH (U. pH.)	8,17	8,17	8,17	8,17	8,17	8,16	8,17	8,18	8,18	8,15	8,15	8,15
Oxígeno disuelto (%/ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura (ºC)	26,90	27,13	27,13	27,14	27,21	27,20	27,24	27,32	27,13	27,08	27,09	26,94
Transparencia (m.)	18	18	20	22	18	16	17	17	15	FONDO	FONDO	FONDO
Profundidad (m.)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

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	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019	10/08/2019
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)	3,60	4,77	8,56	4,52	10,26	6,23	8,27	7,88	5,53	5,9	2,34	1,06
Sólidos suspensión (mg/L)	< 1	< 1	14	1	26	7	18	22	3	< 1	4	< 1
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 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)	82	99	74	78	83	67	79	72	45	76	75	63
Hierro (µg/L)	12	21	51	14	96	30	29	54	46	< 8,4	13	< 8,4
Níquel (µg/L)	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 1,4	< 4,7	< 4,7	< 4,7	< 4,7	6,0	6,9	8,9
Cobre (µg/L)	3,2	2,8	3,3	2,8	2,7	2,7	3,1	3,1	5,0	3,1	3,5	3,4
Salinidad (‰)	37,80	37,68	37,75	37,72	37,70	37,64	37,57	37,56	37,87	37,50	37,22	37,40
Densidad (g/cm3)	29,55	29,68	29,66	29,54	29,34	29,36	29,81	29,45	30,06	25,85	26,67	26,77
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 (ºC)	16,98	16,72	17,16	17,11	17,40	17,41	17,85	17,28	17,82	26,61	25,93	25,81
Profundidad (m.)	32,70	37,20	32,00	32,23	31,68	28,79	34,29	31,10	33,38	2,61	3,12	2,80

Octubre 2019

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	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019
Hora	9:26	9:37	9:54	10:05	10:20	10:36	10:53	11:12	11:28	11:53	12:03	12:13
Clorofila a (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila b (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Clorofila c (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbidez (NTU)	2,82	1,90	1,34	0,73	1,20	1,51	2,99	1,08	0,45	1,01	2,15	1,24
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)	81	107	73	51	80	110	94	55	91	120	115	102
Hierro (µg/L)	7,4	12	6,4	6,1	5,7	14	5,1	7,5	7,5	5,1	19	10
Níquel (µg/L)	< 0,7	1,2	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	0,8	15
Cobre (µg/L)	< 1,7	3,2	< 1,7	< 1,7	< 1,7	< 1,7	< 1,7	< 1,7	< 1,7	2,1	2,7	21
Salinidad (‰)	37,06	37,05	37,06	37,06	37,07	37,06	37,07	37,09	37,10	37,02	37,02	36,97
Densidad (g/cm3)	25,78	25,78	25,79	25,83	25,80	25,81	25,79	25,80	25,80	25,88	25,89	25,94
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 (ºC)	22,03	22,02	21,99	21,88	21,99	21,94	22,03	22,06	22,05	21,56	21,53	21,20
Transparencia (m.)	19	18	18	17	19	19	22	19	22	FONDO	FONDO	FONDO
Profundidad (m.)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

FONDO	SP1F	SP2F	SP3F	SP4F	SP5F	SP6F	SP7F	SP8F	SP9F	SP10F	SP11F	SP12F
Distancia al vertido	500 m	1000 m	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	500 m.	1000 m.	VERTIDO	COSTA	COSTA	COSTA
X (UTM)	702183	702683	701683	701683	701183	700683	701683	701683	701683	697228	697323	697415
Y (UTM)	4189682	4189682	4189182	4188682	4189682	4189682	4190182	4190682	4189682	4191354	4190854	4190362
Fecha	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019	30/10/2019
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)	3,59	2,29	5,92	7,24	6,53	20,5	7,49	4,24	20,0	24,2	34,6	22,9
Sólidos en suspensión (mg/L)	< 1	4	< 1	< 1	< 1	25	22	68	13	9	13	5
Amonio (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitratos (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nitritos (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrógeno total (mg/L)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ortofosfatos (mg/L)	< 0,10	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Fósforo total (µg/L)	123	131	102	131	107	148	132	143	101	102	176	103
Hierro (µg/L)	16	176	10	48	44	194	115	420	90	11	21	7,6
Níquel (µg/L)	0,7	0,7	< 0,7	0,7	< 0,7	0,7	< 0,7	0,9	1,3	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Cobre (µg/L)	3,1	3,0	2,8	3,4	3,9	3,1	3,5	3,5	3,5	3,1	3,0	3,1
Salinidad (‰)	37,29	37,03	37,23	37,02	37,14	37,04	37,51	37,85	37,42	36,89	36,87	35,72
Densidad (g/cm3)	26,63	27,09	26,70	26,71	26,54	26,42	26,85	27,42	26,76	25,79	25,81	25,00
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 (ºC)	20,10	17,59	19,62	18,98	19,96	20,10	19,90	18,69	20,00	21,54	21,45	21,19
Profundidad (m.)	32,7	37,2	32,0	32,2	31,7	28,8	34,3	31,1	33,4	2,6	3,1	2,8

Tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 (páginas anteriores). Valores de los análisis de control de las aguas receptoras en las campañas del 2019 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 2019.

Granulometría

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

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

		Gravas	Arenas gruesas	Arenas medias	Arenas finas	Lutitas
N1	**Invierno**	0,62	1,08	1,34	16,97	80,18
	Primavera	0,31	0,73	0,82	7,85	90,28
	Otoño	0,47	1,38	1,38	11,74	85,04
N2	**Invierno**	0,35	0,44	3,49	7,03	88,69
	Primavera	0,83	1,13	1,68	29,16	67,19
	Otoño	0,11	0,61	1,22	10,03	88,03
N3	**Invierno**	0,57	4,07	8,83	18,38	66,57
	Primavera	1,34	3,20	5,13	14,75	75,59
	Otoño	0,52	1,79	2,66	9,96	85,06
N4	**Invierno**	3,41	11,70	28,96	41,73	14,20
	Primavera	5,38	28,96	44,87	11,70	9,09
	Otoño	6,14	22,83	28,77	17,26	24,99
V1	**Invierno**	1,35	4,39	2,84	21,67	69,75
	Primavera	0,92	3,69	3,14	19,92	72,33
	Otoño	2,42	5,39	4,14	24,20	63,84
V2	**Invierno**	4,75	13,28	8,41	66,37	7,18
	Primavera	0,61	0,98	1,72	46,72	45,26
	Otoño	3,70	12,47	13,92	62,77	7,10
V3	**Invierno**	14,32	29,01	33,63	12,42	10,63
	Primavera	26,46	28,60	19,43	6,82	18,70
	Otoño	13,36	29,89	17,57	14,37	19,01
V4	**Invierno**	17,02	23,65	22,03	15,72	23,77
	Primavera	16,73	23,99	13,21	8,78	37,28
	Otoño	10,32	31,31	11,90	15,00	31,48
FN	**Invierno**	19.19	17.96	5.17	25.96	31.72
F	**Invierno**	17.90	26.06	30.44	17.17	8.43
FS	**Invierno**	10.43	40.24	34.56	7.77	7.00

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

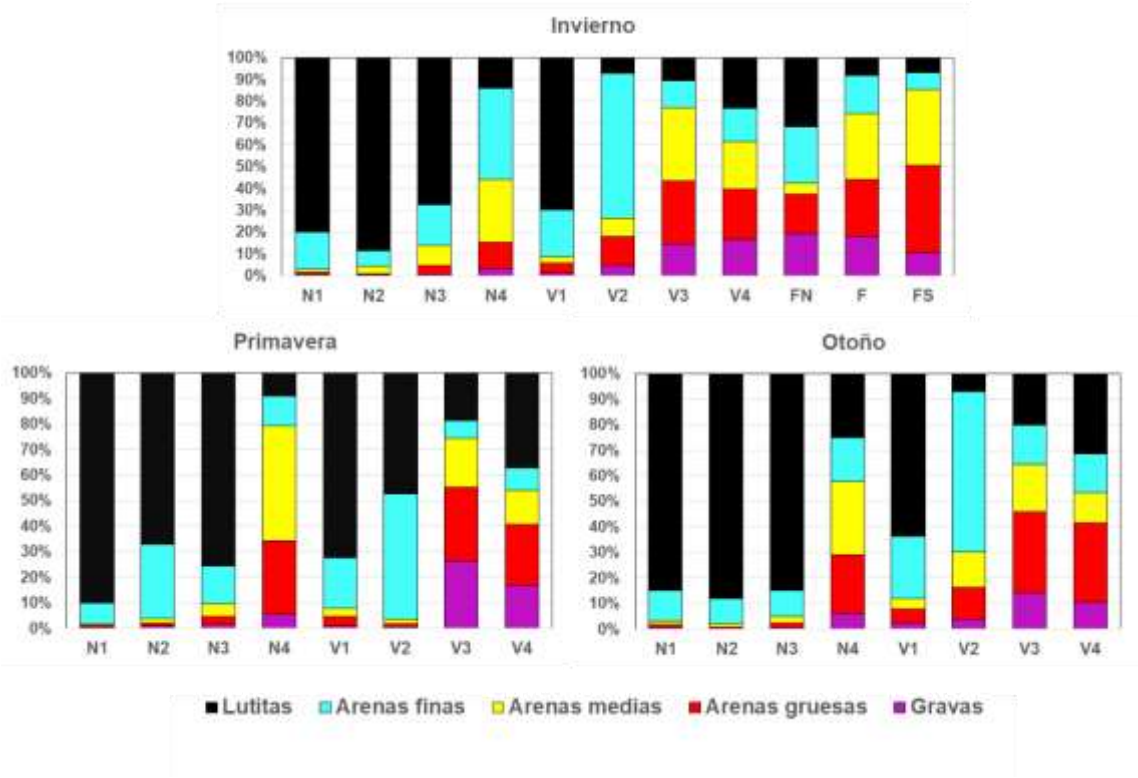


Figura 3.3. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de cada una de las estaciones de muestreo para cada campaña del 2019.

En el diagrama triangular (Figura 3.4) se puede observar como las estaciones N1, N2 y N3 se clasifican como fango; excepto durante primavera que N3 se clasifica como lutita arenosa. La estación N4 se clasifica como arena, excepto en verano que se clasifica como arena fangosa. En el transecto V, V1 se clasifica como arena fangosa, excepto en primavera que se clasifica como fango arenoso. La estación del vertido, V2, se clasifica durante invierno como arena con gravas, en primavera como arena con fangos, y como arenas durante el verano y el invierno. La estación V3 se clasifica como arena excepto en primavera que se clasifica como arena con gravas. La estación V4 se clasifica como fango arenoso durante el invierno, arenas con fangos en primavera, arenas con gravas en verano y fangos con arenas y gravas en otoño. En las estaciones muestreadas por la fuga, poseen un sedimento principalmente arenoso, sobre todo en la estación sur, siendo la norte la que tiene un mayor componente limoso.

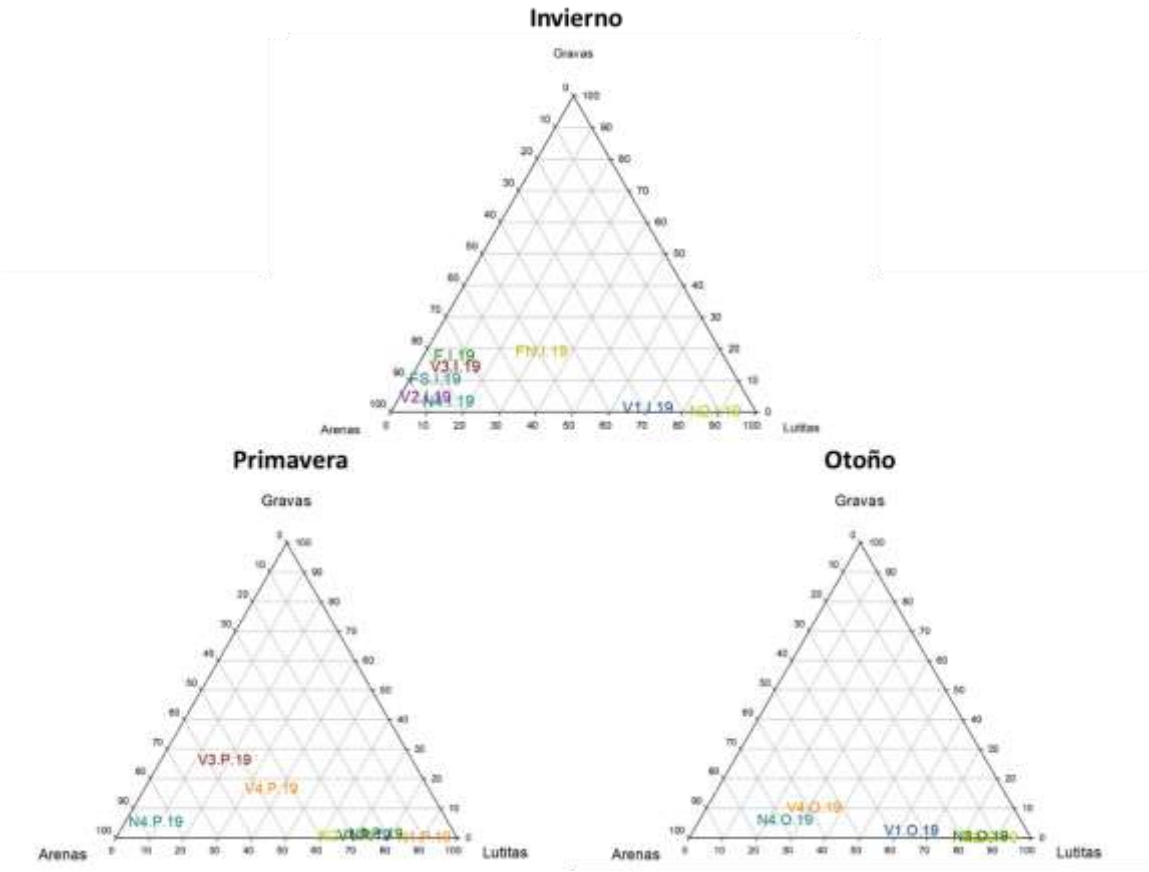


Figura 3.4. Representación del diagrama triangular de granulometría de cada una de las estaciones de muestreo en cada campaña del 2019.

Otras características de los sedimentos.

El menor porcentaje de materia orgánica se obtiene en la estación V3 durante la campaña de invierno (0.57%). De manera general fue en las estaciones N1, N2 y N3 donde se obtuvieron valores de materia orgánica más altos, sin embargo el valor más alto se detectó en V2 durante otoño, campaña en la que se detectó un incremento (8.40%), (Tabla 3.6, figura 3.5). Las estaciones muestreadas por la fuga muestran unos niveles bajos de materia orgánica, similares a los obtenidos N4 y V3.

Los valores de pH oscilan entre 7.2 y 7.98, correspondiendo el valor más bajo a la estación V1 durante el invierno; y el valor más alto a N4 durante la campaña de otoño (Tabla 3.6, figura 3.6).

El valor más alto de potencial redox (Figura 3.7) se obtiene en primavera en la estación V3, mientras que el valor más reducido se obtiene también en primavera en la estación N1.

		N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4	FN	F	FS
% M.O.	**Invierno**	1,02	4,51	1,60	0,62	4,49	1,03	0,57	2,74	0.85	0.64	0.67
	Primavera	4,44	5,38	4,93	1,53	3,76	3,14	1,18	4,98	-	-	-
	Otoño	3,89	5,47	4,81	2,88	4,80	8,40	2,17	3,44	-	-	-
pH	**Invierno**	7,25	7,22	7,15	7,53	7,2	7,28	7,48	7,42	7.32	7.49	7.35
	Primavera	7,33	7,52	7,53	7,59	7,21	7,25	7,46	7,22	-	-	-
	Otoño	7,88	7,85	8,1	7,98	7,52	7,92	7,42	7,63	-	-	-
Eh	**Invierno**	-89,7	-206	-177	6,3	-245	-137	-45	-81,6	-140	-106	-212
	Primavera	-262	-212	-215	5,3	-202	-180	50	-231	-	-	-
	Otoño	-159	-183	-212	-150	-202	-281	-71,6	-195	-	-	-

Tabla 3.6. Porcentaje de materia orgánica, pH y potencial redox en cada estación para cada campaña del 2019.

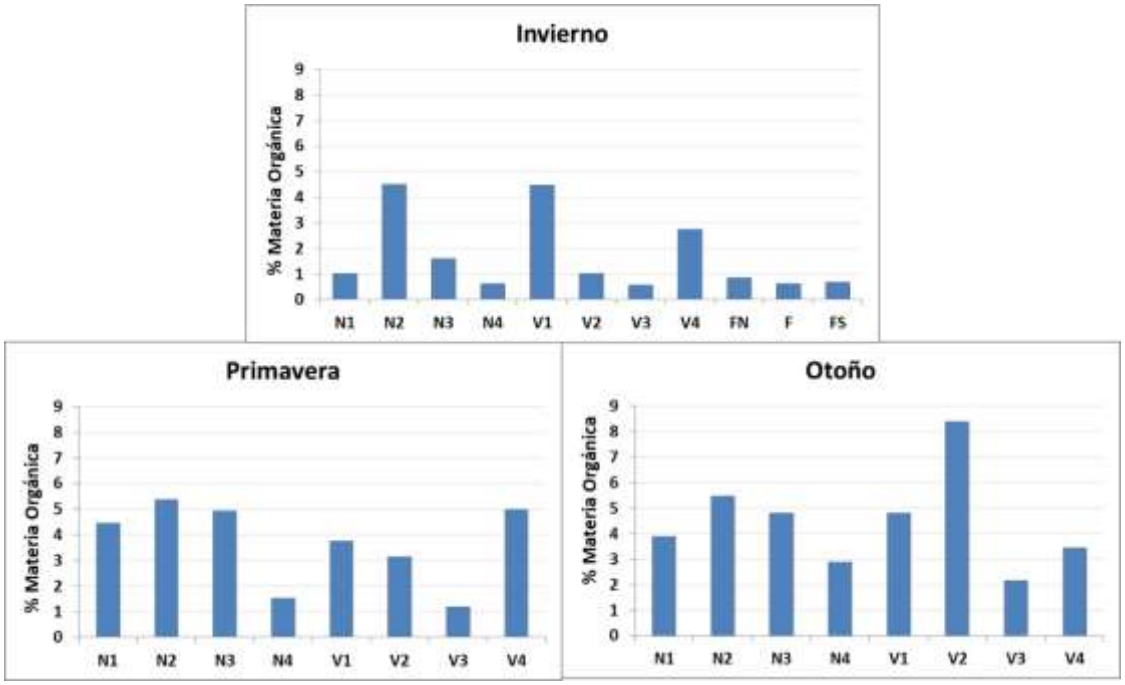


Figura 3.5. Representación del porcentaje medio de materia orgánica para cada estación y campaña de muestreo del 2019.

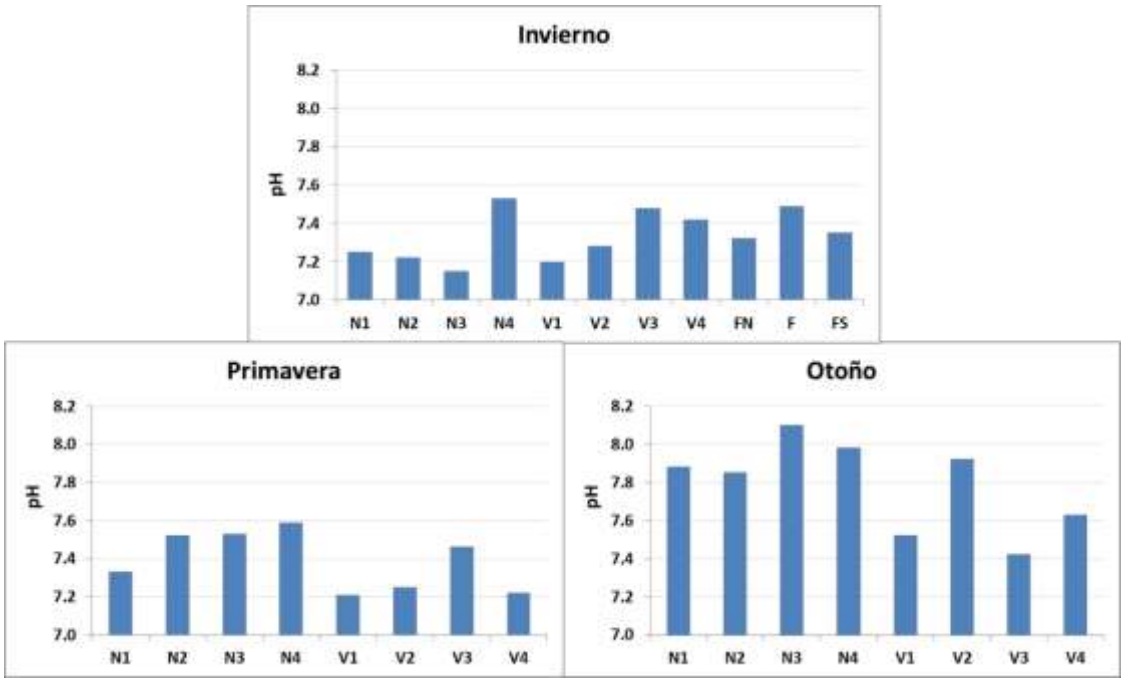


Figura 3.6. Representación del pH tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2019.

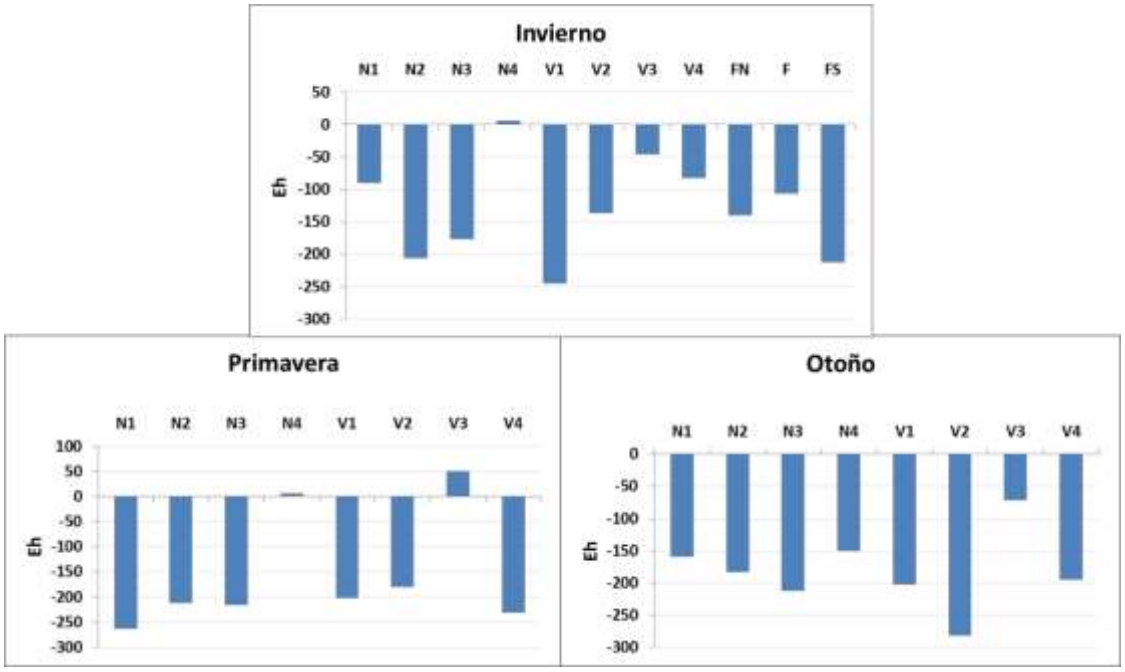


Figura 3.7. Representación del potencial redox tomado en cada estación y campaña de muestreo del 2019.

Las muestras presentaron un contenido en Níquel entre 6.5 ppm y 9.4 ppm, en Hierro entre 0.5 % y 1.1 %, en Cromo entre 14.3 ppm y 25.3 ppm, en Zinc entre 16.7 ppm y 29.6 ppm y en Cobre entre un 3.4 ppm y 7.4 ppm. En general los

valores más altos se registraron en las estaciones V3 y V4 excepto en el caso del cromo que el valor máximo se detectó en N2 (Tabla 3.7) La estación más próxima al vertido V2 presenta valores relativamente bajos de todos los metales.

Muestra	Ni ppm	Fe %	Cromo Ppm	Zinc ppm	Cobre ppm
N1	9,2	0,9	17,4	19,5	4,6
N2	8,0	0,9	25,3	17,3	3,4
N3	8,2	1,0	24,1	28,3	4,6
N4	6,7	0,7	24,1	26,7	3,9
V1	6,5	0,8	14,3	24,5	4,1
V2	6,8	0,5	16,0	16,7	4,4
V3	7,1	1,1	21,0	29,6	7,4
V4	9,4	1,0	20,2	27,4	4,8

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

3.5.2.- Fauna general en la campaña de primavera de 2019.

Se han obtenido un total 2288 individuos clasificados en 23 grupos taxonómicos diferentes, entre los cuales domina la clase Polychaeta con 1434 individuos (41.6%); seguida por el orden Amphipoda con 289 individuos (8.38%), el orden Tanaidacea con 183 individuos (5.3%) y la clase Bivalvia con 143 individuos (4.14%). Estos grupos están presentes en las ocho estaciones muestreadas (Tabla 3.8).

	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Nemertino	37,59	125,31	62,66	62,66	137,84	100,25	50,13	37,59
Nematoda	37,59	37,59	87,72	263,16	25,06	0,00	25,06	0,00
Annelida	3157,9	2706,77	2919,80	1115,29	2894,74	2130,33	1290,73	1754,39
Sipuncula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ostracoda	25,06	0,00	12,53	25,06	0,00	0,00	0,00	25,06
Copepoda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Leptostraca	50,13	50,13	12,53	12,53	12,53	125,31	37,59	12,53
Cumacea	0,00	0,00	12,53	50,13	12,53	12,53	0,00	0,00
Mysidacea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tanaidacea	313,28	25,06	37,59	0,00	50,13	0,00	37,59	12,53
Isopoda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amphipoda	1027,6	538,85	200,50	0,00	350,88	125,31	37,59	12,53
Decapoda	0,00	12,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pycnogonida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gastropoda	1365,9	701,75	325,81	100,25	375,94	526,32	150,38	75,19
Bivalvia	12,53	12,53	0,00	0,00	12,53	0,00	12,53	0,00
Asteroidea	12,53	0,00	12,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ophiuroidea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Echinoidea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,53	0,00
Holothurioidea	12,53	12,53	0,00	12,53	0,00	0,00	0,00	25,06
Phoronis	12,53	0,00	25,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cephalochordata	288,22	426,07	137,84	112,78	225,56	375,94	137,84	87,72
Anthozoa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,53

Tabla 3.8. Abundancias medias (nº ind/m^2) de los grupos faunísticos estudiados en cada estación.

Análisis univariante

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

Por lo que se refiere a la abundancia, se detectaron diferencias significativas en el factor distancia ($p<0.05$). Esto se debe al incremento de la abundancia en estaciones más cercanas a la línea de costa, para ambos transectos. También se detectaron diferencias significativas en el factos transecto, el tener el transecto norte abundancias superiores, en comparación con el transecto vertido.

El mayor valor de abundancia media (Figura 3.8) se encuentra en la estación en N1.P.19 (8609.02 ind/m^2). Mientras que el valor más bajo de abundancia media se obtiene en la estación N4.P.19 (639.09 ind/m^2).

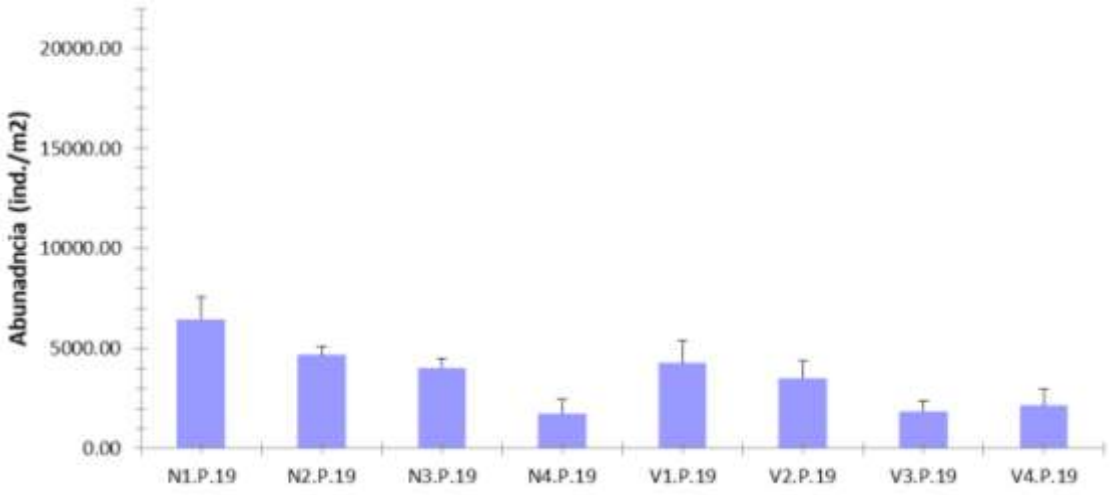


Figura 3.8. Abundancia media de los individuos en las distintas estaciones de muestreo en primavera de 2019.

En el caso de la riqueza taxonómica se detectan diferencias significativas únicamente entre distancias ($p<0.05$). Detectándose una mayor riqueza en el en las estaciones 1 y 3 en comparación con las 2 y 4.

Los valores más altos de riqueza se encuentran en la estación N1.P.19 (9.67 taxones), mientras que los menores valores se registran en la estación del V4.P.19 (5.67 taxones) (Figura 3.9).

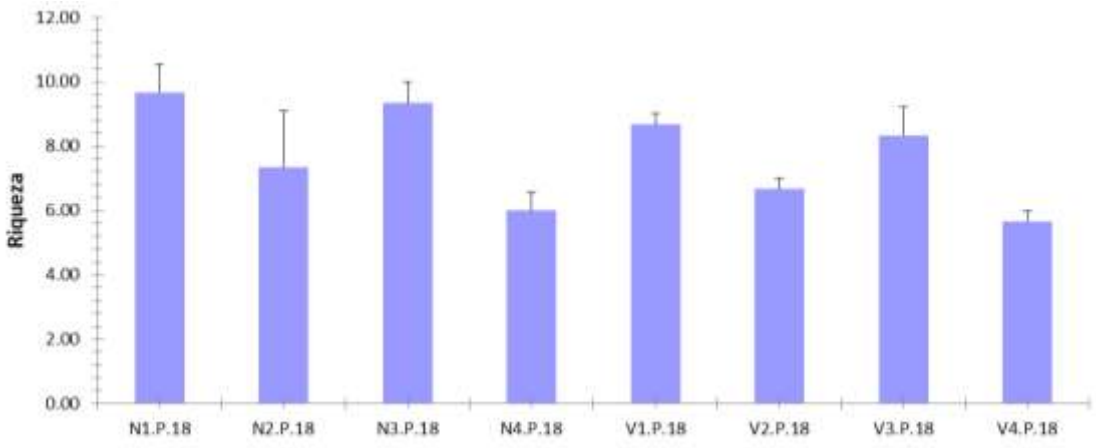


Figura 3.9. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en primavera 2019.

Por lo que se refiere al índice BOPA todas las estaciones obtienen valores correspondientes a un estado de calidad bueno. Los resultados del ANOVA indican que no existen diferencias significativas para ninguno de los dos factores estudiados ni para su interacción. Los valores obtenidos en las estaciones N2 y V1 fueron menores a los obtenidos en el resto de estaciones del transecto vertido, tomando un valor por debajo del límite Bueno/Moderado. N4 alcanzó el mejor valor del transecto norte y V3 en el transecto vertido (Figura 3.10)

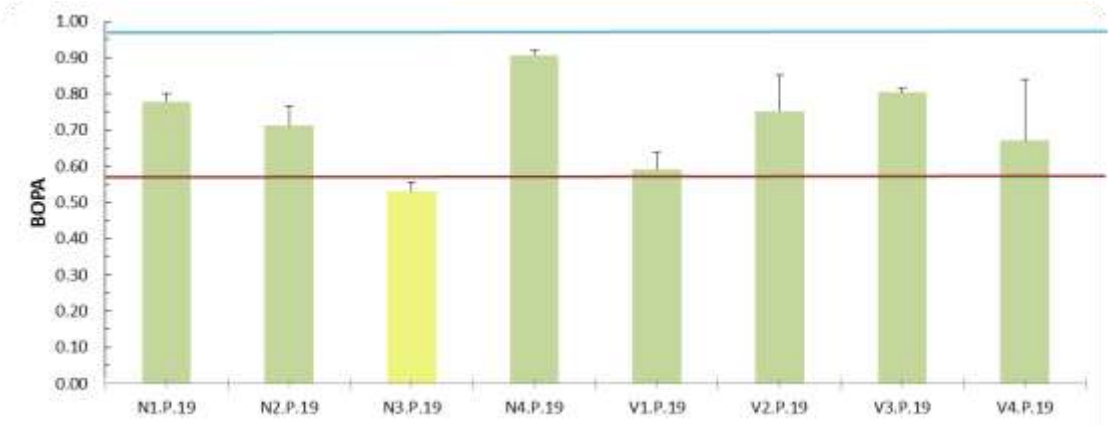


Figura 3.10. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en primavera 2019. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817/2015).

Análisis multivariante

El dendrograma de similitud (Figura 3.11) muestra como las estaciones forman dos grupos diferenciados. El grupo 1 lo forman las estaciones N4, V3 y V4, con una similitud entre ellas superior al 75%. El resto de estaciones forman el grupo 2 y presentan también una similitud superior al 75%.

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

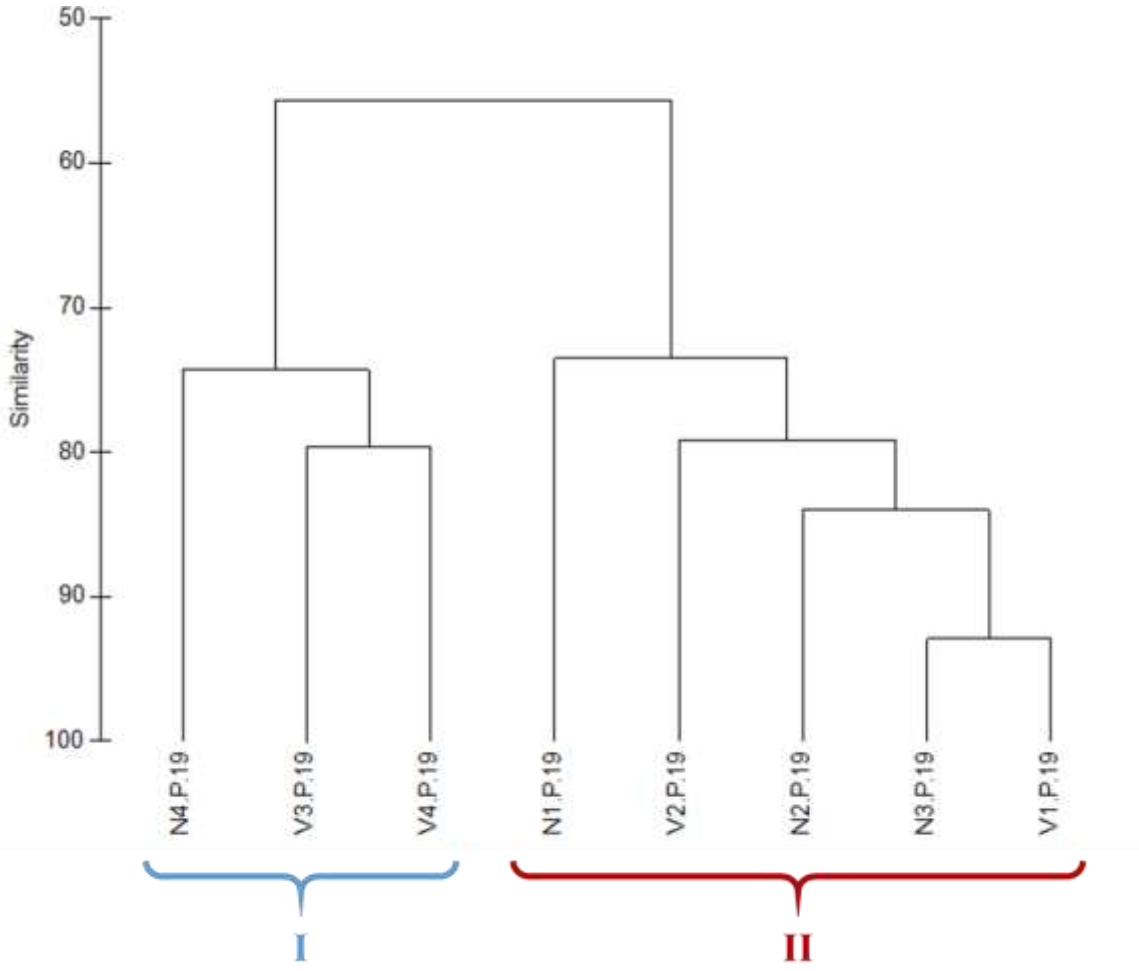


Figura 3.11. Representación del dendrograma respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.

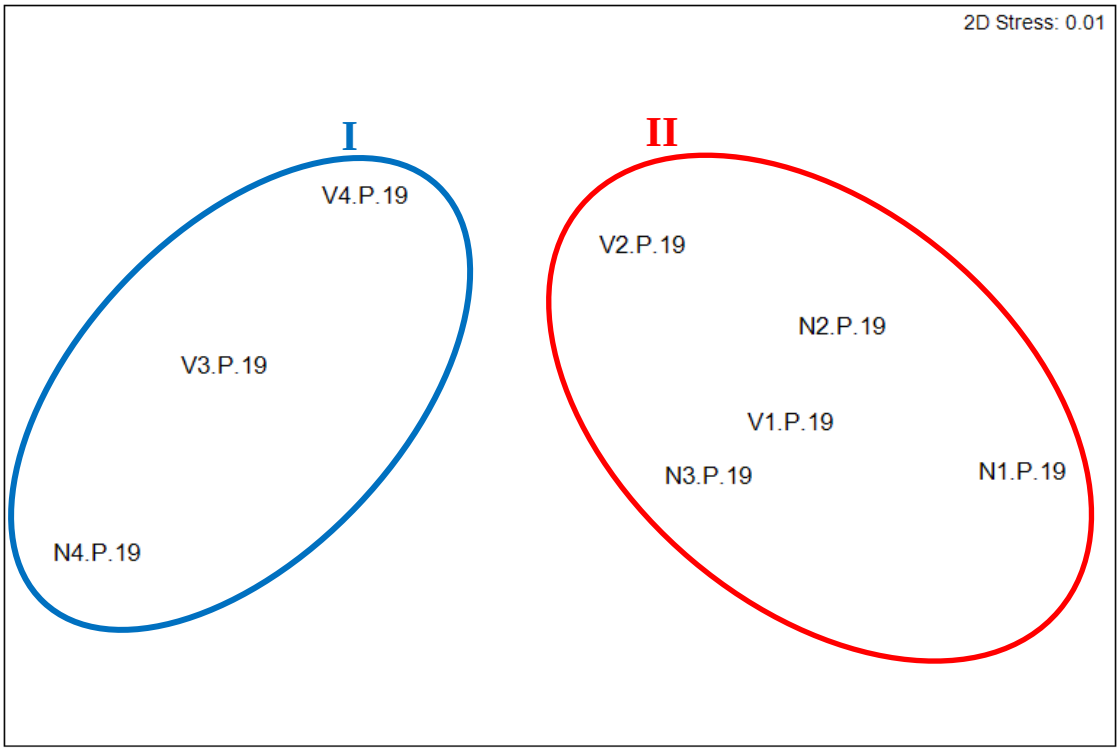


Figura 3.12. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones de muestreo.

Al aplicar el análisis de similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas para el factor transecto, con un nivel de significación del 37.1% y un R=0; ni se observan diferencias dentro del factor distancia, siendo el nivel de significación de 22.9%, con un R=0.292.

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

Grupo MDS	Grupo Taxon.	AM	PA
1			
SM: 76.06			
	Polychaeta	1386.8	80.47
	Bivalvia	112.78	87.1
	Amphipoda	108.6	92.87
2			
SM: 79.23			
	Polychaeta	2761.9	70.34
	Amphipoda	659.15	81.88
	Tanaidacea	448.62	88.13
	Bivalvia	290.73	94.19

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

Al analizar la disimilitud entre grupos, se observa como el grupo 1 se diferencia por presentar mayores abundancias de los diferentes grupos taxonómicos (poliquetos, anfípodos, tanaidaceos, bivalvos y ofiuras) excepto de nemátodos que son más abundantes en el grupo 2 (Tabla 3.10).

Grupos MDS	Grupo Taxon.	AM 1	AM 2	PA
1/2				
DM: 44.33				
	Polychaeta	1386.8	2761.9	47.68
	Amphipoda	108.6	659.15	65.6
	Tanaidacea	16.71	448.62	79.36
	Bivalvia	112.78	290.73	85.66
	Nematoda	96.07	37.59	89.11
	Ophiuroidea	50.13	107.77	91.76

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

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

Factores ambientales	Rho	P
Materia orgánica	0.377	0.057
% Gravas	**0.556**	**0.013**
% A. gruesa	**0.836**	**0.004**
% A. media	**0.789**	**0.001**
% A. fina	-0.169	0.740
% Lutitas	**0.894**	**0.01**
pH	-0.064	0.573
Eh	**0.624**	**0.011**
Salinidad	-0.15	0.726
Factores totales	**0.75**	**0.02**

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

A partir de los resultados obtenidos en el RELATE, se representaron en las estaciones en un MDS según su similitud según la comunidad de infauna representando cada una de las variables ambientales que han demostrado influir de forma significativa en la composición de infauna. De esta forma se puede observar cómo el grupo I se caracteriza por poseer una fracción granulométrica alta, con altos porcentajes de gravas, arenas gruesas y medias, así como un bajo porcentaje de lutitas. Además en este grupo se alcanzan los valores más positivos del potencial RedOx. El grupo II por el contrario, se caracteriza por una importante fracción arcillosa y valores del RedOx negativos (Figuras 3.13, 3.14, 3.15, 3.16).

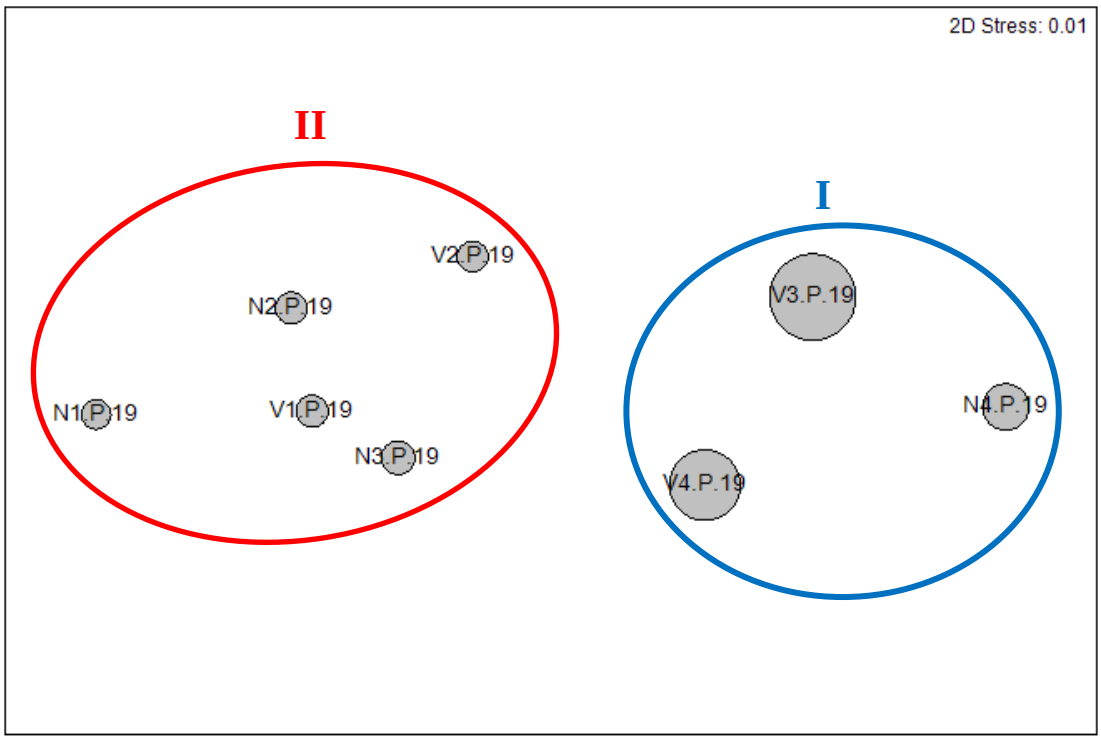


Figura 3.13. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de gravas.

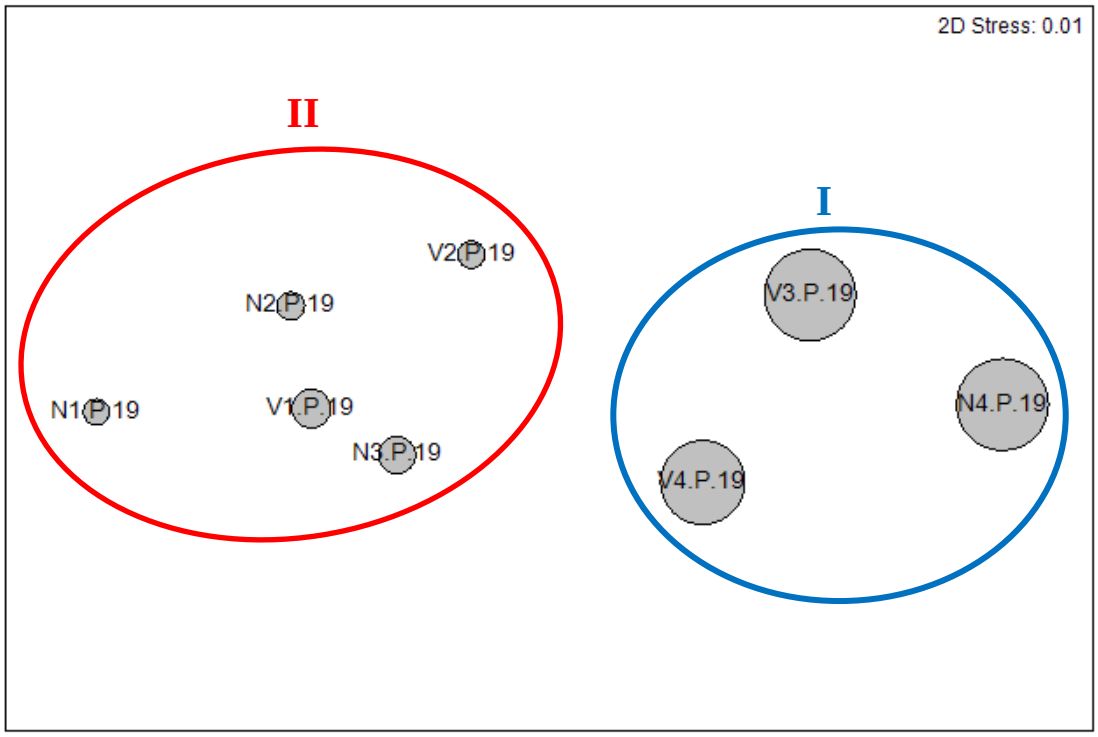


Figura 3.14. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas gruesas.

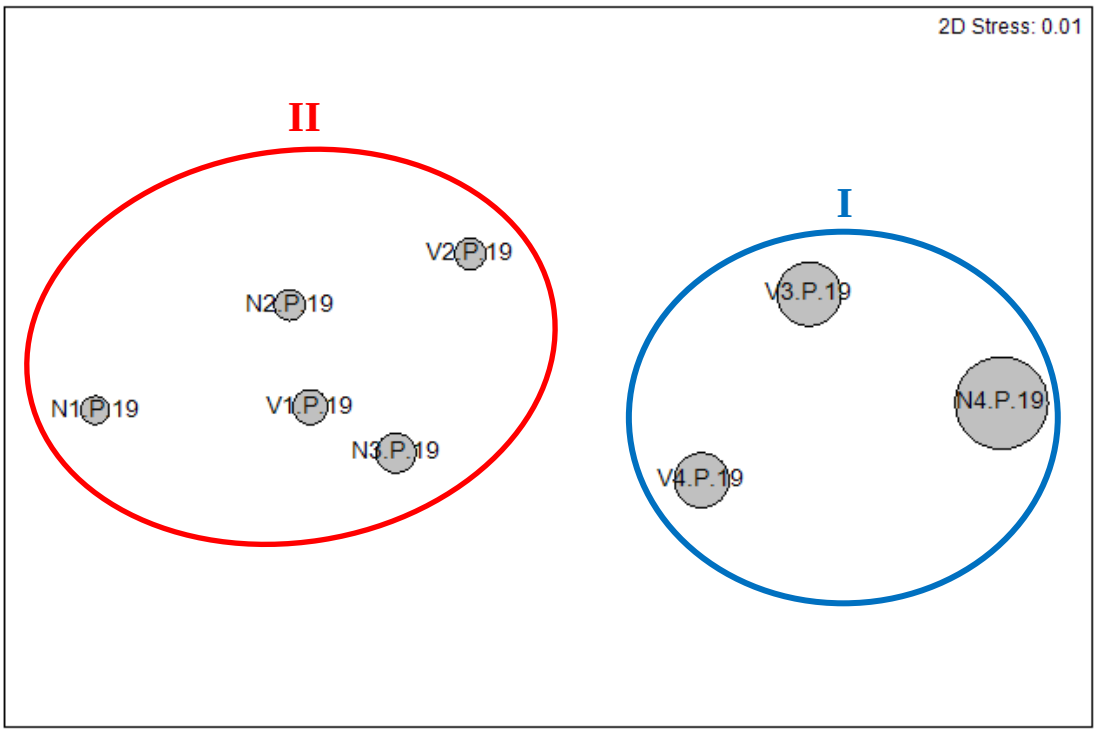


Figura 3.15. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas medias.

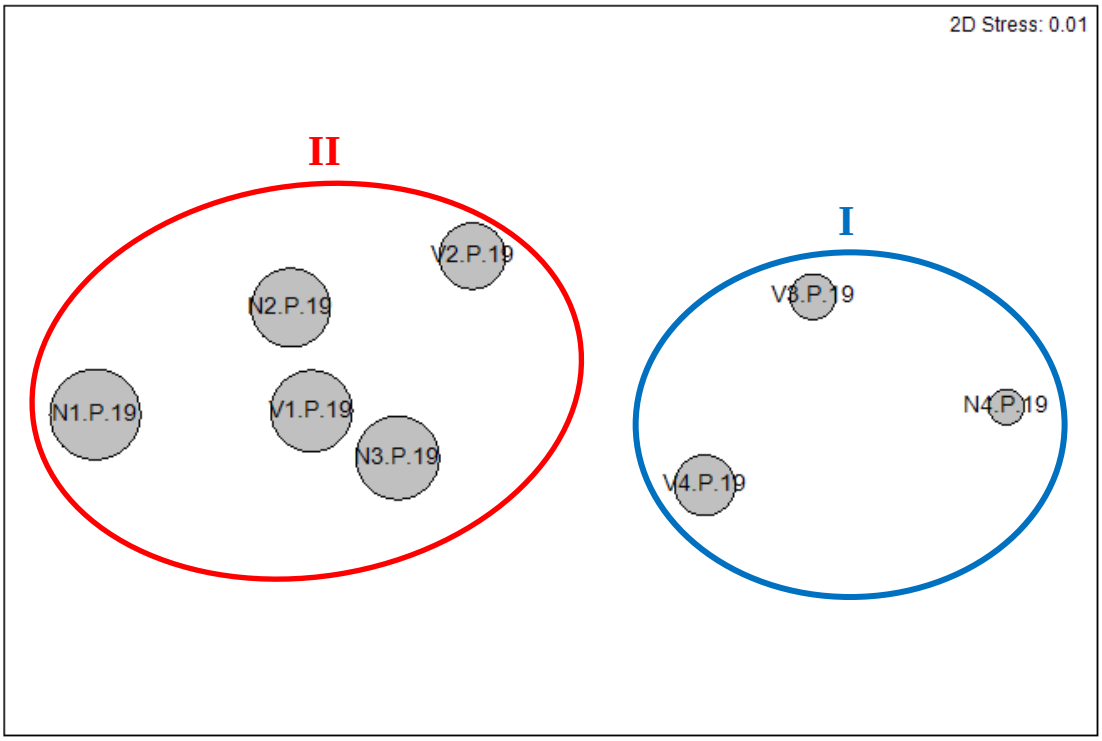


Figura 3.16. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de lutitas.

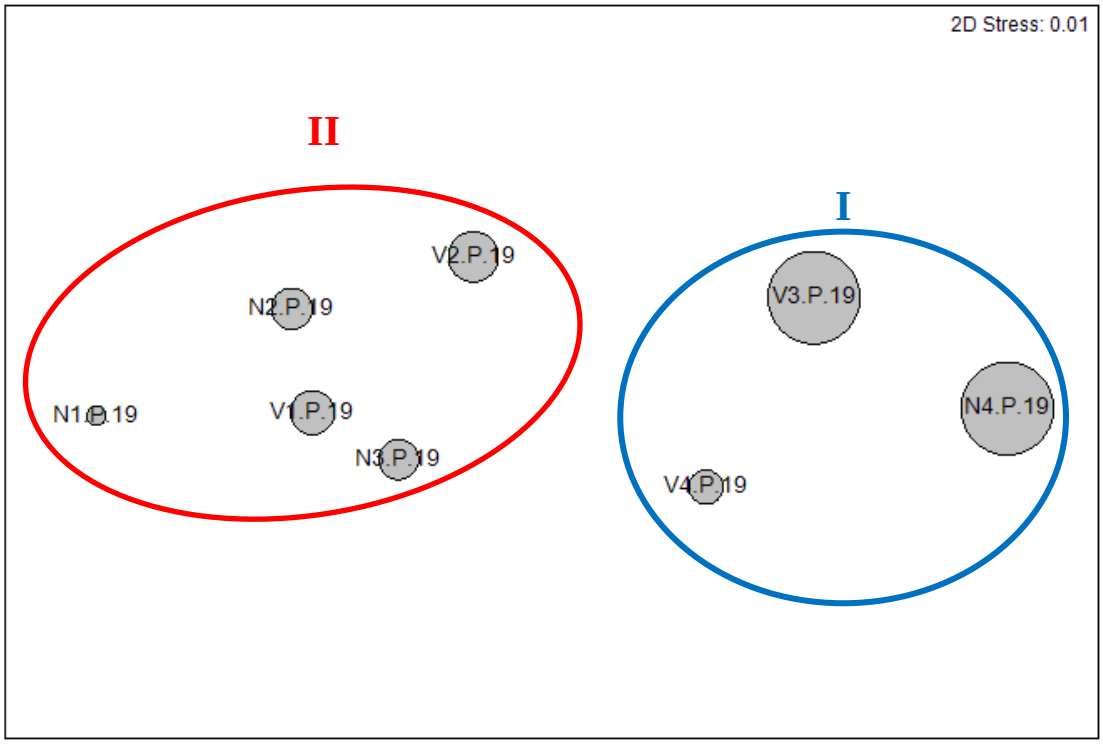


Figura 3.17. Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de infauna en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del potencial RedOx.

3.5.3.- Estructura de la comunidad de poliquetos en primavera 2019.

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	**N2**	**N3**	**N4**	**V1**	**V2**	**V3**	**V4**
Apistobranchidae	0.00	0.00	0.00	25.06	0.00	0.00	0.00	0.00
Ampharetidae	0.00	12.53	12.53	25.06	0.00	0.00	0.00	0.00
Capitellidae	288.22	451.13	601.50	25.06	563.91	162.91	175.44	150.38
Chaetopteridae	0.00	0.00	0.00	0.00	25.06	0.00	0.00	37.59
Cirratulidae	187.97	125.31	213.03	50.13	187.97	162.91	25.06	162.91
Cossuridae	50.13	0.00	100.25	0.00	50.13	0.00	0.00	12.53
Dorvilleidae	0.00	0.00	0.00	125.31	0.00	12.53	37.59	12.53
Eunicidae	12.53	0.00	0.00	12.53	75.19	37.59	75.19	50.13
Flabelligeridae	62.66	50.13	62.66	25.06	87.72	25.06	12.53	50.13
Glyceridae	25.06	12.53	12.53	0.00	37.59	37.59	25.06	25.06
Gonianidae	12.53	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hesionidae	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00
Lumbrineridae	225.56	363.41	288.22	25.06	200.50	187.97	75.19	87.72
Lacydoniidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.59	0.00
Magelonidae	87.72	37.59	37.59	12.53	175.44	75.19	0.00	25.06
Maldanidae	12.53	37.59	50.13	75.19	37.59	50.13	50.13	75.19
Nephtyidae	350.88	100.25	62.66	0.00	87.72	162.91	0.00	25.06
Nereididae	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Onuphidae	12.53	12.53	0.00	0.00	50.13	62.66	225.56	50.13
Opheliidae	100.25	0.00	12.53	12.53	50.13	150.38	25.06	0.00
Oweniidae	12.53	12.53	12.53	25.06	37.59	12.53	0.00	25.06
Paralacydoniidae	150.38	238.10	112.78	0.00	187.97	25.06	12.53	50.13
Paraonidae	563.91	563.91	977.44	75.19	701.75	438.60	37.59	601.50
Phyllodocidae	0.00	0.00	0.00	12.53	12.53	0.00	25.06	12.53
Pilargidae	12.53	25.06	0.00	37.59	37.59	25.06	0.00	0.00
Poecilochaetidae	50.13	162.91	25.06	0.00	75.19	25.06	12.53	0.00
Polynoidae	12.53	12.53	25.06	0.00	12.53	0.00	12.53	12.53
Sabellidae	37.59	62.66	12.53	62.66	50.13	12.53	50.13	0.00
Scalibregmatidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00
Serpulidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00
Sigalionidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00
Spionidae	864.66	413.53	263.16	50.13	137.84	100.25	75.19	62.66
Syllidae	12.53	0.00	0.00	438.60	0.00	300.75	250.63	200.50
Terebellidae	12.53	12.53	0.00	0.00	12.53	50.13	12.53	25.06

Tabla 3.12: Abundancias medias (nº ind/m^2) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

Las familias Capitellidae, Cirratulidae, Flabelligeridae, Lumbrineridae, Maldanidae, Paraonidae y Spionidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. Durante esta campaña de muestreo, las familias Apistobranchidae, Ampharetidae, Chaetopteridae, Glyceridae, Gonianidae, Hesionidae, Lacydoniidae, Nereididae, Oweniidae, Phyllodocidae, Pilargidae, Pisionidae, Scalibregmatidae, Serpulidae, Sigalionidae, Terebellidae

y Trichobranchidae aparecen con abundancias inferiores al 1%, por lo que se considerarían familias con un alto nivel de rareza en la zona de estudio (alrededor del 21% 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=0.3826). Tampoco se detectan diferencias significativas para los dos factores estudiados (Transecto, p=0.3231; Distancia, p=0.1301). Aun así, se observa un descenso en las estaciones N4 y V3 respecto al resto de las estaciones.

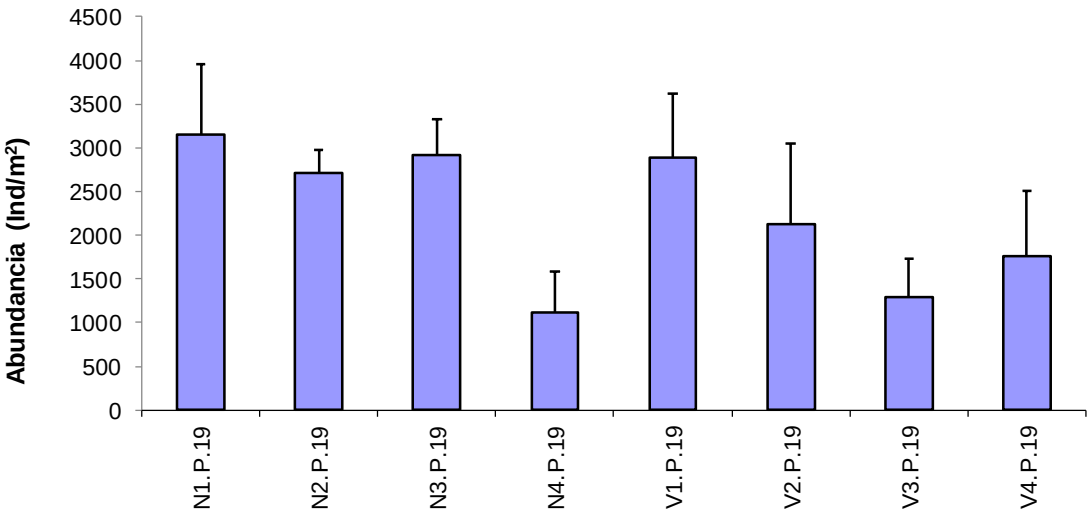


Figura 3.18: Abundancia media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la **riqueza,** tampoco se detectaron diferencias significativas para la interacción entre los dos factores analizados (transecto x distancia p=0.8867) ni para los factores por separados; Transecto (p=0.7542) y distancia (p=0.5763). Aun así, se observa un descenso en la estación N4, respecto al resto de las estaciones.

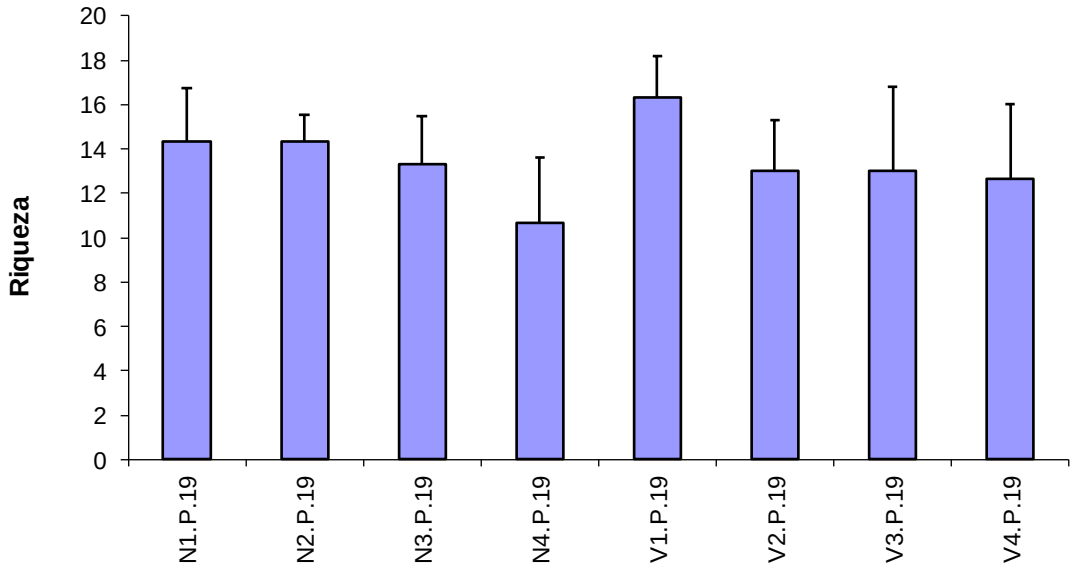


Figura 3.19: Riqueza media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la **diversidad** del poblamiento de poliquetos se observa un ligero descenso en las estaciones localizadas al norte, principalmente en las distancias 3 y 4; junto a la estación V4. Esto puede indicar un ligero empobrecimiento en el poblamiento de poliquetos de dichas estaciones durante esta campaña, respecto al resto de las estaciones.

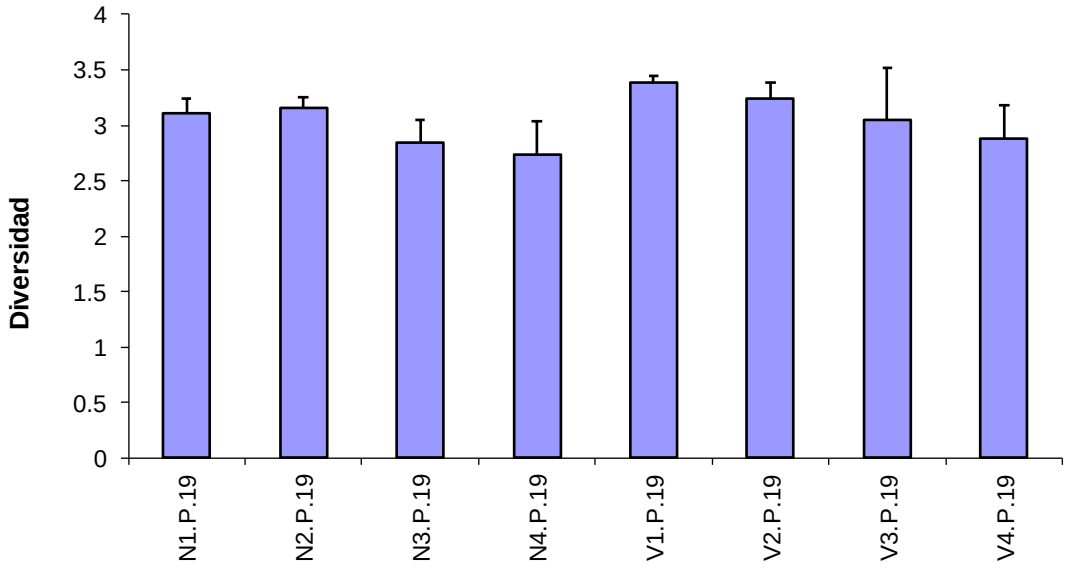


Figura 3.20: Diversidad media de poliquetos en cada estación.

Los valores de **equitatividad** en la zona de estudio superan una equitatividad de 0.76 en todas las estaciones; siendo algo más bajos en las estaciones

localizadas al norte, principalmente N3; estación en las que un menor número de familias son las dominantes. Sin embargo, en la estación V2, se obtienen los valores más elevados de equitatividad (superando el 0.89); lo que nos indica un dominio similar del número de familias detectadas en dicha estación.

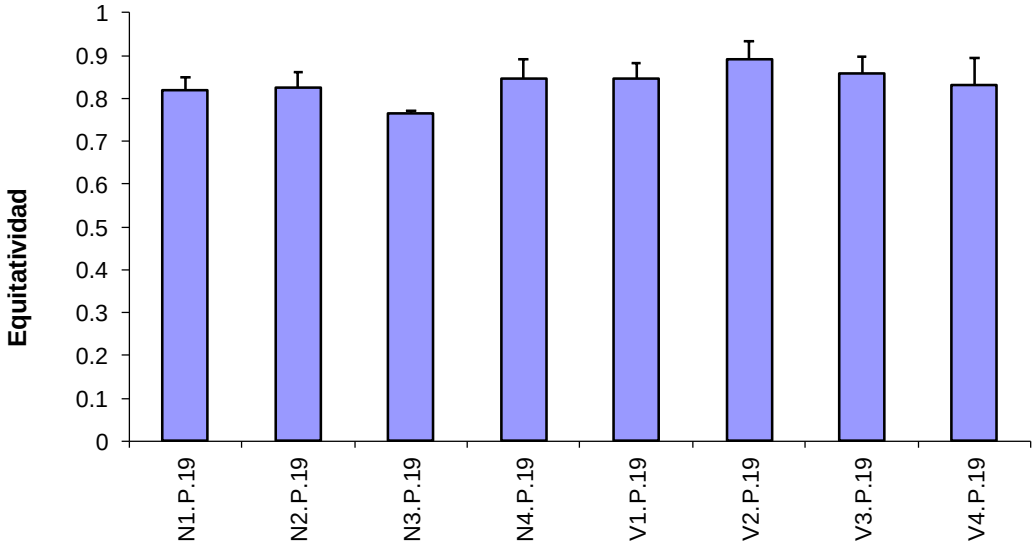


Figura 3.21: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.

Análisis multivariante.

Se detecta la formación de tres grupos principales; el grupo A establecido por las estaciones localizadas al norte (N1.P.19, N2.P.19, N3.P.19 junto a la estación V1.P.19) con una similitud de un 72 %. El grupo B, constituido por las estaciones localizadas en el vertido (V2.P.19 y V4.P.19); mostrando una similitud próxima al 73% y el grupo C, establecido por las estaciones N4.P.19 y V3.P.19. Cabe destacar la mayor heterogeneidad entre las estaciones incluidas en el grupo C y respecto a los otros dos grupos, mientras que de detectan similitudes en torno al 60% entre los grupos A y B.

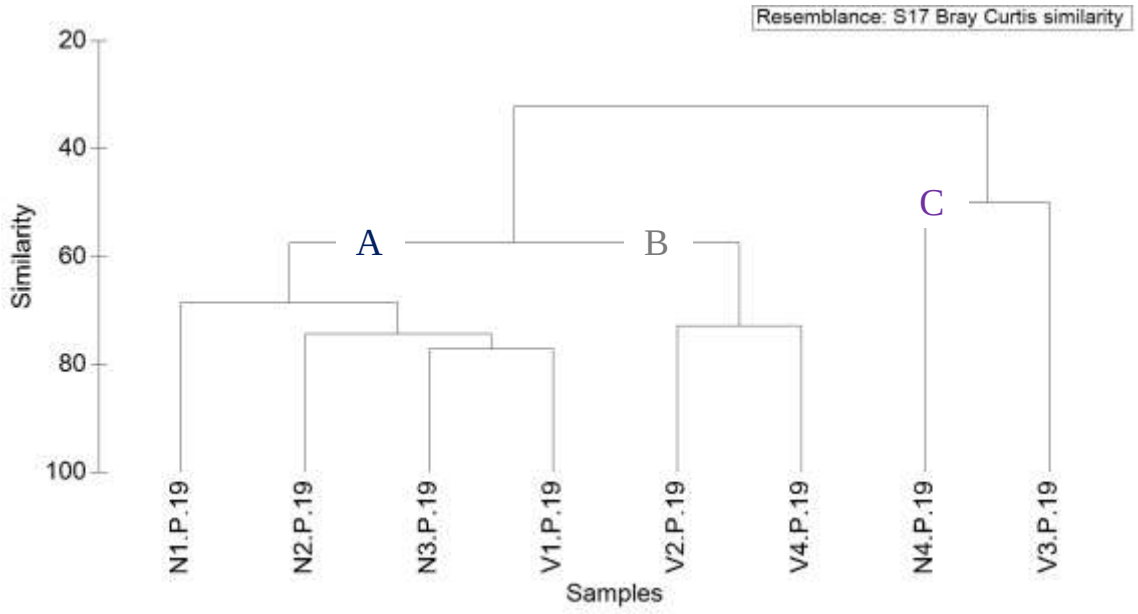


Figura 3.22: Representación del *cluster* respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

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

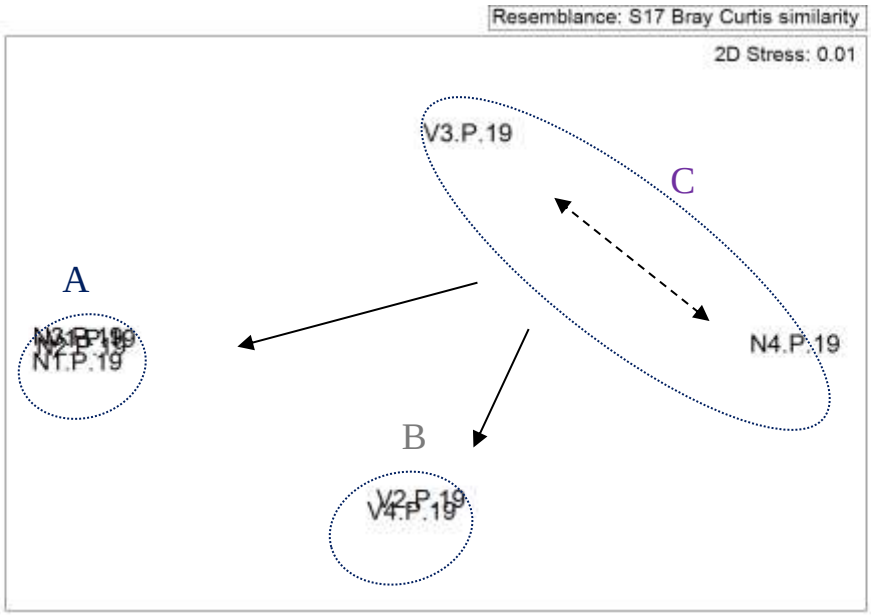


Figura 3.23: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se detectaron diferencias significativas entre las distintas distancias (p=0.724 y R= -0.083), ni entre los distintos transectos (p=0.371, R=0.052).

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

Las familias Paraonidae, Capitellidae, Spionidae, Lumbrineridae Cirratulidae y Paralacydoniidae son las implicadas en el 82% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A (porcentaje de similitud de un 71.92%). Las estaciones incluidas en el grupo B presentan un porcentaje de similitud de un 72.90%. En este caso, son las familias Paraonidae, Syllidae, Cirratulidae, Capitellidae y Lumbrineridae las que contribuyen en un 73.45% de la similitud. Las estaciones del grupo C presentan una similitud de un 50% y las familias implicadas son Syllidae, Maldanidae, Sabellidae, Spionidae, Dorvilleidae y Paraonidae.

Grupo	Familia	AM	PA
A			
SM: 71.92			
	Paraonidae	701.75	27.98
	Capitellidae	476.19	46.6
	Spionidae	419.8	57.34
	Lumbrineridae	269.42	68.01
	Cirratulidae	178.57	75.44
	Paralacydoniidae	172.31	82.02
B			
SM: 72.92			
	Paraonidae	520.05	30.97
	Syllidae	250.63	45.13
	Cirratulidae	162.91	56.64
	Capitellidae	156.64	67.26
	Lumbrineridae	137.84	73.45
C			
SM: 50			
	Syllidae	344.61	41.67
	Maldanidae	62.66	50
	Sabellidae	56.39	58.33
	Spionidae	62.66	66.67
	Dorvilleidae	81.45	72.92
	Paraonidae	56.39	79.17

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

Las familias Spionidae, Capitellidae, Syllidae, Paraonidae, Paralacydoniidae, Lumbrineridae, Nephtyidae, 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, Capitellidae, Paraonidae, Paralacydoniidae, Lumbrineridae y Nephtyidae en la mayoría de las estaciones del norte (N1.P.19, N2.P.19, N3.P.19, junto a V1.P.19), mientras que en las estaciones localizadas en el transecto vertido (V2.P.19 y V4.P.19) se observa valores intermedios de la abundancia. Las estaciones N4.P.19 y V3.P.19 se caracterizan por un incremento de las abundancias de las familias Syllidae y Onuphidae.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
A / B				
DM: 42.54				
	Spionidae	419.8	81.45	16.16
	Capitellidae	476.19	156.64	31.76
	Syllidae	3.13	250.63	43.67
	Paraonidae	701.75	520.05	53.27
	Paralacydoniidae	172.31	37.59	59.83
	Lumbrineridae	269.42	137.84	66.38
	Nephtyidae	150.38	93.98	71.9
A / C				
DM: 75.65				
	Paraonidae	701.75	56.39	20.72
	Capitellidae	476.19	100.25	32.92
	Spionidae	419.8	62.66	44.19
	Syllidae	3.13	344.61	55.23
	Lumbrineridae	269.42	50.13	62.35
	Paralacydoniidae	172.31	6.27	67.73
	Nephtyidae	150.38	0	72.45
B / C				
DM: 52.35				
	Paraonidae	520.05		28.55
	Cirratulidae	162.91		36.17
	Syllidae	250.63		43.64
	Onuphidae	56.39		50.42
	Nephtyidae	93.98		55.9
	Lumbrineridae	137.84		61.12

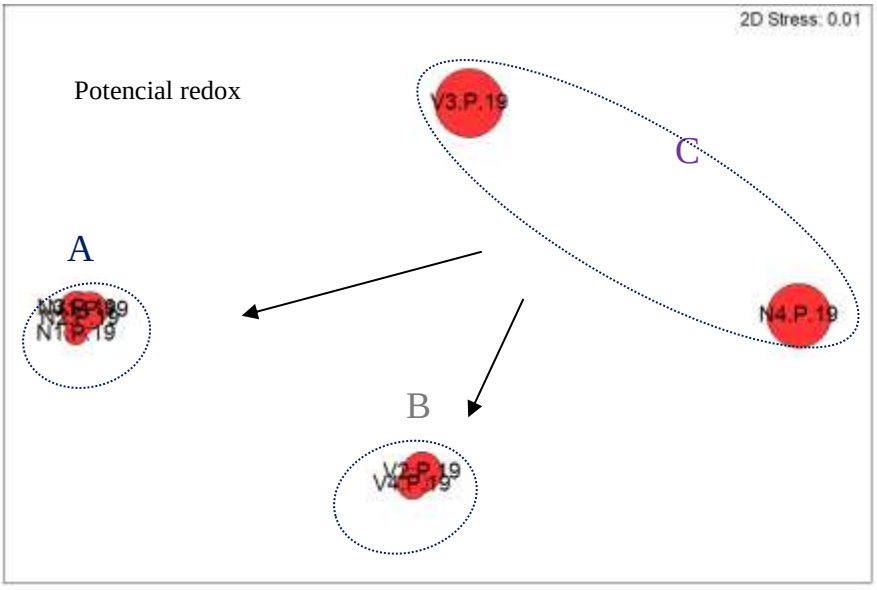
Tabla 3.14: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos y subgrupos establecidos. AMx: abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

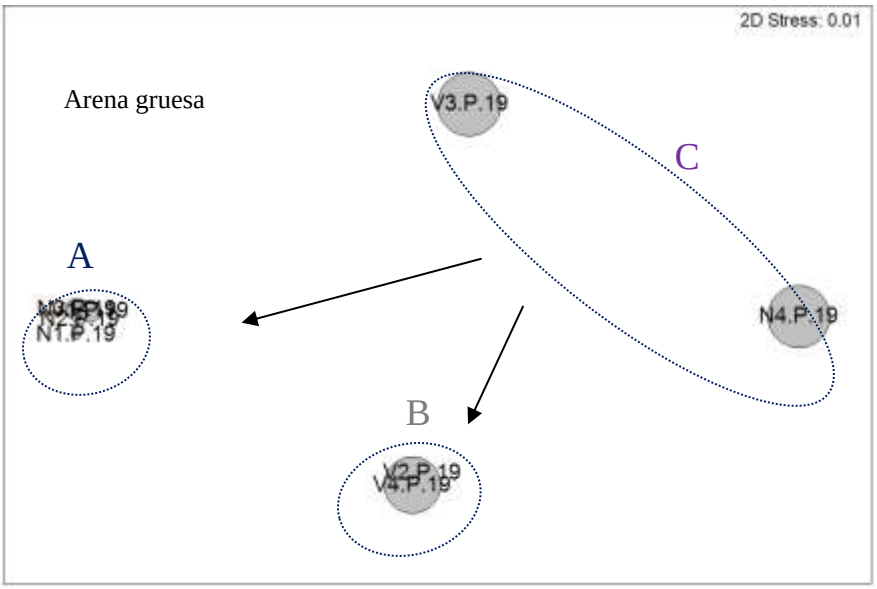
Mediante el procedimiento RELATE se observa correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz de los factores ambientales estudiados (granulometría, materia orgánica, Eh, pH y salinidad). Se obtiene un nivel de significación de un 01.1% y con un Rho=0.826 (Tabla 3.16). Al analizar cada uno de los factores por separado, se observa que el potencial redox, la materia orgánica, la arena gruesa, arena media, y lutitas presentan los mayores valores de correlación. Por lo tanto, la distribución del poblamiento de poliquetos está determinada, principalmente, por el conjunto de dichos factores.

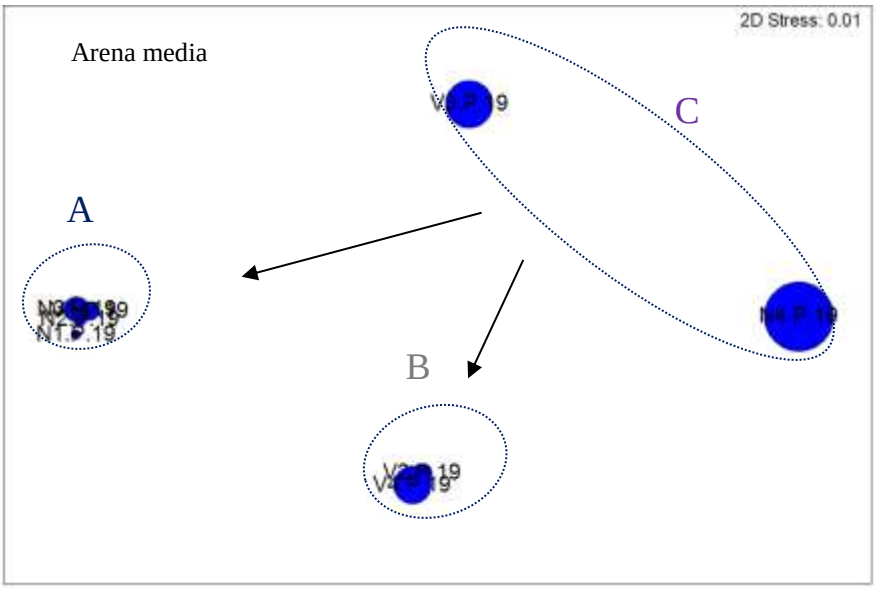
Factores ambientales	Rho	p
Materia orgánica	0.662	0.011
% Gravas	0.5	0.06
% A. gruesa	0.74	0.004
% A. media	0.823	0.002
% A. fina	-0.201	0.805
% Lutitas	0.799	0.001
pH	0.096	0.256
Eh	0.745	0.001
Sal	0.116	0.308
Factores totales	0.826	0.011

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

Mediante la representación bidimensional con círculos superpuestos se observa que las estaciones del vertido, presentan mayor porcentaje de arena gruesa y arena media. 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, potencial redox más reducido y mayor presencia de materia orgánica (este último factor también incrementa en las estaciones V2 y V4).




2D Stress: 0.01
Arena gruesa
V3.P.19
C
A
N4.P.19
B
V2.P.19
V4.P.19


2D Stress: 0.01
Arena media
C
A
B

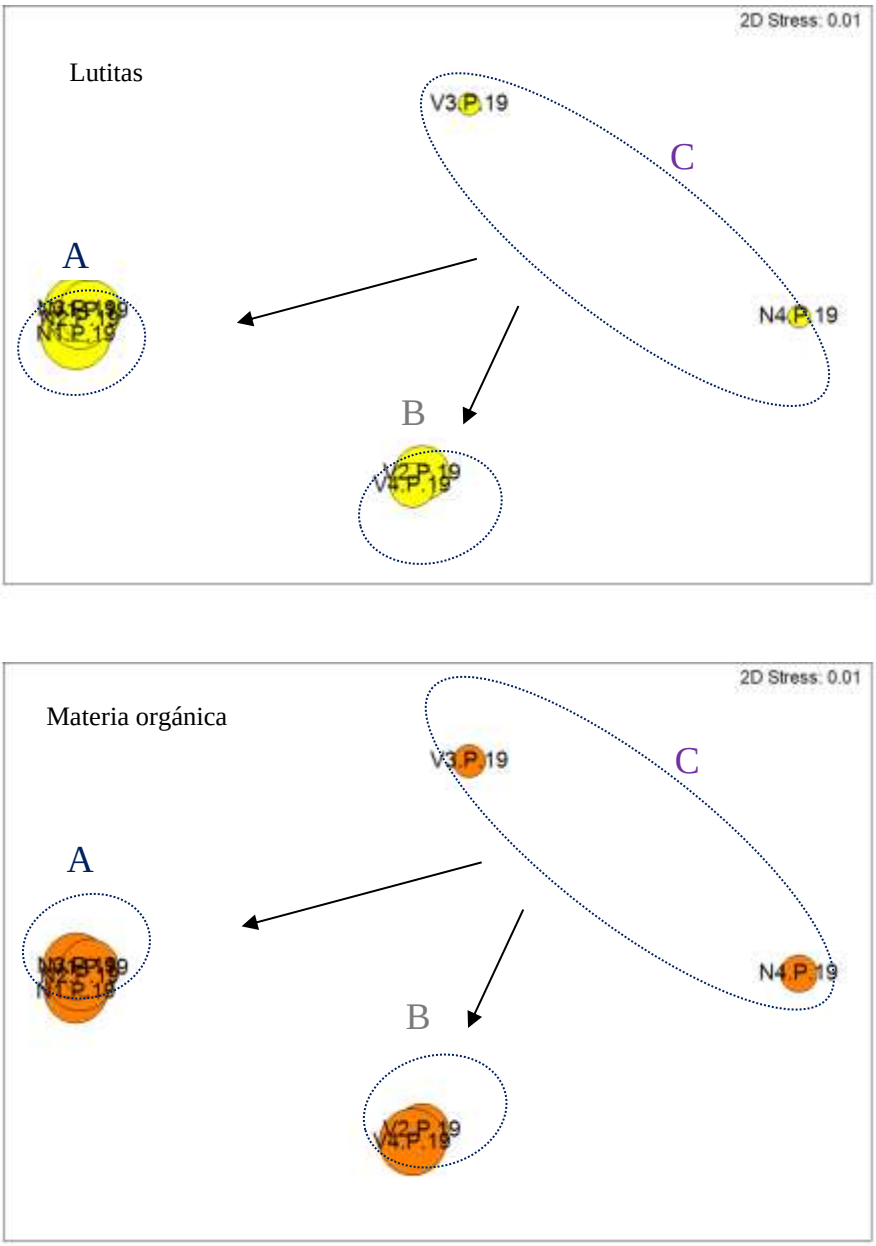


Figura 3.24 Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (Arena gruesa, media, lutitas potencial redox y materia orgánica).

3.5.4.- Fauna general en la campaña de otoño de 2019.

Se han capturado un total de 3056 individuos pertenecientes a 22 grupos taxonómicos diferentes. La clase Polychaeta fue el grupo taxonómico más abundante, con 1617 individuos (46.92%). Otros grupos presentan altas abundancias, como el orden Amphipoda del que se capturaron 564 individuos (16.36%) o la clase Bivalvia de la que se capturaron 296 individuos (8.59%).

	N1	N2	N3	N4	V1	V2	V3	V4
Nemertina	75.19	0.00	37.59	75.19	150.38	12.53	87.72	12.53
Nematoda	137.84	50.13	112.78	263.16	50.13	87.72	238.10	100.25
Polychaeta	2631.58	2343.36	2092.73	2669.17	2744.36	3245.61	3145.36	1390.98
Platelminta	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	12.53
Sipuncula	75.19	12.53	62.66	75.19	150.38	100.25	25.06	75.19
Ostracoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Copepoda	12.53	12.53	50.13	75.19	50.13	388.47	0.00	12.53
Cumacea	0.00	25.06	12.53	25.06	62.66	0.00	0.00	0.00
Tanaidacea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Isopoda	451.13	112.78	150.38	25.06	112.78	100.25	25.06	37.59
Amphipoda	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	75.19	0.00
Decapoda	313.28	263.16	200.50	50.13	12.53	12.53	0.00	12.53
Pycnogonida	137.84	150.38	62.66	0.00	100.25	100.25	0.00	62.66
Polyplacophora	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Scaphopoda	1403.51	764.41	889.72	977.44	676.69	1716.79	501.25	137.84
Gastropoda	37.59	37.59	37.59	0.00	0.00	25.06	37.59	25.06
Bivalvia	0.00	12.53	12.53	0.00	25.06	25.06	0.00	0.00
Asteroidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ophiuroidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Echinoidea	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Holothurioidea	50.13	62.66	62.66	50.13	87.72	50.13	175.44	0.00
Anthozoa	714.29	563.91	426.07	375.94	350.88	488.72	325.81	463.66

Tabla 3.16. Abundancias medias (nº ind/m^2) 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, no se detectan diferencias significativas para ninguno de los dos factores estudiados, ni se observa ninguna tendencia clara en cuanto a los valores.

El mayor valor de abundancia media se obtiene en la estación V2.O.19 (6541.35 ind/m^2); mientras que el valor más bajo de abundancia media se encuentra en la estación V4.O.19 (2406.02 ind/m^2).

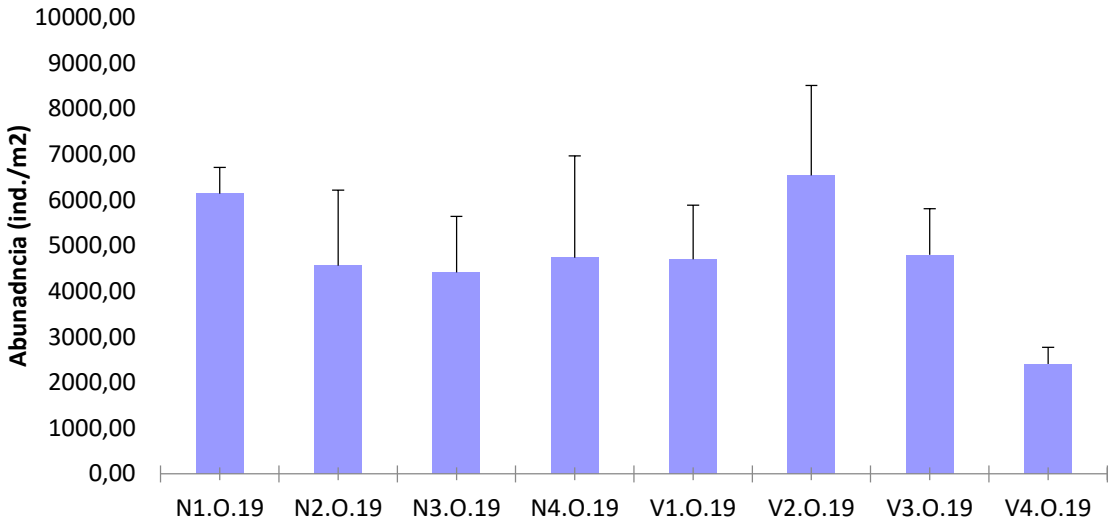


Figura 3.24. Abundancia media de individuos en cada estación en otoño 2019.

En cuanto a la riqueza, tampoco se observan diferencias significativas para ninguno de los factores analizados.

Los mayores valores de riqueza taxonómica se encuentran en las estaciones V2.O.19 (12.33 taxones), mientras que el valor más bajo se obtiene en la estación N1.O.19 (7 taxones) (Figura 3.25).

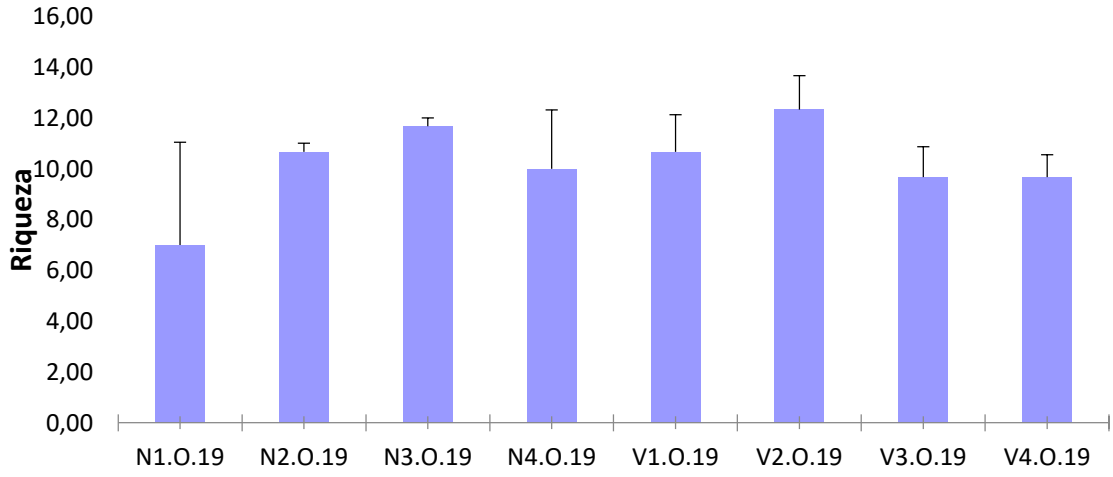


Figura 3.25. Riqueza taxonómica en cada estación de muestreo en otoño 2019.

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 parar ninguno de los dos factores estudiados ni para su interacción. Los valores obtenidos en las estaciones N2 y V4 fueron menores a los obtenidos en el resto de estaciones. Por otro lado, N1 y N4 alcanzaron los mejores valores para el transecto norte, mientras que V2 y V3 fueron las que mostraron un mejor valor del índice en el transecto vertido (Fig.3.26).

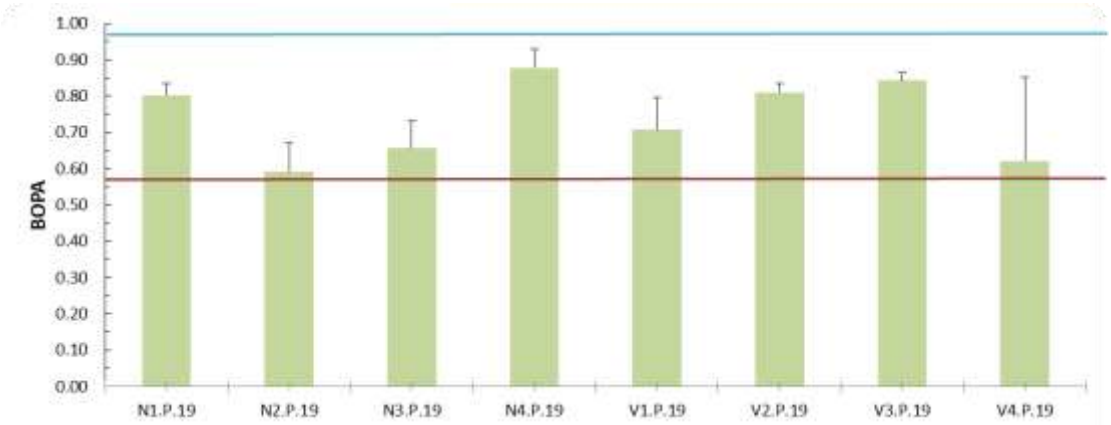


Figura 3.26. Valores del índice BOPA en cada estación de muestreo en otoño 2019. La línea roja indica el límite bueno/ moderado y la línea azul el límite muy bueno/bueno (RD 817, 2015).

Análisis multivariante

El dendrograma muestra una alta similitud entre todas las muestras (>70%). Sin embargo, se pueden establecer dos grupos, en base a las mayores similitudes detectadas entre las estaciones V2 y V3 (grupo 1), respecto al resto de estaciones que presentan una similitud entre ellas de más del 75% (grupo 2). (Figura 3.27).

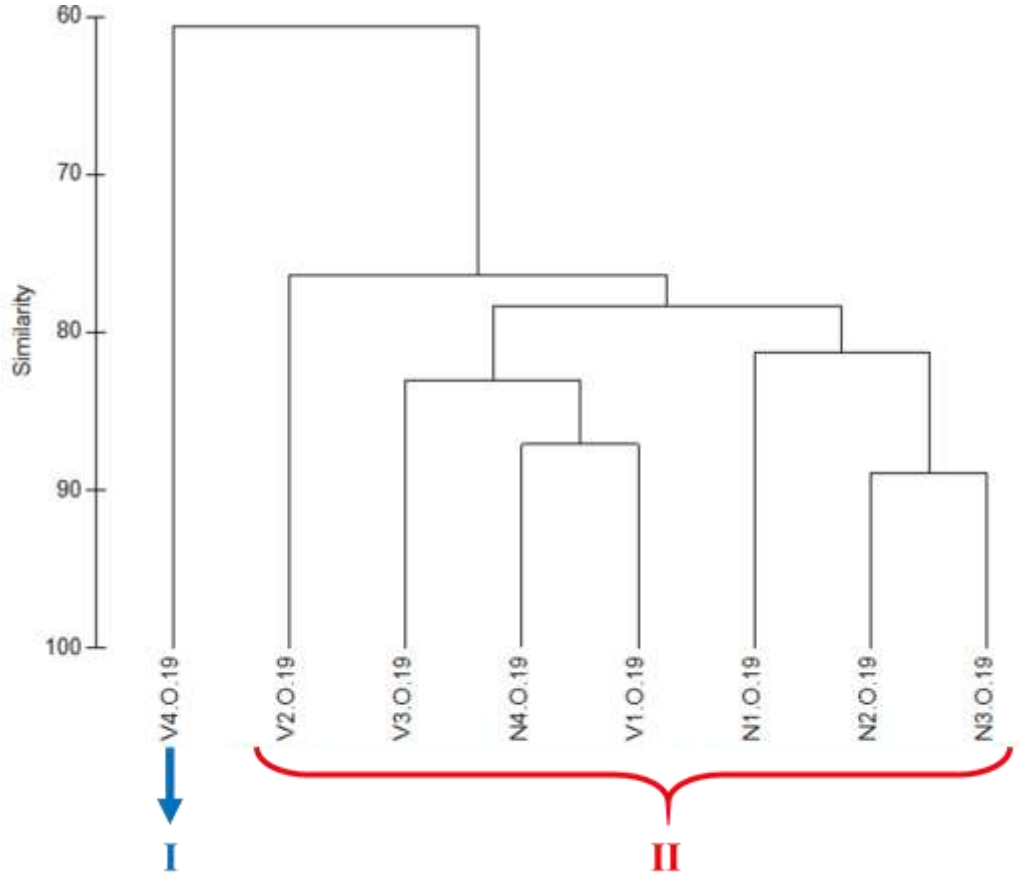


Figura 3.27. Representación del dendrograma de similitud respecto a los grupos faunísticos estudiados en las diferentes estaciones.

El gráfico bidimensional que representa el ordenamiento multiescalar (MDS) refleja la formación de los grupos (Figura 3.28).

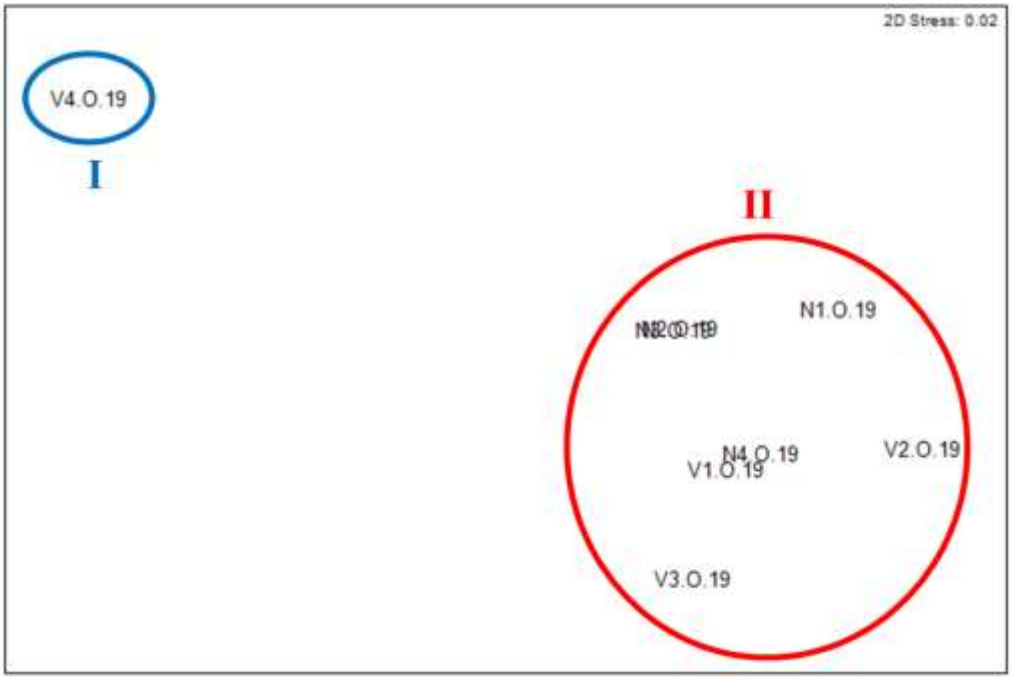


Figura 3.28. Representación del MDS respecto a los grupos faunísticos estudiados en las estaciones.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se observan diferencias significativas entre las estaciones para el factor transecto, con un nivel de significación del 5.7% y R=0.198. Del mismo modo, no se detectan diferencias significativas para el factor distancia, ya que el nivel de significación resultante fue del 100%, con un R= -0.396.

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER), con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a la similitud dentro de cada uno de los grupos establecidos a partir del MDS, así como los que contribuyen a la disimilitud entre ellos.

La similitud del grupo 2 es del 79.48%, no hay datos del grupo 1 al estar conformado por una única estación. La similitud en el grupo 2 es debida principalmente a poliquetos, anfípodos y bivalvos, seguidos por nematodos y ofiuras.

Grupo MDS	Grupo Taxon.	AM	PA
2			
SM:79.48			
	Polychaeta	2696.03	60.37
	Amphipoda	989.97	78.38
	Bivalvia	463.66	87.8
	Nematoda	134.26	89.86
	Ophiuroidea	98.46	91.68

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

En cuanto al porcentaje de disimilitud entre ambos grupos es de 39.32 Estas diferencias se deben a que en el grupo 1, se detectan menores abundancias de todos los taxones que contribuyen a esta disimilitud: poliquetos, anfípodos, tanaidáceos, bivalvos, cumáceos, gasterópodos, nematodos, ostrácodos nemertinos (Tabla 3.18).

Grupos MDS	Grupo Taxon.	AM1	AM2	PA
1/2				
DM: 39.32				
	Polychaeta	1390.98	2696.03	43.79
	Amphipoda	137.84	989.97	71.72
	Tanaidacea	12.53	121.73	75.56
	Bivalvia	423.66	463.66	79.17
	Cumacea	37.59	139.63	82.69
	Gastropoda	0	76.98	85.35
	Nematoda	100.25	134.26	87.67
	Ostracoda	12.53	84.14	89.97
	Nemertino	12.53	62.66	91.84

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

Se utiliza el procedimiento RELATE para analizar la correlación entre la comunidad de infauna y los distintos parámetros abióticos: materia orgánica, pH, potencial redox, granulometría, profundidad y salinidad (Tabla 3.19). Se observa correlación con el porcentaje de arenas gruesas, el cual es mayor en las estaciones del grupo 1 (V4), aunque también alcanza altos porcentajes en algunas estaciones del grupo 2 (V3 y N4) (Figura 3.29).

Parámetros Ambientales	Rho	p
Materia orgánica	0.134	0.254
pH	0.12	0.319
Eh	0.123	0.330
% Gravas	0.395	0.08
% A. gruesas	**0.396**	**0.014**
% A. medias	-0.061	0.534
% A. finas	-0.01	0.430
% Lutitas	0.18	0.109
Salinidad	0.319	0.177
Factores totales	0.196	0.239

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

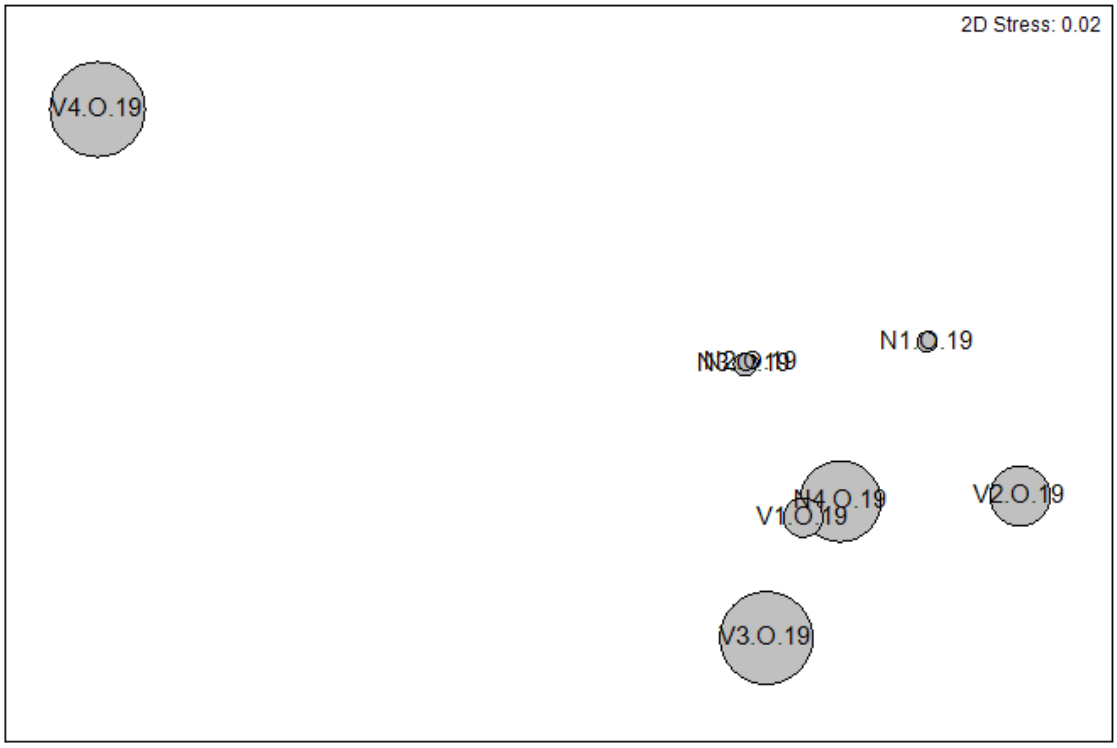


Figura 3.29. Representación bidimensional MDS para las abundancias de la comunidad de infauna en cada una de las estaciones con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores del porcentaje de arenas gruesas.

3.5.5.- Estructura de la comunidad de poliquetos en otoño de 2019.

	Transecto Norte				Transecto Vertido			
	N1	**N2**	**N3**	**N4**	**V1**	**V2**	**V3**	**V4**
Apistobranchidae	0.00	0.00	0.00	37.59	0.00	0.00	0.00	0.00
Ampharetidae	12.53	75.19	0.00	25.06	37.59	0.00	87.72	50.13
Capitellidae	513.78	551.38	401.00	125.31	363.41	275.69	187.97	62.66
Chaetopteridae	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Cirratulidae	150.38	200.50	137.84	162.91	187.97	275.69	50.13	125.31
Cossuridae	12.53	12.53	50.13	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00
Dorvilleidae	0.00	12.53	0.00	175.44	137.84	87.72	87.72	37.59
Eunicidae	25.06	0.00	75.19	150.38	275.69	162.91	338.35	25.06
Flabelligeridae	62.66	62.66	37.59	50.13	100.25	62.66	100.25	112.78
Glyceridae	12.53	12.53	0.00	12.53	0.00	25.06	37.59	0.00
Gonianidae	0.00	0.00	0.00	12.53	12.53	37.59	0.00	12.53
Hesionidae	0.00	12.53	12.53	0.00	12.53	12.53	12.53	0.00
Lumbrineridae	401.00	714.29	538.85	62.66	175.44	338.35	313.28	75.19
Lacydoniidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00
Magelonidae	75.19	100.25	125.31	12.53	213.03	137.84	0.00	37.59
Maldanidae	25.06	187.97	100.25	75.19	187.97	150.38	112.78	50.13
Nepthyidae	25.06	87.72	37.59	0.00	0.00	37.59	12.53	0.00
Nereididae	0.00	12.53	0.00	0.00	75.19	25.06	213.03	12.53
Oenonidae	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Onuphidae	25.06	25.06	25.06	75.19	187.97	225.56	263.16	50.13
Opheliidae	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53
Oweniidae	0.00	100.25	37.59	50.13	125.31	25.06	62.66	125.31
Paralacydoniidae	12.53	75.19	62.66	25.06	112.78	62.66	12.53	0.00
Paraonidae	438.60	814.54	626.57	300.75	288.22	501.25	37.59	576.44
Pectinariidae	12.53	37.59	62.66	12.53	0.00	0.00	0.00	12.53
Pholidae	0.00	0.00	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00
Phyllodocidae	0.00	25.06	0.00	25.06	50.13	25.06	162.91	12.53
Pilargidae	0.00	12.53	12.53	62.66	100.25	250.63	50.13	12.53
Poecilochaetidae	350.88	802.01	50.13	37.59	162.91	413.53	12.53	0.00
Polynoidae	0.00	12.53	12.53	12.53	0.00	25.06	12.53	25.06
Sabellidae	112.78	238.10	162.91	150.38	225.56	413.53	200.50	162.91
Sigalionidae	0.00	0.00	0.00	25.06	25.06	0.00	12.53	0.00
Spionidae	338.35	350.88	162.91	137.84	75.19	125.31	75.19	37.59
Sternaspidae	0.00	0.00	12.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Syllidae	25.06	25.06	12.53	776.94	639.10	350.88	639.10	726.82
Terebellidae	0.00	25.06	12.53	50.13	75.19	87.72	50.13	50.13

Tabla 3.20: Abundancias medias (nº ind/m^2) de las familias de poliquetos en cada una de las estaciones.

Se han analizado un total de 2094 individuos pertenecientes a 36 familias de poliquetos. La familia más abundante ha sido Paraonidae, con 286 individuos, representando casi el 14% de todos los individuos analizados, seguida de las familias Syllidae, de la que se identificaron 255 individuos (12.18%),

Lumbrineridae con 209 individuos (casi 10%), Capitellidae con 198 individuos (9.5%), la familia Poecilochaetidae de la que se identificaron 146 individuos (7%), y por último, las familias Sabellidae y Spionidae, representando el 6.4 y el 5% (133 y 104 individuos, respectivamente). El resto de las familias aparecen con una abundancia que representa menos que el 5 % del total analizado.

Las familias Capitellidae, Cirratulidae, Flabelligeridae, Lumbrineridae, Maldanidae, Onuphidae, Paraonidae, Sabellidae, Spionidae y Syllidae son las más representativas, apareciendo en las 8 estaciones estudiadas. De las 36 familias encontradas en la zona de estudio, 15 aparecen con abundancias inferiores al 1%. Dichas familias son: Apistobranchidae, Chaetopteridae, Cossuridae, Glyceridae, Gonianidae, Hesionidae, Lacydoniidae, Nephtyidae, Oenonidae, Opheliidae, Polyonidae, Sigalionidae y Sternaspidae.

Análisis univariante.

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

Considerando los valores de **abundancia** no se detectan diferencias significativas para la interacción (p=0.49), ni para cada uno de los factores estudiados; factor distancia (p=0.14); factor transecto (p=0.6841). Aunque no se detecten diferencias significativas se observa una tendencia a un menor valor de abundancia en las estaciones localizadas al norte, junto a V4. Exceptuando N2 que en esta última campaña presenta los mayores valores de abundancia.

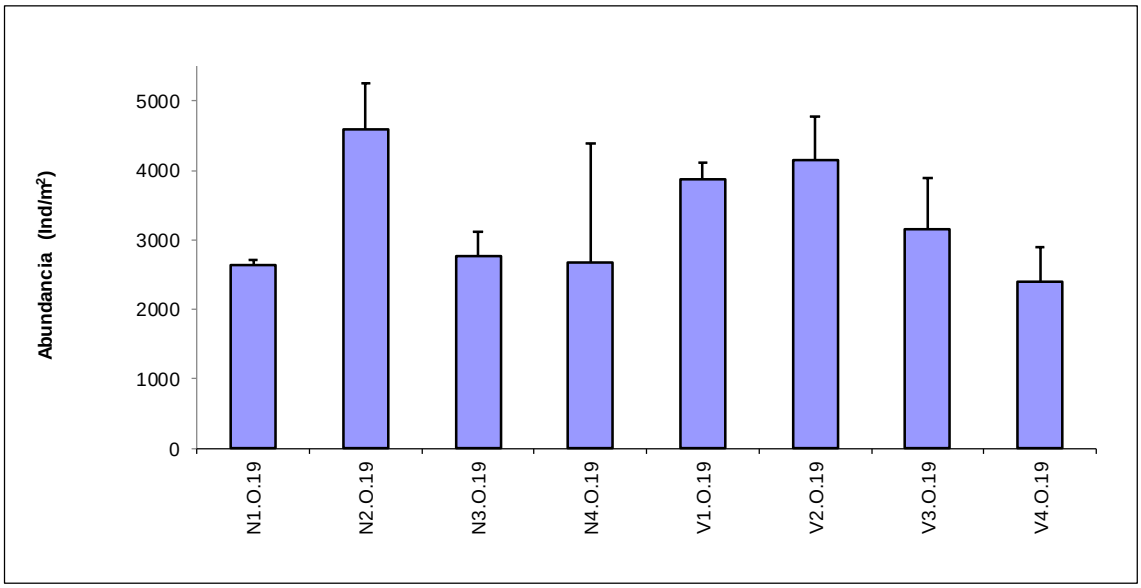


Figura 3.30: Abundancia media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la **riqueza** tampoco se detectan diferencias significativas para la interacción entre los factores TrXDi (p=0.4589), ni para los factores transecto (p=0.0.0892), ni distancia (p=0.3684). Aunque no se detectan diferencias significativas, la estación N1 es la que presentan valores medios de familias de poliquetos más bajos (13.33 familias), mientras que en las estaciones V1 y V2 se detectan un mayor número de familias promedio (21).

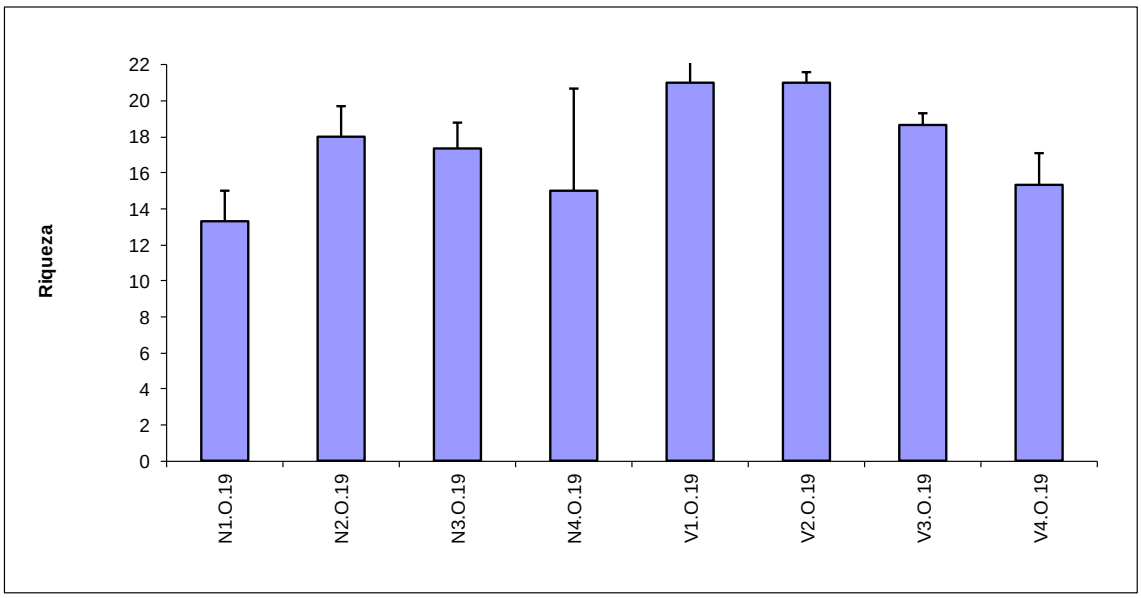


Figura 3.31: Riqueza media de poliquetos en cada estación.

Al analizar la **diversidad** del poblamiento de poliquetos se observa un descenso de dicho índice en las estaciones localizadas en el transectos norte (siendo más acusado en las estaciones N1 y N4), junto a V4. Este hecho indica que existe un cierto empobrecimiento de la comunidad en estas estaciones respecto al resto de las estaciones. Las estaciones V1 y V2 muestra los mayores valores de diversidad (3.91 y 3.86, respectivamente); estaciones en las que se detectan los mayores valores de riqueza. Siendo las estaciones N4 y V4 las que muestran los menores valores de diversidad.

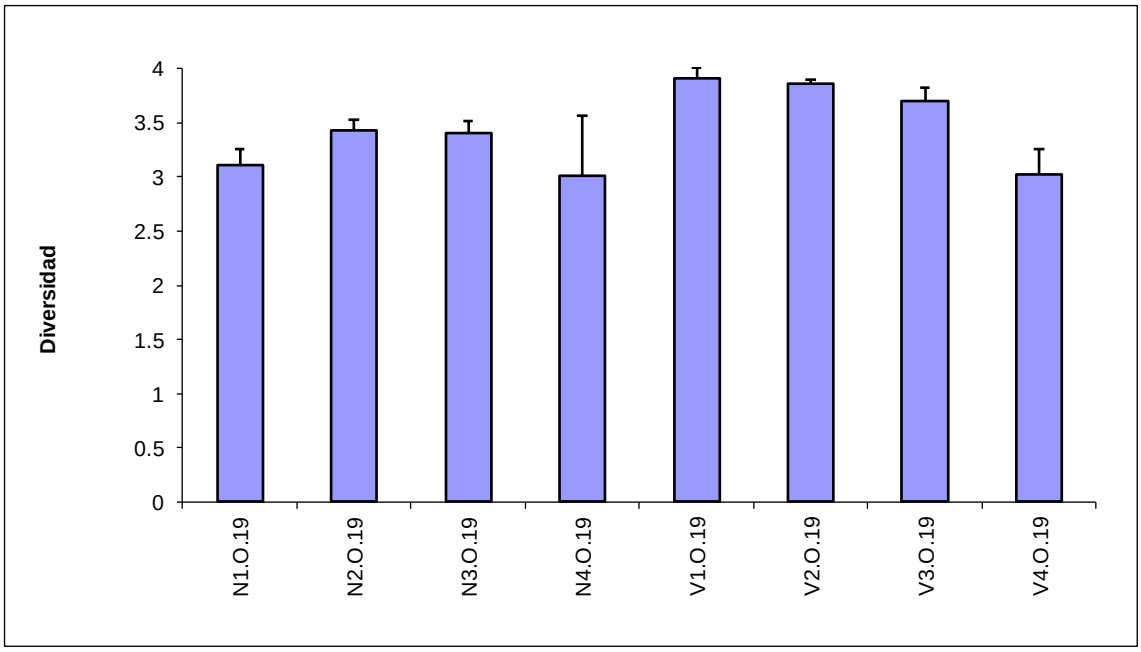


Figura 3.32: Diversidad media de poliquetos en cada estación.

En cuanto a la **equitatividad** se obtienen valores bastante elevados, oscilando entre los 0.77 y 0.89. Son las estaciones localizadas al norte, junto a V4, donde se detectan los menores valores de equitatividad; estaciones donde se obtienen bajos valores de riqueza y diversidad, lo que indica que en dichas estaciones hay un mayor dominio de ciertas familias.

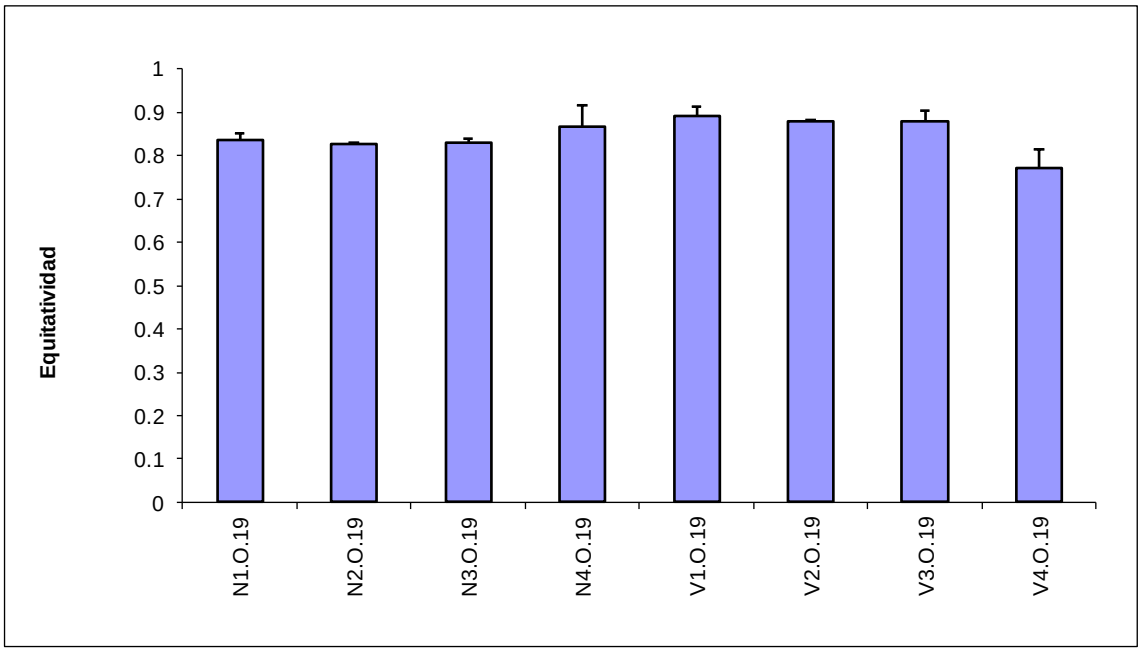


Figura 3.33: Equitatividad media de poliquetos en cada estación.

Análisis multivariante.

Se observa la formación de dos grupos principales con una disimilitud superior al 55%. El grupo A, establecido por la mayoría las estaciones del norte N1. O.19, N2. O.19 y N3. O.19. El segundo grupo, grupo B, establecido por las estaciones localizadas en el vertido; junto a la estación y V4. O.19, que presenta más de un 59% de similitud. Cabe destacar la segregación de las estaciones N4 y V4 del resto de las estaciones del grupo B; obteniéndose 2 subgrupos, con una alta similitud entre ellos (60%)

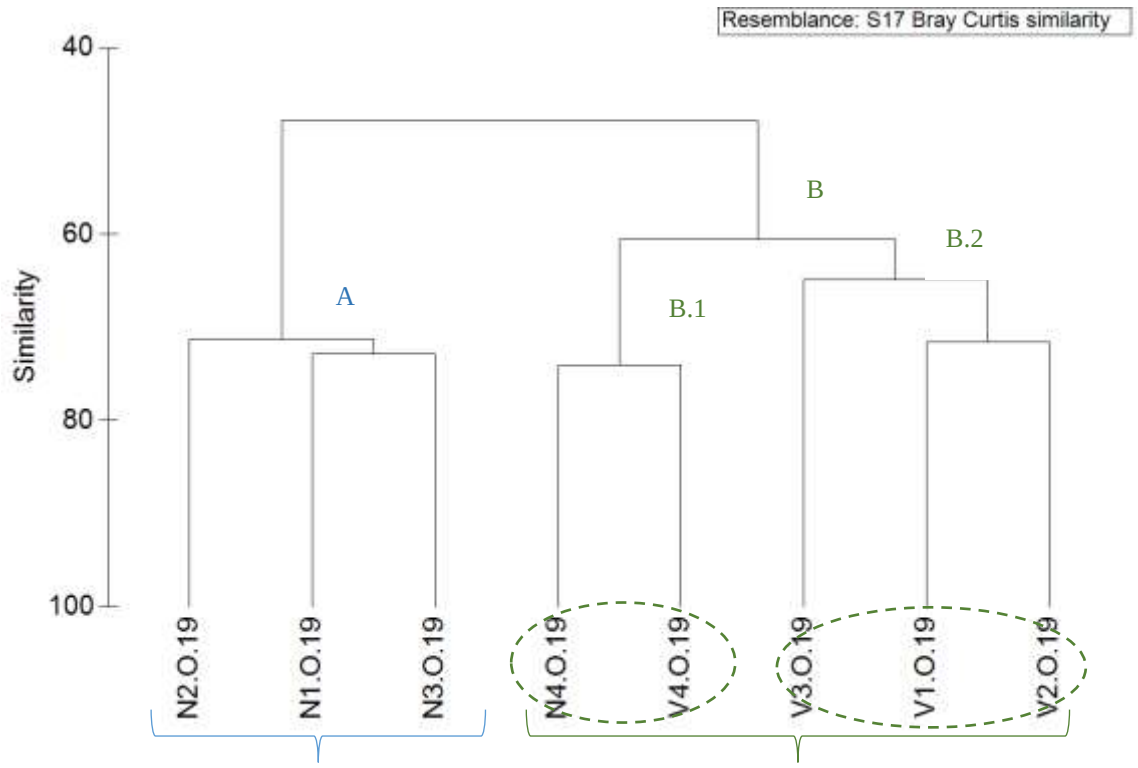


Figura 3.34. Representación del *cluster* respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

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

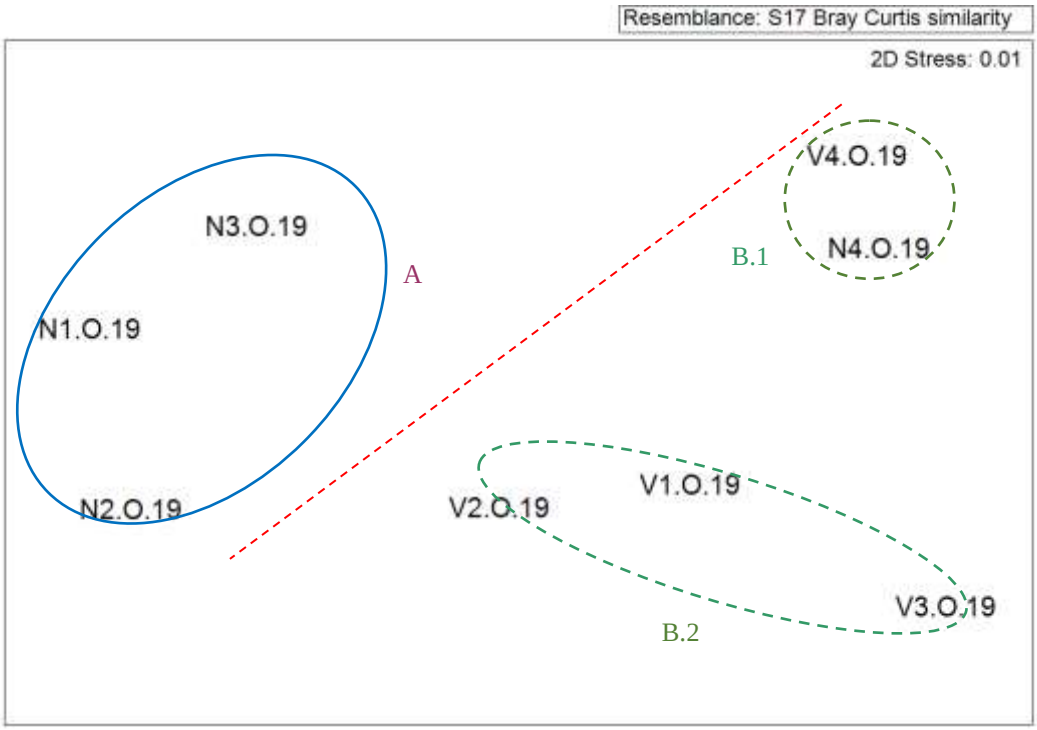


Figura 3.35. Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), no se detectan diferencias entre los distintos transectos (R=0.302, p=0.143), ni para las distintas distancias (R=-0.021 y p=0.486).

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

Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae, Spionidae, Cirratulidae, Poecilochaetidae y Sabellidae son las implicadas en el 85.14% de la similitud entre las estaciones incluidas en el grupo A. En las estaciones incluidas en el grupo B son las familias Syllidae, Paraonidae, Sabellidae, Capitellidae, Eunicidae, Lumbrineridae y Cirratulidae las que contribuyen casi al 68% de la similitud detectada (63.88%).

Grupo	Familia	AM	PA
A			
SM: 71.79			
	Paraonidae	626.57	21.07
	Lumbrineridae	551.38	39.91
	Capitellidae	488.72	58.46
	Spionidae	284.04	67.66
	Cirratulidae	162.91	73.7
	Poecilochaetidae	401	79.7
	Sabellidae	171.26	85.14
B			
SM: 63.88			
	Syllidae	626.57	26.79
	Paraonidae	340.85	37.11
	Sabellidae	230.58	45.4
	Capitellidae	203.01	51.33
	Eunicidae	190.48	56.65
	Lumbrineridae	192.98	61.94
	Cirratulidae	160.4	67.19

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

Las familias Syllidae, Lumbrineridae, Poecilochaetidae, Paraonidae, Capitellidae y Spionidae son las implicadas en la disimilitud detectada entre los dos grupos principales establecidos. Dicha disimilitud es debida al dominio de las familias Lumbrineridae, Poecilochaetidae, Paraonidae, Capitellidae y Spionidae en las estaciones incluidas en el grupo A (mayoría de las estaciones del norte), mientras que, en las estaciones del vertido, junto a N4. O.19, la familia dominate ha sido Syllidae dominantes son Paraonidae, Capitellidae, Poecilochaetidae y Lumbrineridae.

Centrándonos en las estaciones del grupo B, las principales diferencias detectadas entre la mayoría de las estaciones del vertido respecto a las estaciones N4. O.19 y V4. O.19 son debidas al dominio de la familia Paraonidae en las estaciones más distantes (N4 y V4), mientras que en el resto de las estaciones del vertido dominan las familias Lumbrineridae, Capitellidae, Eunicidae, Poecilochaetidae y Onuphidae. La familia Syllidae está presente en ambos subgrupos.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
A / B				
DM: 52.20				
	Syllidae	20.89	626.57	18.52
	Lumbrineridae	551.38	192.98	29.07
	Poecilochaetidae	401	125.31	38.71
	Paraonidae	626.57	340.85	47.6
	Capitellidae	488.72	203.01	56.31
	Spionidae	284.04	90.23	62
	Syllidae	20.89	626.57	18.52
B1 / B2				
DM: 39.45				
	Paraonidae	438.6	275.69	9.76
	Lumbrineridae	68.92	275.69	18.2
	Syllidae	751.88	543.02	26.41
	Capitellidae	93.98	275.69	33.69
	Eunicidae	87.72	258.98	40.9
	Poecilochaetidae	18.8	196.32	48.08
	Onuphidae	62.66	225.56	54.78

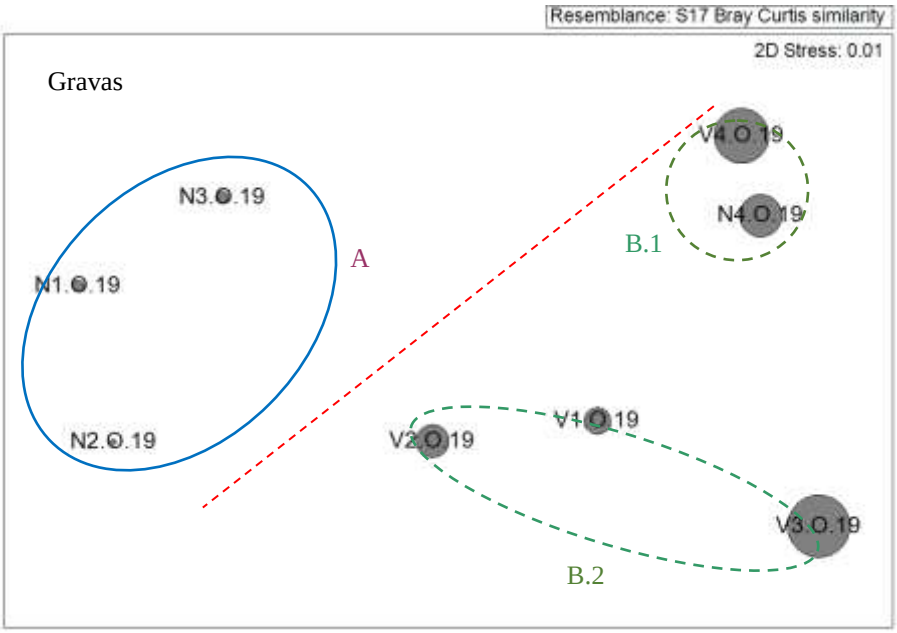
Tabla 3.22: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el grupo x. AMy: Abundancia media en el grupo y. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

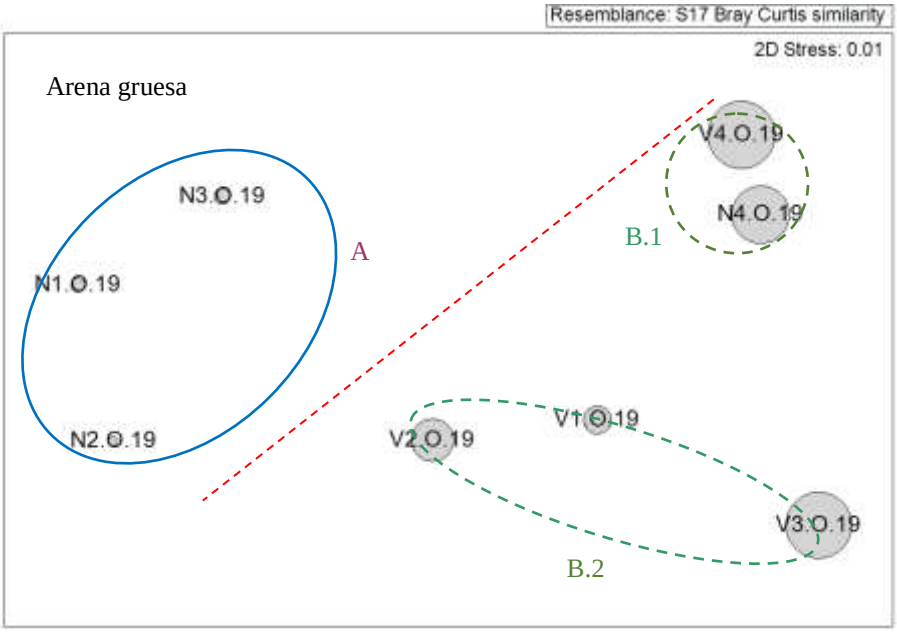
Mediante el procedimiento RELATE se observa correlación entre la matriz de los poliquetos y la matriz de los factores ambientales estudiados en su conjunto (profundidad, granulometría, materia orgánica, salinidad Eh y pH). Se obtiene un nivel de significación de un 4.2% y con un Rho =0.349 (Tabla 3.23). 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	0.563	**0.01**
% A. gruesa	0.62	**0.017**
% A. media	0.331	0.056
% A. fina	0.006	0.491
% Lutitas	0.517	**0.031**
Materia orgánica	0.031	0.406
ph	0.218	0.145
Eh	-0.025	0.548
Salinidad	0.124	0.215
Profundidad	0.234	0.097
Factores totales	0.349	0.042

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

Mediante la representación bidimensional con círculos superpuestos se observa que las estaciones localizadas al norte presentan un mayor porcentaje de lutitas; siendo las estaciones localizadas en el transecto las que presentan mayor heterogeneidad de sedimentos.





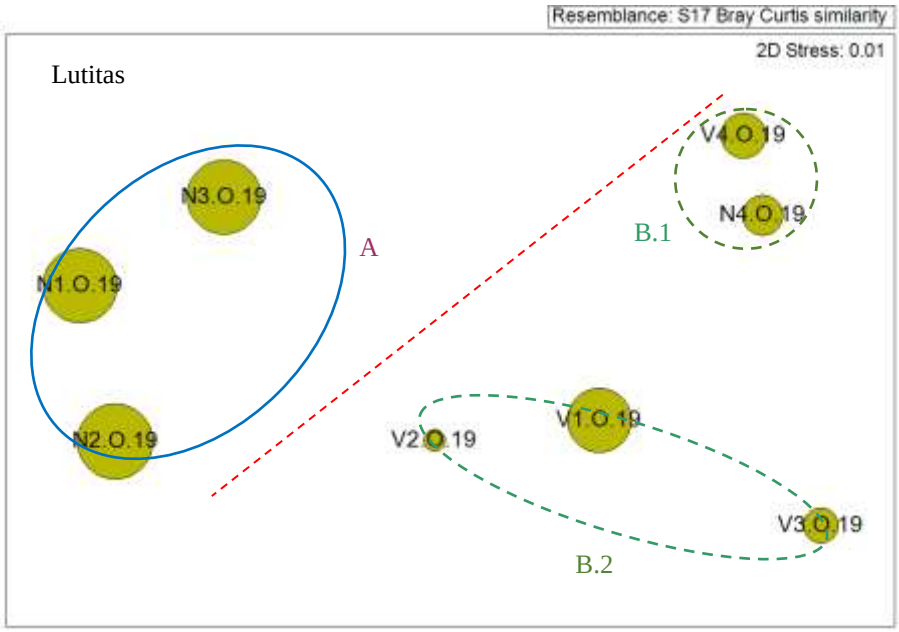


Figura 3.36: Representación bidimensional MDS para las abundancias del poblamiento de poliquetos en cada una de las estaciones analizadas con círculos superpuestos incrementando el tamaño de manera proporcional al incremento en los valores de cada parámetro analizado (gravas, arenas gruesas y lutitas).

3.5.6.- Evolución temporal. Comparación de las campañas comprendidas entre otoño de 2005 y otoño de 2019.

3.5.6.1- Sedimentología.

Granulometría.

El análisis de la granulometría según la clasificación de Wentworth durante las épocas de estudio refleja cierta estabilidad en el sedimento de la mayoría de las estaciones. En el transecto norte se mantiene la composición granulométrica en las distintas estaciones. Éstas muestran 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 todas las campañas, y un aumento de lutitas en V1 durante todas las campañas en comparación con la media de 2010-2018.

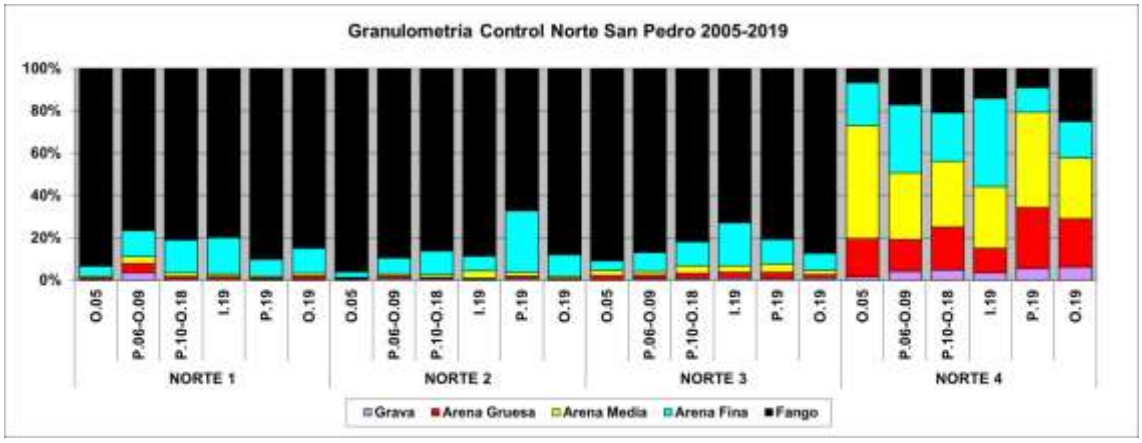


Figura 3.37. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto norte desde otoño 2005 hasta otoño 2019. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.18), las campañas actuales (I.19, P19, V19 y O.19).

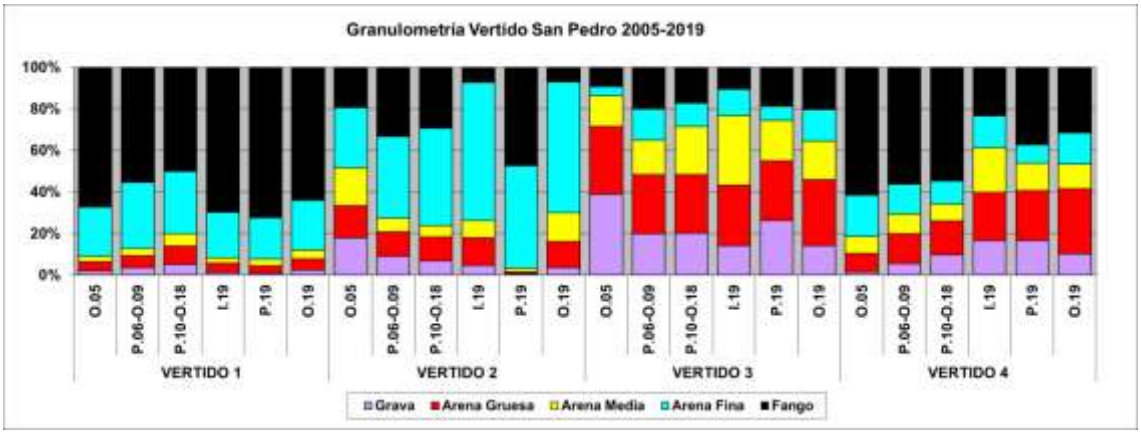


Figura 3.38. Porcentaje de clasificaciones granulométricas de las estaciones de muestreo del transecto vertido desde otoño 2005 hasta otoño 2019. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.18), las campañas actuales (I.19, P19, V19 y O.19).

En los diagramas triangulares se observa la evaluación de cada estación en base a su textura granulométrica. En el transecto norte, las estaciones N1, N2 y N3 mantienen la clasificación de fangos. Mientras la estación N4 se observa cierto de desplazamiento hacia las lutitas en otoño y hacia las arenas en primavera.

En el transecto del vertido, la estación V2, se observa un desplazamiento hacia las arenas durante invierno y otoño, y hacia lutitas en primavera. La estación V3 se desplaza hacia las arenas durante invierno y otoño y hacia arenas con gravas durante primavera. En V4 se observa un aumento del componente arcilloso durante la primavera.

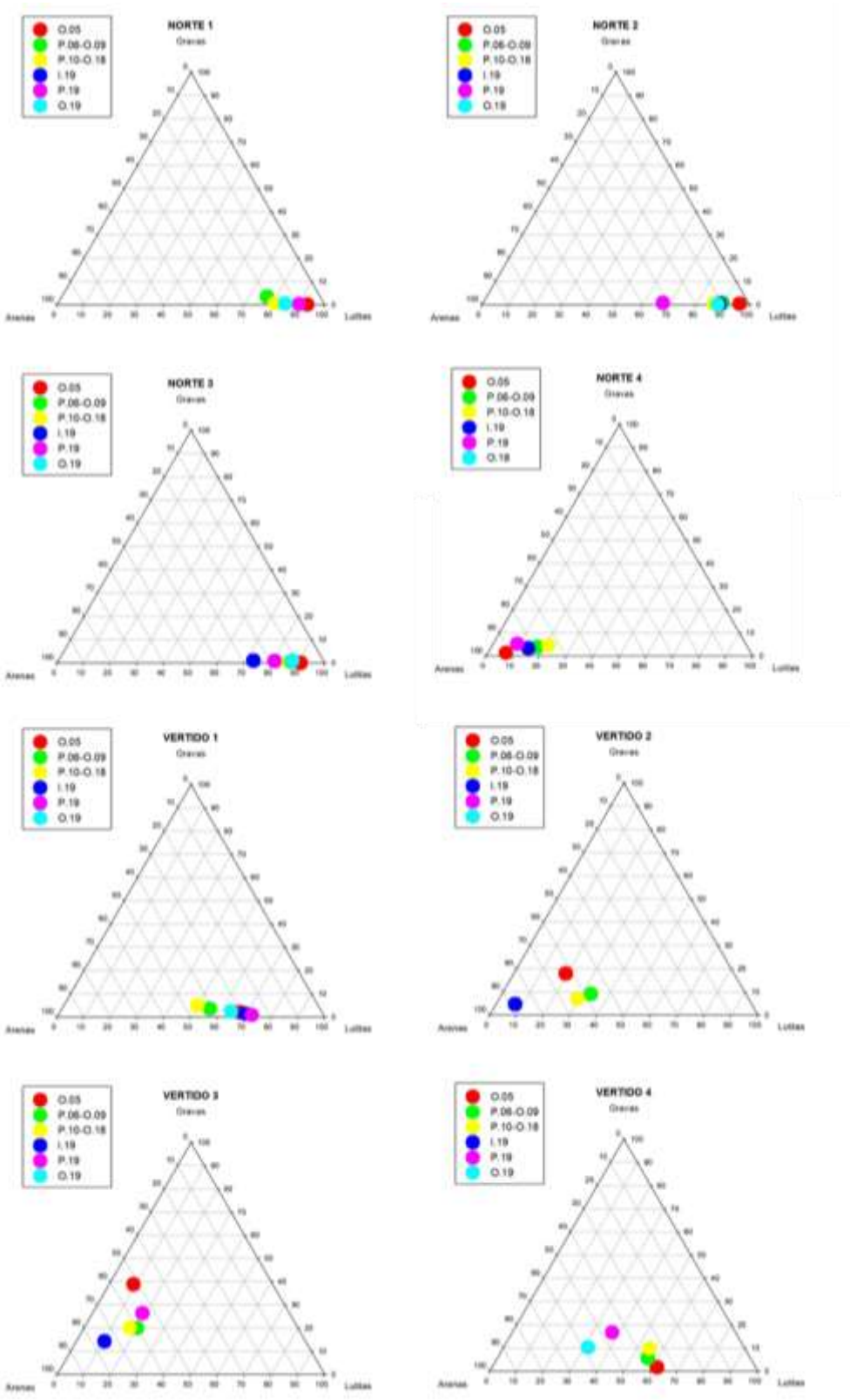


Figura 3.39. Representación del diagrama triangular de granulometría para estación muestreada a lo largo y en cada época de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.18), las campañas actuales (I.19, P19, V19 y O.19).

Materia orgánica, pH y potencial redox.

El porcentaje de materia orgánica varía a lo largo del tiempo en cada estación de estudio. Los mayores valores se obtuvieron durante las primeras campañas de muestreo. Durante las campañas de estos años se detectan variaciones. En las estaciones N2, N4, V1, V3 y especialmente V2 se detecta un incremento durante la campaña de otoño, tomando valores cercanos a los medidos durante la campaña de 2005. Por otro lado, en las muestras de las estaciones N1, N3 y V4 se detectan valores superiores de materia.

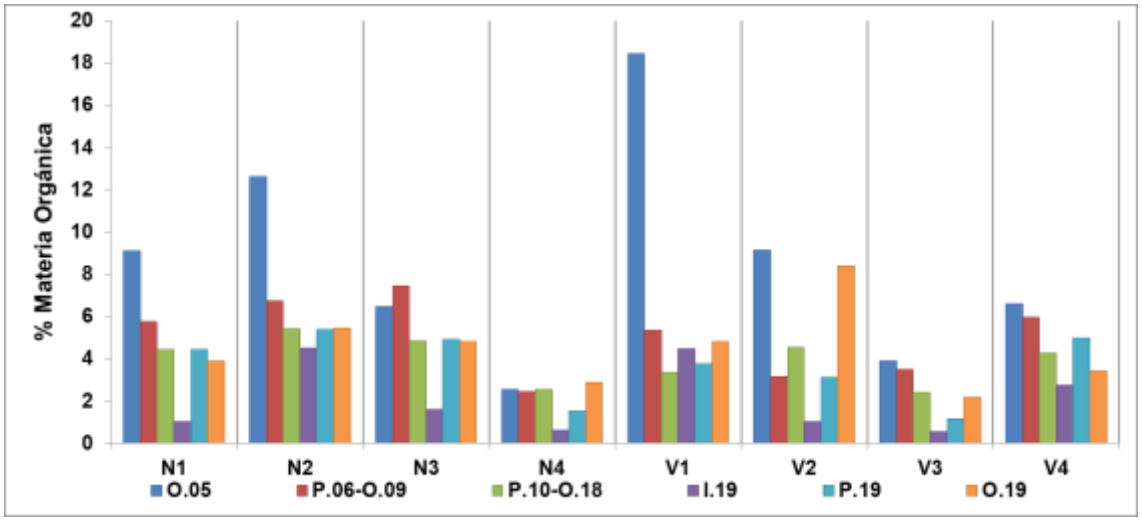


Figura 3.40. Representación en histograma del porcentaje medio de materia orgánica en cada estación y en cada época de muestreo Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.18, P18, V18 y O.18).

A la hora de analizar los resultados del pH del sedimento, aunque los valores se mantienen dentro de un rango limitado, se puede observar cierta variabilidad temporal. Detectándose un incremento en otoño en todas las estaciones, excepto en V1 y V3, en comparación la media de los muestreos comprendidos entre 2010 y 2018. Los valores de invierno y primavera del resto de estaciones permanecen por debajo de la media de los muestreos anteriores.

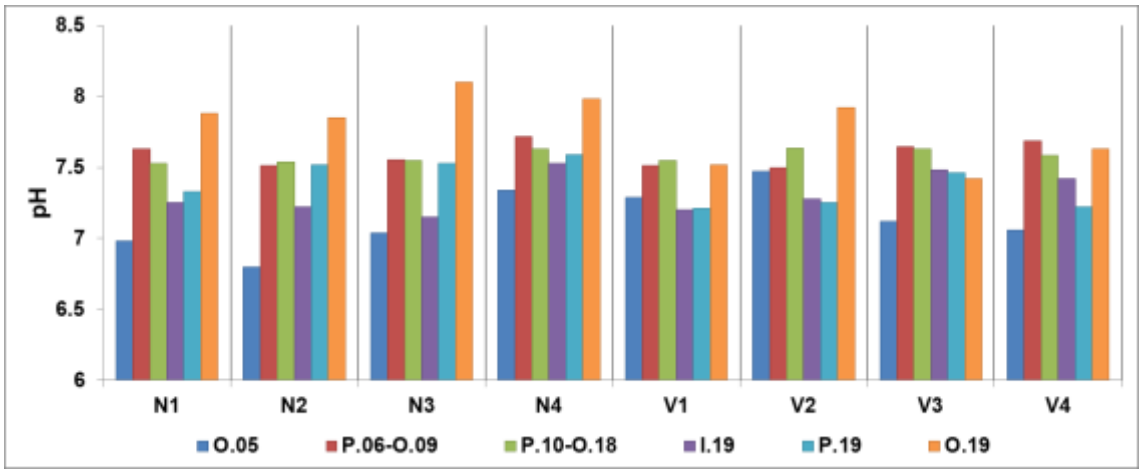


Figura 3.41. Representación en histograma del pH tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.17), las campañas actuales (I.19, P19, V19 y O.19).

El potencial redox presenta valores negativos en la mayor parte de las estaciones y campañas. En el transecto norte y en V4 este año se detectaron valores más reducidos durante la campaña de primavera. Por otro lado, en V2 se obtuvieron más reducidos en primavera y otoño mientras que en V3 se observa muy valor positivo durante primavera y un valor más reducido en otoño. Finalmente, en V4 el valor más reducido se obtuvo durante primavera.

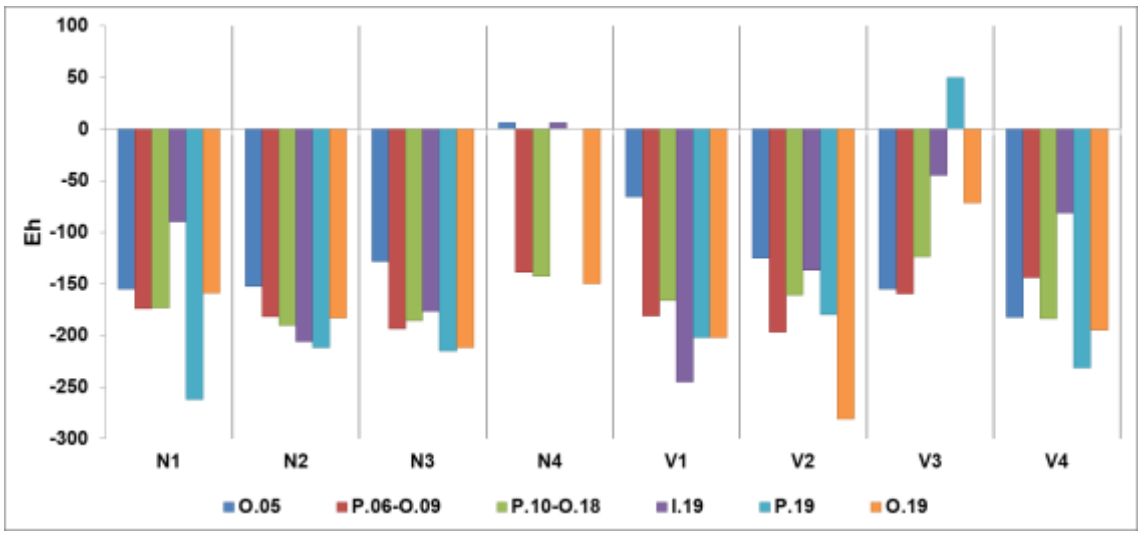


Figura 3.42. Representación en histograma del potencial redox tomado en cada estación y en distintos periodos de muestreo. Estudio previo (O.05), antes del difusor (P.06-O.09), después del difusor (P.10-O.18), las campañas actuales (I.19, P19 y O.19).

3.5.6.2.- Estudio de la fauna general.

3.5.6.2.1.- Comparación de las campañas de primavera de 2006 a 2019.

Los valores de abundancia total de la comunidad de infauna muestran una variabilidad temporal entre las distintas campañas de muestreo realizadas durante el mes de junio. Durante la campaña actual el valor medio de abundancia es 6580.51 individuos/m^2, obteniendo valores mayores a los de la mayoría de las campañas anteriores. Únicamente durante la campaña del año 2017 se obtuvo un valor mayor.

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

A continuación, se muestran los análisis univariantes y multivariantes que se aplicaron para la abundancia y la riqueza taxonómica registrada en las muestras recogidas durante primavera desde 2006 hasta 2019.

Análisis univariante.

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

Al analizar los valores de abundancia total, se detectan diferencias significativas en la interacción entre los tres factores TiXTrXDi ($p = 1.651e-09$). El test SNK muestra como en las estaciones se detecta una alta variabilidad anual. Durante la campaña actual, se detecta un incremento de la abundancia en la estación V2, mostrando diferencias significativas con los valores de los dos años anteriores mientras que el resto de estaciones vertido, los valores se

mantienen por debajo del promedio de las anteriores campañas, sin mostrar diferencias significativas. En el caso de la estación del transecto norte, todas las estaciones excepto N3 muestran un incremento de la abundancia en comparación con la media de años anteriores. Sin embargo en N4 la abundancia fue significativamente menor que el valor alcanzado en 2018 y lo mismo ocurre con N1 en los años 2014 y 2017. N2 y N3 no muestran diferencias significativas en relación a años anteriores.

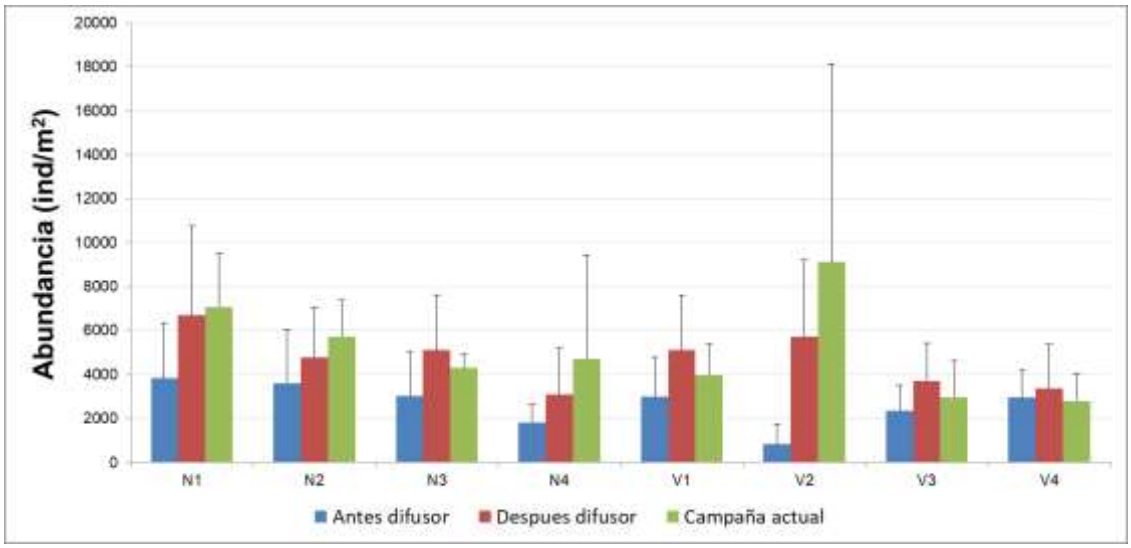


Figura 3439. Abundancia de la fauna general en cada localidad durante las distintas campañas de muestreo de primavera. Antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017) así como en la campaña actual (campaña del 2019).

El estudio de la riqueza taxonómica reveló diferencias significativas en la interacción entre los tres factores estudiados TixTrxDi (p= 5.488e-06). En las estaciones vertido, tanto V1 como V2 mostraron valores de riqueza inferiores a la media de las campañas posteriores al difusor pero mayores que antes de la instalación de este. V1 mostró valores significativamente menores en comparación con 2017 y V2 en comparación con los años 2016, 2017 y 2018. V3 mostró valores superiores a los promediados de temporadas anteriores aunque sin mostrar diferencias estadísticamente significativas. Por último, en V4 se detectó una disminución de la riqueza significativa al compararla con los años 2008, 2012, 2014 y 2017. En el transecto norte, tanto N1 como N3 muestran valores superiores a la media tanto antes como después del difusor, aunque sin significancia estadística mientras que N2 fue significativamente

menor que los valores de 2018 y N4 en comparación con los valores de 2017 y 2018.

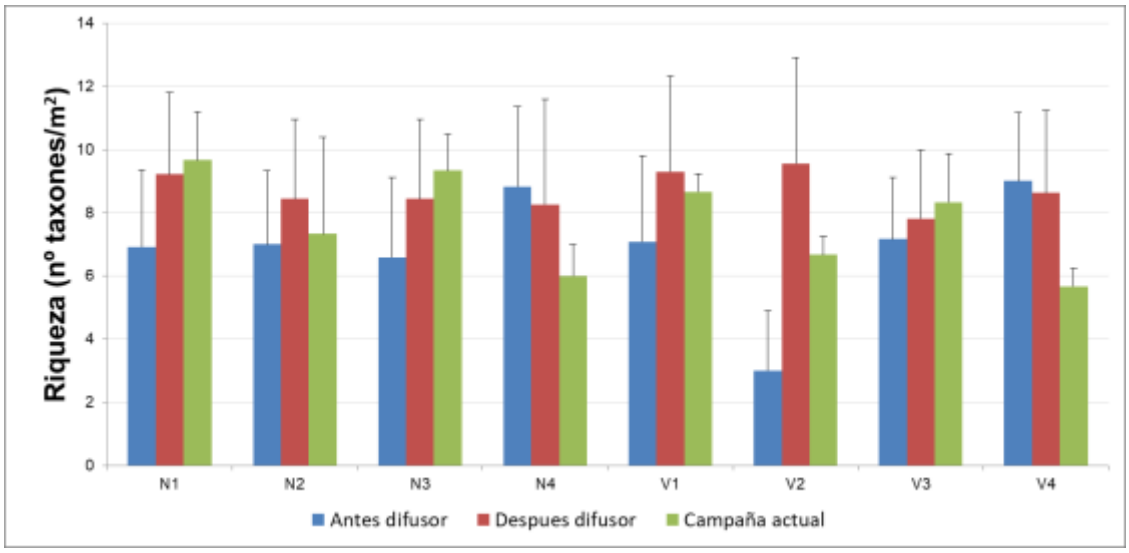


Figura 3.44. Riqueza taxonómica de la fauna general en cada localidad durante las campañas de primavera. Antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017 2019) así como en la campaña actual (campaña del 2019).

Análisis multivariante.

Se realizó un análisis multivariante de los muestreos de primavera. Se obtuvo un MDS (Figura 3.41) donde observa como la similitud entre la estación V2 y el resto varía entre los distintos años. Se observa como la composición de la comunidad de infauna de V2 fue menos similar al resto de estaciones durante el 2006 y 2009, aumentando esta similitud durante los últimos años, especialmente desde la campaña del 2011. Con el fin de establecer que taxones generan esta variabilidad temporal se establecen cuatro grupos en base a la similitud. El grupo 1 está conformado por las estaciones V2 de 2006 y 2009. El grupo 2 está conformado por las estaciones V2 de los años 2007, 2008, 2010 y 2011 y el grupo 3 está conformado por el resto de estaciones vertido e incluye también la mayoría de estaciones tanto del transeco vertido como del control norte (Figura 3.45).

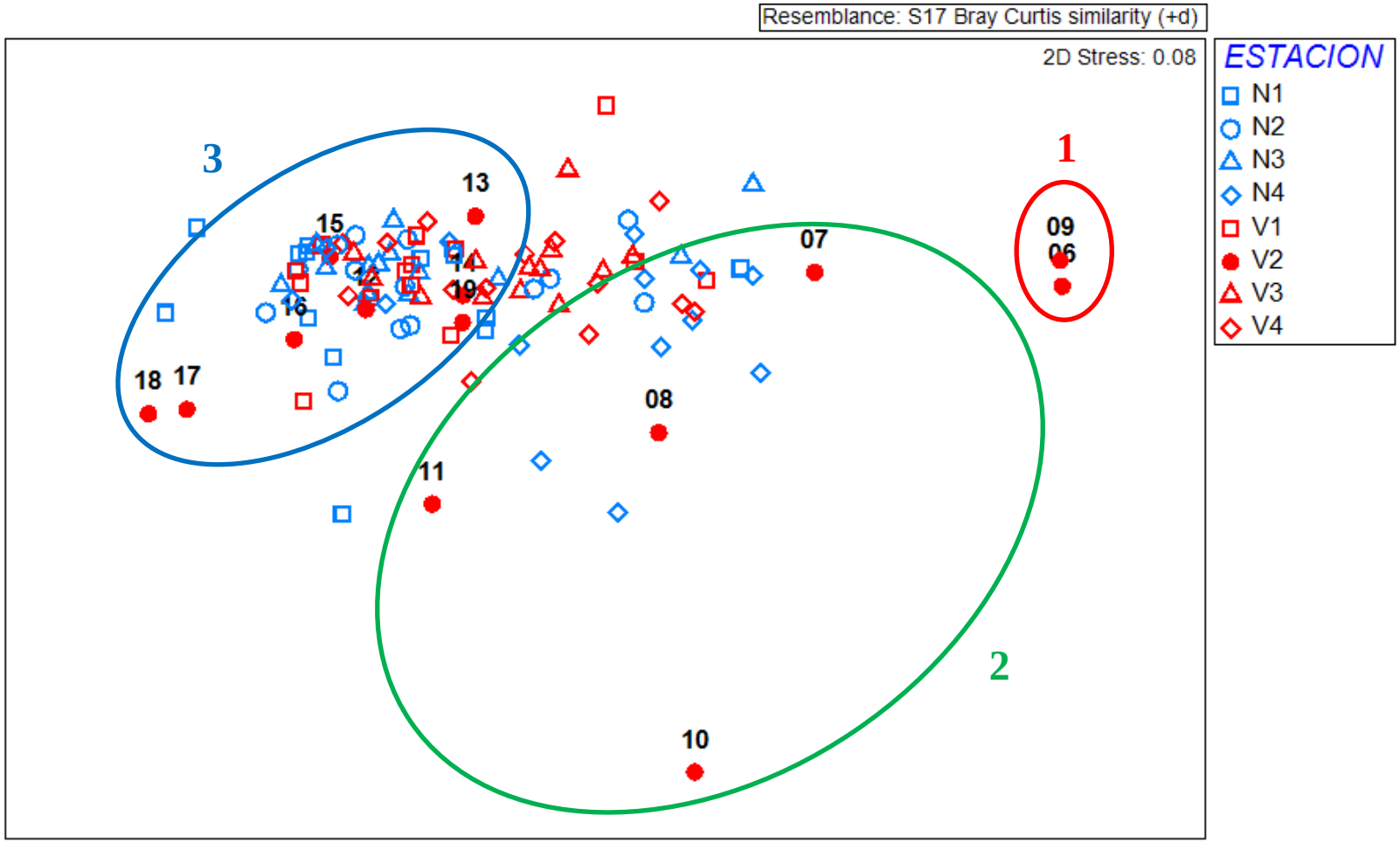


Figura 3.45. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las diez campañas de muestreo en primavera (2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019).

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

Grupo	Grupos Taxon.	AM	PA
1			
SM: 56.42			
	Polychaeta	951.14	77.86
	Amphipoda	140.1	85.06
	Bivalvia	76.56	92.07
2			
SM: 58.55			
	Polychaeta	2266.28	74.07
	Bivalvia	385.85	83.46
	Amphipoda	374.37	91.31
3			
SM: 63.68			
	Polychaeta	3219.38	73.51
	Amphipoda	911.26	85.29
	Bivalvia	267.47	90.14

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

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

Así se observa como en el grupo 1 (V2.P.06 y V2.P.09) se detecta un descenso en la abundancia de todos los taxones. En ambas comparaciones los taxones que más contribuyeron a la disimilitud con el grupo 1 fueron los poliquetos, anfípodos, bivalvos, tanaidáceos y nematodos, además de los cumáceos con el grupo 2 y los nemertinos en el 3. En cuanto a la disimilitud entre los grupos 2 y 3, ésta es menor (41.57%) y se debe a las diferencias en abundancia de poliquetos, anfípodos, tanaidáceos y nemertinos, que fueron más abundantes

en el grupo 2, y a bivalvos, nematodos y cumáceos que fueron más abundantes en el 3 (Tabla 3.25).

Grupo (x/y)	Grupos Taxon.	AM x	AM y	PA
1/2				
DM: 52.04				
	Polychaeta	951.14	2266.28	52.4
	Bivalvia	76.56	385.85	64.52
	Amphipoda	140.1	374.37	75.61
	Nematoda	155.1	207	84.12
	Cumacea	23.75	76.93	89.03
	Tanaidacea	103.85	80.66	90.02
1/3				
DM: 58.88				
	Polychaeta	951.14	3219.38	56.82
	Amphipoda	140.1	911.26	72.84
	Tanaidacea	103.85	231.63	78.67
	Nematoda	155.1	190.32	84.42
	Bivalvia	76.56	267.47	89.59
	Nemertina	0	84	91.9
2/3				
DM: 41.57				
	Polychaeta	2266.28	3219.38	47.67
	Amphipoda	374.37	911.26	65.78
	Bivalvia	385.85	267.47	75.02
	Nematoda	207	190.32	81.03
	Tanaidacea	80.66	231.63	86.27
	Nemertina	0	84	88.75
	Cumacea	76.93	44.64	90.88

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

3.5.6.2.2.- Comparación de las campañas de otoño de 2005 a 2019.

Se detecta variabilidad temporal en los valores de abundancia total entre las distintas campañas de muestreo realizadas durante otoño. Al comparar la abundancia media entre las distintas campañas, observamos que durante la campaña actual el valor de abundancia medio (4729 ind./m^2) es superior al valor obtenido el año 2018 y superior a la media de abundancias de los años

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

En cuanto a la riqueza, se obtienen valores superiores de número medio de taxones identificados en comparación con todas las campañas anteriores (15 taxones).

A continuación, se muestran los análisis univariantes y multivariantes que se aplicaron para la abundancia y la riqueza taxonómica registrada en las muestras recogidas durante otoño desde 2005 hasta 2019.

Análisis univariante.

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

Al analizar los valores de abundancia total, se detectaron diferencias significativas en la interacción entre los tres factores TiXTrXDi (p= 0.018). El test SNK muestra una alta variabilidad anual. En las estaciones vertido, a excepción de V4, todas las estaciones mostraron valores de abundancia mayores que la media de abundancia de las campañas muestreadas tras la instalación del difusor, aunque sin diferencias estadísticamente significativas. En el caso de V4, el valor es inferior a la media de las campañas tras la instalación del difusor pero superior a las campañas previas. Dentro del mismo año V4 mostró una abundancia significativamente menor a la estación V1. En las estaciones norte N1, N3 y N4 muestran valores superiores a los promedios de los distintos periodos analizados, mientras que N2 fue inferior al promedio de datos tras la instalación del difusor. Únicamente en el caso de N3 se detecta una abundancia significativamente menor comparada con la misma estación en 2014.

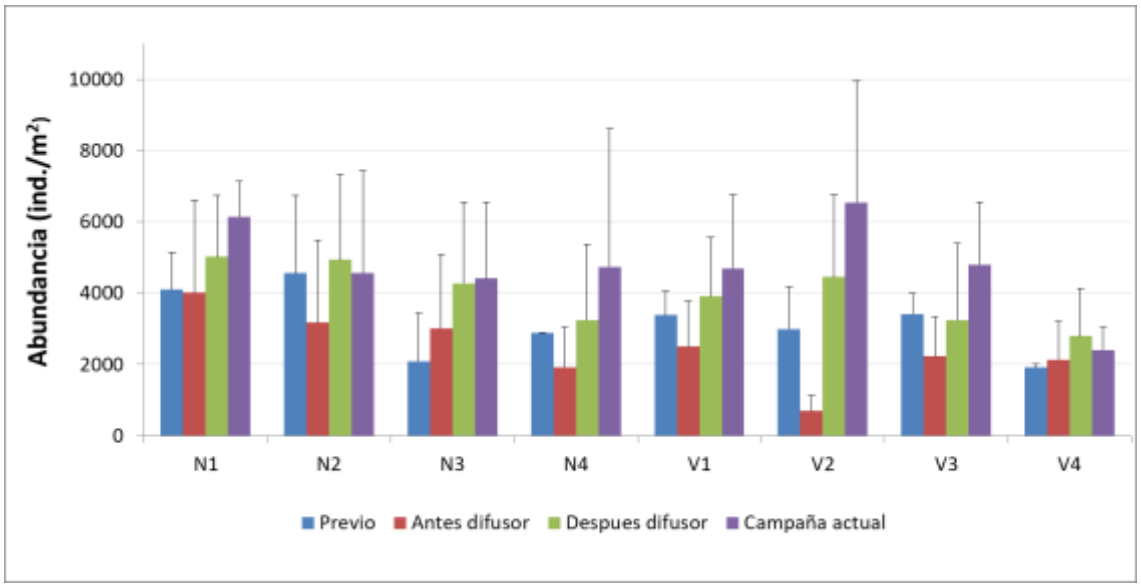


Figura 3.46. Abundancia de la fauna general en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013,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

El estudio de la riqueza taxonómica también revela diferencias significativas en la interacción entre los tres factores estudiados TixTrxDi (p= 0.027).

En el transecto norte, a pesar de que el test SNK no mostró diferencias significativas para ninguno de los factores analizados, se observa que tanto paras las estaciones norte, como para las estaciones vertido el valor promedio de riqueza de taxones en las muestras es superior al promedio de las campañas muestreadas tanto antes como después de la instalación del difusor (Figura 3.47).

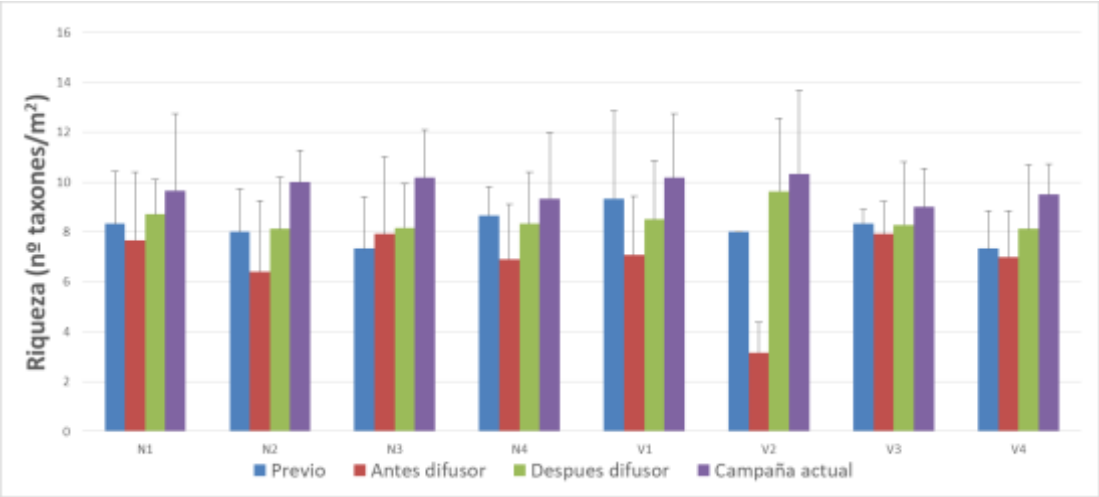


Figura 3.47. Riqueza taxonómica de fauna general en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012,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

Análisis multivariante.

Se realizó un análisis multivariante de los muestreos de otoño realizados del 2005 al 2019. Se obtuvo un MDS (Figura 3.49) donde se puede observar la variación de V2 respecto al resto de estaciones entre los distintos años. El grupo 1 está formado por las estaciones vertido de los años 2007, 2008 y 2009, que muestran una mayor distancia con el resto de estaciones. La mayoría de las estaciones alejadas del vertido se diferencian en el grupo 2. La estación del vertido de los años 2010, 2016, 2017 y 2019 forman el grupo 3. Mientras que el grupo 2 lo forman el resto de las estaciones alejadas del vertido y la estación del vertido del año 2006.

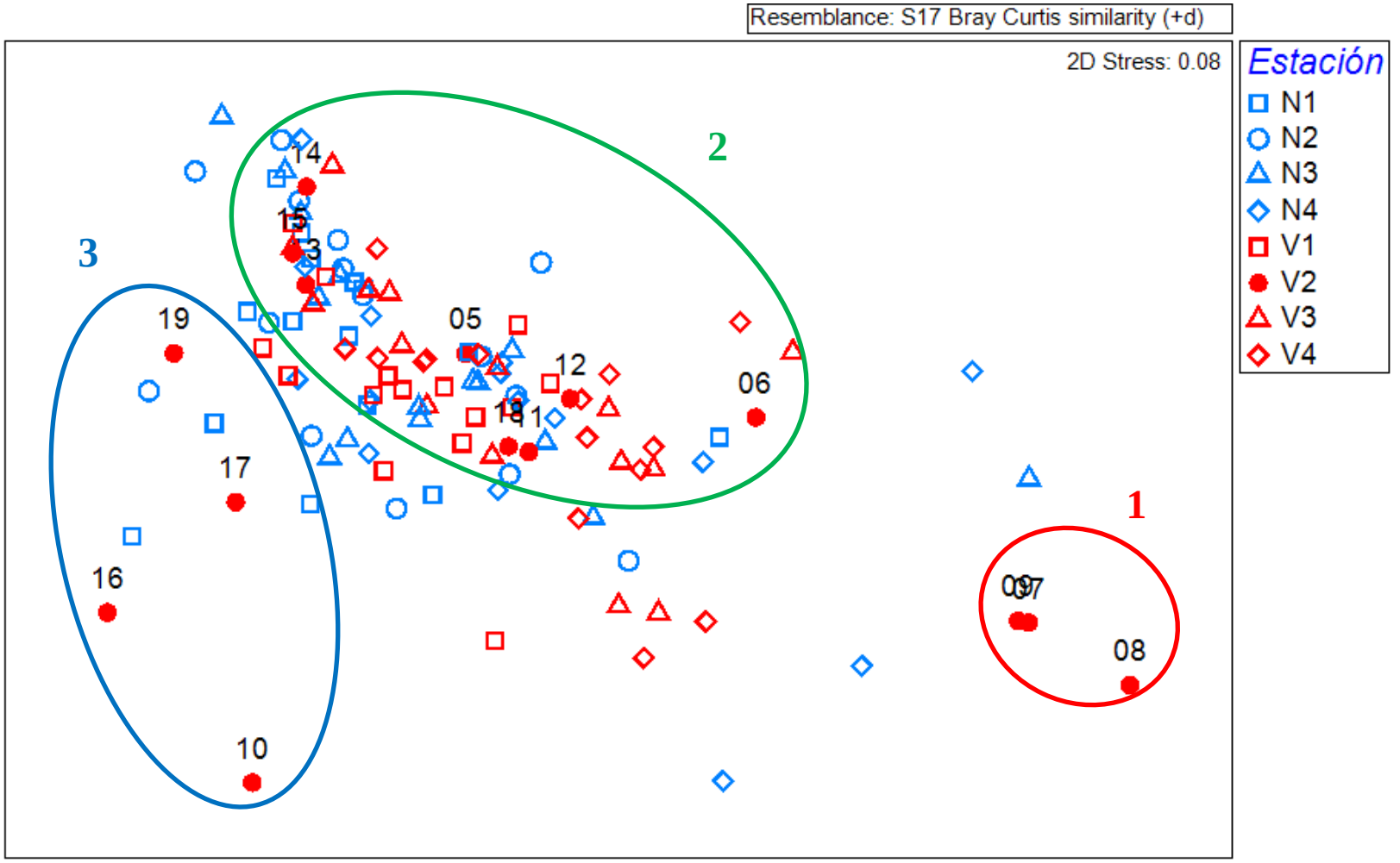


Figura 3.49. Representación bidimensional del MDS respecto a los individuos de las estaciones estudiadas, durante las once campañas de muestreo en otoño (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019).

Se aplica el análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) (Tabla 3.26), con la finalidad de conocer cuáles son los grupos taxonómicos que contribuyen a los cambios detectados en la estación del vertido (V2) entre los años. En los porcentajes de similitud se observa como los poliquetos es el taxón que más contribuye, seguido por anfípodos y bivalvos en los tres grupos. Sin embargo, mientras que en el grupo 1, los nematodos son el cuarto grupo con mayor contribución, en el 3 son los tanaidáceos.

Grupo	Grupos Taxon.	AM	PA
1			
SM: 63.07			
	Polychaeta	2621.4	76.86
	Amphipoda	277.96	84.89
	Bivalvia	140.25	89.06
	Nematoda	180.92	93
2			
SM: 62.81			
	Polychaeta	1024.89	76.9
	Amphipoda	169.08	85.33
	Bivalvia	89.25	90.37
3			
SM: 61.50			
	Polychaeta	2180.11	64.95
	Amphipoda	970.72	81.94
	Bivalvia	240.6	87.16
	Tanaidacea	246.67	92.07

Tabla 3.26. Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de grupos taxonómicos respecto a las agrupaciones establecidas. SM: Similitud media en cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

La tabla 3.27, muestra las diferencias entre los grupos formados en el análisis multiescalar MDS y los grupos taxonómicos que más contribuyen a la disimilitud entre ellas.

Por lo que se refiere a los grupos 1 y 2, se diferencian principalmente en que se detectan menores abundancias en el grupo 1 de los distintos taxones capturados, excepto en el caso de los cumáceos. Lo mismo ocurre al comparar el grupo 1 con el 3. En este caso el único taxón en el que el grupo 1 presenta mayores abundancias son los nematodos. Entre el grupo 2 y el 3, el grupo que

más contribuye a al disimilitud son los poliquetos, siendo más abundantes en el grupo 2, mientras que anfípodos, tanaidáceos y bivalvos son más abundantes en el 3.

Grupo (x/y)	Grupos Taxon.	AM x	AM y	PA
1/2				
DM: 38.89				
	Polychaeta	1966.36	2621.4	60.43
	Amphipoda	160.32	277.96	69.23
	Nematoda	139.66	180.92	76.84
	Tanaidacea	79.89	168.48	83.45
	Bivalvia	115.7	140.25	87.33
	Cumacea	42.28	34.87	89.16
	Nemertino	0	46.41	90.86
1/3				
DM: 42.98				
	Polychaeta	1966.36	2180.11	41.85
	Amphipoda	160.32	970.72	67.34
	Tanaidacea	79.89	246.67	75.13
	Bivalvia	115.7	240.6	81.06
	Nematoda	139.66	88.55	85.29
	Cumacea	42.28	62.42	87.4
	Ophiuroidea	26.17	66	89.33
	Nemertino	0	52.47	91.06
2/ 3				
DM: 40.14				
	Polychaeta	2621.4	2180.11	45.94
	Amphipoda	277.96	970.72	67.82
	Tanaidacea	168.48	246.67	75.34
	Bivalvia	140.25	240.6	80.96
	Nematoda	180.92	88.55	86.28
	Ophiuroidea	41.14	66	88.15
	Cumacea	34.87	62.42	90.01

Tabla 3.27. Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de los diferentes grupos taxonómicos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en el primer grupo analizado. AMy: Abundancia media en el segundo grupo a comparar. DM: Disimilitud media entre los grupos. PA: Porcentaje acumulado.

3.5.6.3.- Poliquetos.

3.5.6.3.1.- Comparación de las campañas de primavera del 2006 al 2019.

Se observa una variación temporal en la abundancia de poliquetos en el área de estudio en los muestreos de primavera. En el total de muestras analizadas se han separado e identificado un número de individuos que oscila entre los 862 individuos de 2006 a los 2414 individuos de 2017. Del mismo modo el número de familias de poliquetos en el total de muestras ha oscilado desde 32 en 2006 a 39 en las campañas del 2014, 2015, 2106 y 2017; siendo 34 las familias identificadas en esta última campaña. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, siguen formando parte del grupo de las familias más abundantes en el poblamiento de poliquetos de la zona de estudio a lo largo de todas las campañas de muestreo en primavera.

Análisis univariante.

Para el estudio de la comunidad de poliquetos asociados a fondos blandos se aplicó un análisis univariante tanto a la abundancia como a la riqueza, para los factores analizados; **transecto** (norte, vertido), **distancia** (1, 2, 3, 4) y **tiempo** (T1 (campaña primavera 2006), T2 (primavera 2007), T3 (primavera 2008), T4 (primavera 2009), T5 (primavera 2010), T6 (primavera 2011), T7 (primavera 2012), T8 (primavera 2013), T9 (primavera 2014), T10 (primavera 2015), T11 (primavera 2016), T12 (primavera 2017), T13 (primavera 2018) y T14 (primavera 2019).

Considerando los valores de **abundancia** se detectan diferencias significativas para la interacción de los tres factores TixTrxDi ($p<0.05$). Se aplica el test SNK para detectar que tratamientos dentro de cada factor están marcando las diferencias. Al analizar los cambios temporales se mantiene el patrón cíclico de los valores de abundancia en la mayoría de las estaciones a lo largo de la mayoría de las campañas de muestreo, siendo más acusado en las estaciones N1.P.19, V1.P.019, V4.P.19. Este patrón se interrumpe en la estación próxima al vertido, debido al descenso significativo de la abundancia durante el periodo

de actividad de la planta desaladora, mientras que se detecta un incremento significativo a partir de la campaña del 2011; una vez instalado el difusor. Durante esta campaña de muestreo se mantienen los valores de abundancia similares a la campaña anterior en las estaciones N2.P.19, N3.P.19, V1.P.19, y V4.P.19, mientras que en las estaciones N1.P.19 aumentan los valores y detectándose un descenso en las estaciones N4.P.19, V2.P19 y V3.P19, respecto a la campaña del 2018.

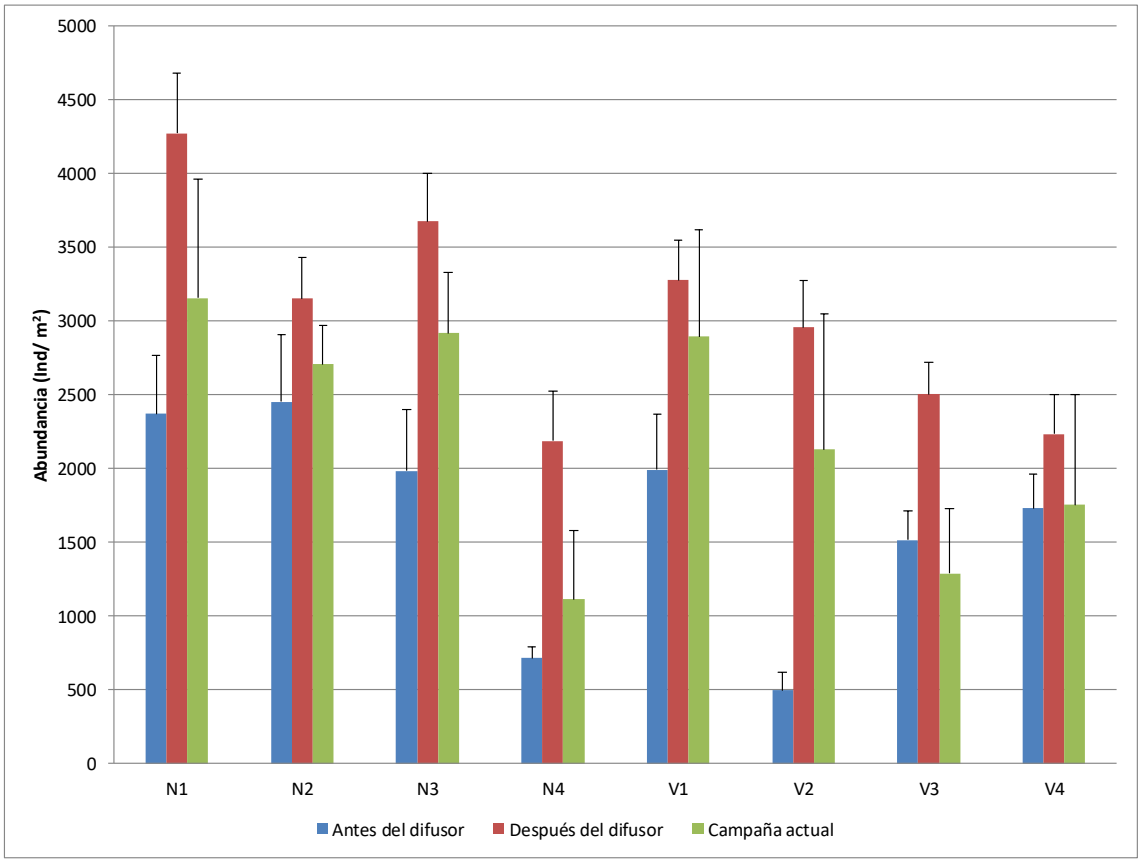


Figura 3.50: Abundancia media en cada estación para las campañas de primavera; antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018), así como en la campaña actual (campaña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

Considerando **la riqueza**, también se detectan diferencias significativas para la interacción entre los tres factores Ti xTr x Di ($p<0.001$). Se aplica el test SNK para detectar que tratamientos dentro de cada factor están marcando las diferencias. Al considerar la interacción de los factores las principales diferencias vienen marcadas en el transecto del vertido. En dicho transecto se

produce un descenso significativo de la riqueza en la estación V2, desde el comienzo de la actividad de desalación en 2006 hasta el 2010; siendo más acusado en la campaña del 2009, y recuperándose a niveles similares a los de las estaciones control a partir de la campaña del 2011. Este patón se mantiene en la campaña actual (primavera del 2019).

También se detectan cambios temporales para la riqueza de familias de poliquetos a lo largo de las distintas campañas de muestreo, siendo algo más acusado en las estaciones del norte. Se detecta un ligero descenso de la riqueza en esta campaña 2019, respecto a la campaña anterior.

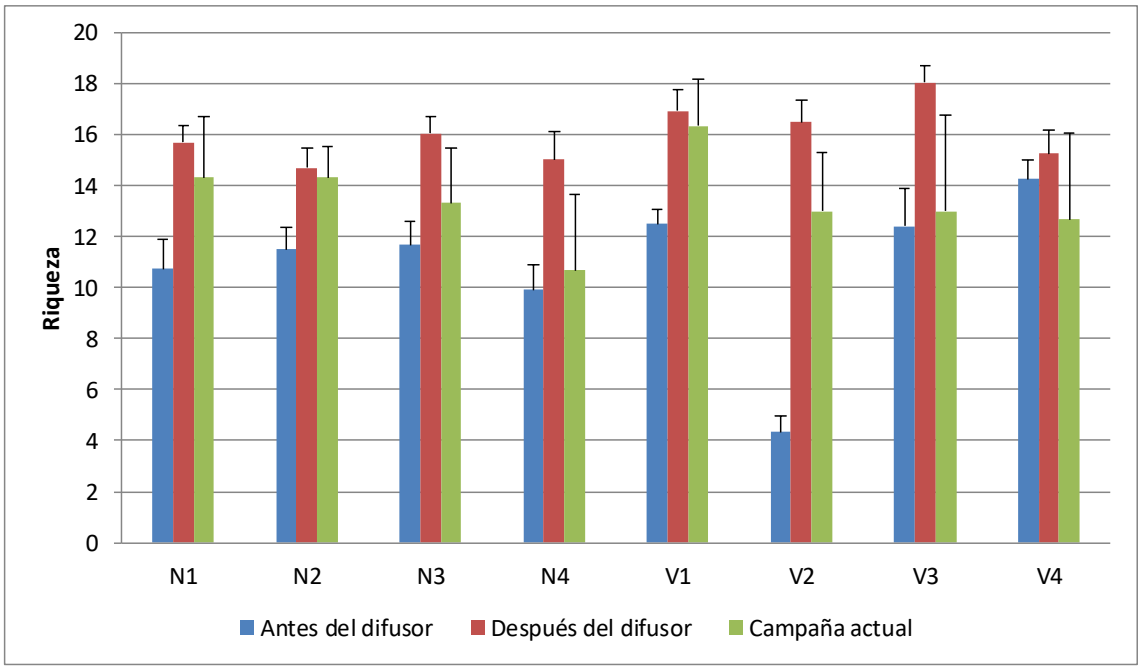


Figura 3.51: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de primavera, antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018) así como en la campaña actual (campaña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

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; patrón que se mantiene desde campañas anteriores. En este patrón

la mayoría de las estaciones localizadas en el transecto norte (N1, N2 y N3), junto con las estaciones V1 (grupo E y D), se separan de la mayoría de las estaciones situadas en los transecto vertido. Las estaciones del vertido, junto a la estación N4 (grupo C), distribuyen de forma más heterogénea. Esta segregación es debida a las características físicas del sedimento, ya que, mientras que, en las estaciones localizadas al norte, junto con las del vertido V1, predominan los fangos y presentan un mayor porcentaje de materia orgánica; el resto de las estaciones están caracterizadas por una mayor heterogeneidad de sedimentos. Estaciones en las que dominan las fracciones más gruesas y con bajos porcentajes de fango y materia orgánica. En segundo lugar, se detecta una segregación de la composición de la comunidad de poliquetos en la estación próxima al vertido, siendo más acusada en las campañas del 2006, 2009 y 2010 (grupo A) de manera que en esta estación parece que estuvo afectada por el vertido de salmuera en esos años. Este patrón de segregación no se mantiene entre las campañas del 2011 al 2019, lo que indica la recuperación de la comunidad tras la introducción de la pieza difusora.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas entre los distintos transectos y distancias, aunque con un estadístico R muy bajo (p=0.001, R=0.139 y 0.145, respectivamente). También se detectan diferencias significativas entre los distintos tiempos (p=0.001, R=0.226).

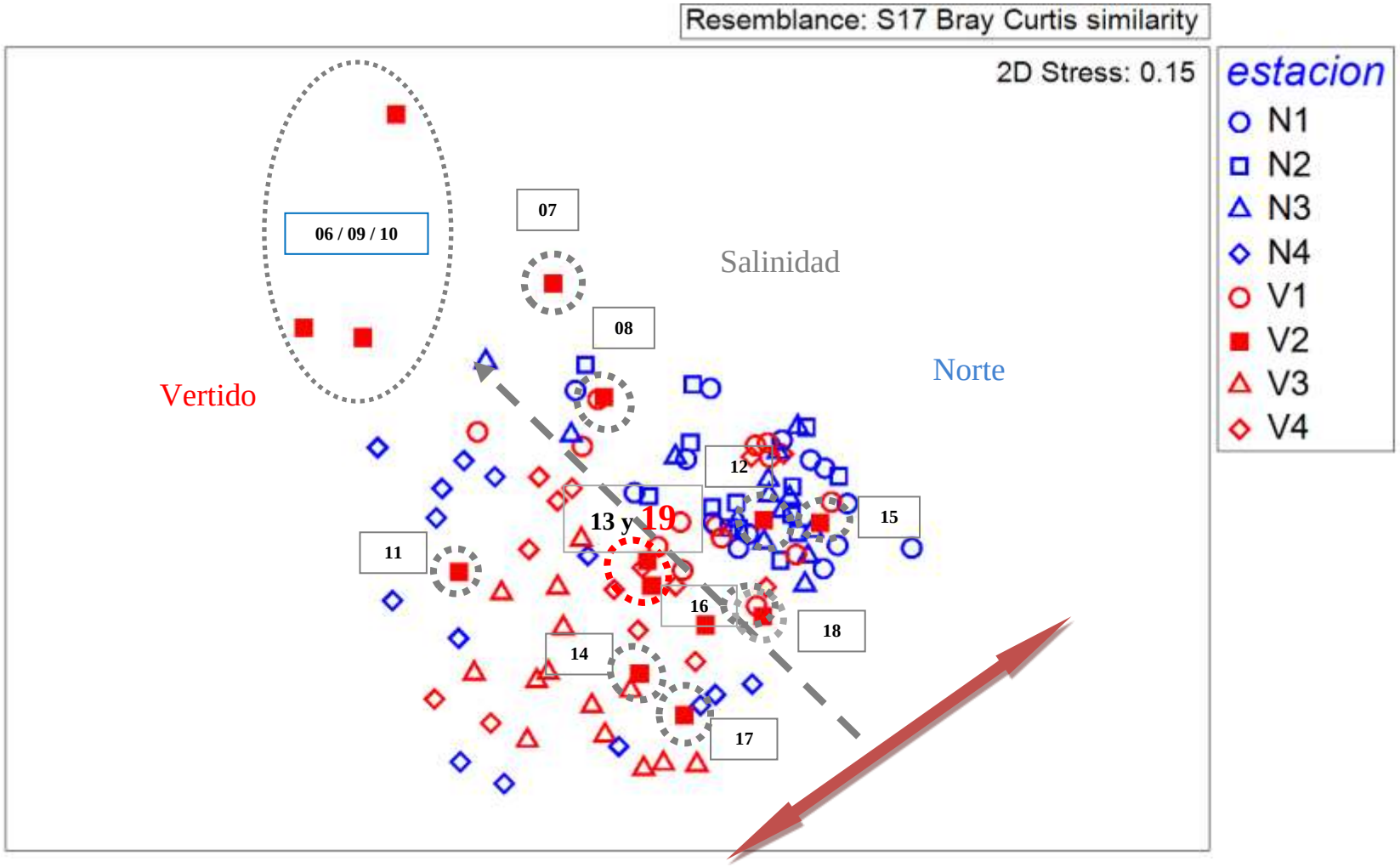


Figura 3.52: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo en primavera.

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

Las familias Nepthyidae, Lumbrineridae, Paraonidae y Magelonidae son las implicadas en el 75.1% de similitud detectada en el grupo A (39.52%). Las familias Spionidae, Syllidae, Paraonidae y Onuphidae son las implicadas en la similitud dentro del grupo B (51.95%), un pequeño grupo establecido por las estaciones V4.P.13; y N4. P.14 y 15. En la mayoría de las estaciones del transecto vertido, junto a la estación N4, las principales familias responsables de la similitud (51.66%) han sido Syllidae, Paraonidae, Lumbrineridae, Onuphidae, Capitellidae, Spionidae, Cirratulidae y Maldanidae. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Nepthyidae, Magelonidae, Cirratulidae, Capitellidae y Spionidae son las que caracterizan la comunidad dominante en la mayoría de las estaciones pertenecientes a los grupos D y E; establecido principalmente por las estaciones del transecto norte junto a V1.

Grupo	Familia	AM	PA
A			
SM: 39.52			
	Nepthyidae	135.45	29.33
	Lumbrinereidae	79.35	50
	Paraonidae	60.23	66.81
	Magelonidae	21.47	75.1
B			
SM: 51.95			
	Spionidae	200.5	44.74
	Syllidae	87.72	60.27
	Paraonidae	75.19	68.12
	Onuphidae	25.06	73.96
C			
SM: 51.66			
	Syllidae	478.99	22.9
	Paraonidae	228.64	32.94
	Lumbrinereidae	134.59	39.91
	Onuphidae	150.06	46.8
	Capitellidae	113.99	52.99
	Spionidae	174.63	59.17
	Cirratulidae	101.86	65.13
	Maldanidae	91.88	70.19
D			

SM: 52.14			
	Paraonidae	295.56	33.99
	Lumbrinereidae	200	53.72
	Nepthyidae	116.5	65.57
	Paralacydoniidae	81.05	71.75
	Magelonidae	64.34	77.24
	Cirratulidae	56.91	82.6
E			
SM: 52.14			
	Paraonidae	1028.37	32.26
	Lumbrinereidae	387.91	45.51
	Magelonidae	289.93	53.52
	Cirratulidae	228.74	61.28
	Capitellidae	260.16	68.9
	Spionidae	410.72	76.15
	Nepthyidae	223.56	82.45

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

Las familias Spionidae, Nephtyidae, Syllidae, Lumbrineridae, Paraonidae, Magelonidae, Onuphidae, Sabellidae, Paralacydoniidae, Capitellidae y Cirratulidae son las implicadas en la disimilitud entre los distintos grupos establecidos. Estas diferencias son debidas al dominio de las familias Lumbrineridae, Paraonidae, Magelonidae, Cirratulidae, Capitellidae y Paralacydoniidae en el grupo establecido por las estaciones más próximas al vertido de aguas residuales, mientras que en la mayoría de las estaciones caracterizadas por la heterogeneidad del sedimento se encuentran dominadas por las familias Syllidae, Onuphidae y Sabellidae. Se mantiene la segregación de la estación V2, durante las campañas del 2006, 2009 y 2010, al producirse un descenso acusado tanto de la abundancia como de la riqueza (grupo A); descenso no detectado a partir de la campaña 2011.

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
A / B				
DM: 75.54				
	Spionidae	3.58	200.5	19.57
	Nepthyidae	135.45	0	30.78
	Syllidae	17.9	87.72	37.78
	Lumbrinereidae	79.35	8.35	44.03
	Paraonidae	60.23	75.19	49.87
	Magelonidae	21.47	50.13	55.1
A / C				
DM: 73.60				
	Syllidae	17.9	478.99	19.74
	Paraonidae	60.23	228.64	28.37
	Onuphidae	16.11	150.06	35.51
	Spionidae	3.58	174.63	42.62
	Sabellidae	48.34	126.52	47.75
	Nepthyidae	135.45	84.75	52.79
	Capitellidae	21.48	113.99	57.82
A / D				
DM: 63.13				
	Paraonidae	60.23	295.56	20.46
	Lumbrinereidae	79.35	200	32.9
	Nepthyidae	135.45	116.5	41.31
	Paralacydoniidae	17.3	81.05	47.16
A / E				
DM: 80.40				
	Paraonidae	60.23	1028.37	27.46
	Spionidae	3.58	410.72	38.45
	Lumbrinereidae	79.35	387.91	47.65
	Magelonidae	21.47	289.93	55.18
	Capitellidae	21.48	260.16	62.43
	Cirratulidae	8.95	228.74	68.89
B / C				
DM:64.06				
	Syllidae	87.72	478.99	16.96
	Paraonidae	75.19	228.64	25.81
	Spionidae	200.5	174.63	33.5
	Onuphidae	25.06	150.06	40.45
	Lumbrinereidae	8.35	134.59	46.61
	Sabellidae	29.24	126.52	51.18
	Capitellidae	54.3	113.99	55.75
B / D				
DM:70.73				
	Paraonidae	75.19	295.56	15.04
	Spionidae	200.5	55.25	28.79
	Lumbrinereidae	8.35	200	41.77
	Nepthyidae	0	116.5	49.81

	Syllidae	87.72	29.21	55.32
	Magelonidae	50.13	64.34	60.12
B / E				
DM:75.68				
	Paraonidae	75.19	1028.37	27.04
	Lumbrinereidae	8.35	387.91	38.29
	Spionidae	200.5	410.72	47.48
	Magelonidae	50.13	289.93	54.43
	Nepthyidae	0	223.56	61.01
	Capitellidae	54.3	260.16	67.45
	Cirratulidae	25.06	228.74	73.39
	Paralacydoniidae	16.71	147.38	77.23
C / D				
DM:63.22				
	Syllidae	478.99	29.21	18.41
	Paraonidae	228.64	295.56	28.17
	Spionidae	174.63	55.25	35.55
	Onuphidae	150.06	21.63	42
	Lumbrinereidae	134.59	200	48.32
	Sabellidae	126.52	19.35	52.89
C / E				
DM:61.60				
	Paraonidae	228.64	1028.37	21.94
	Syllidae	478.99	94.36	32.7
	Spionidae	174.63	410.72	42.25
	Lumbrinereidae	134.59	387.91	49.69
	Magelonidae	64.93	289.93	56.3
D / E				
DM:59.80				
	Paraonidae	295.56	1028.37	24.68
	Spionidae	55.25	410.72	37.41
	Lumbrinereidae	200	387.91	45.22
	Magelonidae	64.34	289.93	52.91
	Capitellidae	60.93	260.16	60.44
	Cirratulidae	56.91	228.74	66.31
	Nepthyidae	116.5	223.56	71.15

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

3.5.6.3.2.- Comparación de las campañas de otoño del 2005 al 2019.

Al analizar todas las estaciones durante las campañas de muestreo de otoño se observan variaciones temporales en la abundancia de poliquetos en el área de estudio. En el total de muestras analizadas se han separado e identificado un número de individuos que oscila entre los 962 individuos de 2010 a los 3499 individuos de 2015, considerando los tres transectos. Durante esta última campaña (2019) se identificaron un total de 2094 individuos distribuidos en un toral de 36 familias en los transectos del norte y vertido; mientras que en 2018 se identificaron un total de 1161 individuos, comprendidos en 39 familias. Del mismo modo el número de familias de poliquetos en el total de muestras ha oscilado desde 34, detectadas en 2006, a 43 en la campaña del 2013. En la campaña 2018 también de detecta un elevado número de familias (39), siendo el número de familias identificadas en esta última campaña (2019) han sido 36. Al igual que en la campaña del 2018, las familias dominantes en otoño 2019 han sido Paraonidae, Syllidae, Lumbrineridae, Capitellidae, Poecilochaetidae y Spionidae, junto a la familia Sabellidae, no dominante en 2018. Las familias Paraonidae, Lumbrineridae y Syllidae dominan la comunidad de la zona de estudio durante las quince campañas de muestreo realizadas en el otoño.

Análisis univariante.

Para el estudio de la comunidad de poliquetos asociados a fondos blandos se aplicó un análisis univariante tanto a la abundancia como a la riqueza, para los factores analizados; **transecto** (norte, vertido, sur), **distancia** (1, 2, 3, 4) y **tiempo** (T1 (campaña otoño 2005), T2 (otoño 2006), T3 (otoño 2007), T4 (otoño 2008), T5 (otoño 2009), T6 (otoño 2010), T7 (otoño 2011), T8 (otoño 2012), T9 (otoño 2013), T10 (otoño 2014), T11 (otoño 2015) , T12 (otoño 2016), T13 (otoño 2017), T14 (otoño 2018) y T15 (otoño 2019).

Considerando los valores de **abundancia** no se detectan diferencias significativas para la interacción Ti xTr x Di (p=0.0220, para alfa=0.01). Se detectan diferencias significativas para la interacción TixLo (P=0.0002) y TixDi (p=0.0028). Se aplica el test SNK para detectar que tratamientos dentro de

cada factor están marcando las diferencias. Al analizar los cambios temporales, se siguen observando las variaciones interanuales detectadas en campañas previas. Estas variaciones muestran un patrón cíclico de los valores de abundancia a lo largo del tiempo. Estas variaciones interanuales se observan en todos los transectos; tanto para la localidad norte como para el vertido (no siendo tan acusado en este último) como para cada una de las distancias. Se detecta un descenso de las abundancias en la localidad norte durante las campañas 2007, 2008 y 2009. Este descenso también se observa en 2014. Al analizar cada distancia en el tiempo se observa que, en 2008, este descenso se detecta principalmente en la distancia 2.

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

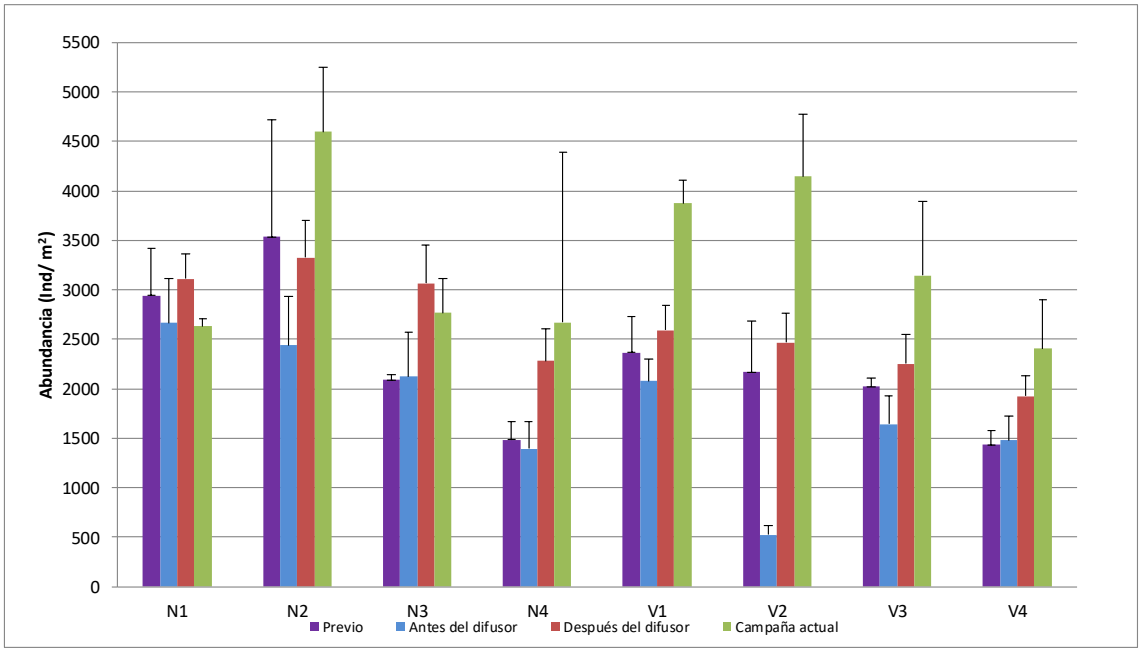


Figura. 3.53: Abundancia media en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018), así como en la campaña actual (campaña del 2019).

Considerando la **riqueza,** se detectan diferencias significativas para la interacción de los tres factores TixTrxDi ($p<0.01$). Se aplica el test SNK para

detectar que tratamientos dentro de cada factor están marcando las diferencias.

Al analizar los cambios entre los distintos transectos y las distintas distancias a lo largo de las doce campañas de muestreo, las principales diferencias vienen marcadas en el transecto del vertido. En dicho transecto se produce un descenso de la riqueza en la distancia 2, siendo más acusado en las campañas de otoño del 2007, 2008 y 2009. Sin embargo, a partir de la campaña del 2010 no se detecta dicho descenso. Es decir, al igual que ocurre con la abundancia, el número medio de familias de poliquetos descienden en la estación localizada en la boca del vertido, con respecto al resto de las estaciones, durante las campañas posteriores al comienzo de la actividad. Sin embargo, dicho descenso parece no mantenerse a partir de la campaña del 2010, momento en el que se han instalado los difusores. Por lo que no se detectan diferencias significativas en las ocho últimas campañas (2010 al 2019). Es decir, se mantiene el patrón detectado en las últimas 10 campañas.

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

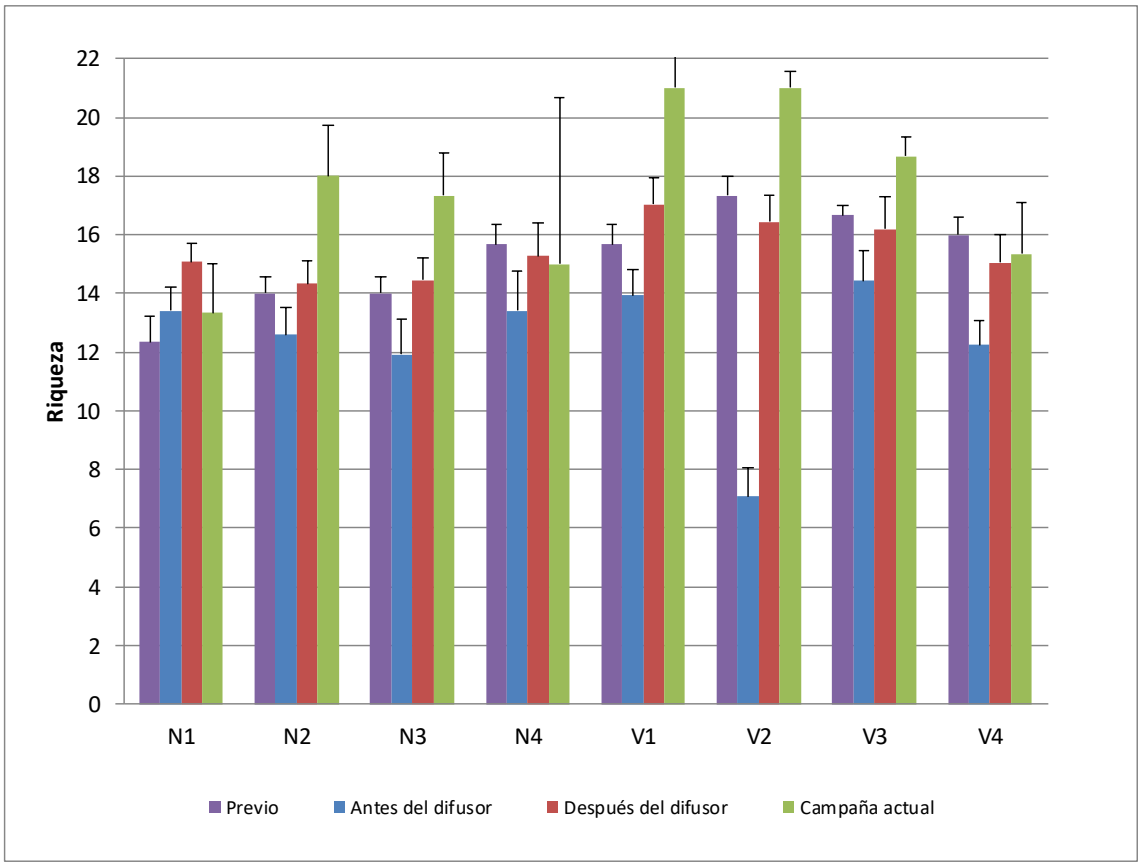


Figura. 3.54: Riqueza de poliquetos en cada estación para las campañas de otoño; antes del comienzo de la actividad; previo (campaña del 2005); antes de la instalación del difusor (campañas del 2006, 2007, 2008 y 2009), después de la instalación del difusor (campañas del 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.2017, 2018), así como en la campaña actual (campaña del 2019).

Análisis multivariante

Al representar las muestras en un gráfico bidimensional resultante de un ordenamiento multiescalar (MDS) se puede apreciar, la existencia de un eje principal. Un eje que nos separa la mayoría de las estaciones localizadas en el transecto norte, junto a la estación V1 (grupo E) de un gran número de las campañas, respecto a la mayoría de las estaciones vertido. Estas estaciones del vertido, junto a la estación N4, de la mayoría de las campañas (grupo D), constituyen un grupo algo más heterogéneo. Probablemente esta segregación sea debida a las características físicas del sedimento. En segundo lugar, la estación V2 se disgrega entre distintos grupos en función de la campaña de muestreo. Se detecta una segregación en la composición de la comunidad de

poliquetos en la estación próxima al vertido durante las campañas 2007, 2008 y 2009, junto a la estación N3.O.06. (grupo B). Durante la campaña del 2010 la estación V2, también se segrega, pero con altos valores de disimilitud respecto a las campañas del 2007, 2008 y 2009; probablemente mostrando una situación intermedia en cuanto a la composición del poblamiento de poliquetos. A partir de esa fecha, y debido a la instalación de la pieza difusora al final del emisario, la estación más próxima al vertido se acerca a los controles, demostrando la efectividad de la medida correctora adoptada para reducir el impacto del vertido. De modo que durante las últimas campañas (del 2011 al 2019) no se mantiene la segregación detectada en campañas anteriores y se aproximan al resto de estaciones incluidas en el grupo D (V2. O. 11, 12, 13, 15, 16, 17 y 18), junto a V2.0.06, mientas que la estación V2.O.06 se asemeja al grupo E.. El grupo A se caracteriza por presentar un número reducido de estaciones sin ningún patrón determinado (V2.0.10, V3.0. 10 y 11, V4.0. 10 y 12, y N4.0.06, 10 y 11). La mayoría de las estaciones durante la campaña del 2005 se agrupan entre ellas (grupo C).

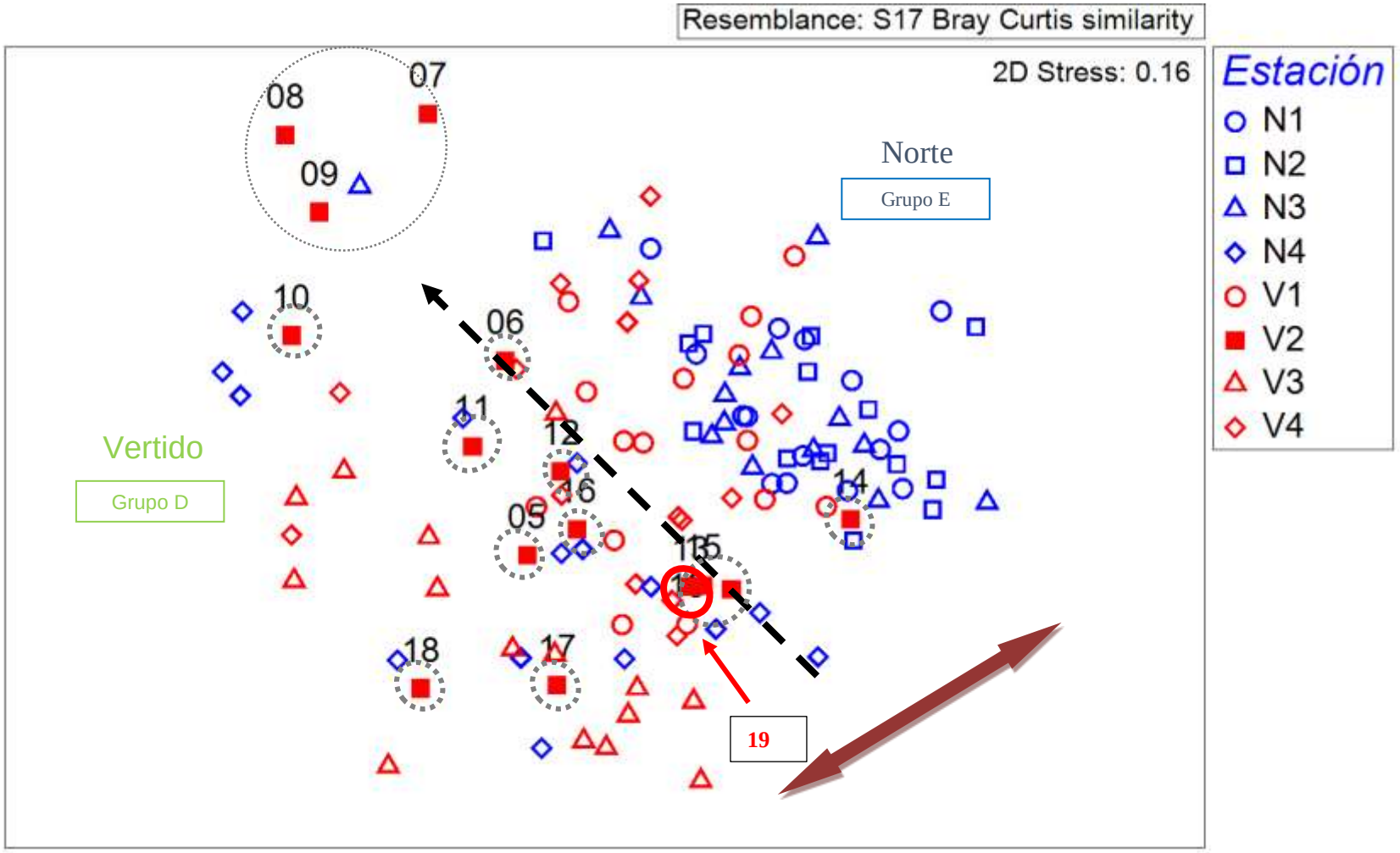


Figura. 3.55: Representación bidimensional del MDS respecto a las familias de poliquetos de las estaciones estudiadas, durante las campañas de muestreo de otoño.

Al aplicar el Análisis de Similitud (ANOSIM), se detectaron diferencias significativas entre los distintos transectos (p=0.001, R=0.169) y entre las distintas distancias, pero con menores valores de correlación (p=0.001, R=0.105). También se detectan diferencias entre las distintas campañas de muestreo (p=0.001; R=0.304).

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

Las familias Lumbrineridae, Capitellidae, Syllidae, Paraonidae, Eunicidae y Onuphidae son las implicadas en el 64.93% de similitud dentro del grupo A, siendo las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Capitellidae, Nephtyidae y Magelonidae las implicadas en el 93.13% de la similitud detectada en el grupo B. En el grupo C, las familias implicadas en el 73.46% de la similitud (52.89%) han sido Paraonidae, Lacydoniidae, Cossuridae, Sabellidae y Nephtyidae. Respecto al grupo D, las familias responsables del 61.73% de similitud (50.71%) han sido Syllidae, Paraonidae, Lumbrineridae, Eunicidae, Capitellidae, Cirratulidae y Onuphidae. Finalmente, las familias Paraonidae, Lumbrineridae, Magelonidae, Capitellidae y Cirratulidae están implicadas en la similitud detectada en el grupo E (56.62%).

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

C			
SM: 52.89			
	Paraonidae	537.5	21.82
	Lacydoniidae	335.94	42.49
	Cossuridae	252.6	55.23
	Sabellidae	195.83	67.89
	Nepthyidae	111.46	73.46
D			
SM: 50.71			
	Syllidae	325.05	14.91
	Paraonidae	240.76	26.22
	Lumbrinereidae	153.69	34.93
	Eunicidae	143.19	42.29
	Capitellidae	144.64	49.51
	Cirratulidae	138.27	56.29
	Onuphidae	113.39	61.73
E			
SM: 56.62			
	Paraonidae	747.19	30.09
	Lumbrinereidae	399.46	48.66
	Magelonidae	296.81	60.44
	Capitellidae	217.04	68.5
	Cirratulidae	193.14	75.18

Tabla 3.30: Resumen del análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos establecidos. SM: Similitud media entre cada grupo. AM: Abundancia media. PA: Porcentaje acumulado.

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

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

Grupos	Familia	AMx	AMy	PA
A / B				
DM: 61.93				
	Onuphidae	68.39	0	10.28
	Magelonidae	22.45	63.6	19.25
	Lumbrinereidae	53.77	81.31	27.34
	Syllidae	54.8	9.4	35.2
	Nepthyidae	36.01	46.98	42.62
	Paraonidae	43.84	82.39	49.99
	Eunicidae	40.72	7.3	55.29
A / C				
DM: 77.04				
	Paraonidae	43.84	537.5	20.17
	Lacydoniidae	1.57	335.94	34.81
	Cossuridae	0	252.6	45.45
	Sabellidae	20.36	195.83	54.03
	Onuphidae	68.39	81.25	59.11
	Syllidae	54.8	96.88	63.81
A / D				
DM: 67.90				
	Syllidae	54.8	325.05	12.02
	Paraonidae	43.84	240.76	21.98
	Spionidae	9.4	147.01	28.33
	Cirratulidae	13.57	138.27	34.23
	Sabellidae	20.36	129.49	39.51
	Lumbrinereidae	53.77	153.69	44.65
	Onuphidae	68.39	113.39	49.73
	Capitellidae	44.89	144.64	54.79
	Eunicidae	40.72	143.19	59.84
A / E				
DM: 78.67				
	Paraonidae	43.84	747.19	23.79
	Lumbrinereidae	53.77	399.46	36.3
	Magelonidae	22.45	296.81	46.26
	Spionidae	9.4	257.26	53.64
	Capitellidae	44.89	217.04	60.22
	Cirratulidae	13.57	193.14	66.06
B / C				
DM: 82.54				
	Paraonidae	82.39	537.5	19.26
	Lacydoniidae	0	335.94	34.27

	Cossuridae	0	252.6	45.08
	Sabellidae	3.13	195.83	54.72
	Syllidae	9.4	96.88	59.96
B / D				
DM: 75.61				
	Syllidae	9.4	325.05	13.62
	Paraonidae	82.39	240.76	22.32
	Spionidae	0	147.01	28.65
	Eunicidae	7.3	143.19	34.96
	Cirratulidae	9.38	138.27	40.87
	Onuphidae	0	113.39	46.38
	Sabellidae	3.13	129.49	51.79
	Capitellidae	33.36	144.64	57.12
B / E				
DM: 76.58				
	Paraonidae	82.39	747.19	24.65
	Lumbrinereidae	81.31	399.46	37.31
	Magelonidae	63.6	296.81	47.09
	Spionidae	0	257.26	55.36
	Capitellidae	33.36	217.04	63.08
	Cirratulidae	9.38	193.14	69.75
C / D				
DM: 66.23				
	Paraonidae	537.5	240.76	13.15
	Lacydoniidae	335.94	2.18	24.09
	Syllidae	96.88	325.05	32
	Cossuridae	252.6	5.72	39.87
C / E				
DM: 65.37				
	Paraonidae	537.5	747.19	14.77
	Lumbrinereidae	2.08	399.46	26.55
	Lacydoniidae	335.94	0	36.92
	Magelonidae	104.17	296.81	43.45
	Spionidae	32.81	257.26	49.82
	Cossuridae	252.6	84.09	55.46
	Sabellidae	195.83	46.21	60.81
	Cirratulidae	2.6	193.14	66.06
	Capitellidae	61.46	217.04	71.18
D / E				
DM: 60.30				
	Paraonidae	240.76	747.19	16.31
	Syllidae	325.05	18.56	25.88
	Lumbrinereidae	153.69	399.46	34.09
	Spionidae	147.01	257.26	41.4
	Magelonidae	95.69	296.81	48.48
	Capitellidae	144.64	217.04	53.69

Tabla 3.31: Resumen de análisis de disimilitud (SIMPER) de la abundancia de las familias de poliquetos respecto a los grupos establecidos. AMx: Abundancia media en la estación x. AMy: Abundancia media en el grupo y a comparar. DM: Disimilitud media entre grupos. PA: Porcentaje acumulado.

3.5.7.- Transectos de videocámara.

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

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

En el transecto del vertido se observaron individuos dispersos de la familia *Gorgoniidae* en las estaciones V2 y V3. También se observaron individuos de *Cocinasterias tenuispina* en la estación V2.

Por lo que se refiere a las estaciones del transecto sur, el sedimento se identificó también como arenoso. En las estaciones S3 y S4 se observó una alta densidad de *Gorgoniidae*, diferenciándose varias especies como *Eunicella singularis*, *Eunicella cavolinii* o *Leptogorgia sarmentosa*. Además se observaron individuo de los equinodermos *Echinaster sepositus* y ejemplares del género *Holothuria* en la estación S3.

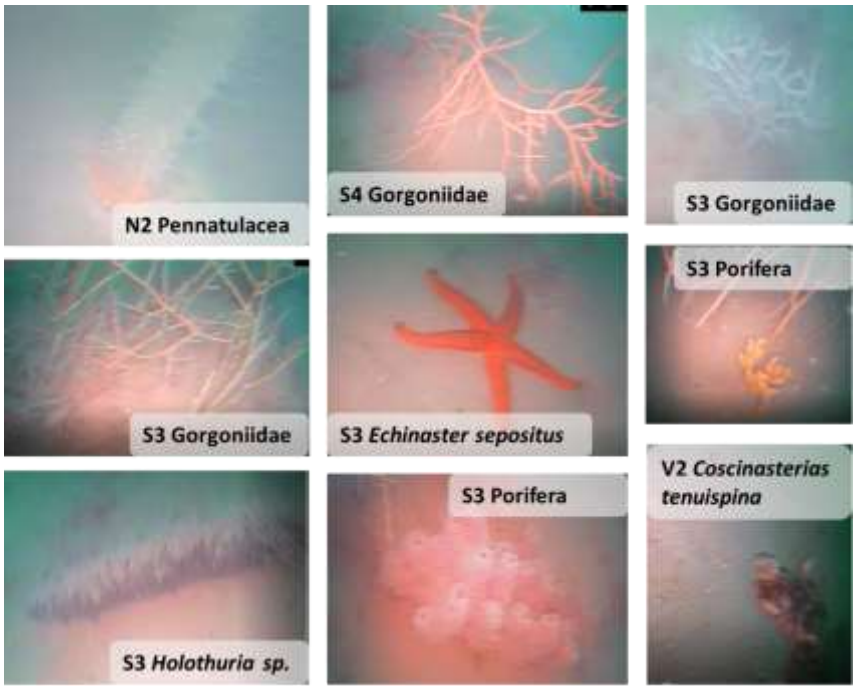


Figura. 3.56. Grupos taxonómicos observados durante la realización de los transectos con videocámara.

3. 7.- Pradera de Posidonia oceanica

3.7.1.- Densidad

En el muestreo de este año tampoco se detectaron diferencias significativas para la densidad de haces vivos entre las distintas localidades estudiadas (Tabla 3.32). Los valores de densidad más elevados se observar en la localidad L4 (111 haces m^{-2}) y en la localidad L2 (94 haces m^{-2}). En el resto de localidades las densidades fueron de aproximadamente 86 haces m^{-2} (Figura 3.57), menos en la localidad L1, ya que se perdieron las parcelas de estudio.

Al comparar estos datos con los de los años anteriores se siguen detectando diferencias significativas al observarse una disminución significativa de este parámetro respecto a los primeros años de funcionamiento del emisario (2005-2009). Detectándose una interacción entre el factor tiempo y el factor localidad (Tabla 3.32 y Figura 3.57).

Parámetro	Fuente de variabilidad	Gl	CM	F	p	F *versus*
Densidad (haces m^{-2})	Tiempo	14	10991.9912	7.48	***	Residual
	Localidad	4	38008.1742	25.85	***	Residual
	Tiempo*Localidad	56	2732.8301	1.86	***	Residual
	Residual	225	1470.3414			
Mortalidad (haces m^{-2})	Tiempo	14	2964.3932	30.92	***	Residual
	Localidad	4	3575.6438	37.30	***	Residual
	Tiempo*Localidad	56	370.1007	3.86	***	Residual
	Residual	225	95.8623			

Tabla 3.32: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad y mortalidad de haces de *Posidonia oceanica* obtenidos en las parcelas permanentes previa (2005) y posteriormente (2006 - 2019) al funcionamiento del emisario. Gl = 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 3.57), con valores comprendidos entre 1 y 10 haces m^{-2}. Además, también se observa un cambio significativo de este descriptor respecto a la interacción de la localidad por el tiempo (Tabla 3.32), en parte debido al incremento que se dio durante los primeros años en algunas de las localidades (L2, L3, L4 y L5), seguido de una disminución significativa de esta variable en esas mismas localidades a partir del periodo 2012-2013.

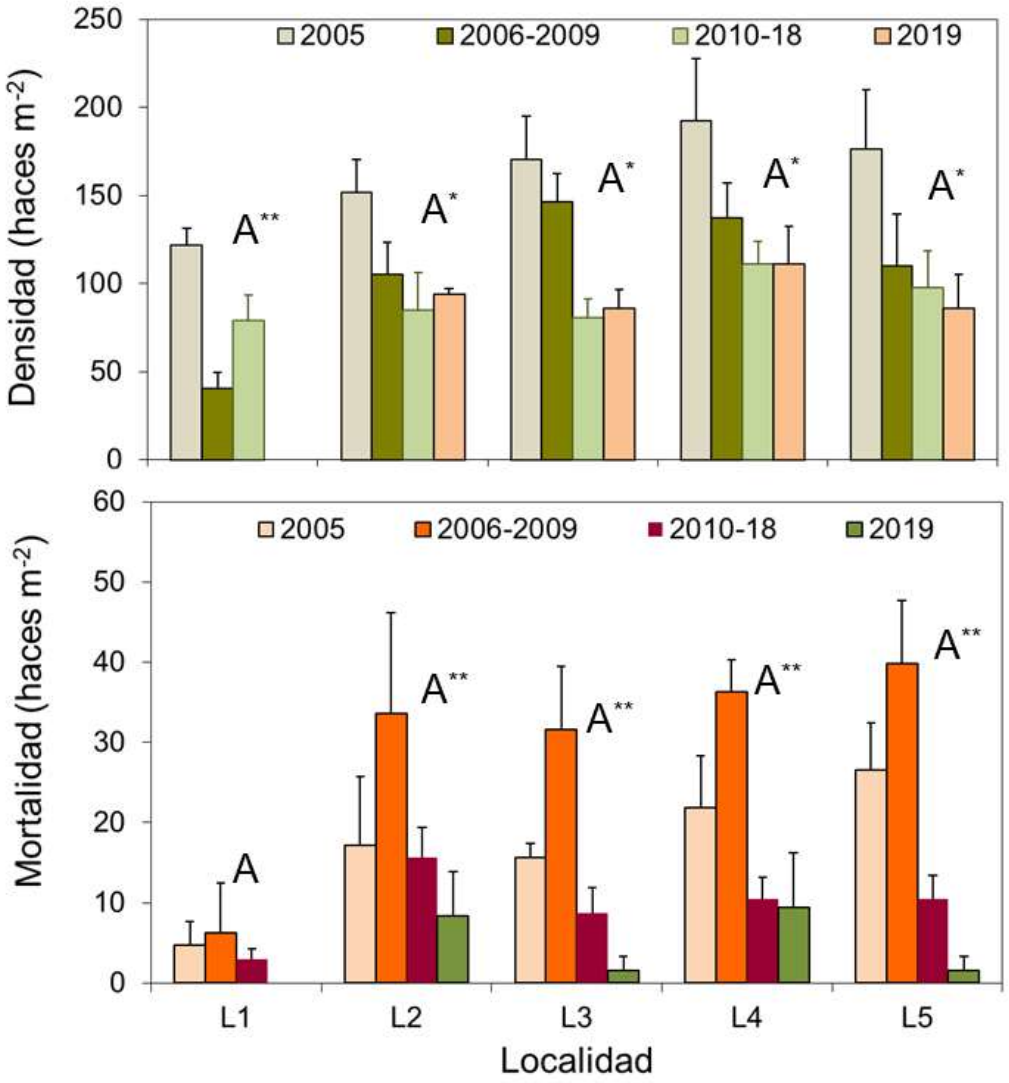


Figura 3.57: Representación gráfica de los datos de densidad media y densidad de haces muertos (haces m^{-2}) obtenidos en las localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2019) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (*<0.05 y **<0.01).

Respecto a los porcentajes de haces plagiotropos (Figura 3.102), en este muestreo sí se detectan diferencias significativas entre las localidades de estudio, con valores máximos y superiores en la localidad L5 (27 %) frente al resto de localidades (0 - 5 %).

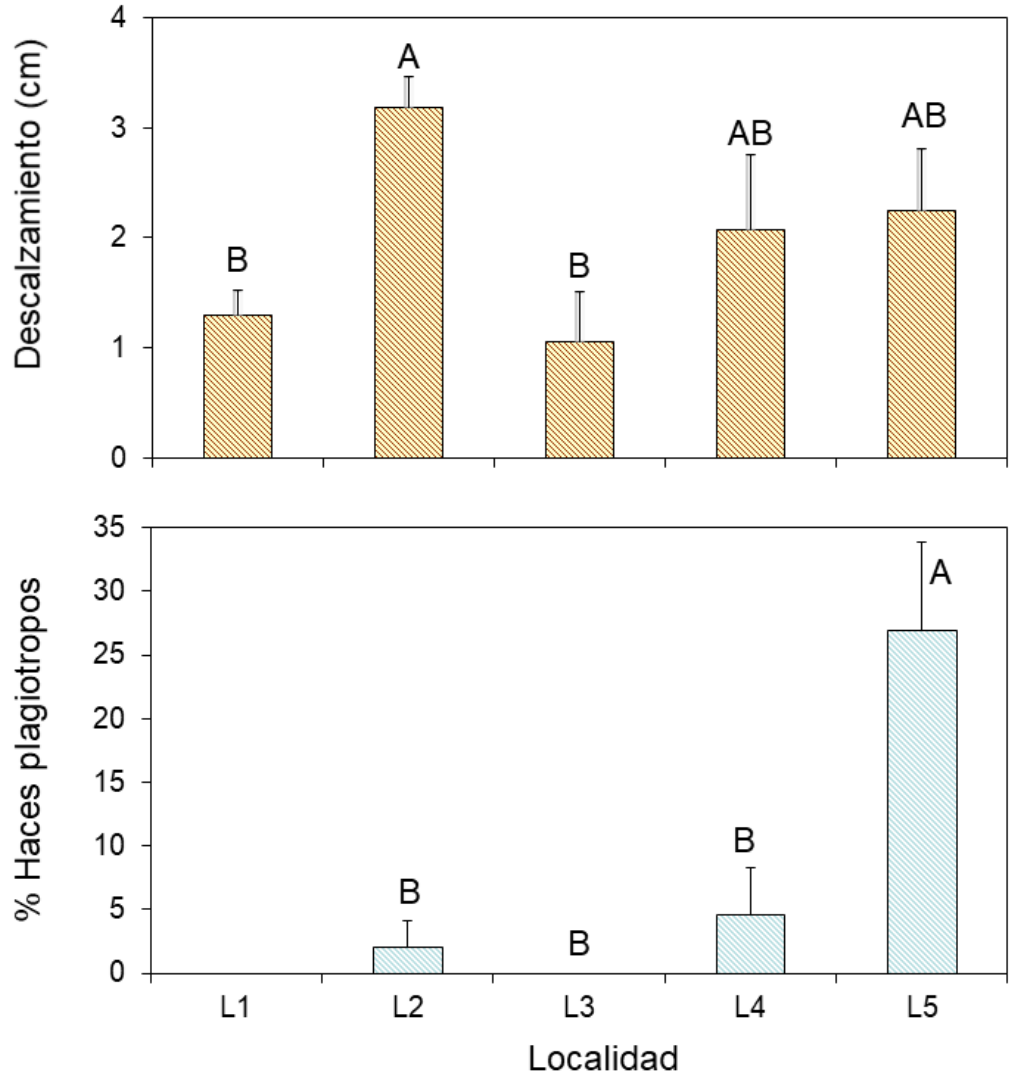


Figura 3.58: Representación gráfica de los datos de descalzamiento de los haces de *Posidonia oceanica* (cm) y del porcentaje de haces plagiotropos (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p<0.05$ (las barras representan el error típico).

También se detectaron diferencias entre el descalzamiento de los haces de las cinco localidades (Figura 3.58), destacando la localidad L2, con haces que sobrepasan en 3.2 cm el sedimento.

3.7.2.- Cobertura

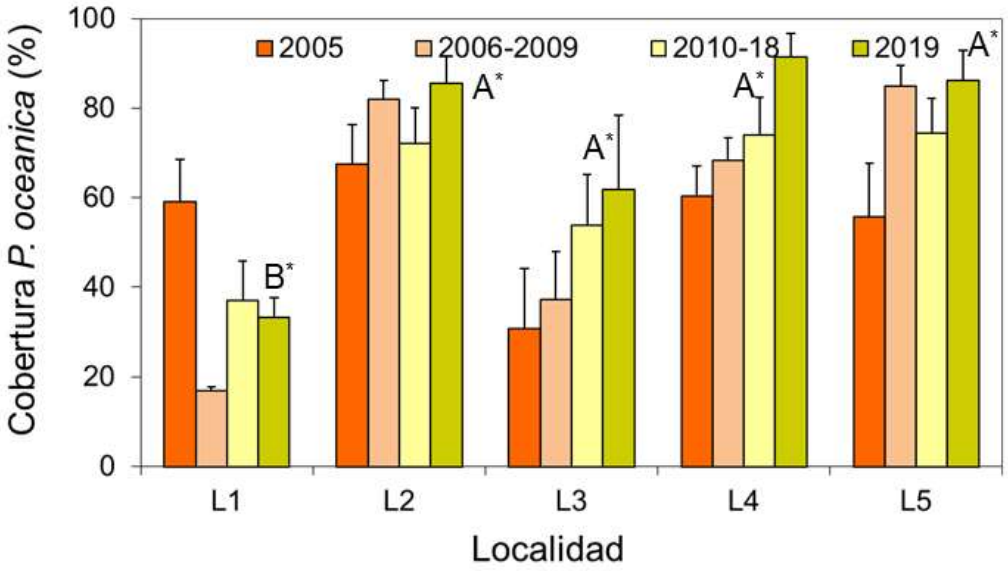


Figura 3.59: Representación gráfica de los datos de cobertura de *Posidonia oceanica* (%) obtenidos en las cinco localidades de estudio, antes (2005) y después (2006 - 2019) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican 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 3.59. En la zona de estudio este año sí se detectaron diferencias significativas entre las distintas localidades (Tabla 3.33). Con valores mínimos para la localidad L1 (33 %), mientras que se estimó una cobertura de 60-90 % 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 todas las localidades, menos en L1. Al compararlo con el resto de años sí se había detectado un incremento significativo de este parámetro para la localidad L1 (Figura 3.59), probablemente debido a la alta variabilidad asociada al método de muestreo empleado.

Parámetro	Fuente de variabilidad	Gl	CM	F	p	F *versus*
Cobertura (%)	**Tiempo**	14	595.9849	2.57	**	Residual
	Localidad	4	15734.9457	67.86	***	Residual
	Tiempo*Localidad	56	727.4862	3.14	***	Residual
	Residual	150	231.8833			

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

3.7.3.- Fenología

Al caracterizar los haces de *Posidonia oceanica* procedentes de las distintas localidades en el presente muestreo siguen se observan diferencias significativas para la longitud media y máxima foliar, y para la superficie y biomasa foliar (Figura 3.60, Tabla 3.34). También se siguen detectando variaciones significativas entre los quince años de muestreo para casi todos los descriptores, así como una interacción del factor tiempo con la localidad para los mismos (Tabla 3.34).

En general, se observa que los haces de las localidades L1 y L2 son de menor porte que el resto, siendo los de la localidad L4 los de mayor tamaño (Tabla 3.34, Figura 3.60). Además, la carga de epífitos detectada este año es menor que la de años anteriores, para todas las localidades estudiadas.

Parámetro	Fuente de variabilidad	Gl	CM	F	p	F *versus*
Número de hojas (hojas haz^{-1})	Tiempo	14	26.3705	31.12	***	Residual
	Localidad	4	0.4867	0.57	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	56	1.5774	1.86	***	Residual
	Residual	675	0.8473			
Longitud media foliar (cm)	Tiempo	14	431.6632	51.40	***	Residual
	Localidad	4	154.4780	18.39	***	Residual
	Tiempo*Localidad	56	31.2063	3.72	***	Residual
	Residual	675	8.3986			
Longitud máxima foliar (cm)	Tiempo	14	3827.3851	21.70	***	Residual
	Localidad	4	481.6287	3.74	**	Residual

	Tiempo*Localidad	56	343.2983	2.66	***	Residual
	Residual	675	128.8549			
Anchura media foliar (cm)						
	Tiempo	14	0.0317	9.07	***	Residual
	Localidad	4	0.0112	3.20	ns	Residual
	Tiempo*Localidad	56	0.0088	2.53	***	Residual
Anchura máxima foliar (cm)	Residual	675	0.0035			
	Tiempo	14	0.0404	8.73	***	Residual
	Localidad	4	0.0237	5.13	***	Residual
	Tiempo*Localidad	56	0.0101	2.17	***	Residual
Superficie foliar (cm^2 haz^{-1})	Residual	675	0.0046			
	Tiempo	14	16479.7319	27.08	***	Residual
	Localidad	4	6944.5160	11.41	***	Residual
	Tiempo*Localidad	56	1662.0139	2.73	***	Residual
Biomasa foliar (g ps haz^{-1})	Residual	675	608.5184			
	Tiempo	14	0.2502	31.60	***	Residual
	Localidad	4	0.0679	8.57	***	Residual
	Tiempo*Localidad	56	0.0226	2.86	***	Residual
Biomasa de epifitos (g ps haz^{-1})	Residual	675	0.0079			
	Tiempo	14	0.0344	33.54	***	Residual
	Localidad	4	0.0122	11.88	***	Residual
	Tiempo*Localidad	56	0.0059	5.76	***	Residual
Epifitos por s.f. (mg ps cm^{-2})	Residual	675	0.0010			
	Tiempo	14	3.8875	20.47	***	Residual
	Localidad	4	1.1852	6.24	***	Residual
	Tiempo*Localidad	56	0.8242	4.34	***	Residual
Herbivorismo (% hojas haz^{-1})	Residual	675	0.1899			
	Tiempo	14	1429.8975	16.77	***	Residual
	Localidad	4	329.1289	3.86	**	Residual
	Tiempo*Localidad	56	321.5266	3.77	***	Residual
	Residual	675	85.2654			

Tabla 3.34: 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.

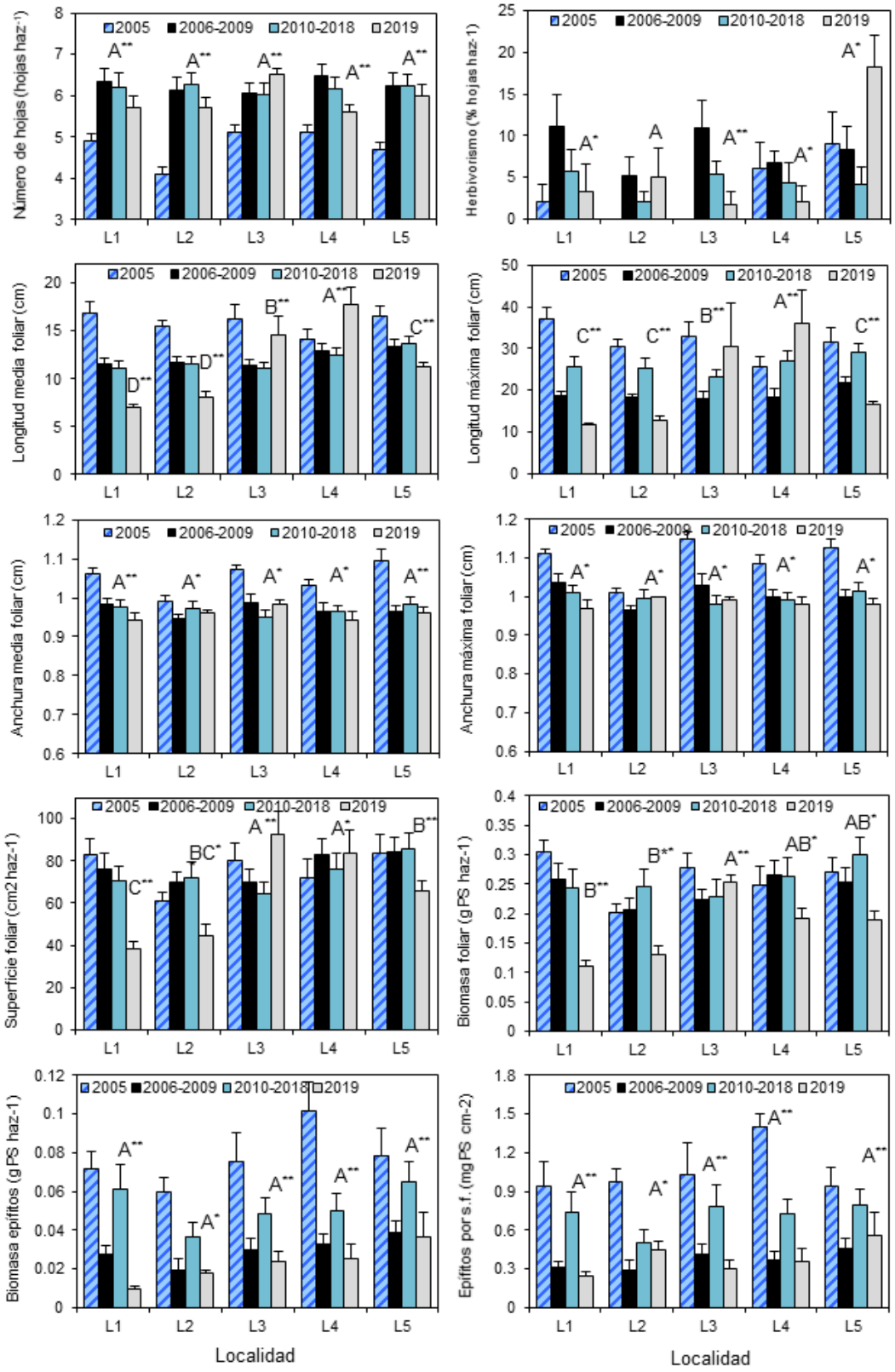


Figura 3.60: Representación de los datos de fenología obtenidos para los haces de las cinco localidades con anterioridad (2005) y posterioridad (2006-2009, 2010-2018 y 2019) del funcionamiento del emisario. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p<0.05$ (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (*<0.05 y **<0.01).

3.7.4.-Análisis multivariante de las localidades

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

Según se puede observar en la representación gráfica del cluster (Figura 3.61) se sigue manteniendo cierta agrupación de las localidades en función de su situación y del año de muestreo.

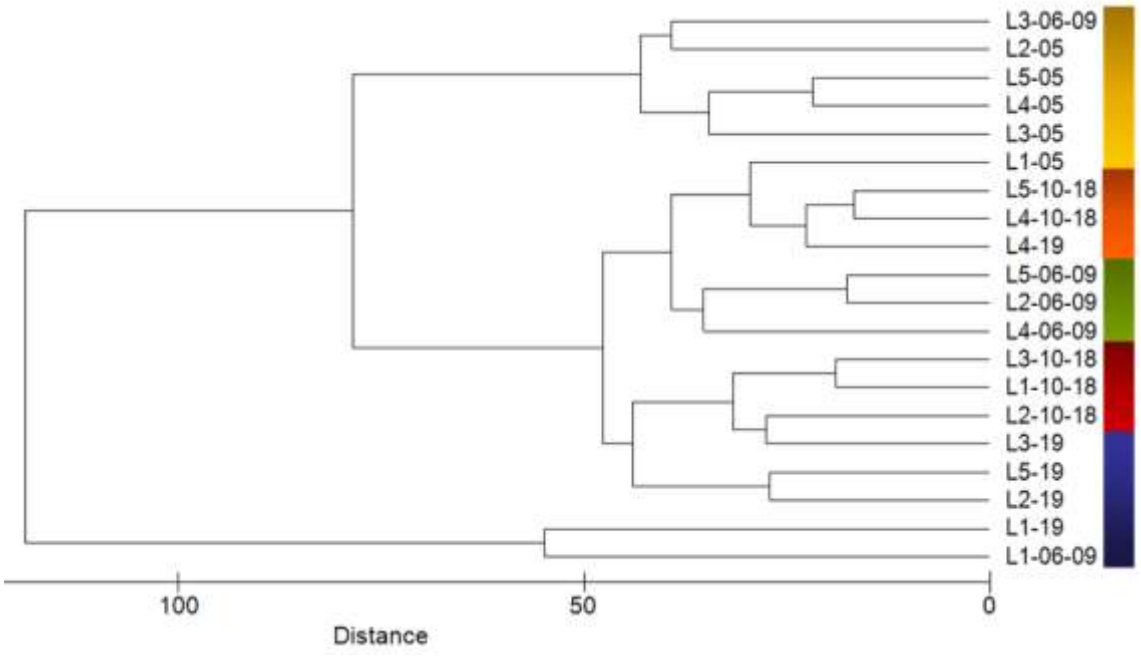


Figura 3.61: Representación del dendrograma realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.

Esta misma agrupación se puede observar de una forma más visual en la representación bidimensional del MDS (Figura 3.62).

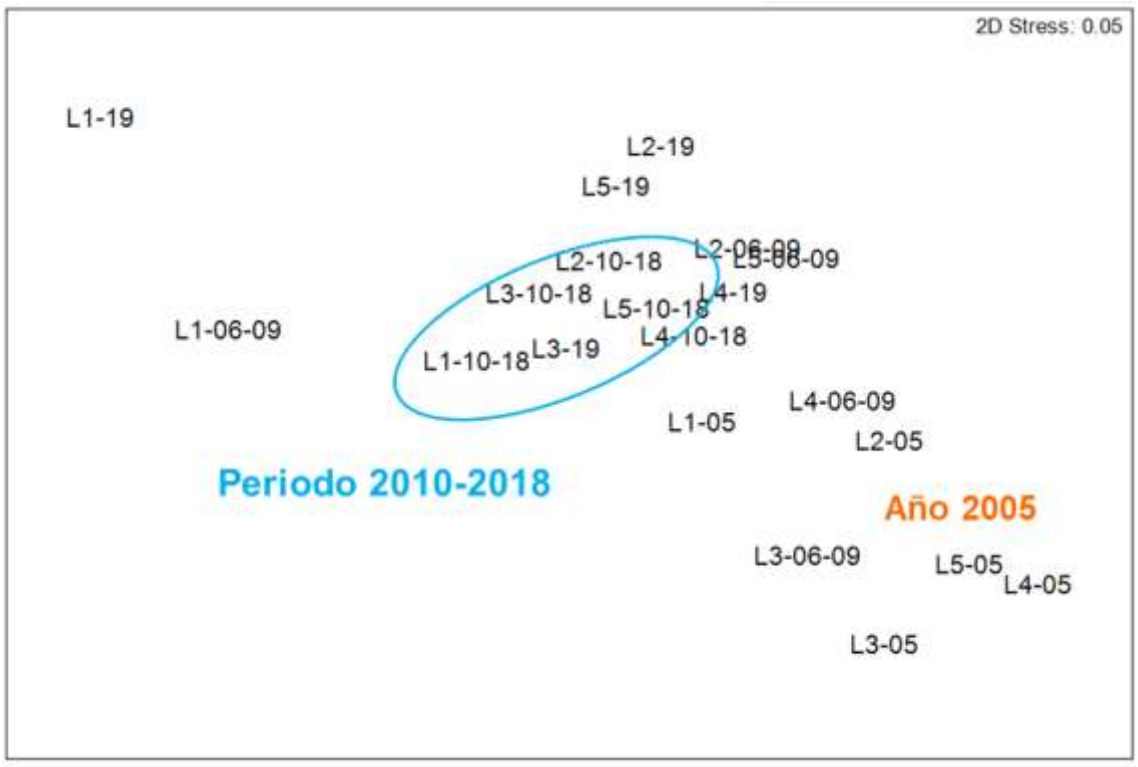


Figura 3.62: Análisis de escalamiento multidimensional (MDS) realizado con la matriz de similitud de las localidades de estudio.

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

Para obtener un valor concreto de EQR (*Ecological Quality Ratio*), se realizó un análisis de los componentes principales (ACP) con los ocho descriptores previamente seleccionados. En este análisis, se observó que el primer componente por si solo explicaba el 72.4 % del total de la variabilidad, mientras que el segundo explicaba el 24.3 %, lo que indicaría la existencia de una fuente principal de variación común para todos los descriptores. Los parámetros que se encontraban positivamente correlacionados con el componente I eran indicativos de buena calidad (densidad, superficie foliar, índice de conservación y cierto descalzamiento frente al enterramiento), mientras que aquellos que se correlacionan de forma negativa indicarían mal estado (herbivorismo, necrosis, biomasa de epífitos y predominancia de rizomas plagiotropos). Lo que

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

Al representar las distintas localidades, vemos como éstas se hallan distribuidas a lo largo del eje del componente I, desde los valores más negativos donde aparece la localidad más degradada, hasta los mayores valores que alcanza la localidad de referencia (Figura 3.63). A partir de estos valores, se calculó el EQR (Tabla 3.36).

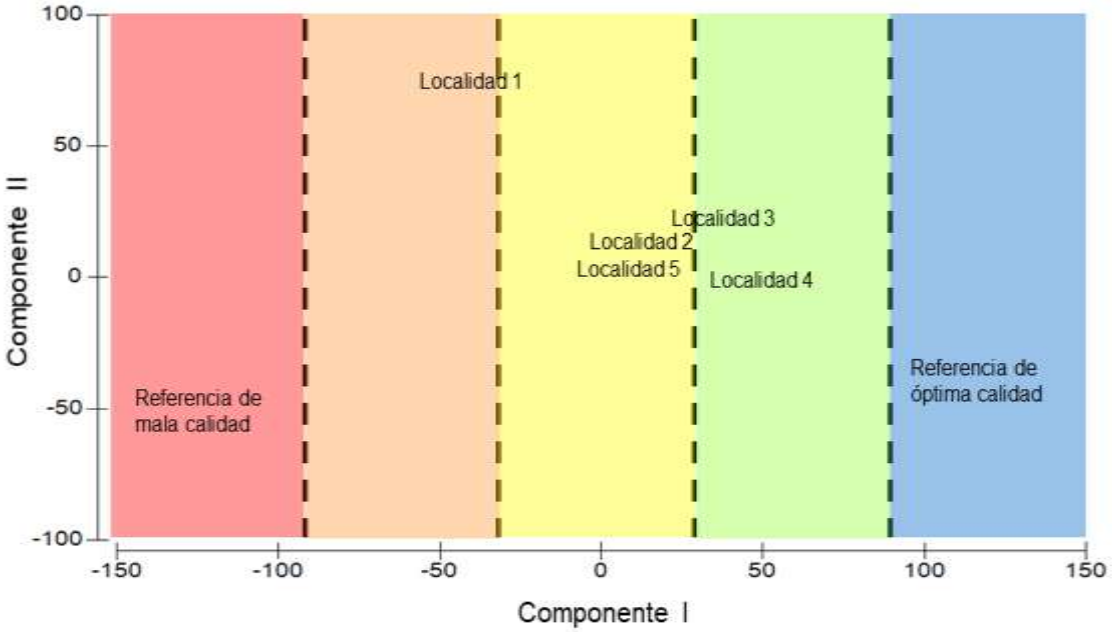


Figura 3.63: Resultado del análisis de los componentes principales (PCA) de las localidades estudiadas (incluyendo las localidades de referencia). El color rojo agrupa a las localidades muy degradadas, el naranja a las de calidad deficiente, el amarillo a aquellas con calidad media, el verde las que 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 3.35) 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, exceptuando la localidad L1 con

una calidad deficiente, probablemente debido a la pérdida de las parcelas de muestreo.

Rango de valores del EQR	Calidad
0.775 ≤ EQR ≤ 1.000	Muy buena
0.550 ≤ EQR ≤ 0.774	Buena
0.325 ≤ EQR ≤ 0.549	Moderada
0.100 ≤ EQR ≤ 0.324	Deficiente
0.000 ≤ EQR ≤ 0.099	Mala

Tabla 3.35: 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	0.2371	Deficiente
Localidad 2	0.5069	Moderada
Localidad 3	0.5580	Buena
Localidad 4	0.6135	Buena
Localidad 5	0.5180	Moderada

Tabla 3.36: Valoración de la calidad ecológica de las localidades estudiadas en función del componente I del ACP.

3.8.- Equinodermos

Las especies de equinodermos encontradas de forma mayoritaria durante el último muestreo pertenecían al género *Holothuria sp*., asimismo se observaron algunos ejemplares de la estrella de mar *Echinaster sepositus* en todas las localidades muestreadas menos en L4 y L5 (Tabla 3.37 y Figura 3.64). Sin embargo, en este muestreo no aparecen ejemplares de otras especies de equinodermos.

L.	2005	2006-2009	2010-2018	2019
L 1	*Holothuria sp.* *Echinaster sepositus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus* *Paracentrotus lividus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus* *Paracentrotus lividus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus*
L 2	*Holothuria sp.* *E. sepositus* *Astropecten spinulosus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus* *Paracentrotus lividus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus*
L 3	*Holothuria sp.* *E. sepositus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus* *Sphaerechinus granularis*	*Holothuria sp.* *E. sepositus*
L 4	*Holothuria sp.* *E. sepositus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus* *Marthasterias glacialis* *Paracentrotus lividus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus*	*Holothuria sp.*
L 5	*Holothuria sp.* *E. sepositus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus*	*Holothuria sp.* *E. sepositus*	*Holothuria sp.*

Tabla 3.37: Especies de equinodermos identificadas en cada una de las cinco localidades durante los muestreos del 2005, 2006-2009, 2010-2018 y 2019.

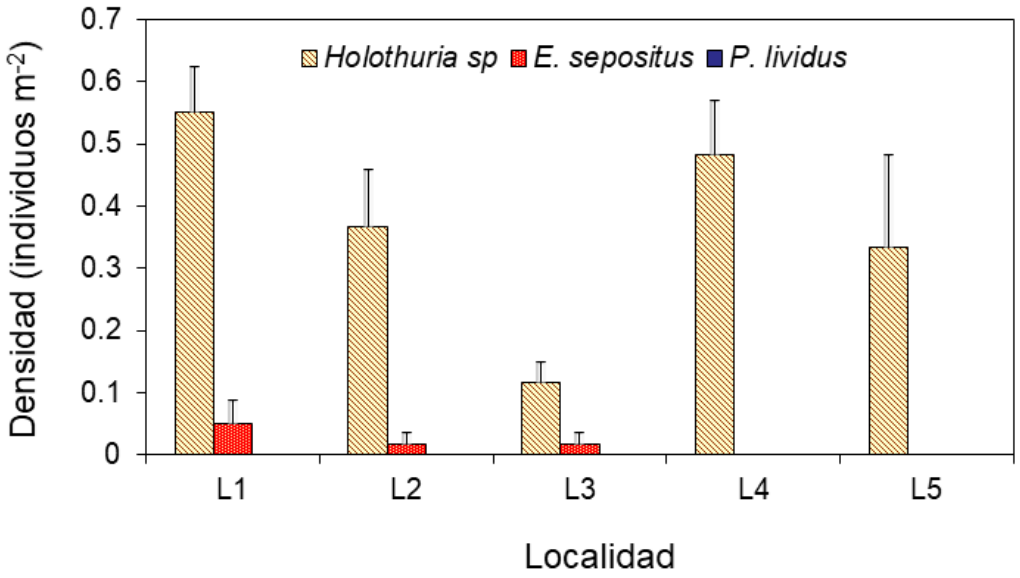


Figura 3.64: Representación gráfica de los datos de densidad de las distintas especies de equinodermos (nº individuos m^{-2}) obtenidos en el año 2019 en las cinco localidades de estudio, sobre pradera de *P. oceanica* a - 26 m de profundidad (las barras representan el error típico).

En cuanto a los valores de densidad total de equinodermos durante este muestreo, estos mostraron diferencias significativas (Tabla 3.38), con valores más elevados en la Localidad 1 (0.6 individuos m^{-2}), frente al resto, con valores comprendidos entre 0.13 y 0.48 individuos m^{-2} (Figura 3.65). En todas las localidades menos en L3 estos valores son superiores a los del periodo anterior, pero entran dentro de la variabilidad de este grupo de especies y de la metodología empleada.

Parámetro	Fuente de variabilidad	Gl	CM	F	p	F *versus*
Densidad de equinodermos (transf. √(x+1))	**Tiempo**	14	0.3168	63.11	***	Residual
	Localidad	4	0.0426	8.49	***	Residual
	Tiempo*Localidad	56	0.0432	8.61	***	Residual
	Residual	225	0.0050			

Tabla 3.38: Resumen de los ANOVAs realizados a los valores de densidad de equinodermos (individuos m^{-2}) obtenidos en las cinco localidades de estudio (L1 – L5) previa y posteriormente a que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Gl = grados de libertad, CM = Cuadrados Medios, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.

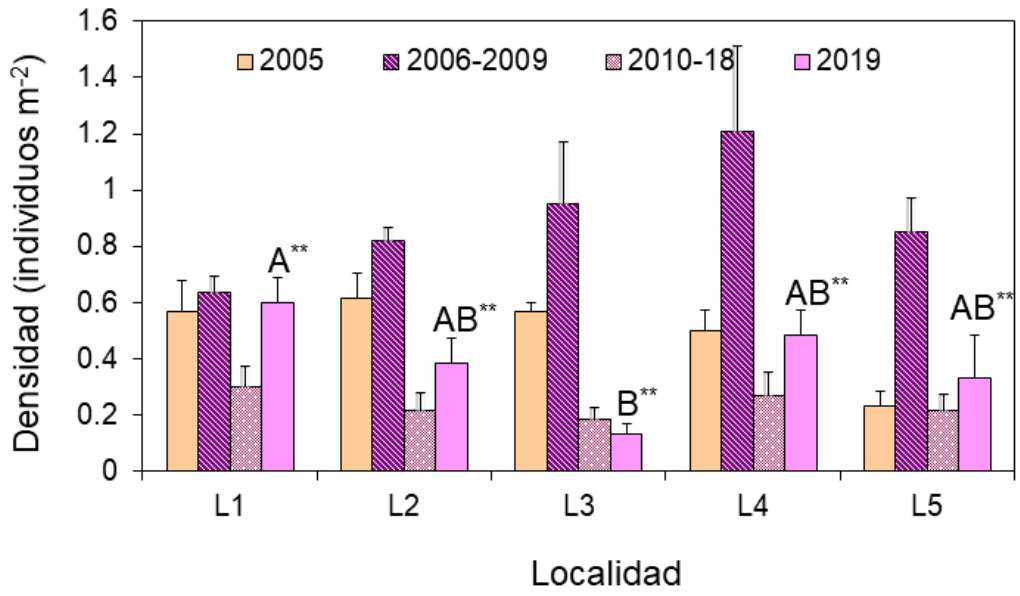


Figura 3.65: Densidad total de equinodermos (número de individuos por m^2) en las cinco localidades de estudio, obtenida antes (2005) y después (2006 - 2019) de que el emisario de la desalinizadora comenzase a funcionar. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes para $p<0.05$ (las barras representan el error típico). Los asteriscos indican una interacción significativa de la localidad con el factor tiempo (**<0.01).

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

Las figuras siguientes presentan los resultados de las cuatro campañas de salinidad (febrero, mayo, agosto y octubre) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma salina durante el año 2019.

La salinidad máxima registrada en profundidad ha sido de 38.5 durante el mes de febrero, 38.40 durante el mes de mayo, 38.5 durante el mes de agosto y 37.7 durante el mes de octubre. Estos valores no alcanzan los registrados durante las campañas anteriores al 2010, debido al aumento de la mezcla de este efluente gracias al tramo difusor colocado en el extremo del emisario el mes de mayo de 2010. En la campaña del 16 de enero se observa el aumento de salinidad provocado por la fuga en el emisario que fue reparada por el procedimiento de urgencia entre los días 9 y 11 de febrero de 2019. A partir de ese momento no se observa aumento de salinidad debida a la fuga lo que indica la efectividad de la reparación realizada.

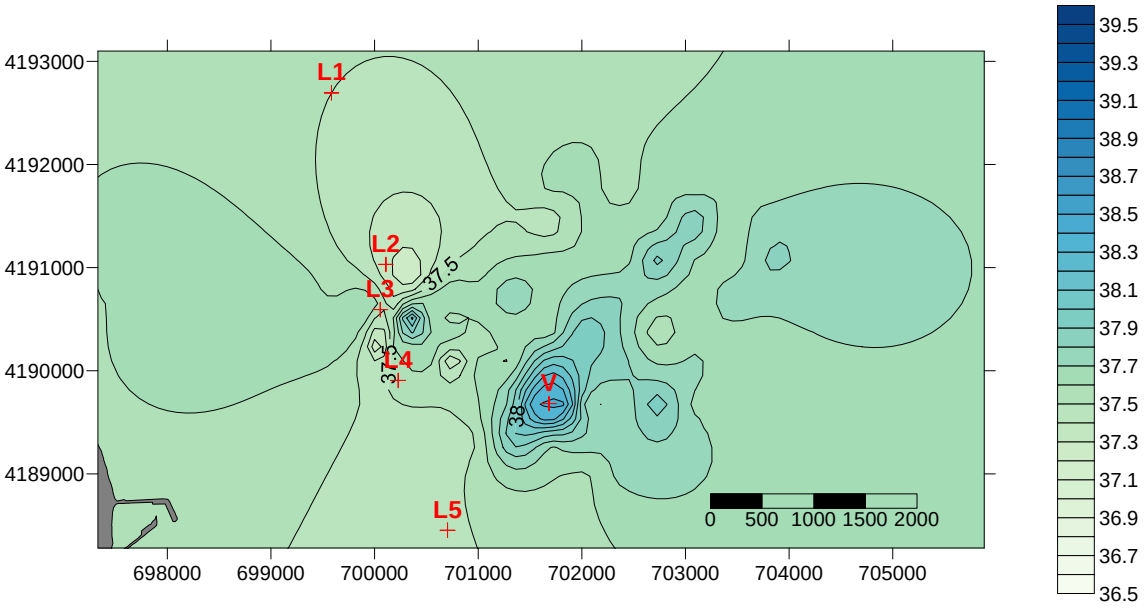


Figura 3.67. Campaña de salinidad en profundidad de 16 de enero de 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad. Se observa el aumento de salinidad por la fuga en el emisario antes de su reparación

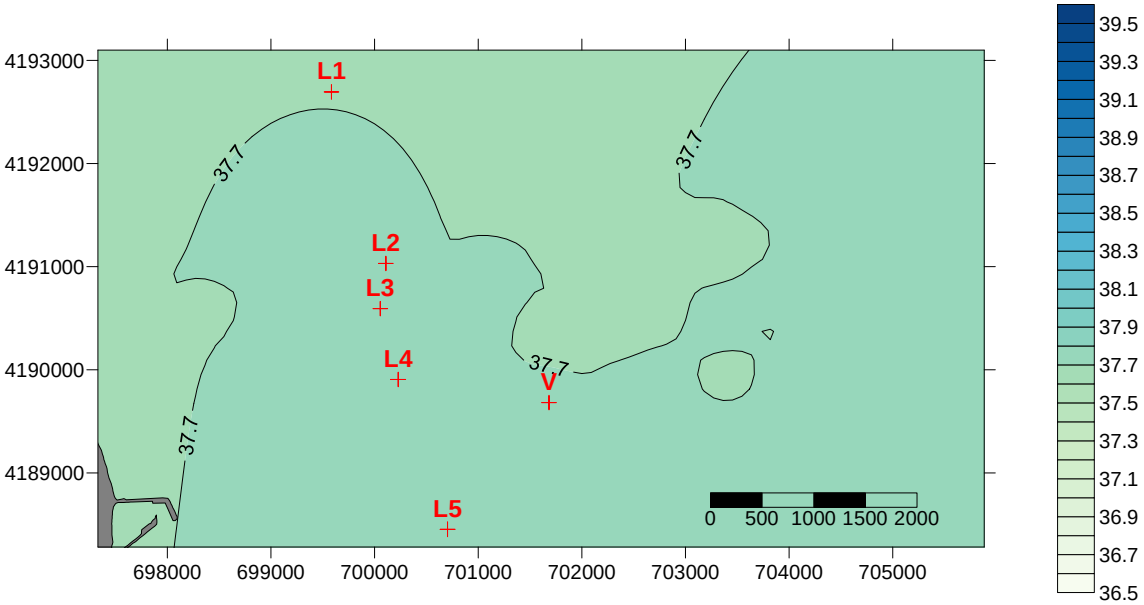


Figura 3.68. Campaña de salinidad en superficie de enero 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

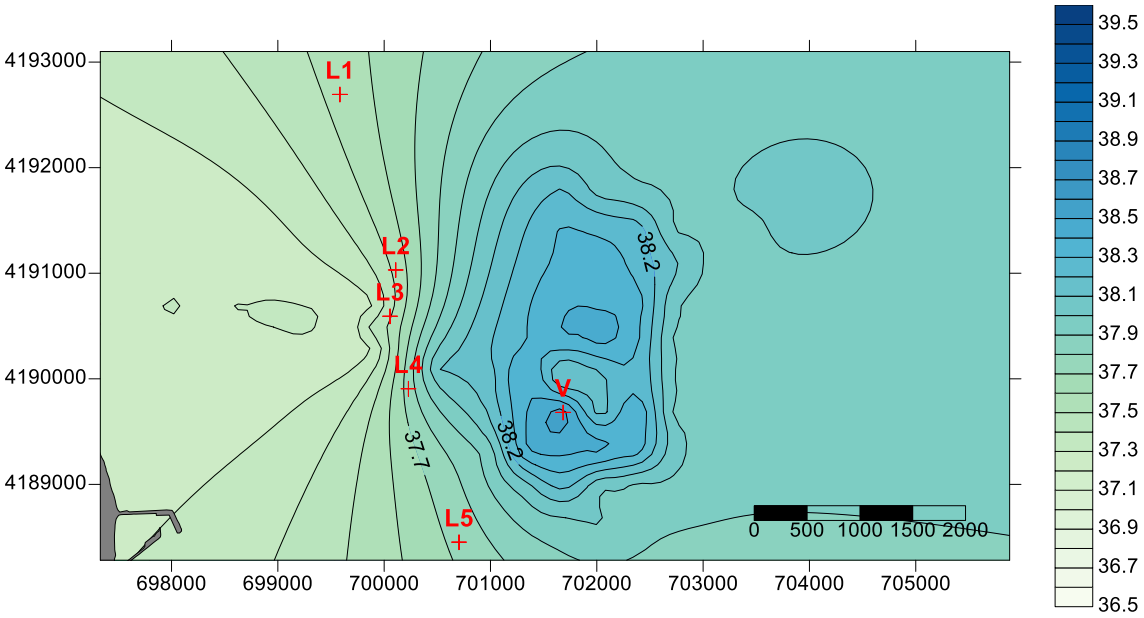


Figura 3.69. Campaña de salinidad en profundidad de mayo 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

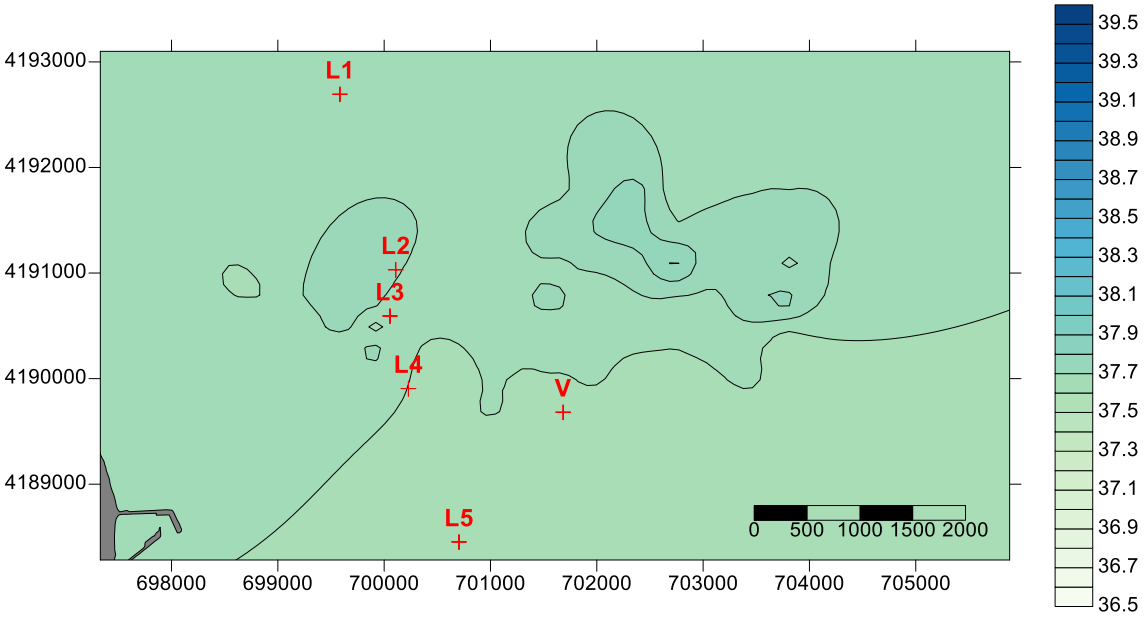


Figura 3.70. Campaña de salinidad en superficie de mayo 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

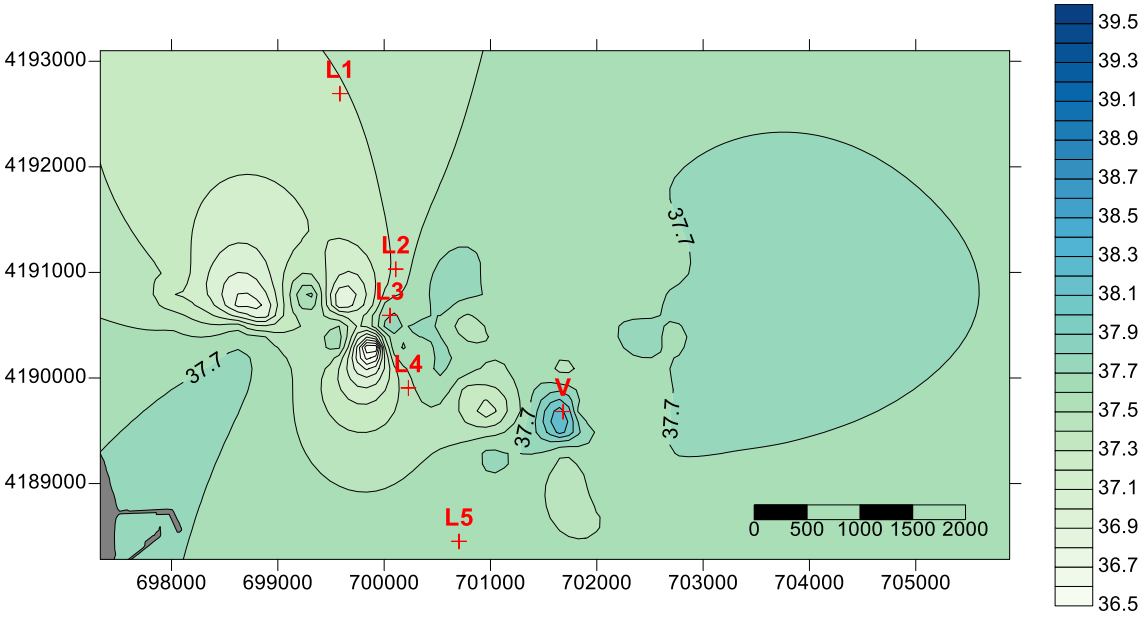


Figura 3.71. Campaña de salinidad en profundidad de agosto 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

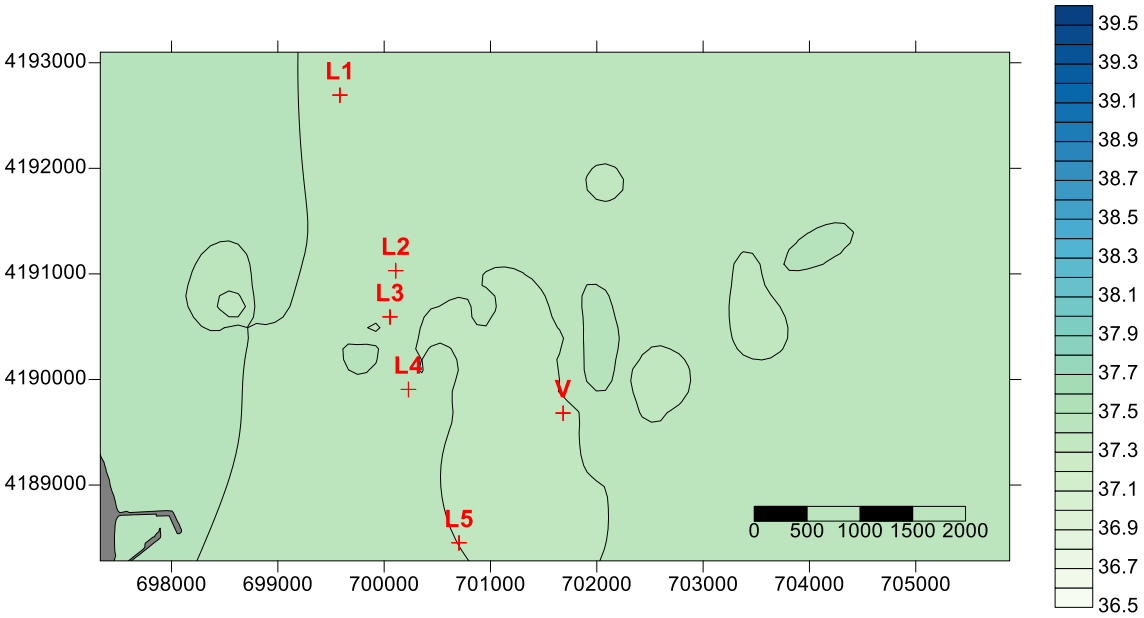


Figura 3.72. Campaña de salinidad en superficie de agosto 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

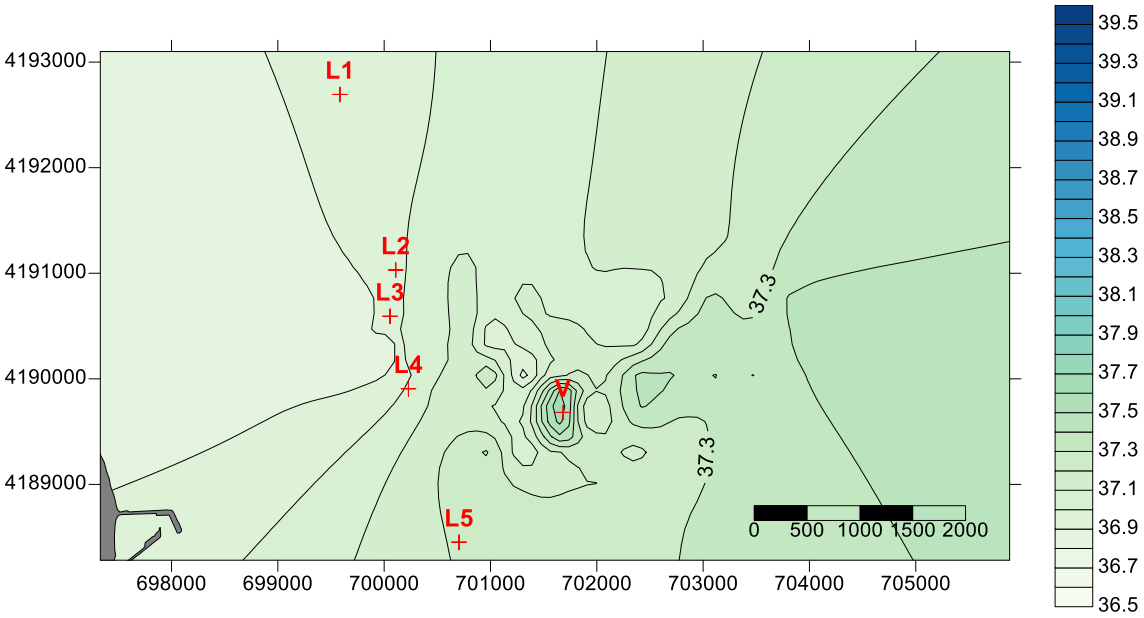


Figura 3.73. Campaña de salinidad en profundidad de octubre 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

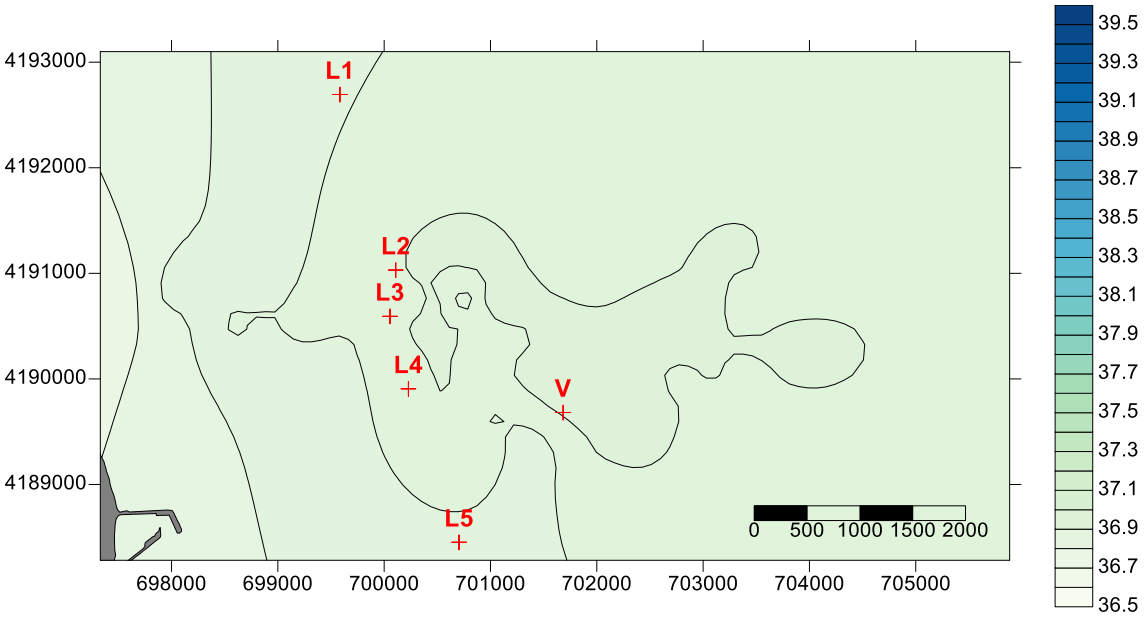


Figura 3.74. Campaña de salinidad en superficie de octubre 2019. V indica el punto de vertido del emisario. También aparecen las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

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

Las figuras siguientes presentan los resultados de temperatura de las cuatro campañas (febrero, mayo, agosto y octubre) que se realizaron para caracterizar la distribución de la pluma durante el año 2019.

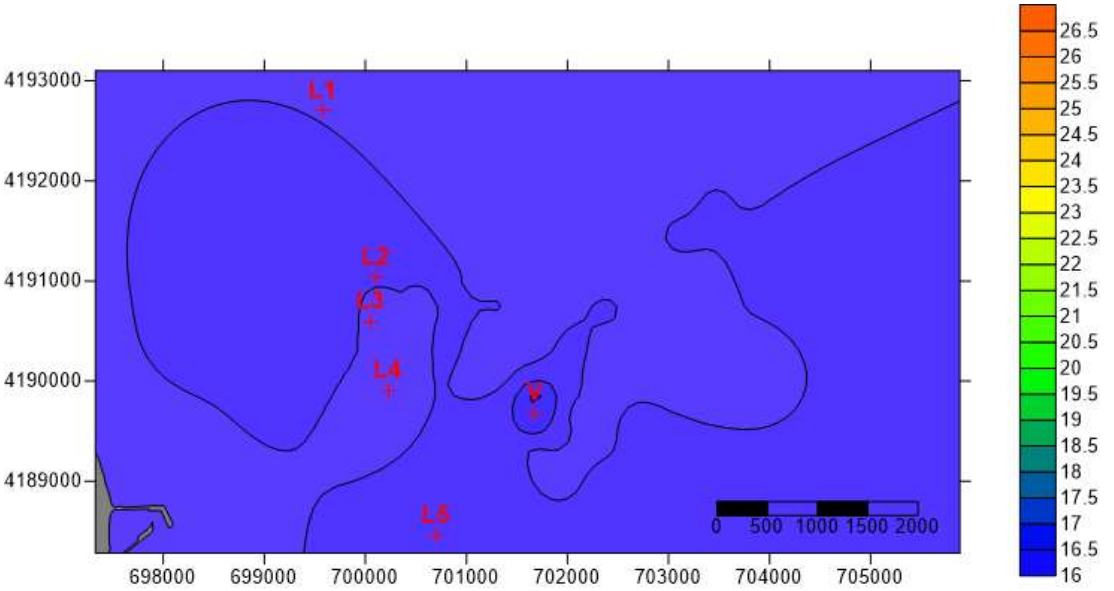


Figura 3.75. Temperatura en el fondo en enero del 2019. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

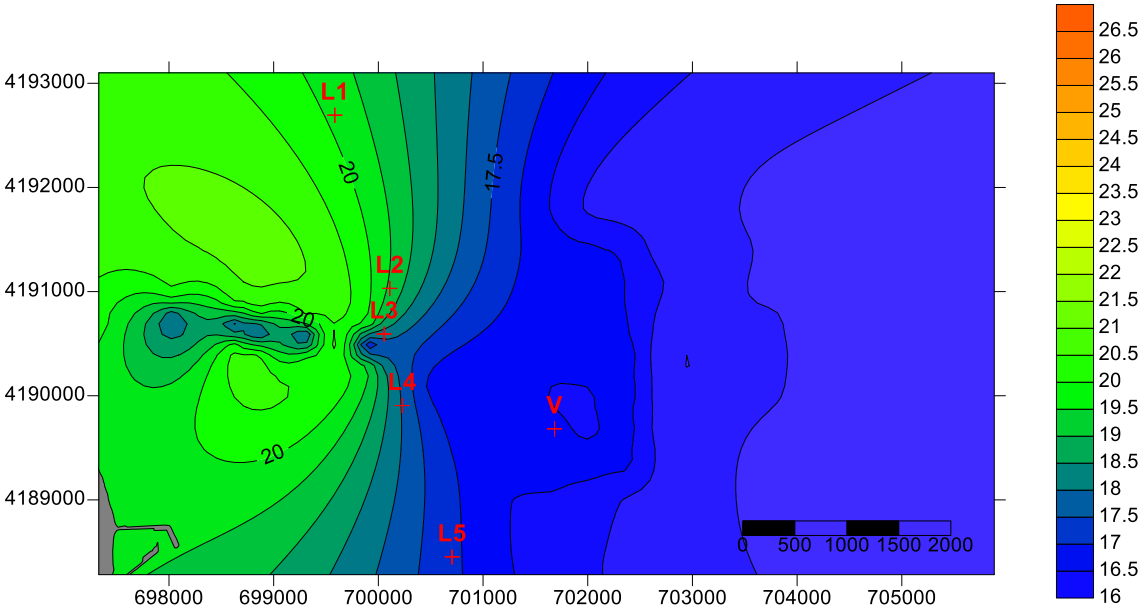


Figura 3.76. Temperatura en el fondo en mayo del 2019. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

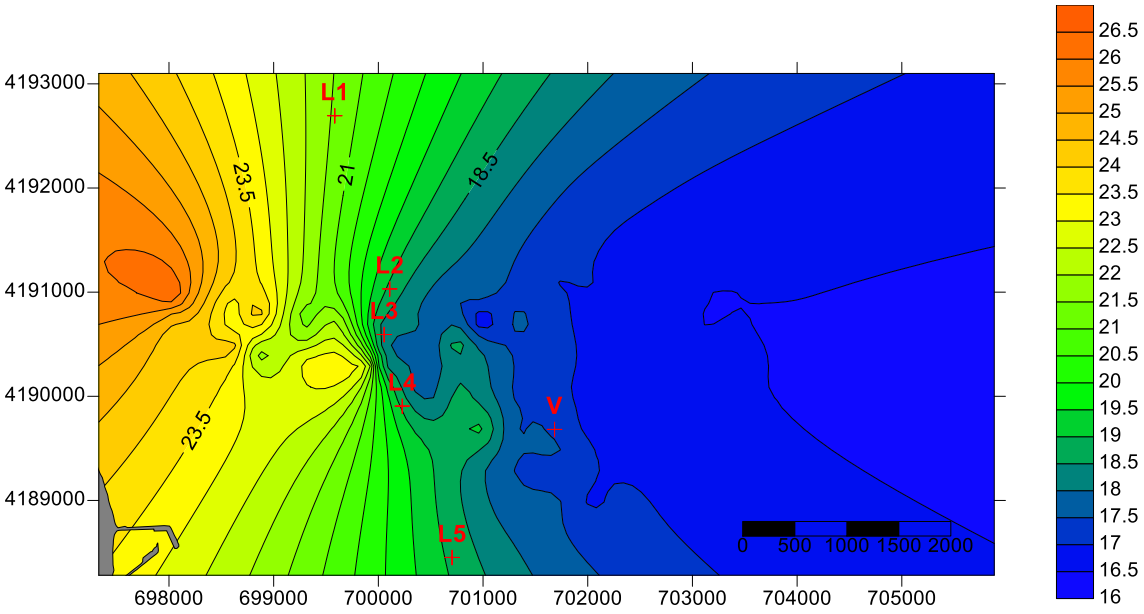


Figura 3.77. Temperatura en el fondo en agosto del 2019. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

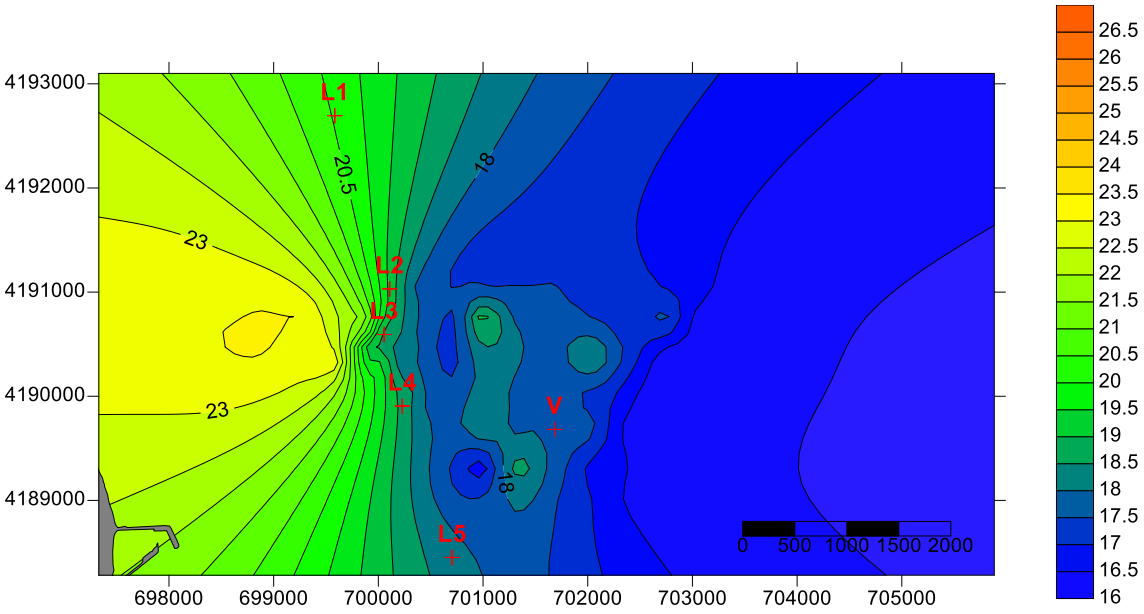


Figura 3.78. Temperatura en el fondo en octubre del 2019. Los puntos indican el punto del vertido y las cinco localidades donde se encuentran los sensores de salinidad.

4. VALORACIÓN Y CONCLUSIONES

Las campañas de salinidad demuestran que el incremento de salinidad en el punto de vertido es bajo respecto a lo que se observaba en años anteriores a la instalación del tramo difusor al final del emisario y que la pluma salina tiene un menor alcance. De modo que el valor máximo de salinidad registrado durante las campañas del 2019 no supera 38.8 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. En la campaña de enero se observa un aumento de salinidad debido a la rotura del emisario provocado por la corrosión del carrete metálico pero este aumento de salinidad desaparece en el resto de campañas lo que indica la efectividad de la reparación realizada.

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 micromantas de hormigón está siendo compensada por el enterramiento del emisario y se efectuaron operaciones de lastrado que compensan los lastres en U invertida que no contactan con el emisario desde el momento de su construcción. La inspección de este año también ha detectado posibles incidencias tanto en la zona donde se ha efectuado la última reparación del emisario como en la zona más somera del mismo. Se recomienda que el seguimiento estructural de este año realice antes de lo que se suele realizar para poder caracterizar mejor las posibles incidencias detectadas y su evolución y valorar si el temporal Gloria ha podido afectar a integridad del emisario.

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 sedimentológico muestra diferentes granulometrías entre transectos, con un mayor porcentaje de fangos en la mayoría de las estaciones del transecto norte y fracciones granulométricas más gruesas en las estaciones del transecto del vertido. Esta granulometría es estable entre las distintas campañas detectándose ligeras variaciones de manera puntual en la estación

vertido respecto a campañas anteriores, con un incremento de lutitas durante otoño y de arenas gruesas y gravas durante el invierno y primavera. En las estaciones muestreadas a causa de la fuga, se observa una fracción granulométrica más gruesa, compuesta principalmente por arenas.

El contenido de materia orgánica muestra variaciones entre estaciones, con un patrón similar al detectado en la granulometría, detectándose mayores valores en las estaciones con mayor contenido de fangos del transecto norte. En invierno se observan niveles inferiores. Respecto a campañas anteriores se observan ligeras variaciones estacionales, como es un aumento en la estación del vertido durante otoño.

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

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

La comunidad de infauna durante la primavera del 2019 no refleja cambios relacionados con el vertido de salmuera. Existe una alta similitud entre estaciones aunque el índice BOPA ha mostrado un estado por debajo de la categoría de “Bueno” en la estación N3. Este valor se debe a una mayor abundancia de poliquetos de las familias Capitellidae y Paraonidae en comparación las otras estaciones, además de un bajo número de anfípodos. Este estado puede deberse a un hecho puntual y se observará si existe un cambio en futuro muestreos para descartar el efecto de algún otro impacto en esta zona control. En la estación del vertido se detecta un ligero incremento en el número de anfípodos, tanaidáceos, bivalvos, poliquetos, y ofiuras respecto a las estaciones V3 y V4, además de mostrar valores superiores en abundancia en comparación con las campañas de años anteriores. Los factores ambientales que contribuyen a las diferencias en la composición de infauna son

todas las fracciones granulométricas excepto la arena fina y el potencial RedOx, separando por un lado aquellas estaciones con fracciones más gruesas y con niveles más positivos de potencial RedOx, al ser sedimentos más oxigenados, de aquellas con mayor componente lutítico y menor oxidación.

Durante la campaña de otoño tanto la abundancia como la riqueza fueron similares entre ambos transectos. En el caso de la abundancia, todas las estaciones excepto N2 y V4 fueron superiores al promedio de los anteriores periodos, tanto antes como después del difusor, aunque este aumento no fue estadísticamente significativo. En el caso de la riqueza, también se observa una tendencia al aumento de taxones en todas las estaciones. La variable ambiental que mostró ser más explicativa en cuanto a las diferencias en la infauna es el porcentaje de arenas gruesas, siendo superior en la estación V4, que posee una comunidad diferenciada del resto de estaciones debido a su baja abundancia en poliquetos, anfípodos, tanaidáceos y bivalvos principalmente.

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

Los índices de diversidad y equitatividad junto con la abundancia y riqueza, así como los cambios en la composición del poblamiento de poliquetos nos indican que la alteración en la estación próxima al vertido de salmuera observada durante las campañas de 2006 a 2010 ha desaparecido debido a las medidas correctoras adoptadas ya que, a partir de la campaña de otoño del 2010, se observa un incremento de dichos índices en la estación dónde se ubica el vertido de la desalinizadora, respecto a las campañas anteriores, patrón que se mantiene durante esta última campaña (2019) de tal modo que se alcanzan valores similares a los controles.

Durante la campaña de primavera de la campaña del 2019 se detecta una segregación, en cuanto a la estructura y composición del poblamiento de poliquetos, entre las estaciones localizadas al norte, principalmente N1, N2 y

N3, junto a la estación V1 y las estaciones localizadas al sur, junto a las estaciones N4. Este mismo patrón se ha ido observando en la mayoría de las campañas de muestreo. Estas diferencias son debidas al dominio de las familias Lumbrineridae, Paraonidae, Magelonidae, Cirratulidae, Capitellidae y Paralacydoniidae en el grupo establecido por las estaciones más próximas al vertido de aguas residuales, mientras que en la mayoría de las estaciones caracterizadas por la heterogeneidad del sedimento se encuentran dominadas por las familias Syllidae, Onuphidae y Sabellidae. Se mantiene la segregación de la estación V2, durante las campañas del 2006, 2009 y 2010, al producirse un descenso acusado tanto de la abundancia como de la riqueza (grupo A); descenso no detectado a partir de la campaña de primavera del 2011.

Durante la campaña de muestreo en otoño del 2019 tampoco se detectan diferencias significativas ni para la abundancia ni para la riqueza. Sin embargo, se observa cierta disgregación de las estaciones del norte (N1, N2, N3) en cuanto a la composición y estructura del poblamiento de poliquetos, siendo las estaciones localizadas en el transecto vertido, junto a la estación N4, las que presenta mayor heterogeneidad. En las estaciones localizadas al norte dominan las familias Lumbrineridae, Poecilochaetidae, Paraonidae, Capitellidae y Spionidae, mientas que, en las estaciones localizadas en el vertido, junto a N4, dominan principalmente la familia Syllidae. En cuanto a la evolución durante la campaña de otoño se mantiene el patrón detectado en campañas anteriores, en el que la mayoría de las estaciones del norte, junto a V1 se segregan del resto de las estaciones de muestreo.

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

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

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

En cualquier caso, al tratarse de localidades situadas en el borde inferior de la pradera es normal detectar ciertos síntomas de degradación, ya que en su momento se vieron expuestas a los efectos de la pesca de arrastre y a la presencia de fuentes de eutrofización próximas como el vertido de la EDAR de San Pedro del Pinatar o el polígono de acuicultura que podrían afectar al límite inferior de la pradera. 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 deficiente, 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

ANEXO 10. Informe de reparación del emisario

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_angiospermspdf/_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.