

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDÍA  
Ingeniería Técnica Forestal

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



**“Análisis de nutrientes y biomasa  
fitoplanctónica en el tramo final y  
desembocadura del río Serpis”**

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor:

***Eric Belenguer Peris***

Directores:

***Dra. Dña. María Teresa Sebastiá Frasquet***

***Dr. D. Miguel Rodilla Alamá***

GANDÍA, 2013



## **ÍNDICE GENERAL**

<b>1. Introducción</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Material y Métodos</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1. Área de estudio</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2. Metodología</b> .....	<b>15</b>
3.2.1. Trabajo de gabinete. ....	15
3.2.2. Trabajo de campo. ....	16
3.2.3. Análisis de laboratorio .....	16
3.2.4. Análisis estadísticos .....	19
<b>4. Resultados</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1. Diseño del muestreo</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1. Descripción univariada de las variables</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2. Condiciones de aplicación del ANOVA</b> .....	<b>27</b>
4.2.1. pH.....	28
4.2.2. Conductividad .....	29
4.2.3. Sólidos suspendidos .....	30
4.2.4. Amonio .....	31
4.2.5. Nitritos .....	32
4.2.6. Nitratos .....	33
4.2.7. Nitrógeno inorgánico disuelto.....	34
4.2.8. Fósforo soluble reactivo .....	35
4.2.9. Fósforo total .....	36
4.2.10. Sílice .....	37
4.2.11. NID:DIP .....	38
4.2.12. DSi:DIP .....	39
4.2.13. NID:DSi .....	40
4.2.14. Clorofila <i>a</i> .....	41
<b>4.3. Análisis multivariante</b> .....	<b>42</b>
4.3.1. Análisis de la varianza .....	42
4.3.1.1. Según la situación.....	43
4.3.1.2. Según la época .....	57
4.3.1.3. Según el día .....	71
4.3.2. Correlaciones .....	86
<b>5. Discusión</b> .....	<b>90</b>
<b>6. Conclusión</b> .....	<b>93</b>
<b>7. Bibliografía</b> .....	<b>94</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de localización de la zona de estudio</i> .....	11
<i>Figura 2. Vista aérea de la EDAR de Gandía</i> .....	12
<i>Figura 3. Usos del suelo de Gandía</i> .....	13
<i>Figura 4. Estación de aforo “Assut d’En Carròs”</i> .....	15
<i>Figura 5. Estación de aforo del río Vernisa</i> .....	15
<i>Figura 6. Datos de Aforo de las estaciones que afectan al estudio</i> .....	20
<i>Figura 7. Puntos de muestreo del estudio</i> .....	21
<i>Figura 8. Punto de muestreo nº1</i> .....	21
<i>Figura 9. Punto de muestreo nº2</i> .....	22
<i>Figura 10. Punto de muestreo nº3</i> .....	22
<i>Figura 11. Punto de muestreo nº4, 5 y 6</i> .....	23
<i>Figura 12. Punto de muestreo PEM</i> .....	23
<i>Figura 13. Gráficos análisis univariado de los datos de pH</i> .....	28
<i>Figura 14. Gráficos análisis univariado de los datos de Conductividad</i> .....	29
<i>Figura 15. Gráficos análisis univariado de los datos de Sólidos suspendidos</i> .....	30
<i>Figura 16. Gráficos análisis univariado de los datos de Amonio</i> .....	31
<i>Figura 17. Gráficos análisis univariado de los datos de Nitritos</i> .....	32
<i>Figura 18. Gráficos análisis univariado de los datos de Nitratos</i> .....	33
<i>Figura 19. Gráficos análisis univariado de los datos de Nitrógeno inorgánico disuelto</i> .....	34
<i>Figura 20. Gráficos análisis univariado de los datos de Fósforo soluble reactivo</i> .....	35
<i>Figura 21. Gráficos análisis univariado de los datos de Fósforo total</i> .....	36
<i>Figura 22. Gráficos análisis univariado de los datos de Sílice</i> .....	37
<i>Figura 23. Gráficos análisis univariado de los datos de NID:DIP</i> .....	38
<i>Figura 24. Gráficos análisis univariado de los datos de DSi:DIP</i> .....	39
<i>Figura 25. Gráficos análisis univariado de los datos de NID:DSi</i> .....	40
<i>Figura 26. Gráficos análisis univariado de los datos de Clorofila a</i> .....	41
<i>Figura 27. Gráfico pH según situación</i> .....	43
<i>Figura 28. Gráfico Conductividad según situación</i> .....	44
<i>Figura 29. Gráficos Sólidos Suspendidos según situación</i> .....	45
<i>Figura 30. Gráficos Amonio según situación</i> .....	46
<i>Figura 31. Gráfico Nitritos según situación</i> .....	47
<i>Figura 32. Gráfico Nitratos según situación</i> .....	48
<i>Figura 33. Gráficos Nitrógeno inorgánico disuelto según situación</i> .....	49
<i>Figura 34. Gráficos Fósforo soluble reactivo según situación</i> .....	50
<i>Figura 35. Gráficos Fósforo total según situación</i> .....	51
<i>Figura 36. Gráfico Sílice según situación</i> .....	52
<i>Figura 37. Gráfico NID:DIP según situación</i> .....	53

Figura 38. Gráfico DSi:DIP según situación.....	54
Figura 39. Gráfico NID:DSi según situación .....	55
Figura 40. Gráfico Clorofila a según situación .....	56
Figura 41. Gráfico pH según la época .....	57
Figura 42. Gráfico Conductividad según la época .....	58
Figura 43. Gráfico Sólidos suspendidos según la época .....	59
Figura 44. Gráfico Amonio según la época .....	60
Figura 45. Gráfico Nitritos según la época .....	61
Figura 46. Gráfico Nitratos según la época.....	62
Figura 47. Gráfico Nitrógeno inorgánico disuelto según la época .....	63
Figura 48. Gráfico Fósforo soluble reactivo según la época.....	64
Figura 49. Gráfico Fósforo total según la época .....	65
Figura 50. Gráfico Sílice según la época .....	66
Figura 51. Gráfico NID:DIP según la época.....	67
Figura 52. Gráfico DSi:DIP según la época .....	68
Figura 53. Gráfico NID:DSi según la época .....	69
Figura 54. Gráfico Clorofila a según la época.....	70
Figura 55. Gráfico pH según el día .....	71
Figura 56. Gráfico Conductividad según el día .....	72
Figura 57. Gráfico Sólidos suspendidos según el día .....	73
Figura 58. Gráfico Amonio según el día.....	74
Figura 59. Gráfico Nitritos según el día.....	75
Figura 60. Gráfico Nitratos según el día .....	76
Figura 61. Gráfico Nitrógeno inorgánico disuelto según el día .....	77
Figura 62. Gráfico Fósforo soluble reactivo según el día.....	78
Figura 63. Gráfico Fósforo total según el día.....	79
Figura 64. Gráfico Sílice según el día .....	80
Figura 65. Gráfico NID:DIP según el día.....	81
Figura 66. Gráfico DSi:DIP según el día.....	82
Figura 67. Gráfico NID:DSi según el día.....	83
Figura 68. Gráfico Clorofila a según el día.....	84

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<i>Tabla 1. Parámetros analizados en el estudio</i> .....	16
<i>Tabla 2. Resumen descriptivo de los datos 1</i> .....	25
<i>Tabla 3. Resumen descriptivo de los datos 2</i> .....	26
<i>Tabla 4. Resultados Correlación de Spearman 1</i> .....	88
<i>Tabla 5. Resultados Correlación de Spearman 2</i> .....	89

## **1. Introducción**

Los estuarios y las zonas costeras son ecosistemas que poseen un gran valor natural y socioeconómico que están en alto riesgo de sufrir los efectos negativos de las actividades humanas (Angelidis y Kamizoulis, 2005). Uno de los mayores problemas que provocan las actividades humanas es el vertido de sustancias inorgánicas disueltas (nutrientes) al medio marino acarreado así la aparición de sucesos de eutrofización en el agua. La eutrofización es una de las formas de contaminación acuática más extendida en el medio marino y es consecuencia de una abundancia excesiva de sustancias nutritivas en el agua, principalmente compuestos nitrogenados y fosfatados, en zonas con tiempos de renovación elevados, lo cual provoca un aumento de la productividad en la columna de agua y, con ello, de la biomasa de productores primarios (Dugdale y Goering, 1967; Lacaze, 1996).

Atendiendo al origen de los nutrientes, los episodios de eutrofización registrados en medio marino pueden ser de dos tipos. Por un lado, existe un proceso de eutrofización natural que se produce como consecuencia de la incorporación de nutrientes, en su mayoría sustancias minerales procedentes del medio natural, dando lugar a un lento y gradual aumento de la productividad del sistema. Este proceso sucede sin intervención humana y suele producirse a muy largo plazo. Por otro lado, la eutrofización antropogénica está producida por el aporte de nutrientes inorgánicos generados por la actividad humana, que acarrear, a corto y medio plazo, la aparición de proliferaciones algales en zonas costeras o estuarinas con baja tasa de exportación. En este tipo, además del aporte de sales nutritivas minerales, se introducen grandes cantidades de materia orgánica disuelta y particulada que consume gran cantidad de oxígeno (Doménech *et al.*, 2009).

Entre los nutrientes, nitrógeno y fósforo son los principales nutrientes potencialmente limitantes en la mayoría de los ecosistemas acuáticos y terrestres. El nutriente que limita el crecimiento del fitoplancton varía dependiendo de la zona de estudio e incluso de las condiciones ambientales que en esta se den. Tradicionalmente, en aguas dulces es el fósforo el que limita el crecimiento del fitoplancton, salvo en casos muy concretos que puede tener importancia la limitación del nitrógeno (Conley, 2000). Por otro lado, el nitrógeno es el nutriente limitante para el crecimiento y la producción de las poblaciones de fitoplancton (algas y bacterias) de los ecosistemas litorales (Zohary y Robarts, 1998). Sin embargo en el caso del mar Mediterráneo, el principal nutriente limitante es el fósforo y no el nitrógeno (Thingstad *et al.*, 1998).

Los nutrientes llegan a la costa a partir de diferentes fuentes, tanto puntuales (vertidos de aguas residuales urbanas, vertidos industriales, etc) como no puntuales o difusas (deposición atmosférica, escorrentías de aguas subterráneas, etc). En este sentido, se considera en un contexto global que las fuentes no puntuales tienen una mayor importancia que las puntuales desde el punto de vista de la aportación de nutrientes (National Research Council, 2000) debido a que las fuentes no puntuales son muy difíciles de evaluar ya que son

muy variables de año en año dependiendo del clima y las precipitaciones (Paerl, 2006).

Los ríos desempeñan un papel muy importante en el suministro de nutrientes a los ecosistemas costeros tanto de fuentes naturales como de fuentes antropogénicas. Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), descargan los efluentes tratados directamente a los ríos o en zonas costeras mediante emisarios submarinos. Estas descargas están reguladas desde el año 1991 por la Directiva 91/271/CEE del Consejo que hace referencia al tratamiento de las aguas residuales urbanas. El objetivo de esta directiva era proteger el medio ambiente de los efectos adversos que provoca la descarga de este tipo de aguas. Diferentes estudios han demostrado que los vertidos de aguas residuales que cumplen con la Directiva en lo que se refiere a nivel de calidad y distancia de vertido tienen efectos no significativos o efectos de poca importancia para la calidad de las aguas receptoras (Juanes *et al.*, 2005). Sin embargo, en la costa no siempre se realizan los vertidos por los emisarios. Esto puede causar problemas en la calidad del agua del río receptor con el consiguiente problema para las aguas costeras, como en este estudio las del mar Mediterráneo. Los ríos mediterráneos, sobretodo durante el periodo estival, presentan un régimen irregular y muy poco caudaloso. Es por ello que las descargas de aguas residuales pueden representar hasta el 90% del flujo total del río (Molinos Senante *et al.*, 2011). Además hay que tener en cuenta que, en zonas turísticas durante la época estival se produce un elevado aumento de la población que conlleva el incremento de las cargas de aguas residuales pudiendo así exceder la capacidad de las instalaciones de tratamiento (Sebastiá y Rodilla, 2012).

Estos vertidos, pueden tener una gran importancia en un mar cerrado y micromareal como el mar Mediterráneo, donde pueden inducir problemas de eutrofización. En cuanto a las zonas turísticas, estos problemas pueden acarrear el cierre de playas afectando así negativamente a la economía local de estas zonas. Por todo esto, sería muy importante conocer con mayor detalle la influencia de estos vertidos en la biomasa fitoplanctónica, para poder proponer medidas de gestión adecuadas que podrían extrapolarse a otras zonas de clima mediterráneo con características similares (Sebastiá, 2012).



## **2. Objetivos**

El objetivo principal del estudio es caracterizar los niveles de nutrientes y biomasa fitoplanctónica en el tramo final y la desembocadura del río Serpis durante el periodo de verano.

Para conseguir este objetivo se han establecido los siguientes objetivos secundarios:

- Diseñar la campaña de toma de muestras: nº de puntos, ubicación de los mismos y frecuencia de la toma de muestras. En este diseño se tendrá en cuenta la ubicación de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Gandía y de los puntos de alivio del emisario submarino al río Serpis.
- Analizar los siguientes parámetros en las muestras tomadas: pH, conductividad, sólidos en suspensión, nitratos, nitritos, amonio, fósforo soluble reactivo, fósforo total, sílice y clorofila *a* (parámetro indicador de la biomasa fitoplanctónica).
- Analizar la variabilidad espacial y temporal de los parámetros analizados.
- Estudiar la influencia de los vertidos de efluentes de la EDAR de Gandía en la variabilidad de los parámetros analizados.

### **3. Material y Métodos**

#### **3.1. Área de estudio**

El área de estudio se encuentra al este de la Península Ibérica, en el sector sur del Golfo de Valencia (Mediterráneo occidental) en la comarca de la Safor. En esta área la precipitación anual está por encima de los 600-650 mm con valores que superan los 800 mm en las zonas más lluviosas. La mayor parte de la precipitación se concentra en las tormentas de corta duración de otoño tan características del clima mediterráneo. Destacar también que para un periodo de retorno de 10 años, la precipitación diaria que se espera es superior a los 200 mm (Hermosilla, 2005).

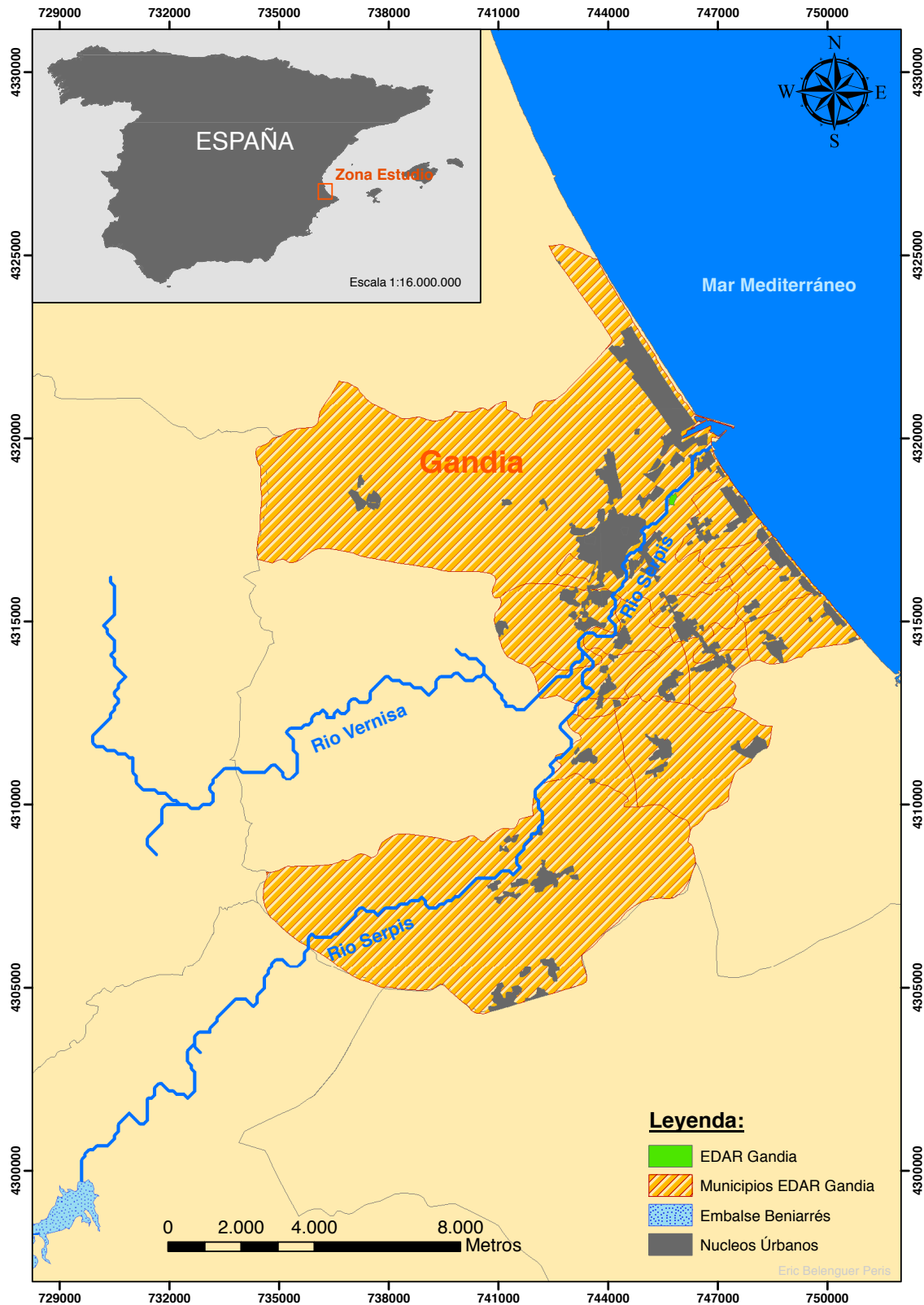


Figura 1. Mapa de localización de la zona de estudio

El estudio se centra en el río Serpis, concretamente en su tramo final y desembocadura. El Serpis posee una cuenca de 753 km<sup>2</sup> y 74,5 km de longitud, y tiene como afluente el río Vernisa (cuenca de 150 km<sup>2</sup>). Ambos ríos tienen un régimen mediterráneo, caracterizado por una marcada estacionalidad, con un período seco durante el verano, y un período húmedo,

principalmente en otoño. Estos ríos están regulados artificialmente por un sistema de presas y canales de irrigación que proveen agua dulce para los cultivos de regadío de la comarca de la Safor. Para incrementar la regularidad del río Serpis en la segunda mitad del siglo XX se construyó el embalse de Beniarrés con una capacidad máxima de 30 hm<sup>3</sup> (Hermosilla, 2005).

Dos son las principales fuentes de nutrientes que afectan a nuestro estudio: la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Gandía y el uso agrícola del suelo predominante en la zona.

En cuanto a la primera fuente, en la cuenca del Serpis hay 30 plantas depuradoras que reciben las aguas residuales de las principales áreas urbanas e industriales, el volumen tratado es de alrededor de 31 millones de m<sup>3</sup> por año. En total, 24 de las 30 plantas de tratamiento descargan agua al río Serpis, mientras que el resto de las seis plantas descargan el agua tratada en el mar (Molinos-Senante *et al.*, 2011). Aguas abajo del embalse de Beniarrés, la EDAR más importante es la planta de Gandía (Figura 2), que sirve a un total de 118.223 habitantes de 17 municipios de la comarca de la Safor (Almoines, Beniflá, Gandía, L'alqueria de la Comessa, Piles, Real de Gandía, Bellreguard, Benirredrà, Guardamar de la Safor, Miramar, Potries, Villalonga, Beniarjó, Daimús, La Font d'En Carrós, Palmera y Rafelcofer). Esta planta descarga 17 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales tratadas por año al mar a través de un emisario submarino (situado aproximadamente a 1900 m mar adentro desde la desembocadura del río Serpis), además también tiene dos aliviaderos que descargan directamente al río. Uno de los aliviaderos, descarga junto a la planta y el otro en la desembocadura del río.

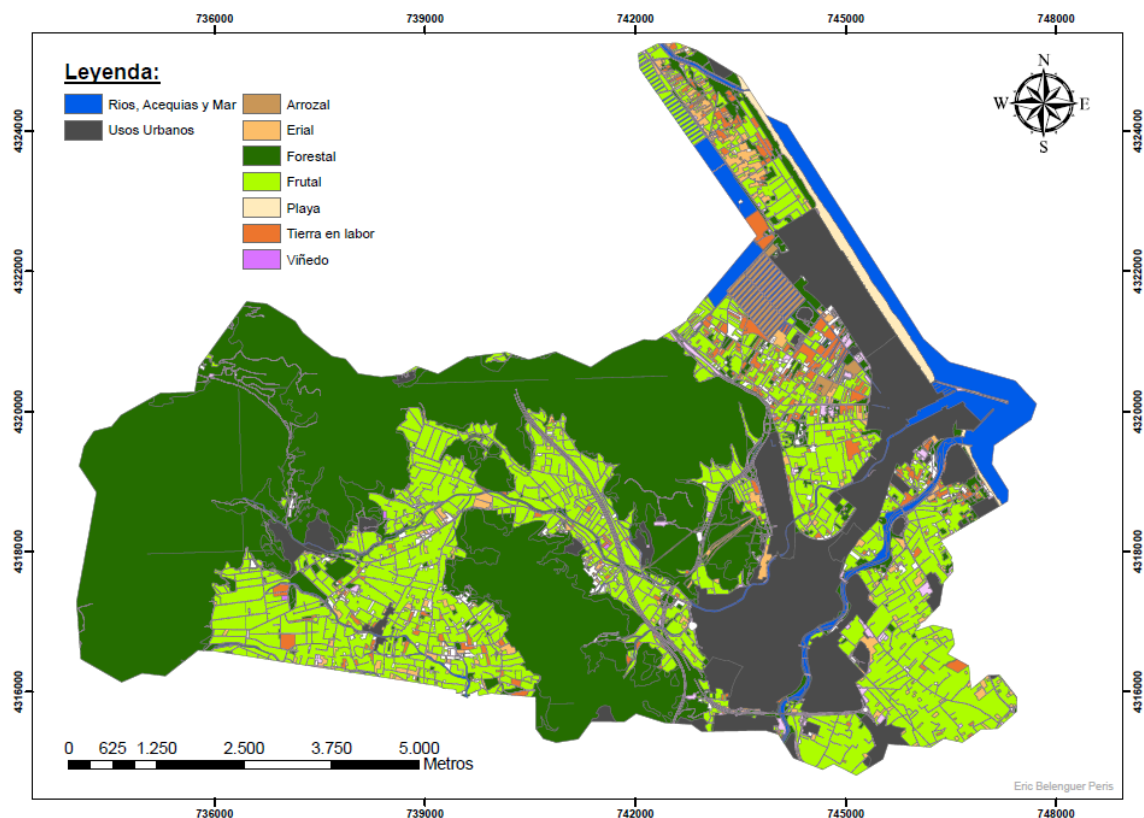


**Figura 2. Vista aérea de la EDAR de Gandía**

Los aliviaderos se utilizan cuando la capacidad de la planta se supera en episodios de lluvia. La planta trata un caudal medio de 40224 m<sup>3</sup>/día (datos de funcionamiento del 2011 según la EPSAR) mientras que el caudal de diseño es de 60000 m<sup>3</sup>/día. Las aguas que recibe la planta provienen de una red de alcantarillado mixta, que evacúa de forma conjunta aguas pluviales y fecales. La superficie de suelo urbano es aproximadamente de 15 millones de m<sup>2</sup> y su tasa de infiltración es prácticamente nula. Así que un pequeño episodio de lluvia es suficiente para que se excedan los 20000 m<sup>3</sup>/día de margen entre el caudal medio y la capacidad de la planta y esta vierta directamente al río.

Los aliviaderos se utilizan también en verano, cuando la capacidad de la planta se supera debido al aumento de población. Una de las principales actividades económicas del área de estudio es el turismo de sol y playa (Sebastiá Frasquet M.T., 2012). Uno de los principales impactos que supone el aumento de la población durante el verano es la estacionalidad del flujo de las aguas residuales, que es considerablemente mayor durante el verano. Este aumento provoca que la estación depuradora exceda su capacidad de diseño y se vea obligada a descargar directamente al río o al mar los excesos de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento.

Por lo que respecta a la segunda fuente de nutrientes, en el tramo final del río Serpis (Figura 3) predomina además del uso urbano, el uso agrícola (principalmente cítricos y hortalizas).



**Figura 3. Usos del suelo de Gandía**

En la cuenca baja del río Serpis la dosis de nitrógeno utilizadas para el cultivo de cítricos y hortalizas tradicionalmente ha sido superior a la adecuada (MARM, 2010). Como consecuencia de esto, tanto la escorrentía superficial como el flujo de las aguas subterráneas contienen altos niveles de nitratos. Tanto es así que en el acuífero detrítico de la Plana Gandía-Denia, los niveles de nitratos han superado el límite de 50 mg/L establecidos por la Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, declarándose así la zona como vulnerable a los nitratos.

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Trabajo de gabinete.**

Con el objetivo de distribuir los puntos de muestreo, en primer lugar se consultó la cartografía del tramo final del río Serpis. Se realizó un análisis de los usos del suelo y se localizaron tanto las infraestructuras de la EDAR (aliviaderos, emisarios submarinos, etc), como las estaciones de aforo presentes en la cuenca del río Serpis que pertenecen a la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA). Red que permite conocer la evolución de caudales en puntos singulares de cauces y canales, así como el estado de las reservas en los embalses. En este caso dos eran las estaciones que nos podían dar información relevante para nuestro estudio:

- Estación de aforo de “l’Assut d’En Carròs”:



**Figura 4. Estación de aforo “Assut d’En Carròs”**

- Estación de aforo del río Vernisa (Rótova)



**Figura 5. Estación de aforo del río Vernisa**

Aparte del análisis cartográfico, se realizó también una revisión bibliográfica de estudios previos realizados en esta área de estudio y en otras de similar problemática.

### **3.2.2. Trabajo de campo.**

El trabajo de gabinete se complementó con visitas de campo con el objetivo de comprobar *in situ* los lugares más idóneos para realizar el muestreo.

### **3.2.3. Análisis de laboratorio**

Los parámetros analizados en el laboratorio para todas las muestras recogidas fueron los siguientes:

<i>pH</i>	<i>Nitratos</i>
<i>Conductividad</i>	<i>Nitrógeno inorgánico disuelto</i>
<i>Salinidad</i>	<i>Fósforo soluble reactivo</i>
<i>Sólidos en suspensión</i>	<i>Fósforo total</i>
<i>Amonio</i>	<i>Sílice</i>
<i>Nitritos</i>	<i>Clorofila a</i>

*Tabla 1. Parámetros analizados en el estudio*

Cuando las muestras llegaban al laboratorio se medía en primer lugar: el pH mediante un pH-metro básico de la marca Crison; y la conductividad y la salinidad por medio de un medidor de conductividad de inducción Multi 340i/SET WTW. Una vez medida la conductividad y el pH se separaban 100 mL para la posterior determinación del fósforo total. Posteriormente se filtraba el resto de la muestra en dos fracciones para obtener los sólidos suspendidos y la clorofila *a*. El filtrado se repartió en recipientes de plástico con tapa de 100 mL para el posterior análisis de amonio, fósforo soluble reactivo, nitratos, nitritos más nitratos y silicio. A excepción del amonio, todas las muestras se conservaron en congelador (-20°C). El filtro que se utilizó para analizar la clorofila *a* se conservó en un tubo de plástico envuelto a su vez en papel de aluminio en el congelador (-20°C).

#### **⇒ Sólidos en suspensión.**

Para la determinación de los sólidos suspendidos se siguió la metodología descrita por APHA (2005). Primero se filtraron 800 mL de la muestra a través de filtros, previamente secados y pesados, que tienen un diámetro de poro de 0.45  $\mu\text{m}$  y 47mm de diámetro elaborados de acetato de celulosa. Para ello se utilizó una bomba de vacío conectada a un matraz Kitasato de plástico y un embudo magnético. Una vez filtrado, los filtros se secaron en estufa durante 24 horas a 105°C. Posteriormente se enfriaron en el desecador y fueron pesados de nuevo para determinar el peso de los sólidos suspendidos.



⇒ **Amonio.**

La técnica consiste en la reacción de Berthelot donde el amonio disuelto reacciona con el hipoclorito en un medio alcalino formando monocloramina. Al añadir fenol más el exceso de hipoclorito y mediante la catalización por parte del ión nitropusiato, la monocloramina forma azul de indofenol. Este compuesto fue medido en espectrofotómetro a 630 nm de longitud de onda (Baumgarten *et al.* 1996).

Para la determinación de amonio se debe tener especial precaución ya que este compuesto es muy volátil por lo que su análisis se realiza inmediatamente después de la recepción de las muestras en laboratorio evitando cualquier exposición a humos, productos de limpieza como amoniaco, de cosmética evaporables como colonias, etc. Así también, antes de utilizar el instrumental necesario, este será enjuagado con el agua MilliQ.

⇒ **Nitritos.**

La metodología usada para la determinación de nitritos es la descrita por Shinn (1941) y adaptada para agua de mar por Bendschneider y Robinson (1952). Basada en la formación de un complejo rosado por la reacción del ión nitrito con la sulfamida y con la Nnaftiletildiamina. Se mide a 543 nm de longitud de onda.

⇒ **Nitritos más nitratos.**

Basado en la metodología descrita por Grasshof (1976). Consiste en la reducción de los nitratos a nitritos haciendo pasar la muestra por una columna rellena de cobre y cadmio en una solución básica. Las fases posteriores coinciden con la metodología utilizada para los nitritos que se acaba de explicar. Este análisis permitió conocer la concentración de nitratos existente por diferencia respecto de los nitritos.

⇒ **Nitrógeno inorgánico disuelto.**

El nitrógeno inorgánico disuelto se obtuvo como la suma del amonio, nitritos y nitratos únicamente.

⇒ **Fósforo soluble reactivo.**

El fósforo soluble reactivo es llamado a todo el fósforo inorgánico y a una parte del fósforo orgánico que al estar en medio ácido durante el análisis, reacciona con el molibdato de amonio y es detectado en el espectrofotómetro al igual que el fósforo inorgánico. La determinación de los fósforos solubles reactivos se llevó a cabo siguiendo la metodología de Murphy y Riley (1962). Este método utilizado, sobreestima las concentraciones reales de fósforo ya que existen otros compuestos que reaccionan de manera similar en el análisis por lo que a todo el conjunto que reacciona con el método se le asigna el nombre de fósforo soluble reactivo. El principal componente del fósforo soluble reactivo son los ortofosfatos los cuales reaccionan con el molibdato de amonio,

tartrato de antimonio y potasio y ácido ascórbico para formar el fosfomolibdato de antimonio reducido de coloración azulada. La solución resultado se midió en espectrofotómetro a 885 nm.

⇒ **Fósforo total.**

Estas muestras son las únicas, que no fueron filtradas ya que se estaban analizando fósforos totales, tanto solubles como particulados, así como el fijado por los organismos vivos. Para la determinación de los fósforos totales se utilizaron unos frascos ámbar de vidrio de 100 mL previamente digeridos tres veces en autoclave durante 45 minutos a 121°C con 4 mL de un reactivo oxidante compuestos por persulfato de potasio, ácidos bóricos y hidróxido sódico. Posterior a las tres digestiones, se le añadió a los recipientes 30ml de las muestras a analizar más 4mL del mismo reactivo anterior para proceder a la cuarta digestión (Rodier, 1981). Después de esta digestión se procede igual que para la determinación del fósforo soluble reactivo descrita en el párrafo anterior. Preferiblemente, el material a emplear debe estar limpiado con ácido clorhídrico y enjuagado con agua milliQ ya que los detergentes y jabones contienen fosfatos y pueden producir interferencias en las mediciones.

⇒ **Silicio reactivo disuelto.**

La técnica empleada, basada en Strickland y Parsons (1972), consistió en la reacción entre el molibdato amónico y el ácido ortosilícico y la reducción de este compuesto formado, por adición de metanol, para formar un complejo azulado. Éste fue medido en espectrofotómetro a 810 nm de longitud de onda. El instrumental empleado para la determinación del silicio reactivo disuelto debe ser de materiales plásticos ya que el vidrio está formado por sílice y debe ser considerado una fuente potencial de contaminación de las muestras.

⇒ **Clorofila a.**

La clorofila *a* fue analizada por el método tricromático basado en espectroscopia visible (APHA, 2005), donde se determinaron las densidades ópticas de las clorofilas *a*, *b* y *c* del extracto que contiene el filtro a distintas longitudes de onda. Luego para determinar el contenido pigmentario se utiliza unas ecuaciones descritas por Jeffrey y Humprey, 1975.

$$Ca = 11.85(DO664) - 1.54(DO647) - 0.08(DO630)$$

$$Cb = 21.03(DO647) - 5.43(DO664) - 2.66(DO630)$$

$$Cc = 24.52(DO630) - 7.60(DO647) - 1.67(DO664)$$

Donde:

- Ca, Cb y Cc son las concentraciones de Cl a, b y c respectivamente en mg/L en el extracto.
- DO630, DO647, DO664 y DO750 son las densidades ópticas (absorbancia) a las respectivas longitudes de onda. A los valores de las DO que aparecen en las ecuaciones anteriores se le resta el valor de la DO750.

#### **3.2.4. Análisis estadísticos**

Para el análisis estadístico de las muestras se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.I ®.

En primer lugar se realizó un análisis univariado de las variables estudiadas: pH, conductividad, sólidos suspendidos, amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrógeno inorgánico disuelto (NID), fósforo soluble reactivo (PSR), fósforo total (PT), sílice (Si), clorofila a (Cl a); con el objetivo de describir, analizar y representar un conjunto de datos utilizando métodos estadísticos y gráficos que resuman y presenten la información contenida en ellos. Entre las principales medidas descriptivas analizadas tenemos medidas de tendencia central como es la media, medidas de dispersión como la desviación estándar y varianza, medidas de posición como cuartiles, mínimo y máximo y medidas de forma como sesgo o asimetría y curtosis. Además para ilustrar la información se realizaron gráficos como histogramas y de probabilidad normal. También se realizó el Test de Levene o prueba de la homogeneidad de las varianzas para contrastar si los datos seguían la hipótesis de la homocedasticidad o no ya que este evalúa la hipótesis de que la desviación estándar de cada muestra es la misma. Seguidamente, se realizó un análisis multivariante, es decir, se estudiaron las variables de un modo simultáneo. Para ello los datos se analizaron de tres maneras distintas: según el punto de muestreo (variación espacial), según la época (principio, mediados o finales del verano) y según el día de muestreo (jueves, viernes, sábado y lunes).

Dentro de este, se realizó en primer lugar un análisis de la varianza con el cual se calculó:

- Prueba de Kruskal-Wallis: análisis unidireccional no paramétrico de la varianza que utiliza para ello las medianas y no las medias. Se utilizó para probar las diferencias en las variables físico-químicas y la abundancia del fitoplancton en nuestra zona de estudio. Esta evalúa la hipótesis de que las medianas de las muestras son iguales. Para determinar qué medianas son significativamente distintas de las otras se utiliza la opción de la muesca en el gráfico de caja y bigotes.
- Prueba de la Mediana de Mood: evalúa la hipótesis de que las medianas de todas las muestras son iguales. Lo realiza contando el número de observaciones en cada muestra, a cada lado de la mediana global.
- Análisis de correlaciones: se han calculado las correlaciones entre las diferentes variables aplicando el coeficiente de correlación de Spearman también conocido como Rho de Spearman, este coeficiente es de aplicación a distribuciones no normales como es el caso de las variables analizadas en este estudio. El objetivo de éste es examinar la relación significativa entre las variables ambientales y las concentraciones de nutrientes.

## 4. Resultados

### 4.1. Diseño del muestreo

En los siguientes gráficos (figura 5) se muestra el caudal medido en las estaciones de aforo descritas en la metodología. Durante el período de estudio el caudal registrado es nulo.

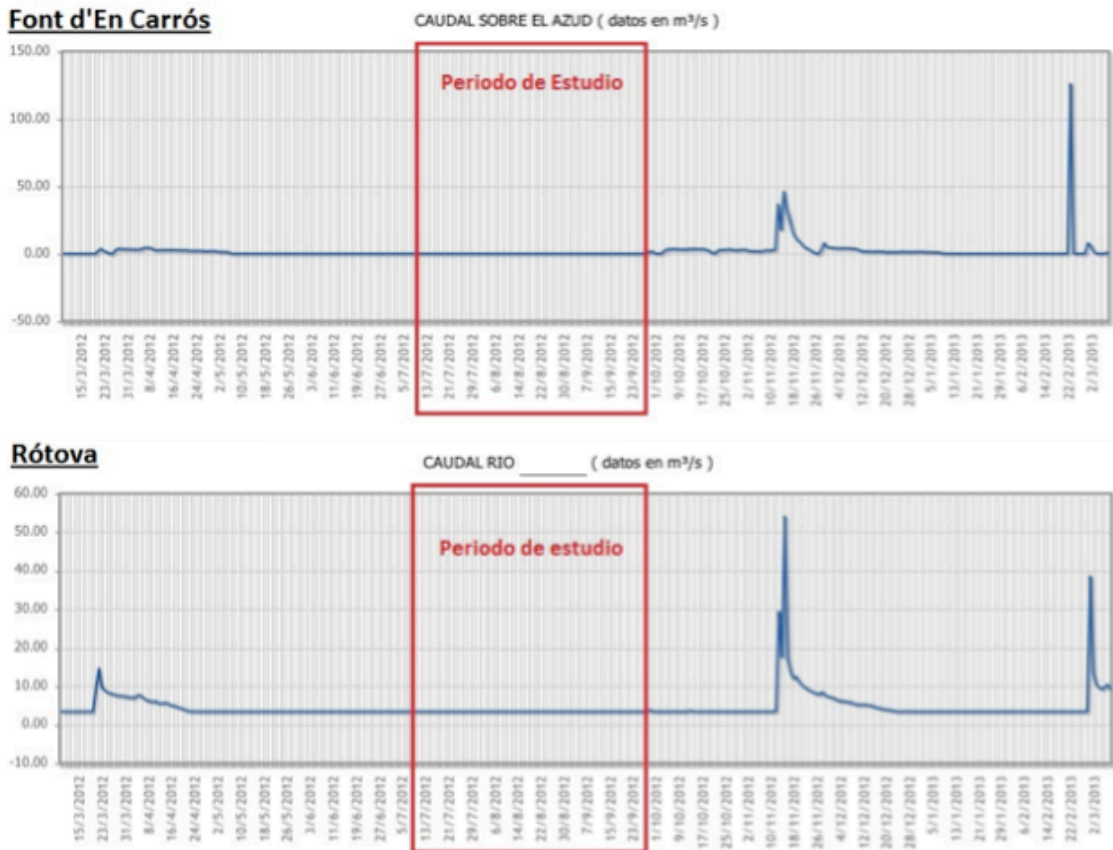


Figura 6. Datos de Aforo de las estaciones que afectan al estudio

Además, se recorrió a pie el tramo bajo del río con anterioridad al inicio de cada muestreo y observándose que no había caudal aguas arriba de la EDAR. teniendo en cuenta la descripción realizada en el apartado “área de estudio” de las distintas fuentes de nutrientes las muestras de agua se tomaron en los 6 puntos de muestreo que se indican en la figura 7.



**Figura 7. Puntos de muestreo del estudio**

El punto 1 (P1) se situó en el canal que se encuentra frente a la EDAR. En este punto se vierten aguas residuales, que solo han recibido un pre-tratamiento (rejas de gruesos, etc) en la EDAR, directamente al río.



**Figura 8. Punto de muestreo nº1**

El Punto 2 (P2) se encuentra en el tramo final de río Serpis, antes de llegar a la desembocadura, siendo esta una zona de transición entre agua dulce y salada.



**Figura 9. Punto de muestreo n°2**

El Punto 3 (P3) se encuentra en la playa de Venecia, esta zona se caracteriza por la alta vulnerabilidad debido a que es una bahía semicerrada (delimitada por el puerto y la desembocadura del río), con aguas poco profundas y con poca pendiente. Presenta escasa renovación del agua ya que es una zona expuesta al mar y al oleaje desde el sector NE-SE (en sentido horario) por lo que la presencia del Puerto de Gandía actúa como barrera artificial para la circulación del agua cuando el viento sopla desde el SE. En verano, los vientos dominantes provienen del sector NE-SE y varían desde NE (madrugada) hasta SE (mediodía), creando un patrón de flujo circular, lo que aumenta el tiempo de residencia del agua (Sebastiá Frasquet M.T., 2012).



**Figura 10. Punto de muestreo n°3**

El punto 4 (P4), el punto 5 (P5) y el punto 6 (P6) corresponden a un transecto longitudinal sobre la playa de “Els Marenys de Rafelcaid”. Sebastián (2012) realizó un transecto hacia mar adentro, en el que las diferencias no eran significativas, por lo que analizando los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que tanto la acción del viento como las corrientes marinas podían desviar el flujo de agua del río hacia esa zona, se decidió establecer el transecto sobre la línea de playa. Por otro lado, también se tuvo en cuenta la presencia de un curso de agua superficial que se encontraba al sur de la playa para que sus aportes no afectaran a nuestros puntos de muestreo.



***Figura 11. Punto de muestreo n°4, 5 y 6***

A parte de estos 6 puntos se estableció otro (P<sub>EM</sub>) en el punto que el emisario submarino de la EDAR descarga en el tramo final del río Serpis. De este punto no se pudieron obtener muestras debido a que no realizó ninguna descarga durante el periodo de muestreo.



***Figura 12. Punto de muestreo PEM***

Las muestras se tomaron durante la época estival en tres periodos distintos: principio, mediados y final del verano teniendo en cuenta la variación que experimenta la población debido a la ocupación turística de la playa (en Gandía el número de habitantes en invierno se triplica en verano). Se eligieron estos periodos debido a que hay una primera quincena un poco más floja, luego a mediados la ocupación es mayor y a finales vuelve a decaer esta ocupación y lo que nos interesaba era analizar si la fluctuación de la población hacía variar las descargas de aguas residuales.

Se estimó que durante cada periodo los días de muestreo fuesen jueves, viernes, sábado y lunes con el objetivo de obtener datos tanto de días de fin de semana como de entre semana, ya que la población también fluctúa a lo largo de la semana, experimentando un incremento durante el fin de semana. Concretamente los días de muestreo tomados fueron:

- 12, 13, 14 y 16 de Julio del 2012.
- 19, 20, 21 y 23 de Julio del 2012.
- 13, 14, 15 y 17 de Septiembre del 2012.

Por otro lado, se estableció también un horario de muestreo. Este horario se dividió en: Horario de vigilancia (7 a 9 de la mañana) con el objetivo de controlar si el aliviadero del emisario submarino ( $P_{EM}$ ) realizaba alguna descarga y Horario de recogida de muestras (9 a 11 de la mañana) con el objetivo de la toma de muestras en cada punto. Las muestras se recolectaron con botellas Niskin cerca de la superficie y se mantuvieron en oscuridad y refrigeradas ( $4^{\circ}\text{C}$ ) para su transporte al laboratorio.



#### 4.1. Descripción univariada de las variables

A continuación se presentan unas tablas resumen con los principales estadísticos descriptivos para el conjunto de todos los datos analizados.

	pH	Conductividad	Sólidos Suspendidos	Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID)
Media	8,03	43,12	57,26	239,32	2,58	5,71	247,61
Desviación estándar	0,22	21,33	101,93	580,51	4,60	5,02	578,71
Mínimo	7,35	1,40	5,70	0,05	0,04	0,20	0,77
Máximo	8,35	58,20	685,00	2124,89	23,57	21,71	2127,85
Rango	1,00	56,80	679,30	2124,84	23,53	21,51	2127,08
Coefficiente de variación (%)	2,73	49,47	178,01	242,57	177,71	87,91	233,72
Percentil 5	7,50	1,50	11,20	0,05	0,08	0,39	1,75
Percentil 95	8,23	58,10	225,00	1988,53	11,21	15,18	1995,34

**Tabla 2. Resumen descriptivo de los datos 1**

**Análisis de nutrientes y biomasa fitoplanctónica en el tramo final y desembocadura del río Serpis.**

	Fósforo Soluble Reactivo (PSR)	Fósforo Total (PT)	Sílice (Si)	NID:DIP	DSi:DIP	NID:DSi	Clorofila a (Cl a)
Media	16,56	1,18	42,87	75,51	158,14	4,43	7,29
Desviación estándar	38,09	3,21	53,22	68,28	200,39	10,40	11,08
Mínimo	0,03	0,01	0,05	7,00	0,00	0,00	0,10
Máximo	119,17	18,11	206,07	279,00	800,00	57,00	58,02
Rango	119,13	18,10	206,02	272,00	800,00	57,00	57,92
Coefficiente de variación (%)	229,95	271,74	124,14	90,41	126,72	234,74	151,95
Percentil 5	0,06	0,04	0,05	11,00	1,00	0,00	0,73
Percentil 95	116,12	6,53	147,34	226,00	694,00	24,00	35,02

**Tabla 3. Resumen descriptivo de los datos 2**

De las tablas destacar que de todas las variables analizadas la que presenta una mayor variación en los datos es el amonio aunque el fósforo soluble reactivo, el fósforo total y el nitrógeno inorgánico disuelto también presentan una gran variación. Por el contrario, la variable que presenta una menor variación es el pH.

## **4.2. Condiciones de aplicación del ANOVA.**

Se debe comprobar si los datos siguen una distribución normal, ya que el cumplimiento de esta hipótesis condicionará el análisis multivariado. Para ello se han obtenido: el histograma, el gráfico de probabilidad normal y los coeficientes de asimetría y curtosis. Por otro lado, para saber si los datos seguían el principio de la homocedasticidad, también se ha calculado el Test de Levene.

Para considerar que los datos siguen la hipótesis de la normalidad, por un lado, el histograma debería representar una campana de Gauss y el gráfico de probabilidad normal debería representar los datos agrupados sobre la línea. Por otro lado, valores de los coeficientes de asimetría fuera del rango  $[-2,+2]$  indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que invalidaría cualquier prueba estadística con referencia a la normalidad.

Para considerar que los datos siguen la hipótesis de la homocedasticidad, el valor-P del test de Levene debe ser superior a 0,05. Valores por debajo de este, nos indican que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar violando así uno de los supuestos importantes para la aplicación del ANOVA.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada una de las variables estudiadas:

4.2.1. pH

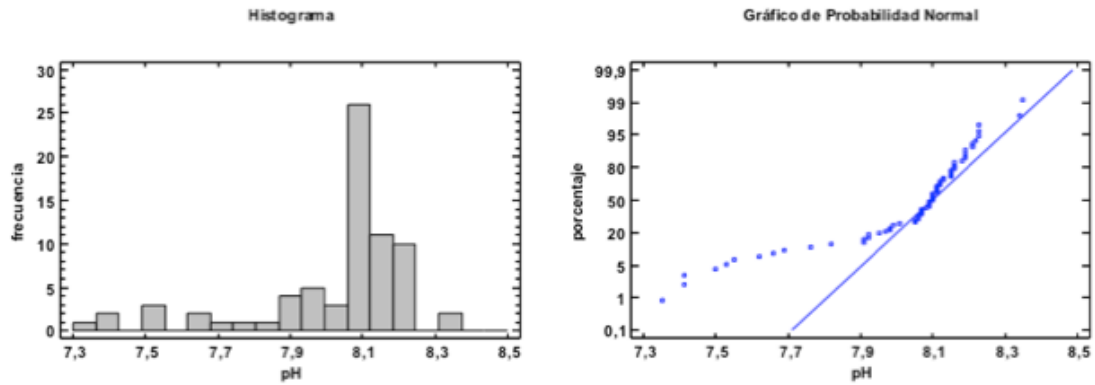


Figura 13. Gráficos análisis univariado de los datos de pH

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de pH no siguen una distribución normal.

- Coeficientes de asimetría:

Sesgo Estandarizado	-5,60
Curtosis Estandarizada	3,64

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de conductividad no siguen una distribución normal.

- Test de Levene:

	Prueba	Valor-P
Levene's	6,01	1,22*10 <sup>-4</sup>

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

#### 4.2.2. Conductividad

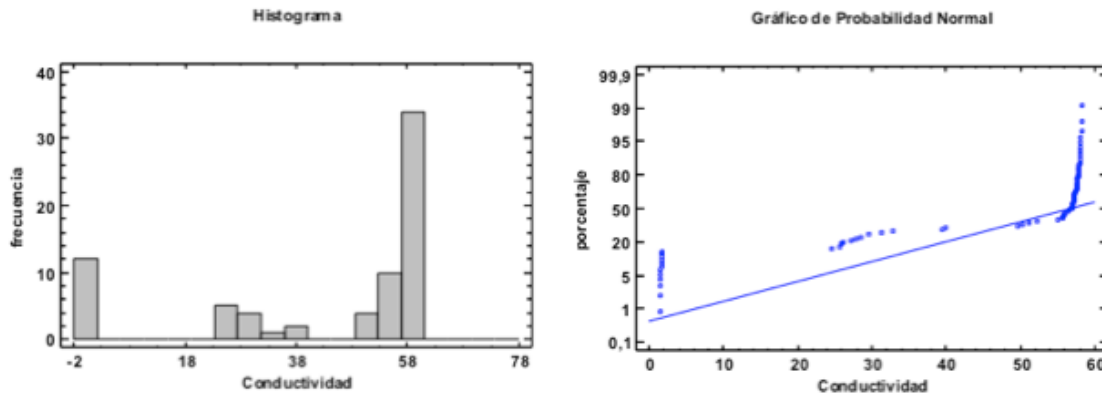


Figura 14. Gráficos análisis univariado de los datos de Conductividad

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de conductividad no siguen una distribución normal.

- *Coefficientes de asimetría:*

Sesgo Estandarizado	-3,98
Curtosis Estandarizada	-0,51

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de conductividad no siguen una distribución normal.

- *Test de Levene*

	Prueba	Valor-P
Levene's	7,32	$1,66 \cdot 10^{-5}$

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

### 4.2.3. Sólidos suspendidos

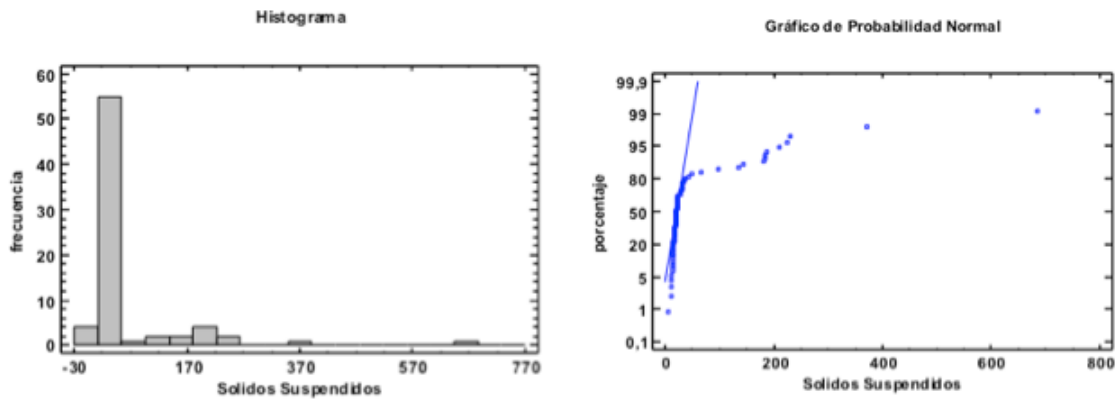


Figura 15. Gráficos análisis univariado de los datos de Sólidos suspendidos

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de sólidos suspendidos no siguen una distribución normal.

- *Coefficientes de asimetría:*

Sesgo Estandarizado	14,14
Curtosis Estandarizada	36,05

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de sólidos suspendidos no siguen una distribución normal.

- *Test de Levene*

	Prueba	Valor-P
Levene's	3,45	$7,83 \cdot 10^{-3}$

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

4.2.4. Amonio

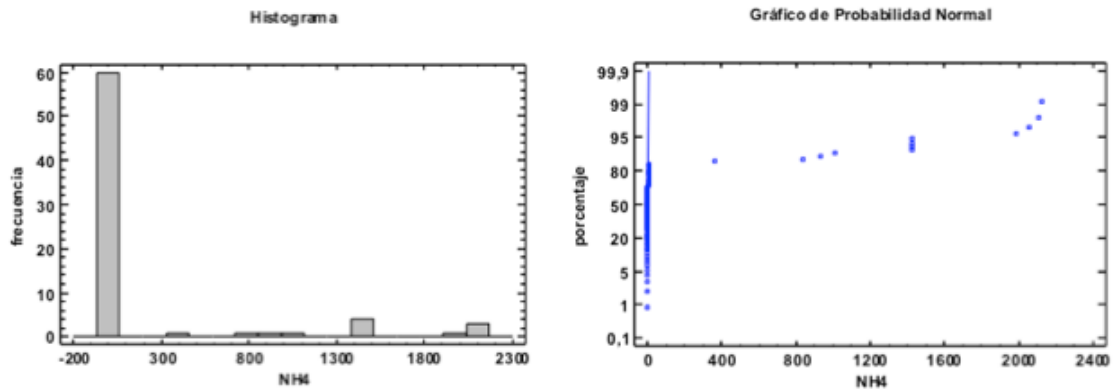


Figura 16. Gráficos análisis univariado de los datos de Amonio

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) no siguen una distribución normal.

- Coeficientes de asimetría:

Sesgo Estandarizado	8,10
Curtosis Estandarizada	7,23

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de amonio no siguen una distribución normal.

- Test de Levene

	Prueba	Valor-P
Levene's	17,67	$4,50 \cdot 10^{-11}$

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

#### 4.2.5. Nitritos

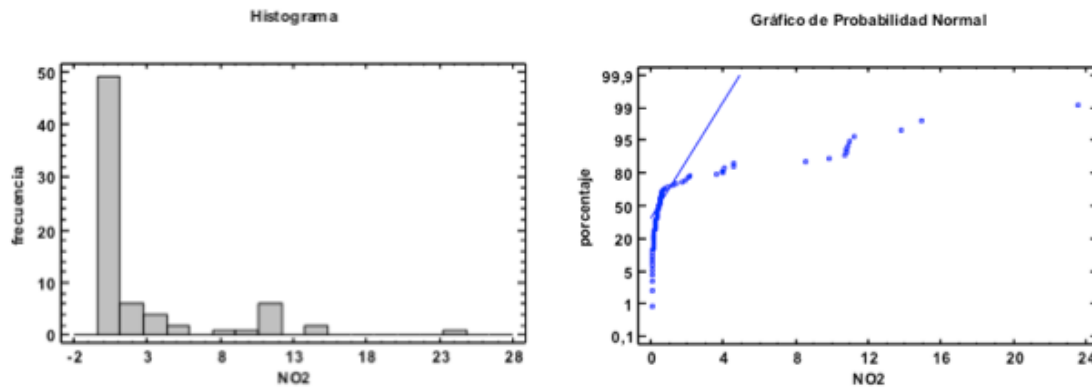


Figura 17. Gráficos análisis univariado de los datos de Nitritos

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) no siguen una distribución normal.

- *Coefficientes de asimetría:*

Sesgo Estandarizado	8,30
Curtosis Estandarizada	10,55

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de nitritos no siguen una distribución normal.

- *Test de Levene*

	Prueba	Valor-P
Levene's	7,17	$2,08 \cdot 10^{-5}$

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.



#### 4.2.6. Nitratos

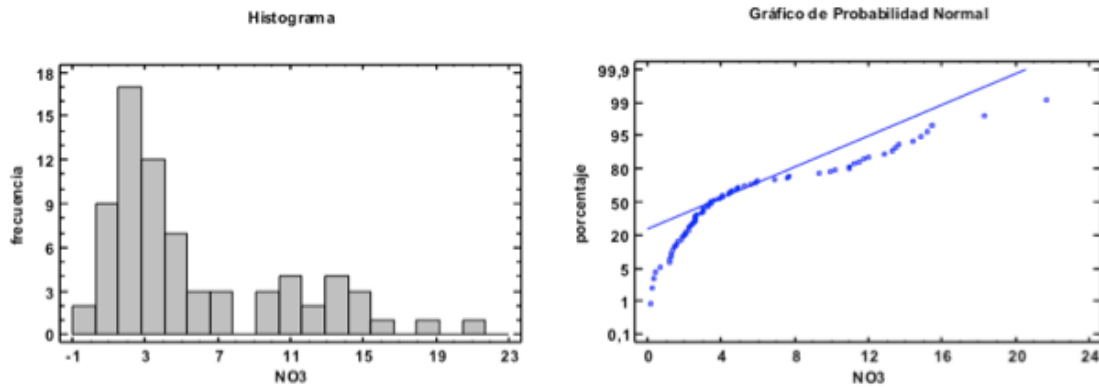


Figura 18. Gráficos análisis univariado de los datos de Nitratos

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) no siguen una distribución normal.

- *Coefficientes de asimetría:*

Sesgo Estandarizado	4,05
Curtosis Estandarizada	0,87

En este caso el valor de curtosis si que está dentro del rango pero, como el sesgo esta fuera del rango de -2 a +2, se considera que los datos de nitratos no siguen una distribución normal.

- *Test de Levene*

	Prueba	Valor-P
Levene's	3,13	0,01

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

#### 4.2.7. Nitrógeno inorgánico disuelto

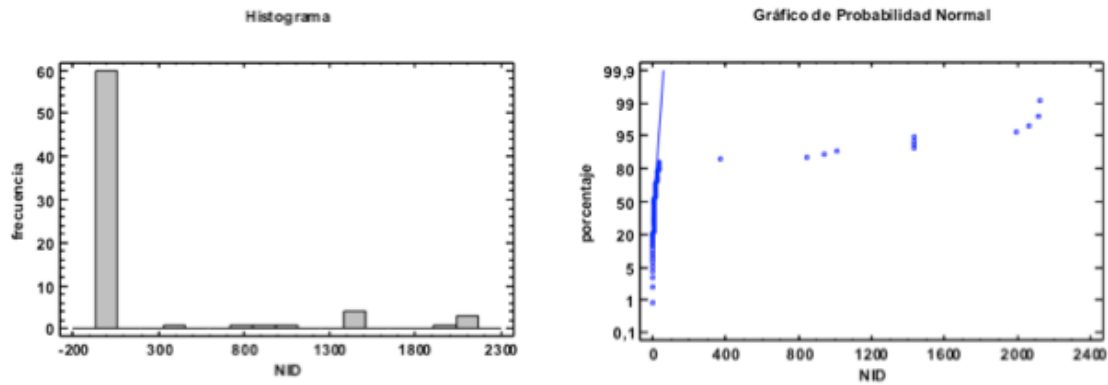


Figura 19. Gráficos análisis univariado de los datos de Nitrógeno inorgánico disuelto

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) no siguen una distribución normal.

- *Coefficientes de asimetría:*

Sesgo Estandarizado	8,10
Curtosis Estandarizada	7,26

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de nitrógeno inorgánico disponible no siguen una distribución normal.

- *Test de Levene*

	Prueba	Valor-P
Levene's	17,61	$4,80 \cdot 10^{-11}$

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

#### 4.2.8. Fósforo soluble reactivo

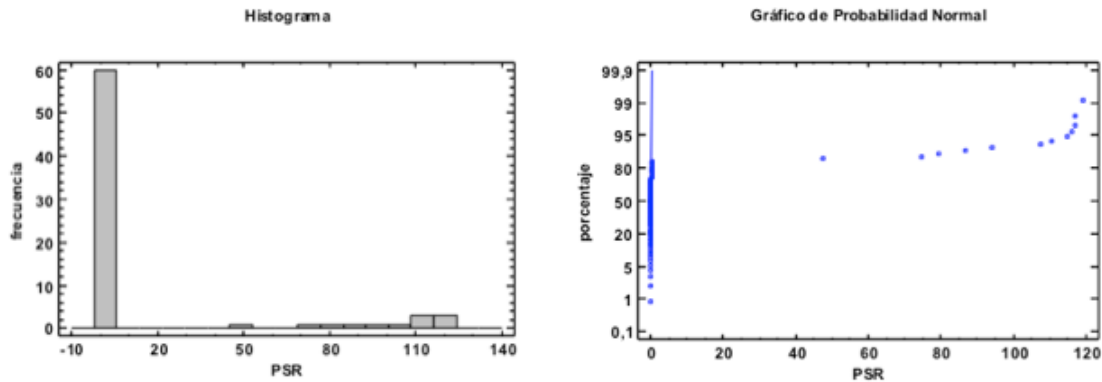


Figura 20. Gráficos análisis univariado de los datos de Fósforo soluble reactivo

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de fósforo soluble reactivo (PSR) no siguen una distribución normal.

- *Coefficientes de asimetría:*

Sesgo Estandarizado	6,96
Curtosis Estandarizada	4,00

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de fósforo soluble reactivo no siguen una distribución normal.

- *Test de Levene*

	Prueba	Valor-P
Levene's	11,41	$5,92 \cdot 10^{-8}$

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

#### 4.2.9. Fósforo total

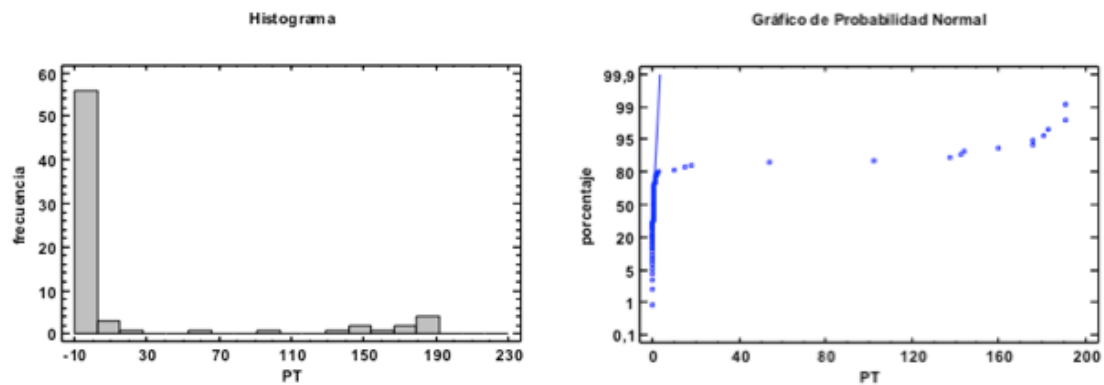


Figura 21. Gráficos análisis univariado de los datos de Fósforo total

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de fósforo total (PT) no siguen una distribución normal.

- *Coefficientes de asimetría:*

Sesgo Estandarizado	7,07
Curtosis Estandarizada	4,27

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de fósforo total no siguen una distribución normal.

- *Test de Levene*

	Prueba	Valor-P
Levene's	9,98	$3,83 \cdot 10^{-7}$

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

#### 4.2.10. Sílice

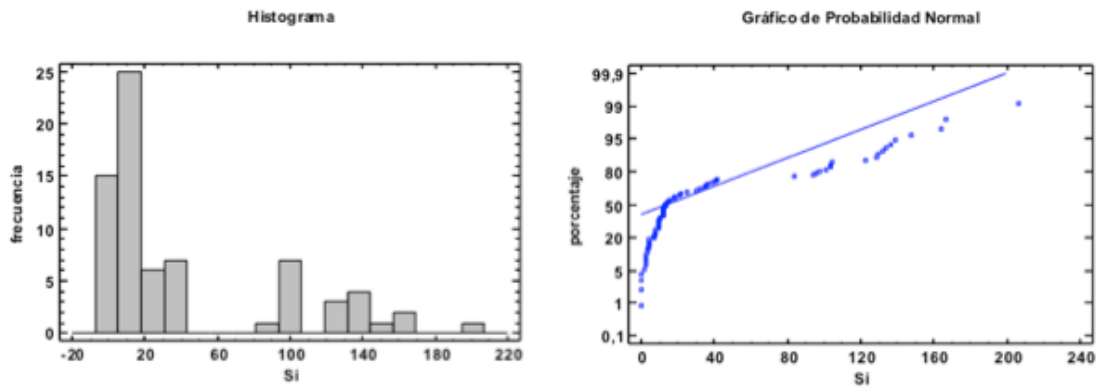


Figura 22. Gráficos análisis univariado de los datos de Sílice

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de sílice (Si) no siguen una distribución normal.

- *Coefficientes de asimetría:*

Sesgo Estandarizado	4,53
Curtosis Estandarizada	0,77

En este caso el valor de curtosis si que está dentro del rango pero, como el sesgo esta fuera del rango de -2 a +2, se considera que los datos de sílice no siguen una distribución normal.

- *Test de Levene*

	Prueba	Valor-P
Levene's	7,26	$1,81 \cdot 10^{-5}$

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

4.2.11. NID:DIP

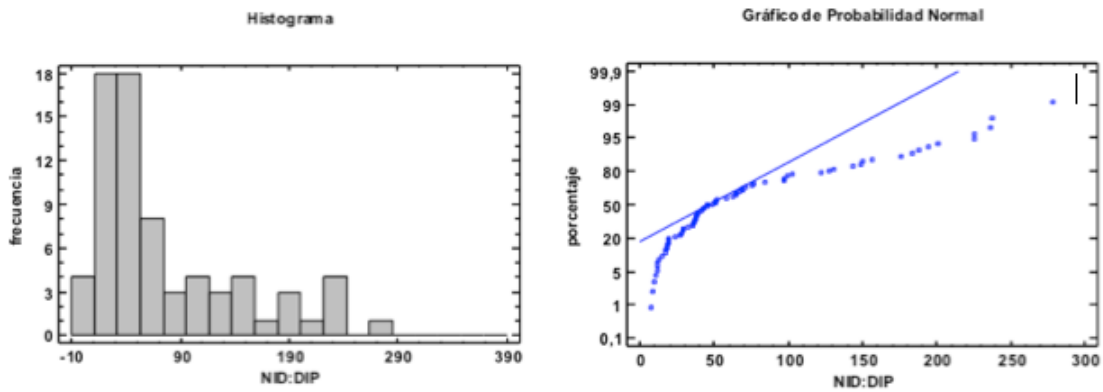


Figura 23. Gráficos análisis univariado de los datos de NID:DIP

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos del ratio NID:DIP no siguen una distribución normal.

- Coeficientes de asimetría:

Sesgo Estandarizado	4,42
Curtosis Estandarizada	1,15

En este caso el valor de curtosis si que está dentro del rango pero, como el sesgo esta fuera del rango de -2 a +2, se considera que los datos de NID:DIP no siguen una distribución normal.

- Test de Levene

	Prueba	Valor-P
Levene's	1,43	0,22

Puesto que el Valor-P es mayor a 0,05 no existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que no se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

4.2.12. DSi:DIP

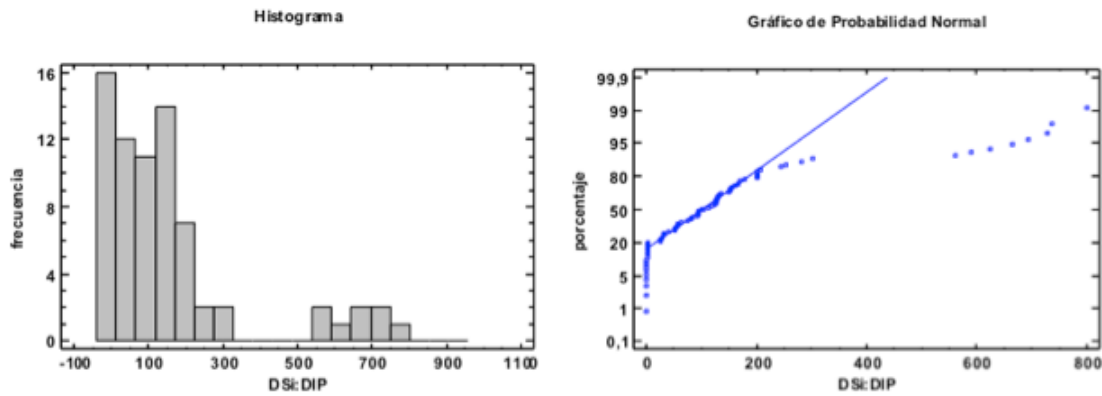


Figura 24. Gráficos análisis univariado de los datos de DSi:DIP

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos del ratio DSi:DIP no siguen una distribución normal.

- Coeficientes de asimetría:

Sesgo Estandarizado	6,84
Curtosis Estandarizada	5,39

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de DSi:DIP no siguen una distribución normal.

- Test de Levene

	Prueba	Valor-P
Levene's	8,02	0,01

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

#### 4.2.13. NID:DSi

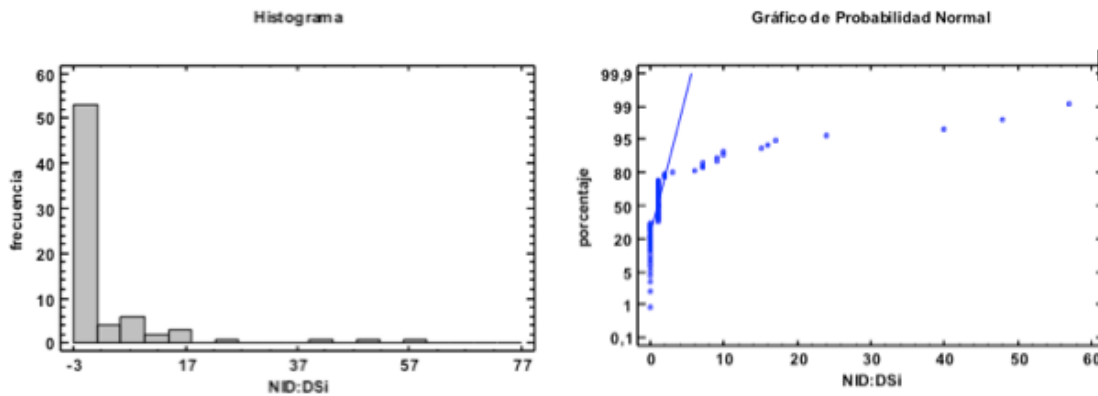


Figura 25. Gráficos análisis univariado de los datos de NID:DSi

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos del ratio NID:DSi no siguen una distribución normal.

- *Coefficientes de asimetría:*

Sesgo Estandarizado	12,60
Curtosis Estandarizada	24,21

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de NID:DSi no siguen una distribución normal.

- *Test de Levene*

	Prueba	Valor-P
Levene's	0,79	0,56

Puesto que el Valor-P es mayor a 0,05 no existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que no se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.



#### 4.2.14. Clorofila *a*

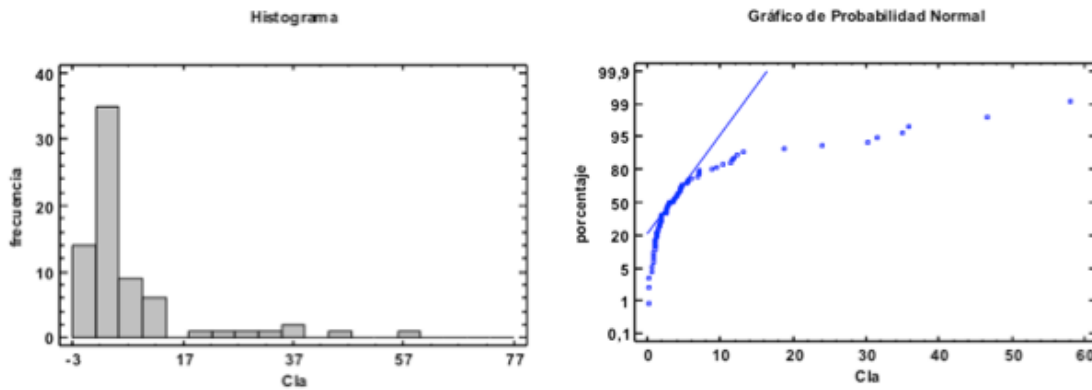


Figura 26. Gráficos análisis univariado de los datos de Clorofila *a*

Como se puede observar ninguno de los dos gráficos se ajusta a los principios de la normalidad por lo que se puede afirmar que los datos de clorofila *a* (Cla) no siguen una distribución normal.

- *Coefficientes de asimetría:*

Sesgo Estandarizado	9,66
Curtosis Estandarizada	14,05

Los valores de los coeficientes de asimetría (sesgo y curtosis) están fuera del rango de -2 a +2 por lo tanto los datos de clorofila *a* no siguen una distribución normal.

- *Test de Levene*

	Prueba	Valor-P
Levene's	10,24	2,71*10 <sup>-7</sup>

Puesto que el Valor-P es inferior a 0,05 existe una diferencia significativa entre las desviaciones estándar. Por lo que se viola el principio de la Homocedasticidad de la varianza.

En resumen, como se puede observar en los apartados anteriores, ninguna de las variables analizadas en el estudio sigue una distribución normal. Por otra parte, la mayoría tampoco cumple el principio de la homocedasticidad. Por lo tanto, como para realizar el análisis de ANOVA las variables deben de seguir tanto una distribución normal como el principio de la homocedasticidad, no podemos aplicar este análisis.

### **4.3. Análisis multivariante.**

#### **4.3.1. Análisis de la varianza**

Para realizar un análisis sobre la varianza ANOVA deben de cumplirse dos requisitos en los datos: normalidad y homocedasticidad. En el apartado anterior se ha comprobado que ninguna de las variables sigue una distribución normal por lo tanto ya no se puede realizar el ANOVA. También se ha comprobado si las variables seguían el principio de homocedasticidad con el test de Levene y según los resultados obtenidos los datos tampoco cumplen la hipótesis de la homocedasticidad.

No pudiéndose realizar el ANOVA se ha realizado un análisis unidireccional no paramétrico de la varianza (Kruskal-Wallis) para probar las diferencias en las variables físico-químicas y la abundancia del fitoplancton entre los puntos de muestreo según su situación, época y día de muestreo. Para contrastar los resultados del Kruskal-Wallis, se ha realizado la prueba de la Mediana de Mood.

Según el análisis de Kruskal-Wallis, para considerar que todas las muestras no presentan una diferencia estadísticamente significativa, el Valor-P debe ser mayor o igual a 0,05. Para un análisis más detallado se hace uso del gráfico de caja y bigotes, en el cual se observan qué medianas son distintas de las otras mediante las muescas. Según la prueba de la mediana de Mood, para considerar que las medianas de las muestras son iguales el Valor-P debe ser mayor o igual a 0,05.

#### 4.3.1.1. Según la situación

A continuación se presentan los resultados de los análisis según el punto en el cual se tomó la muestra. Destacar que, tanto los gráficos como las tablas, se han utilizado los diferentes puntos de muestreo numerados tal y como se indica en la [figura 7](#).

⇒ pH

##### - *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	valor-P
Kruskal-Wallis	44,23	$2,07 \cdot 10^{-8}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre el pH y la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

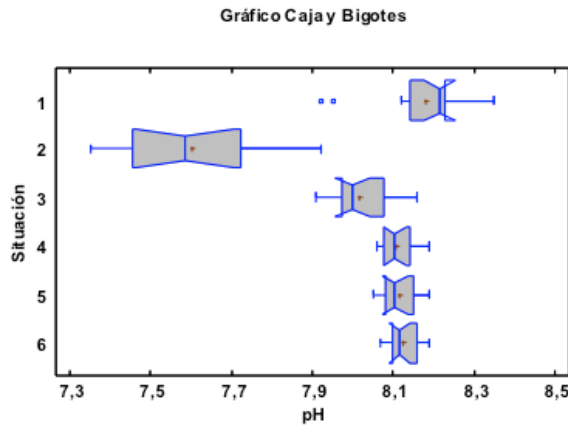


Figura 27. Gráfico pH según situación

El gráfico nos indica que las medianas de los valores del pH en los puntos de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora), 2 (río Serpis cerca de la desembocadura) y 3 (playa de Venecia) son significativamente distintas a las de los puntos 4, 5 y 6 (transecto en la playa de “Els Marenys de Rafalcaid”) que no presentan diferencias significativas entre sí.

##### - *Mediana de Mood*

	Estadístico	valor-P
Mediana de Mood	26,11	$8,48 \cdot 10^{-5}$

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Conductividad

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	valor-P
Kruskal-Wallis	59,91	$1,27 \cdot 10^{-11}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa de la conductividad en función de la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

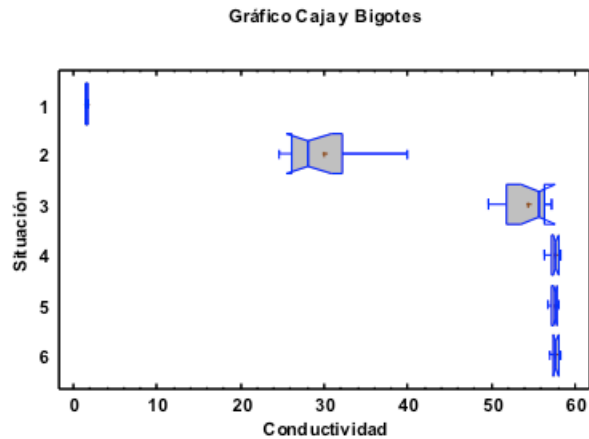


Figura 28. Gráfico Conductividad según situación

El gráfico nos indica que las medianas de los valores de conductividad en los puntos de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora), 2 (río Serpis cerca de la desembocadura) y 3 (playa de Venecia) son significativamente distintas a las de los puntos 4, 5 y 6 (transecto en la playa de “Els Marenys de Rafalcaid”) que no presentan diferencias significativas entre sí.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	58,0	$3,15 \cdot 10^{-11}$

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Sólidos suspendidos

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	valor-P
Kruskal-Wallis	33,01	$3,75 \cdot 10^{-6}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de los sólidos suspendidos según la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

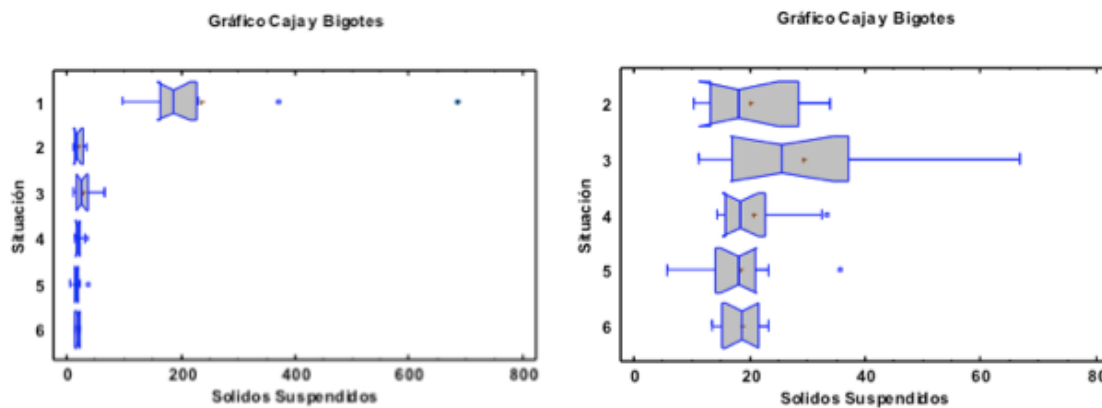


Figura 29. Gráficos Sólidos Suspendidos según situación

El gráfico nos indica que la mediana de los valores de los sólidos suspendidos en el punto de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora) es significativamente distinta a la del resto, las cuales no presentan diferencias significativas entre sí.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	20,96	$8,24 \cdot 10^{-4}$

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	47,99	3,58*10 <sup>-9</sup>

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de amonio según la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

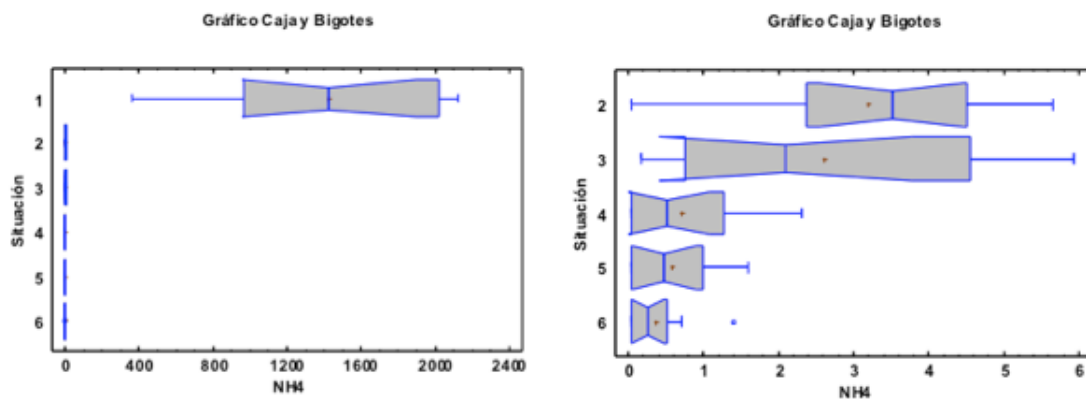


Figura 30. Gráficos Amonio según situación

El gráfico nos indica que la mediana de los valores del amonio en el punto de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora) es significativamente distinta a la del resto. El punto 3 (playa de Venecia) presenta una gran variabilidad en los valores de amonio por lo que no presenta diferencias significativas con el resto de puntos (exceptuando el punto 1). Los puntos 4, 5 y 6 (transecto en la playa de “Els Marenys de Rafalcaid”) no presentan diferencias significativas entre sí.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	35,33	1,29*10 <sup>-6</sup>

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	52,74	$3,80 \cdot 10^{-10}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de nitritos según la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

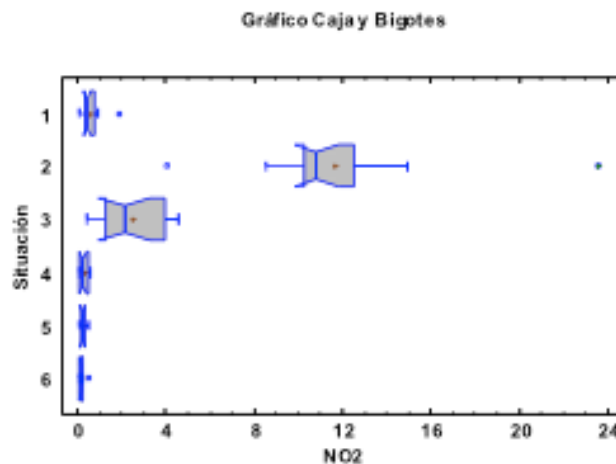


Figura 31. Gráfico Nitritos según situación

El gráfico nos indican que la mediana de los valores de nitritos en los puntos de muestreo 2 (río Serpis cerca de la desembocadura) y 3 (playa de Venecia) son significativamente distintas al resto que no presentan diferencias significativas entre sí.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	35,33	$1,29 \cdot 10^{-6}$

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	34,95	1,54*10 <sup>-6</sup>

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de nitratos según la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

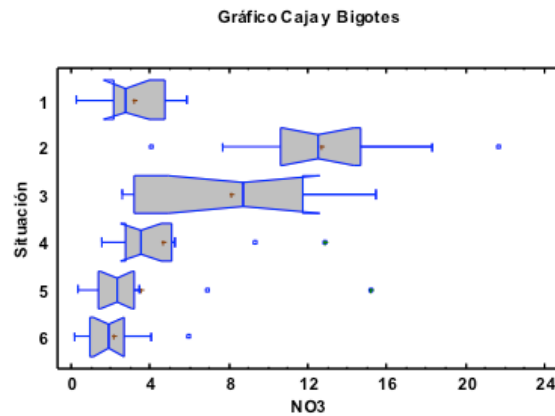


Figura 32. Gráfico Nitratos según situación

El gráfico nos indican que la mediana de los valores de nitratos en los puntos de muestreo 2 (río Serpis cerca de la desembocadura) y 3 (playa de Venecia) son significativamente distintas al resto que no presentan diferencias significativas entre sí, excepto el punto 4 que es significativamente diferente al punto 6.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	22,00	5,24*10 <sup>-4</sup>

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.



⇒ Nitrógeno inorgánico disuelto (NID)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	61,70	$5,40 \cdot 10^{-12}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores del nitrógeno inorgánico disuelto en función de la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

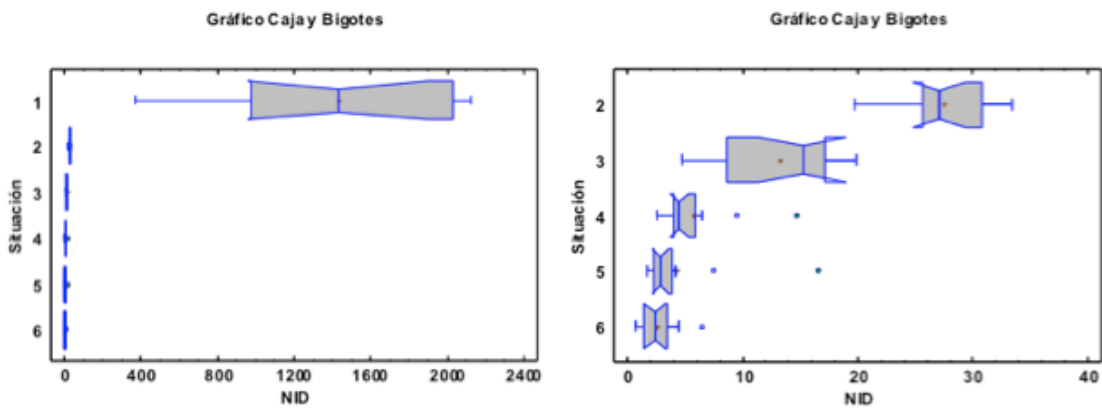


Figura 33. Gráficos Nitrógeno inorgánico disuelto según situación

Los gráficos nos indican que la mediana de los valores de nitrógeno inorgánico disuelto en los puntos de muestreo 5 y 6 (transecto en la playa de “Els Marenys de Rafalcaid”) no presentan diferencias significativas entre sí mientras que el resto de puntos sí.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	52,67	$3,94 \cdot 10^{-10}$

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Fósforo soluble reactivo (PSR)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	57,74	$3,56 \cdot 10^{-11}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de fósforo soluble reactivo dependiendo de la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

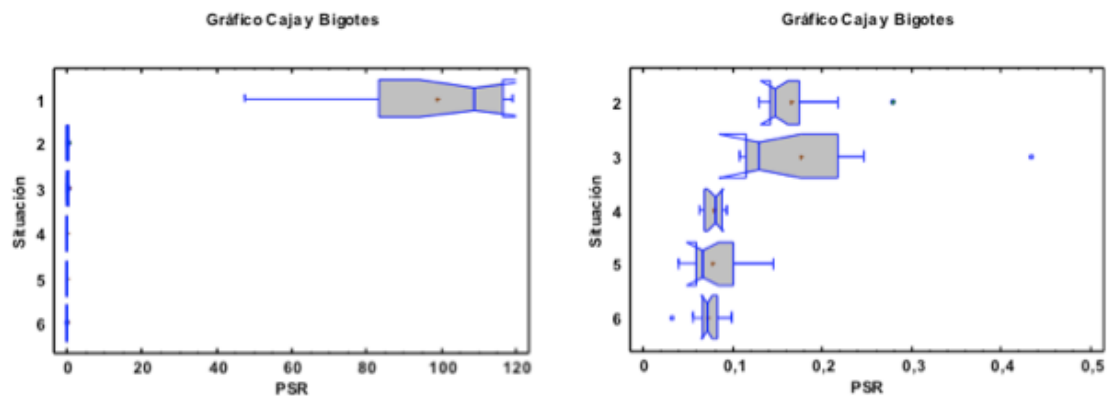


Figura 34. Gráficos Fósforo soluble reactivo según situación

Los gráficos nos indican que la mediana de los valores de fósforo soluble reactivo en los puntos de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora), 2 (río Serpis cerca de la desembocadura) y 3 (playa de Venecia) son significativamente distintas al resto que no presentan diferencias significativas entre sí. Al mismo tiempo, el punto 2 y 3 tampoco presentan diferencias significativas.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	64,67	$1,31 \cdot 10^{-12}$

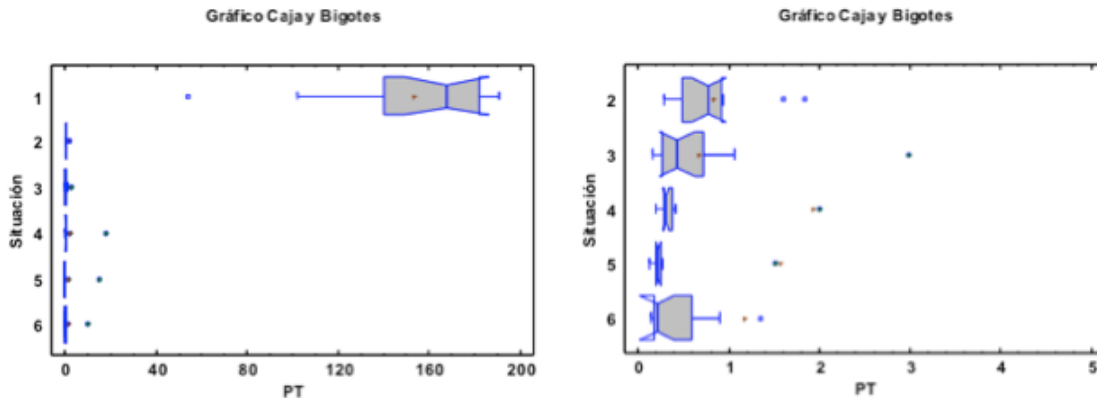
Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Fósforo total (PT)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	39,18	$2,18 \cdot 10^{-7}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de fósforo total según la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:



**Figura 35. Gráficos Fósforo total según situación**

Los gráficos nos indican que la mediana de los valores de fósforo total en el punto de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora) es significativamente distinta al resto debido a que las muescas no coinciden. Al mismo tiempo, las medianas de los puntos 3 (playa de Venecia), 4, 5 y 6 (transecto en la playa de “Els Marenys de Rafalcaid”) no presentan diferencias significativas entre sí. Mientras que la del punto 2 (río Serpis cerca de la desembocadura) no presenta diferencias con la del punto 3 pero difiere al resto.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	31,33	$8,05 \cdot 10^{-6}$

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Sílice (Si)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	54,28	$1,83 \cdot 10^{-10}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de sílice en función de la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

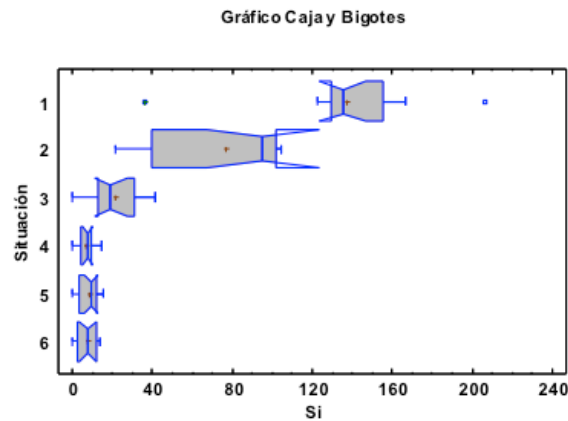


Figura 36. Gráfico Sílice según situación

El gráfico nos indica que la mediana de los valores de sílice en los puntos de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora), 2 (río Serpis cerca de la desembocadura) y 3 (playa de Venecia) son significativamente distintas al resto que no presentan diferencias significativas entre sí.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	47,33	$4,86 \cdot 10^{-9}$

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ NID:DIP

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	48,97	$2,25 \cdot 10^{-9}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre el ratio NID:DIP según la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

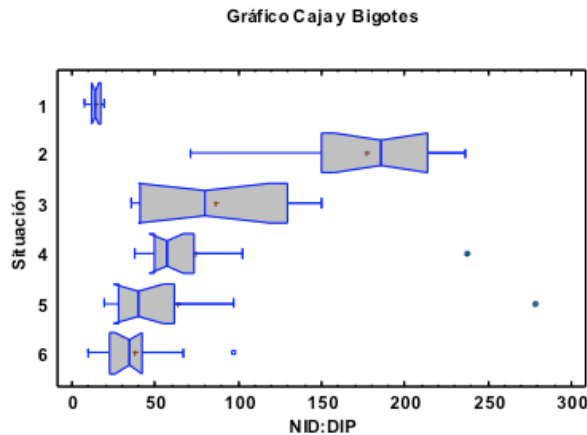


Figura 37. Gráfico NID:DIP según situación

El gráfico nos indica que la mediana de los valores de NID:DIP en los puntos de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora) y 2 (río Serpis cerca de la desembocadura) son significativamente distintas al resto que se consideran iguales.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	37,33	$5,14 \cdot 10^{-7}$

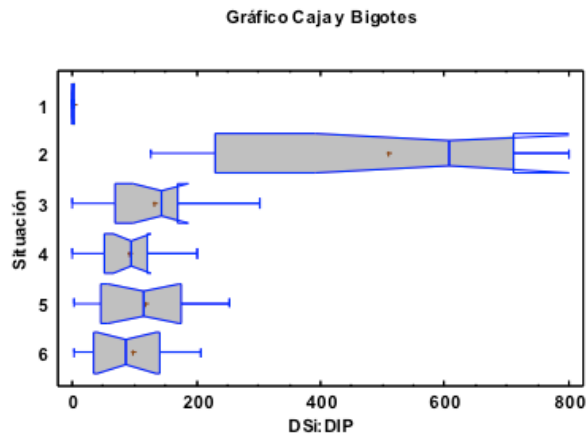
Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ DSi:DIP

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	42,06	$5,73 \cdot 10^{-8}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre el ratio DSi:DIP según la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:



**Figura 38. Gráfico DSi:DIP según situación**

El gráfico nos indica que la mediana de los valores de DSi:DIP en los puntos de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora) y 2 (río Serpis cerca de la desembocadura) son significativamente distintas al resto que no presentan diferencias significativas entre sí.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	25,33	0,00

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ NID:DSi

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	32,17	0,00

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre el ratio NID:DSi según la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

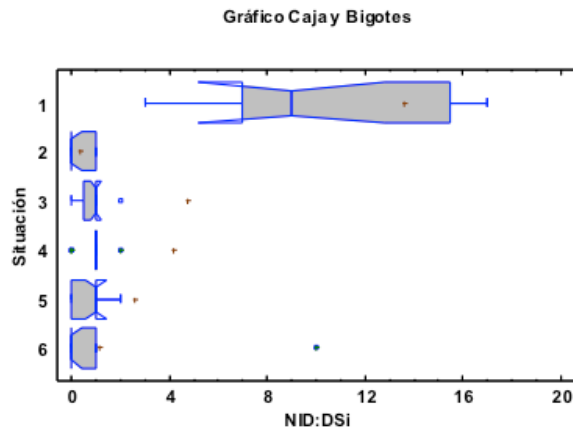


Figura 39. Gráfico NID:DSi según situación

El gráfico nos indica que la mediana de los valores de NID:DSi en el punto de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora) es significativamente distinta al resto que no presentan diferencias significativas entre sí.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	41,54	$7,29 \cdot 10^{-8}$

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Clorofila a (Cla)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	33,31	$3,27 \cdot 10^{-6}$

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de clorofila a y la situación del punto de muestreo. Para determinar qué medianas son diferentes de otras, se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

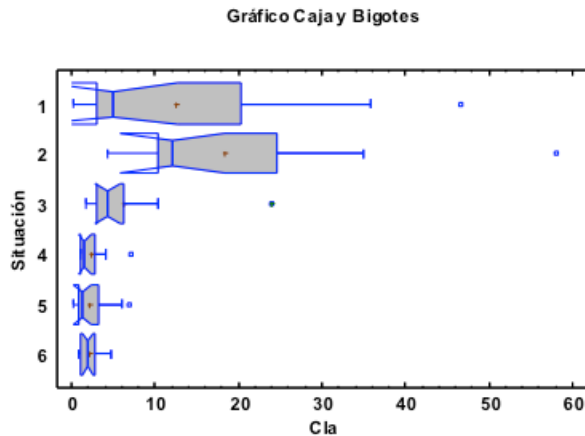


Figura 40. Gráfico Clorofila a según situación

El gráfico nos indica que la mediana de los valores de clorofila a en los puntos de muestreo 1 (acequia donde vierte la depuradora), 2 (río Serpis cerca de la desembocadura) y 3 (playa de Venecia) son significativamente distintas al resto que no presentan diferencias significativas entre sí. Al mismo tiempo, la mediana del punto 1 coincide tanto con el punto 2 como en el punto 3 pero las medianas de estas últimas no coinciden entre ellas.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	30,00	$1,47 \cdot 10^{-5}$

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, una o más medianas son diferentes al resto, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.



#### 4.3.1.2. Según la época

A continuación se presentan los análisis realizados según la época en la que se tomaron las muestras. En este caso los índices numéricos (de 1 a 3) nos indican:

1. Principio del verano (primera quincena de Julio).
2. Medios del verano (segunda quincena de Julio).
3. Finales del verano (primera quincena de Septiembre).

⇒ pH

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	2,33	0,31

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de pH según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

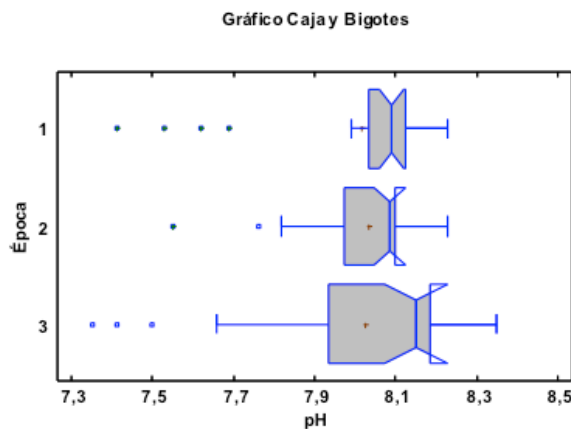


Figura 41. Gráfico pH según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del pH en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	8,61	0,10

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Conductividad

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	1,35	0,51

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de conductividad según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

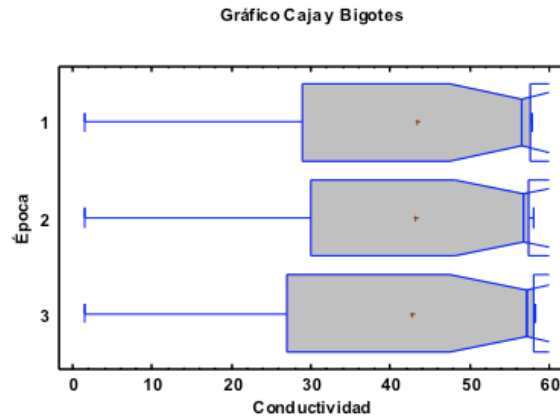


Figura 42. Gráfico Conductividad según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de la conductividad en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	0,33	0,85

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Sólidos suspendidos

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	6,24	0,04

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de sólidos suspendidos según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

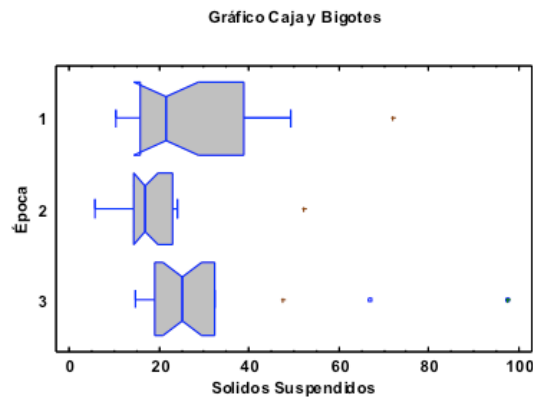


Figura 43. Gráfico Sólidos suspendidos según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de los sólidos suspendidos en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	4,11	0,13

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	3,95	0,14

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de amonio según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

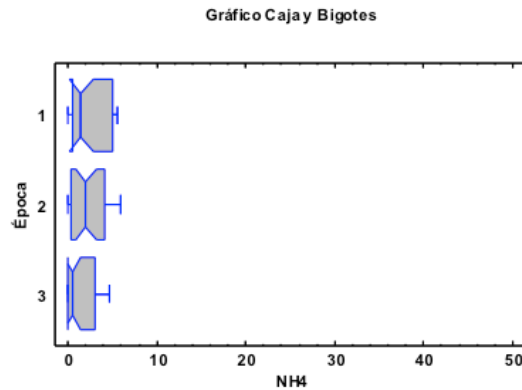


Figura 44. Gráfico Amonio según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del amonio en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	6,33	0,04

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	0,48	0,79

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de nitritos según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

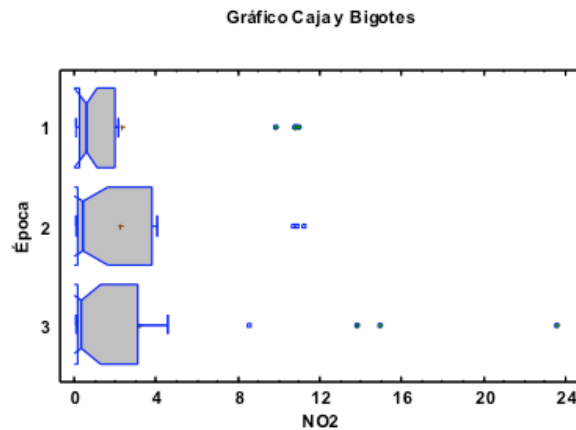


Figura 45. Gráfico Nitritos según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de los nitritos en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	1,33	0,51

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	1,86	0,40

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de nitratos según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

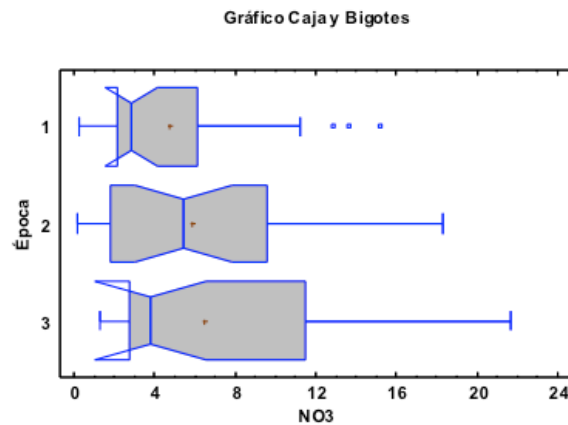


Figura 46. Gráfico Nitratos según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de los nitratos en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	4,00	0,14

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Nitrógeno inorgánico disuelto (NID)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	0,03	0,98

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de nitrógeno inorgánico disuelto según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

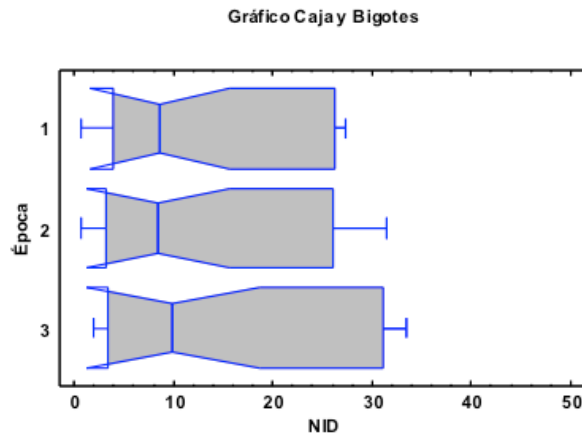


Figura 47. Gráfico Nitrógeno inorgánico disuelto según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del nitrógeno inorgánico disuelto en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	0,00	1,00

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Fósforo soluble reactivo (PSR)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	0,84	0,66

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de fósforo soluble reactivo según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

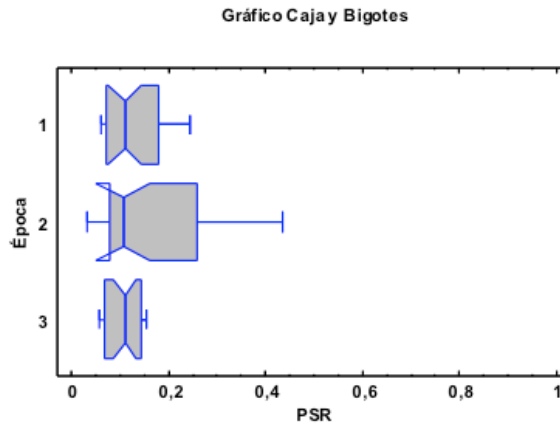


Figura 48. Gráfico Fósforo soluble reactivo según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del nitrógeno inorgánico disuelto en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	0,00	1,00

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.



⇒ Fósforo total (PT)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	6,17	0,05

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de fósforo total según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

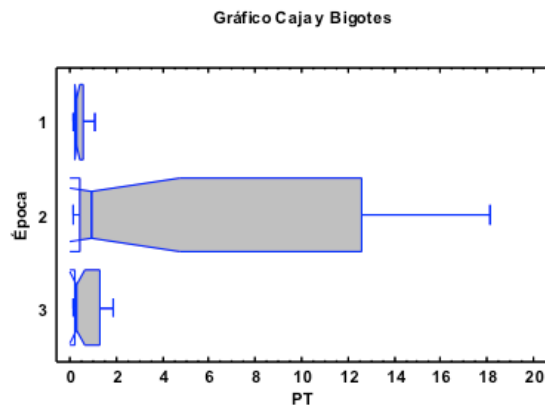


Figura 49. Gráfico Fósforo total según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del fósforo total en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	9,33	0,01

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Sílice (Si)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	3,00	0,22

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de sílice según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

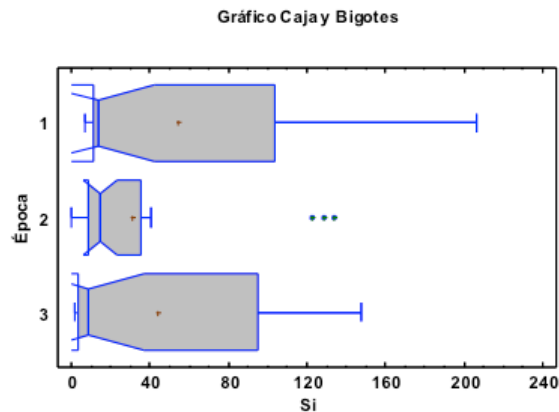


Figura 50. Gráfico Sílice según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del sílice en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muestras coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	0,33	0,85

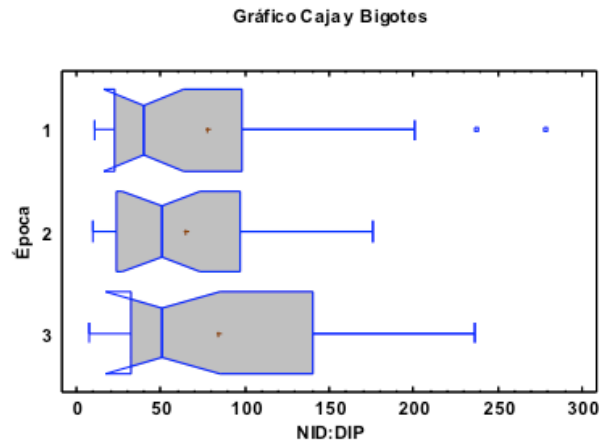
Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ NID:DIP

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	0,24	0,89

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el ratio NID:DIP según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:



**Figura 51. Gráfico NID:DIP según la época**

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de NID:DIP en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	0,33	0,85

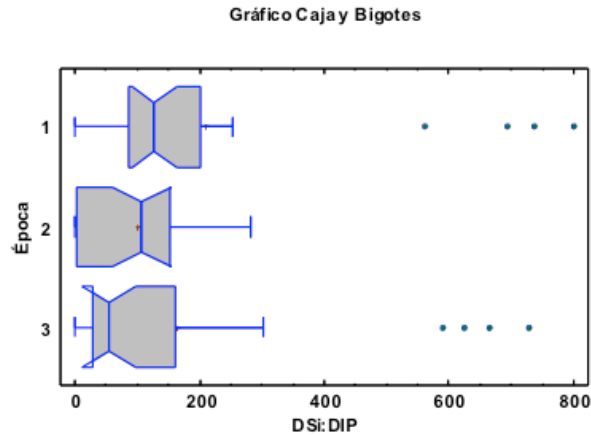
Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ DSi:DIP

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	3,20	0,20

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el ratio DSi:DIP según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:



**Figura 52. Gráfico DSi:DIP según la época**

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de DSi:DIP en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	4,33	0,11

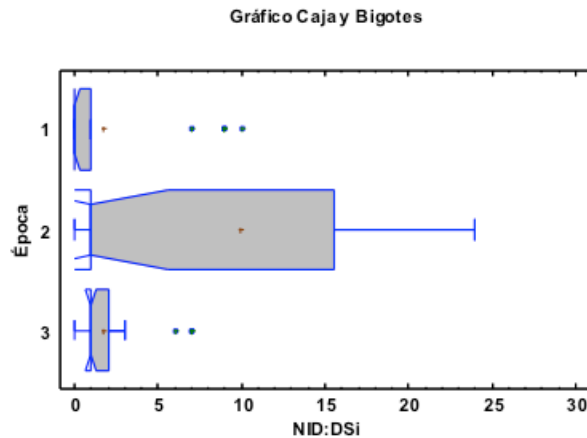
Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ NID:DSi

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	9,31	0,01

El valor-P obtenido es inferior al nivel de significación (0,05) por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre el ratio NID:DSi según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:



**Figura 53. Gráfico NID:DSi según la época**

Como se observa en el gráfico la mediana de los datos de NID:DSi a principios del verano (Época 1) es significativamente distinta al resto.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	1,86	0,03

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es inferior a 0,05, las medianas no son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Clorofila a (Cla)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	3,65	0,16

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de clorofila a según la época de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

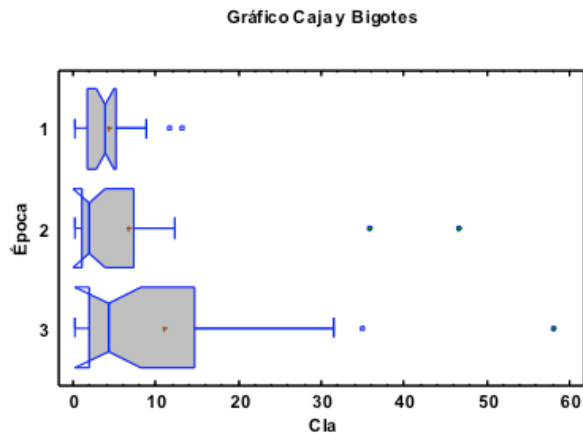


Figura 54. Gráfico Clorofila a según la época

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de clorofila a en las tres épocas de estudio no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	4,33	0,11

Puesto que el valor-P, de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

#### 4.3.1.3. Según el día

A continuación, se presentan los resultados del análisis realizado según el día de la semana en que se tomaron las muestras. En este caso los índices numéricos hacen referencia a:

1. Jueves.
2. Viernes.
3. Sábado.
4. Lunes.

⇒ pH

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	2,29	0,51

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de pH según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

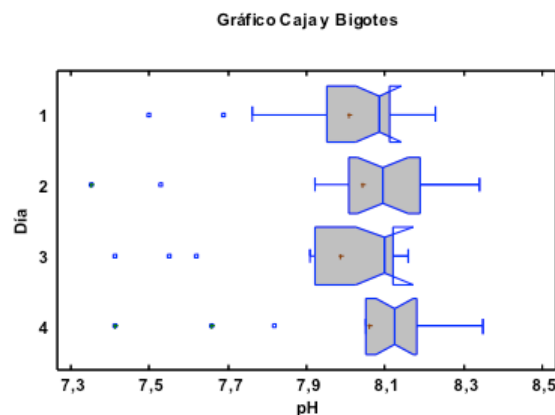


Figura 55. Gráfico pH según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de pH en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	2,89	0,41

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Conductividad

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	1,32	0,72

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de conductividad según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

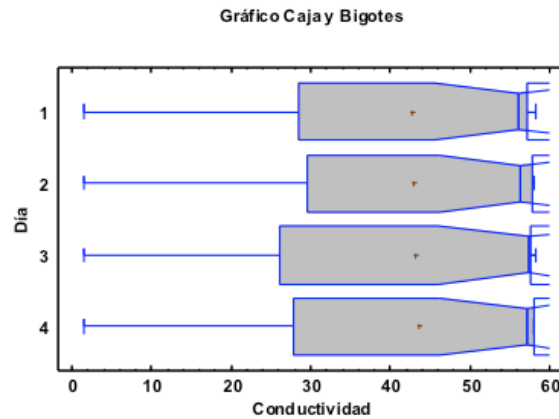


Figura 56. Gráfico Conductividad según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de la conductividad en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	1,33	0,73

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.



⇒ Sólidos suspendidos

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	0,56	0,91

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de sólidos suspendidos según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

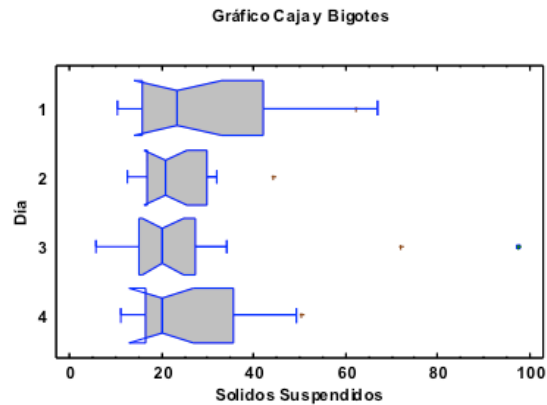


Figura 57. Gráfico Sólidos suspendidos según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de los sólidos suspendidos en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	0,61	0,89

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Amonio ( $\text{NH}_4^+$ )

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	2,60	0,46

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de amonio según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

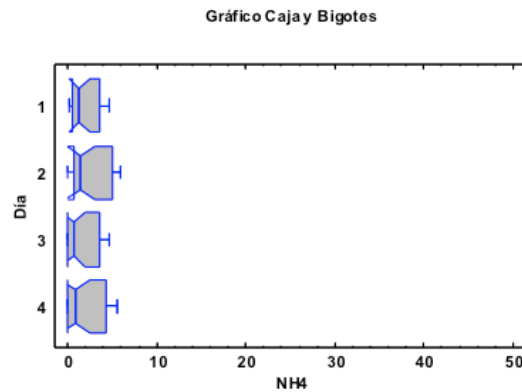


Figura 58. Gráfico Amonio según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del amonio en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	1,33	0,72

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Nitritos (NO<sub>2</sub>)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	3,15	0,37

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de nitritos según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

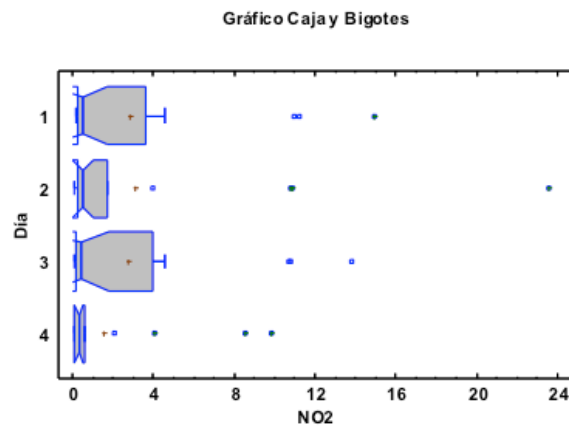


Figura 59. Gráfico Nitritos según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de los nitritos en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	3,11	0,37

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Nitratos (NO<sub>3</sub>)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	1,54	0,67

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de nitratos según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

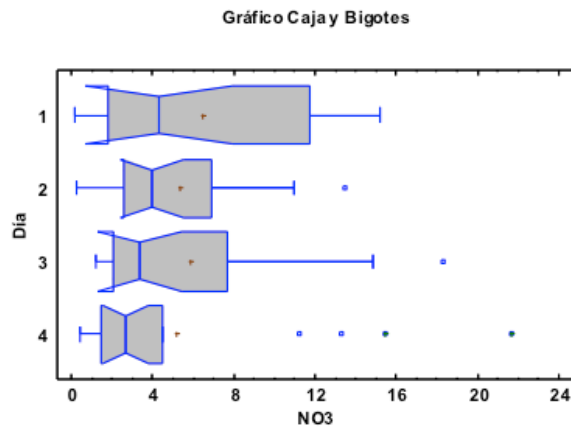


Figura 60. Gráfico Nitratos según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de los nitratos en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	2,22	0,53

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Nitrógeno inorgánico disuelto (NID)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	1,20	0,75

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de nitrógeno inorgánico disuelto según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

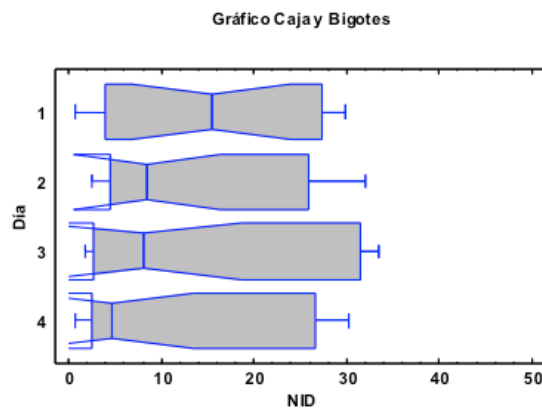


Figura 61. Gráfico Nitrógeno inorgánico disuelto según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del nitrógeno inorgánico disuelto en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	0,44	0,93

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Fósforo soluble reactivo (PSR)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	1,23	0,75

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de fósforo soluble reactivo según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

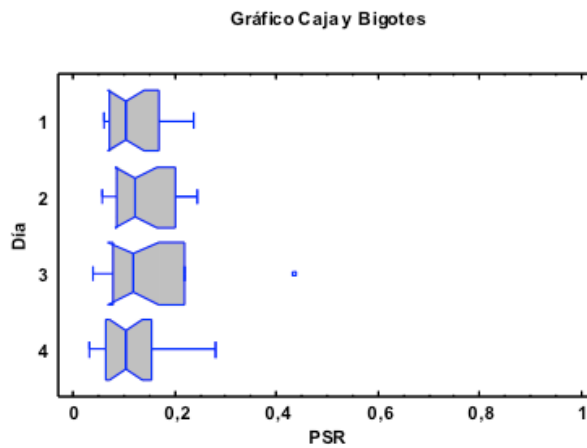


Figura 62. Gráfico Fósforo soluble reactivo según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del fósforo soluble reactivo en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	0,44	0,93

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Fósforo total (PT)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	1,74	0,63

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de fósforo total según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

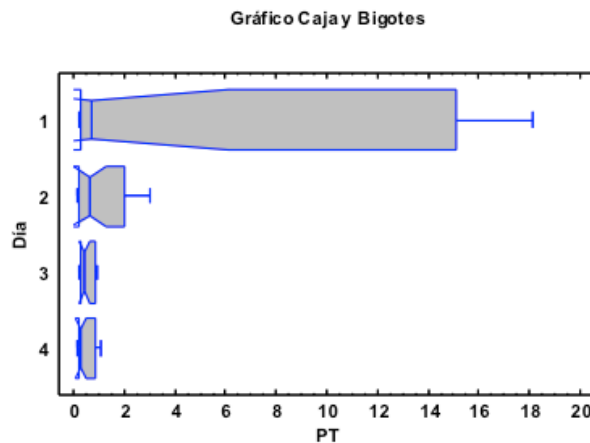


Figura 63. Gráfico Fósforo total según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del fósforo total en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	1,33	0,72

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Sílice (Si)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	3,08	0,38

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de sílice según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

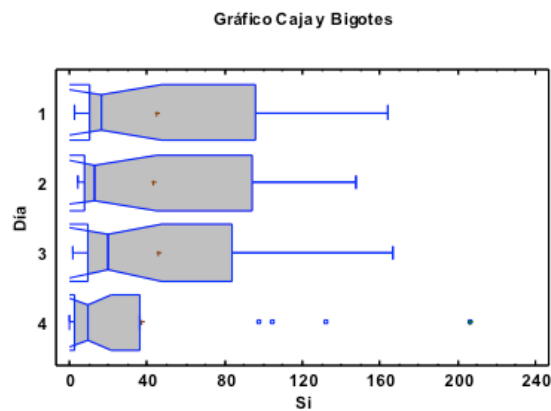


Figura 64. Gráfico Sílice según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores del sílice en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	3,11	0,37

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.



⇒ NID:DIP

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	1,60	0,66

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el ratio NID:DIP según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

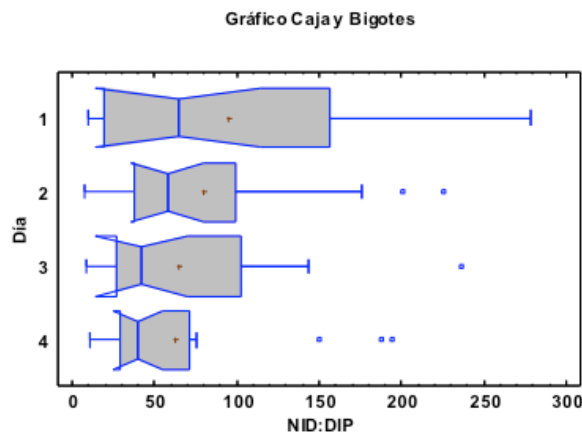


Figura 65. Gráfico NID:DIP según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de NID:DIP en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	2,22	0,53

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ DSi:DIP

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	3,11	0,38

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el ratio DSi:DIP según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

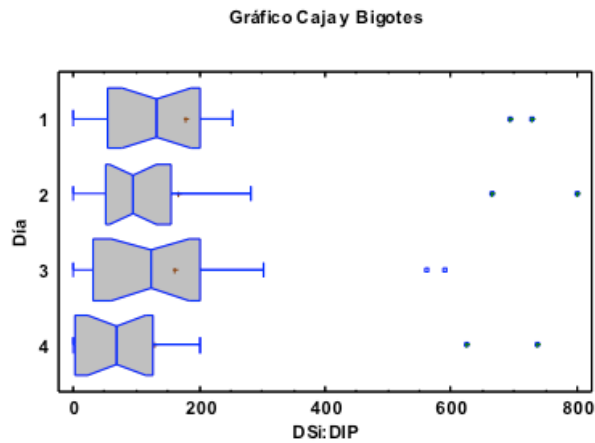


Figura 66. Gráfico DSi:DIP según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de DSi:DIP en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	4,44	0,22

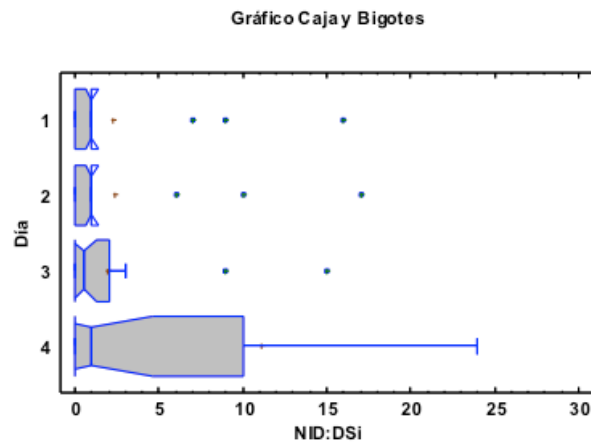
Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ NID:DSi

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	3,50	0,32

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el ratio NID:DSi según el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:



**Figura 67. Gráfico NID:DSi según el día**

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de NID:DSi en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	4,79	0,19

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

⇒ Clorofila a (Cla)

- *Kruskal-Wallis*

	Estadístico	Valor-P
Kruskal-Wallis	2,03	0,57

El valor-P obtenido es superior al nivel de significación (0,05) por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de clorofila a y el día de muestreo. Para una mejor comprensión se hace uso del gráfico de caja y bigotes:

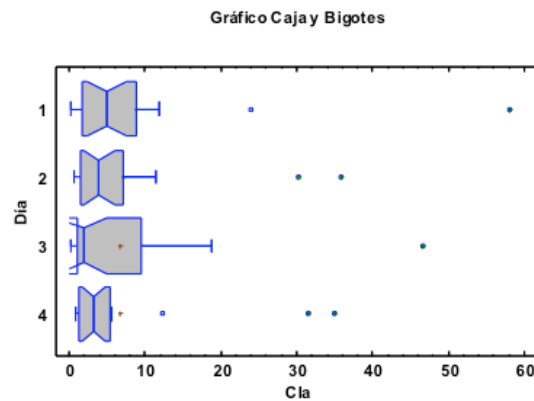


Figura 68. Gráfico Clorofila a según el día

Como se observa en el gráfico las medianas de los valores de la clorofila a en los cuatro días de muestreo no presentan diferencias significativas entre sí puesto que las muescas coinciden.

- *Mediana de Mood*

	Estadístico	Valor-P
Mediana de Mood	3,11	0,37

Puesto que el valor-P de los datos analizados, es superior a 0,05, las medianas son iguales, lo que corrobora el resultado observado en el test de Kruskal-Wallis.

A continuación, se resumen las principales diferencias observadas en los distintos parámetros analizados.

▪ *Según la situación:*

El pH es igual en los puntos de la playa de “els Marenys de Rafalcaid” (4, 5 y 6), siendo significativamente diferente en el resto de puntos (acequia depuradora (1), punto del río antes de la desembocadura (2) y playa de Venecia (3)). En la conductividad ocurre lo mismo que con el pH, diferencia estadísticamente significativa entre los tres primeros puntos y los tres últimos. Los sólidos suspendidos en el punto 1 presentan una mediana significativamente diferente a la del resto de puntos de muestreo, cuyas medianas se consideran iguales. El amonio en los puntos 1, 2 y 3 es significativamente diferente en el resto de los puntos que se consideran iguales. Tanto en nitritos como en nitratos, los puntos 2 y 3 son lo que presentan una diferencia significativa sobre el resto. El nitrógeno inorgánico disuelto en los puntos 5 y 6 presenta una mediana igual en comparación al resto de puntos que son diferentes. El fósforo soluble reactivo y el fósforo total presentan diferencias significativas entre el punto 1, el 2 y el 3 sobre el resto de los valores que se consideran iguales. Además los puntos 2 y 3 se consideran iguales. El sílice presenta una diferencia significativa entre los puntos 1, 2 y 3 sobre el resto de los puntos que se consideran iguales. El ratio DIN:DIP y el DSi:DIP presentan diferencias significativas en los puntos 1 y 2 mientras que el resto se consideran iguales. El ratio DIN:DSi presenta diferencias significativas solo en el punto 1 siendo el resto iguales. Por último, la clorofila *a* presenta también diferencias significativas entre los puntos 1, 2 y 3 y el resto de puntos que se consideran iguales. Además el punto 1 se considera igual al 2 y al 3 pero estos dos últimos son diferentes entre sí. Por lo que podemos decir que sí que se han observado diferencias significativas en función de la situación. Estas diferencias se observan básicamente entre el punto de vertido de las aguas de la depuradora y la playa de Venecia. Mientras que en los puntos de la playa de “Els Marenys de Rafalcaid” la diferencia no es significativa.

▪ *Según la época:*

En el análisis de todas las variables estudiadas según la época de muestreo, es decir, al principio, mediados o final del verano, sólo el ratio DIN:DSi ha presentado una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas, siendo diferente a principios del verano (época 1). El resto de variables analizadas no han presentado una diferencia estadísticamente significativa.

▪ *Según el día:*

En el análisis de todas las variables estudiadas según el día de muestreo, es decir, jueves, viernes, sábado o lunes, ninguna de las variables presenta una diferencia estadísticamente significativa.

#### **4.3.2. Correlaciones**

Para el análisis de las correlaciones se ha utilizado, como se ha explicado anteriormente, el coeficiente de correlación de Spearman. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

**Análisis de nutrientes y biomasa fitoplanctónica en el tramo final y desembocadura del río Serpis.**

		Situación	Época	Día	pH	Conductividad	Sól. Suspendidos	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Situación	Coef. Correlación		0,00	0,00	0,17	<b>0,88</b>	<b>-0,49</b>	<b>-0,78</b>	<b>-0,63</b>	<b>-0,41</b>
	N		72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P		1,00	1,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Época	Coef. Correlación	0,00		0,00	0,12	0,11	0,14	-0,22	-0,08	0,16
	N	72		72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	1,00		1,00	0,33	0,35	0,24	0,07	0,51	0,17
Día	Coef. Correlación	0,00	0,00		0,11	0,13	-0,04	-0,15	-0,20	-0,12
	N	72	72		72	72	72	72	72	72
	Valor-P	1,00	1,00		0,35	0,27	0,71	0,20	0,09	0,33
pH	Coef. Correlación	0,17	0,12	0,11		0,22	<b>0,32</b>	-0,12	<b>-0,50</b>	<b>-0,54</b>
	N	72	72	72		72	72	72	72	72
	Valor-P	0,15	0,33	0,35		0,06	0,01	0,30	0,00	0,00
Conductividad	Coef. Correlación	<b>0,88</b>	0,11	0,13	0,22		<b>-0,46</b>	<b>-0,76</b>	<b>-0,67</b>	<b>-0,40</b>
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,35	0,27	0,06		0,00	0,00	0,00	0,00
Sól. suspendidos	Coef. Correlación	<b>-0,49</b>	0,14	-0,04	<b>0,32</b>			<b>0,42</b>	0,15	-0,08
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,24	0,71	0,01		0,00	0,00	0,19	0,52
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Coef. Correlación	<b>-0,78</b>	-0,22	-0,15	-0,12		<b>-0,76</b>		<b>0,45</b>	0,12
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,07	0,20	0,30		0,00	0,00	0,00	0,32
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Coef. Correlación	<b>-0,63</b>	-0,08	-0,20	<b>-0,50</b>			<b>0,45</b>		<b>0,63</b>
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,51	0,09	0,00		0,00	0,19	0,00	0,00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Coef. Correlación	<b>-0,41</b>	0,16	-0,12	<b>-0,54</b>		-0,08	0,12	<b>0,63</b>	
	N	72	72	72	72		72	72	72	
	Valor-P	0,00	0,17	0,33	0,00		0,00	0,32	0,00	
NID	Coef. Correlación	<b>-0,92</b>	-0,01	-0,11	-0,18		<b>-0,89</b>	<b>0,46</b>	<b>0,76</b>	<b>0,64</b>
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,96	0,37	0,14		0,00	0,00	0,00	0,00
PSR	Coef. Correlación	<b>-0,86</b>	-0,07	-0,04	-0,11		<b>-0,81</b>	<b>0,46</b>	<b>0,81</b>	<b>0,54</b>
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,57	0,73	0,38		0,00	0,00	0,00	0,03
PT	Coef. Correlación	<b>-0,68</b>	0,02	-0,13	-0,02		<b>-0,74</b>	<b>0,35</b>	<b>0,62</b>	<b>0,38</b>
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,88	0,26	0,88		0,00	0,00	0,00	0,16
Si	Coef. Correlación	<b>-0,82</b>	-0,20	-0,16	-0,20		<b>0,91</b>	<b>0,45</b>	<b>0,69</b>	<b>0,64</b>
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,10	0,17	0,09		0,00	0,00	0,00	0,00
DIN:DIP	Coef. Correlación	-0,03	0,05	-0,14	<b>-0,64</b>		-0,01	<b>-0,33</b>	-0,17	<b>0,53</b>
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,83	0,68	0,25	0,00		0,95	0,01	0,16	0,00
DSi:DIP	Coef. Correlación	0,13	-0,18	-0,17	<b>-0,66</b>		-0,04	<b>-0,35</b>	<b>-0,28</b>	<b>0,48</b>
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,28	0,13	0,15	0,00		0,76	0,00	0,02	0,00
DIN:DSi	Coef. Correlación	<b>-0,38</b>	<b>0,26</b>	0,13	<b>0,40</b>		-0,20	<b>0,39</b>	<b>0,41</b>	-0,18
	N	72	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,03	0,28	0,00		0,10	0,00	0,13	0,26

**Análisis de nutrientes y biomasa fitoplanctónica en el tramo final y desembocadura del río Serpis.**

		Situación	Época	Día	pH	Conductividad	Sól. Suspendidos	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Cla	Coef. Correlación	<b>-0,56</b>	0,13	-0,13	-0,20	<b>-0,55</b>	<b>0,32</b>	<b>0,41</b>	<b>0,64</b>	<b>0,46</b>
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,27	0,29	0,09	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00

**Tabla 4. Resultados Correlación de Spearman 1**

		NID	PSR	PT	Si	NID:DIP	DSi:DIP	NID:DSi	Cla
Situación	Coef. Correlación	<b>-0,92</b>	<b>-0,86</b>	<b>-0,68</b>	<b>-0,82</b>	-0,03	0,13	<b>-0,38</b>	<b>-0,56</b>
	N	72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,28	0,00	0,00
Época	Coef. Correlación	-0,01	-0,07	0,02	-0,20	0,05	-0,18	<b>0,26</b>	0,13
	N	72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,96	0,57	0,88	0,10	0,68	0,13	0,03	0,27
Día	Coef. Correlación	-0,11	-0,04	-0,13	-0,16	-0,14	-0,17	0,13	-0,13
	N	72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,37	0,73	0,26	0,17	0,25	0,15	0,28	0,29
pH	Coef. Correlación	-0,18	-0,11	-0,02	-0,20	<b>-0,64</b>	<b>-0,66</b>	<b>0,40</b>	-0,20
	N	72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,14	0,38	0,88	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09
Conductividad	Coef. Correlación	<b>-0,89</b>	<b>-0,81</b>	<b>-0,74</b>	<b>-0,91</b>	-0,01	-0,04	-0,20	<b>-0,55</b>
	N	72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,76	0,10	0,00
Sól. suspendidos	Coef. Correlación	<b>0,46</b>	<b>0,46</b>	<b>0,35</b>	<b>0,45</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,35</b>	<b>0,39</b>	<b>0,32</b>
	N	72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Coef. Correlación	<b>0,76</b>	<b>0,81</b>	<b>0,62</b>	<b>0,69</b>	-0,17	<b>-0,28</b>	<b>0,41</b>	<b>0,41</b>
	N	72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,02	0,00	0,00
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Coef. Correlación	<b>0,64</b>	<b>0,54</b>	<b>0,38</b>	<b>0,64</b>	<b>0,53</b>	<b>0,48</b>	-0,18	<b>0,64</b>
	N	72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Coef. Correlación	<b>0,55</b>	<b>0,26</b>	0,17	<b>0,41</b>	<b>0,75</b>	<b>0,53</b>	-0,13	<b>0,46</b>
	N	72	72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,03	0,16	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00
NID	Coef. Correlación		<b>0,82</b>	<b>0,70</b>	<b>0,86</b>	0,15	-0,04	<b>0,34</b>	<b>0,55</b>
	N		72	72	72	72	72	72	72
	Valor-P		0,00	0,00	0,00	0,21	0,71	0,00	0,00
PSR	Coef. Correlación	<b>0,82</b>		<b>0,69</b>	<b>0,79</b>	-0,20	-0,23	<b>0,29</b>	<b>0,46</b>
	N	72		72	72	72	72	72	72
	Valor-P	0,00		0,00	0,09	0,06	0,01	0,00	0,00
PT	Coef. Correlación	<b>0,70</b>	<b>0,69</b>		<b>0,68</b>	-0,18	-0,19	<b>0,28</b>	0,20
	N	72	72		72	72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,00		0,00	0,14	0,12	0,02	0,09
Si	Coef. Correlación	<b>0,86</b>	<b>0,79</b>	<b>0,68</b>		0,01	0,16	0,03	<b>0,47</b>
	N	72	72	72		72	72	72	72
	Valor-P	0,00	0,00	0,00		0,97	0,18	0,78	0,00



**Análisis de nutrientes y biomasa fitoplanctónica en el tramo final y desembocadura del río Serpis.**

		NID	PSR	PT	Si	NID:DIP	DSi:DIP	NID:DSi	Cla
DIN:DIP	Coef. Correlación	0,15	-0,20	-0,18	0,01		<b>0,75</b>	<b>-0,37</b>	<b>0,29</b>
	N	72	72	72	72		72	72	72
DSi:DIP	Valor-P	0,21	0,09	0,13	0,97		0,00	0,00	0,01
	Coef. Correlación	-0,04	-0,23	-0,19	0,16	<b>0,75</b>		<b>-0,80</b>	0,17
DIN:DSi	N	72	72	72	72	72		72	72
	Valor-P	0,71	0,06	0,12	0,18	0,00		0,00	0,15
Cla	Coef. Correlación	<b>0,34</b>	<b>0,29</b>	<b>0,28</b>	0,03	<b>-0,37</b>	<b>-0,80</b>		0,02
	N	72	72	72	72	72	72		72
DSi:DSi	Valor-P	0,00	0,01	0,02	0,78	0,00	0,00		0,87
	Coef. Correlación	<b>0,55</b>	<b>0,46</b>	0,20	<b>0,47</b>	<b>0,29</b>	0,17	0,02	
DSi:Cla	N	72	72	72	72	72	72	72	
	Valor-P	0,00	0,00	0,09	0,00	0,01	0,15	0,87	

**Tabla 5. Resultados Correlación de Spearman 2**

Del análisis de correlaciones destacar que de las tres variables espacio-temporales estudiadas la situación es la que presenta correlación con la mayoría de parámetros analizados. De las variables ambientales los sólidos suspendidos presentan correlación con todos los parámetros analizados excepto nitritos y nitratos. Mientras que de los nutrientes destacar por los que presentan correlación con la mayoría de las variables analizadas son los elementos nitrogenados ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ). Por último, la clorofila a presenta correlación positiva con todos los nutrientes, excepto el fósforo total debido a que el fitoplancton consume PSR.

## **5. Discusión**

El río Serpis es un río típicamente mediterráneo, sometido a las singularidades hidrológicas y al régimen fluvial del clima mediterráneo que provocan que el flujo, las condiciones físicas y químicas, puedan cambiar drásticamente de manera estacional. Durante el período de estudio, el caudal medio del río fue de  $0 \text{ m}^3/\text{s}$  (medido en las estaciones de aforo de “l’Assut d’En Carròs” y la del río Vernisa) por lo tanto, los flujos en el transecto estudiado estaban vinculados a las descargas directas de la estación depuradora de aguas residuales. Esta descargaba de forma continuada aguas no tratadas al río Serpis por la acequia identificada en la figura 8.

La conductividad en el punto 1 presenta valores propios de agua dulce (valor medio  $1.6 \text{ mS/cm}$ ) ya que corresponden a la descarga de la EDAR, en el punto 2 es mayor (valor medio  $29.9 \text{ mS/cm}$ ) al tratarse de una zona donde se mezclan las aguas del río y el mar. El punto 3 (playa de Venecia), presentó unos valores de conductividad significativamente inferiores ( $p < 0.05$ ) (valor medio  $54.4 \text{ mS/cm}$ ) a la del resto de puntos costeros (valor medio  $57.6 \text{ mS/cm}$ ) y esta diferencia se atribuye a la influencia de las descargas de la EDAR; en la playa “Els de Marenys de Rafalcaid” (P4, P5 y P6) los valores de conductividad son típicos de aguas saladas ( $> 50 \text{ mS/cm}$ ). En cuanto a la temporalidad, no ha habido una diferencia significativa ni según la época ni según el día debido a que el caudal que vierte la acequia de la EDAR ha sido constante durante todo el periodo de estudio. En un principio el muestreo se planificó pensando que los vertidos serían puntuales y que se producirían por desbordamiento de los aliviaderos, ya que no hay constancia de datos oficiales de la EPSAR que reflejen que se está vertiendo aguas residuales de forma continuada y directa, por lo tanto el hecho de que no halla diferencias porque se vierte de forma continuada es algo que no esperábamos.

Los sólidos suspendidos analizados en las muestras tomadas en el punto 1, correspondientes a las aguas vertidas directamente por la EDAR, se presentan valores significativamente más elevados ( $p < 0.05$ ) que el resto de puntos. El resto de puntos no presentaba diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre sí, a excepción del punto 3 ubicado en la playa de Venecia cuyos valores (valor medio  $29.4 \text{ mg/L}$ ), si bien eran inferiores a los del punto 1 (valor medio  $236.5 \text{ mg/L}$ ), eran significativamente superiores a los puntos de la playa de “Els Marenys de Rafalcaid” (valor medio  $19.1 \text{ mg/L}$ ). Esta diferencia se atribuye a la localización de la playa que se encuentra en una bahía semicerrada (entre el puerto y la desembocadura del río) con aguas poco profundas y poca pendiente que hacen que las aguas cargadas de materia suspendida provenientes del río tengan un tiempo de residencia mayor que en otras zonas costeras. No se apreciaron diferencias significativas según la temporada en la que se tomaron las muestras.

Las formas de nitrógeno dominantes presentaron un comportamiento distinto según el punto del que se trataba. Mientras en la acequia de la EDAR (P1), el amonio era la forma dominante del nitrógeno, en el resto de puntos eran los nitratos. Esto se debe a que en las aguas residuales sin tratar las bacterias transforman el nitrógeno orgánico en amoniacal y cuando estas salen

al río, en presencia de O<sub>2</sub>, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitrito y éste, rápidamente, en nitratos, que es la forma más oxidada que se encuentra el nitrógeno en el agua. El punto de muestreo 2 (parte final del río Serpis) y el 3 (playa de Venecia) presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con valores superiores de nitritos y nitratos respecto a los puntos de la “playa de Marenys de Rafalcaid” (P4, P5 y P6). Es decir, que la concentración de nutrientes seguía el gradiente espacial anteriormente descrito (el amonio disminuye desde la acequia de la EDAR hacia el mar y los nitritos y nitratos aumentan). Por otro lado, tampoco se apreciaron diferencias significativas en la temporalidad de la toma de muestras.

El fósforo es el principal nutriente potencialmente limitante según el análisis de ratios realizado, así que cualquier descarga de fósforo soluble reactivo se consume rápidamente por el fitoplancton, lo que puede ocasionar que las variaciones puedan pasar desapercibidas (Falco *et al.*, 2010). Es por ello, que se han estudiado principalmente las variaciones del fósforo total. En la comparación de ratios, se ha observado que en la acequia de la EDAR (P1) los valores de NID:DIP y DSi:DIP son menores de 16 (valor medio 12) (proporción ratios de Redfield DSi:NID:DIP = 16:16:1) esto indica que el DIP es muy abundante y que en este punto existe una limitación potencial del resto de nutrientes, es decir, son aguas residuales con un exceso de fósforo. En cambio, en el punto siguiente (P2) este exceso de fósforo desaparece coincidiendo en que ese punto es el que presenta una mayor concentración de clorofila *a*, lo que parece indicar que este exceso de fósforo es el responsable del aumento de biomasa fitoplanctónica en este punto del río. Del resto de puntos destacar que las concentraciones tanto de fósforo soluble reactivo como de fósforo total son mayores, en la desembocadura del río (P2) y la playa de Venecia (P3), que en la “playa de Marenys de Rafalcaid” siguiendo el gradiente espacial de nitratos y nitritos que anteriormente se ha explicado. En cuanto al efecto que puede provocar la temporalidad del muestreo, como anteriormente se ha citado, el fósforo tampoco presenta una diferencia significativa ni según la época ni según el día. Por otro lado, destacar que nos encontramos con una correlación negativa entre el fósforo y la conductividad (salinidad), es decir, que a menor conductividad el fósforo es mayor. Esta correlación se debe a que la principal fuente de fósforo es el vertido de aguas residuales parcialmente tratadas desde la EDAR.

La concentración de sílice, de los puntos de muestreo que se encuentran en la costa (P3, P4, P5 y P6) presenta unos valores entre 0,05 y 41,03 mg/L, similares a los obtenidos previamente en esta área de estudio (Sebastiá, 2012). Mientras que los puntos de la acequia de la EDAR (P1) y de la desembocadura del río (P2) presentan unos valores significativamente más elevados que los anteriores. Por otro lado, tras la comparación de ratios, se ha observado que el día 23 de Julio del 2012 se produjo una limitación potencial del sílice disuelto en los puntos 3, 4, 5 y 6 ( $NID:DSi > 16$  y  $DSi:DIP < 16$ ). Esta limitación podría atribuirse a que se produjo un error en el análisis ya que las concentraciones ( $< 0,1$  mg/L) eran inferiores a las que presenta el agua en su estado natural (1-30 mg/L).

Por lo que respecta a la biomasa del fitoplancton (C<sub>la</sub>), como en la mayoría de los nutrientes analizados, se observó un gradiente espacial decreciente desde el P1 hasta el P6 debido a la disponibilidad de nutrientes y

al intercambio de agua. Es por ello que tanto el tramo final del río como la playa de Venecia presentaban, de todos los puntos de muestreo, las concentraciones más elevadas de biomasa fitoplanctónica llegando hasta concentraciones de 58,02 mg/L. En otros estudios en la misma zona se han obtenido valores incluso superiores (71.6 mg/L) (Sebastiá y Rodilla, 2012). En estas dos zonas, las entradas continuas de nutrientes y el reducido intercambio de agua (alto tiempo de residencia) explican esta mayor biomasa (Sebastiá, 2012). En la playa de “Els Marenys de Rafalcaid” (P4, P5 y P6) los valores de clorofila *a* son menores (2.21 mg/L) en comparación con los de la playa de Venecia (6.19 mg/L). Esto podría indicar que los efectos del vertido de aguas residuales quedan restringidos a la playa de Venecia y que por tanto producen efectos menores en otras localizaciones como en el transecto de “Els Marenys de Rafalcaid” o en otros transectos perpendiculares a la desembocadura analizados en otros estudios (Sebastiá, 2012). Este aumento de clorofila podría producir un bloom de fitoplancton que podría desencadenar el cierre de la playa. Por otra parte, la clorofila *a* presenta una correlación significativamente positiva con todos los nutrientes analizados excepto con el fósforo total que no presenta correlación. Esto se debe a que el fitoplancton consume fósforo soluble reactivo y no fósforo total, por lo tanto es normal que no presente correlación.

## **6. Conclusión**

En este estudio se han analizado los niveles de nutrientes y de biomasa fitoplanctónica del tramo final y desembocadura del río Serpis durante la época estival con el objetivo de comparar la variabilidad espacial y temporal. Los resultados mostraron que los mayores niveles de concentración de nutrientes y de biomasa fitoplanctónica (exceptuando el punto de la acequia de la EDAR) se midieron en la zona de confluencia entre el río y el mar y en la playa de Venecia (zona semicerrada). Los resultados obtenidos corroboraron los observados en otros estudios relacionados en la misma zona (Sebastiá, 2012).

Por otro lado, no se han observado diferencias significativas ni en la época ni en el día de muestreo (variabilidad temporal) debido a que los vertidos de aguas residuales por parte de la EDAR se producían de forma continuada y no puntual como se esperaba. A partir de aquí dado que estos vertidos se producen de forma continuada por el incremento del caudal de aguas residuales a tratar, debería analizarse el funcionamiento de la EDAR y la necesidad de evitar ese vertido directo en la zona de la desembocadura donde los efectos de sus aportes son mayores que en la zona del emisario debido a la escasa renovación del agua.

Tras la realización de este primer estudio se plantean dos nuevas líneas de trabajo:

1. Comparar el efecto de los vertidos fuera de la temporada turística y durante la época turística para analizar así los efectos del turismo en los vertidos de la EDAR puesto que no se han observado diferencias significativas en la variable temporal (época y día) durante la época estival.
2. Estudiar la época de lluvias, ya que se ha observado que estas provocan que el aliviadero que tiene la EDAR en la desembocadura del río Serpis vierta en estos periodos al exceder la capacidad del emisario submarino.

## **7. Bibliografía**

### ARTÍCULOS EN REVISTAS

MOLINOS-SENANTE, M., HERNANDEZ-SANCHOA, F. AND SALA-GARRIDO, R. J. (2011). Assessing disproportionate costs to achieve good ecological status of water bodies in a Mediterranean river basin. *Journal of Environmental Monitoring* 13, 2091-2101.

TORRECILLA, N.J., PEDRO, J., ARNEDO, G., ZAERA, L.G., RETAMAR, J.F., ALVAREZ, A.N.A. (2005). Nutrient sources and dynamics in a Mediterranean fluvial regime (Ebro River, NE Spain) and their implications for water management. *Journal of Hydrology* 304, 166–182.

VALDERRAMA, J.C. (1981). The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10: 109-122

### LIBROS

AMINOT, A., CHAUSSEPIED, M. (1983). *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. CNEXO, Brest, p. 396.

GRASSHOFF, K. (1983). *Determination of oxygen*. In: Grasshoff K, Ehrhardt M, Kremling K Eds., *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, Weinheim, p. 419.

JUANES J.A., REVILLA, J.A., ALVAREZ, C., GARCÍA, A., PUENTE, A. AND NIKOLOV, K. (2005). *Environmental design and monitoring of large submarine outfalls: an integrated approach for coastal protection*. In: *Environmentally Friendly Coastal Protection*, 243-253. Zimmermann, C. et al. (eds.), p. 276.