

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES**

**GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS AZARBES DEL  
VINALOPÓ Y SEGURA: NITRÓGENO**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2020/2021**

**AUTORA:** Clara Abad Alapont

**TUTORES:** María Belén Almendro Candel

José Navarro Pedreño

**DEPARTAMENTO:** Agroquímica y Medio Ambiente

**ÁREAS:** Ingeniería Química

Edafología y Química Agrícola

## Calidad de las aguas de los azarbes del Vinalopó y Segura: nitrógeno.

Resumen: Este estudio tiene como objetivo principal evaluar la calidad de las aguas de los distintos azarbes asociados a las cuencas de los ríos Vinalopó y Segura, a partir del análisis del nitrógeno total. Valores altos de este nutriente en los sistemas acuáticos pueden ocasionar graves problemas en el ecosistema y sobre la vida de los organismos que habitan en él, tal como ocurre en el proceso de eutrofización.

Con la finalidad de evaluar el grado de contaminación de las aguas de los azarbes del sureste de Alicante, procedentes del sobrante de riego, se realizaron 16 muestreos comprendidos entre septiembre de 2016 y septiembre de 2020, tomando 15 muestras en distintos puntos del área de estudio. Posteriormente, se analizó la concentración de nitrógeno total a partir del método del ácido cromotrópico.

Los resultados obtenidos mostraron que los cauces, cuyas aguas desembocan en el río Segura, presentan un contenido elevado de nitrógeno, especialmente el azarbe del Convenio. Esto sugiere la necesidad de implementar medidas de prevención que traten de reducir la contaminación.

Palabras clave: nitrógeno, nutriente, eutrofización, riego.

## Water quality of the Vinalopo and Segura drainage channels: nitrogen.

Abstract: The main objective of this study is to evaluate the quality of the waters of the different drainage channels associated with the basins of the Vinalopo and Segura rivers, based on the analysis of total nitrogen. High values of this nutrient in aquatic systems can cause serious problems on the ecosystem and the living organisms that live in it, as occurs in the process of eutrophication.

In order to assess the degree of contamination of the waters of the drainage channels located in the southeast of Alicante, that come from the irrigation surplus, 16 samplings were carried out between September 2016 and September 2020, taking 15 samples at different points of the study area. Subsequently, the concentration of total nitrogen was analyzed using the chromotropic acid method.

The results obtained showed that the watercourses, whose waters flow into the Segura River, have a high nitrogen content, especially the “azarbe del Convenio”. This suggests the need to implement preventive measures to reduce pollution.

Key words: nitrogen, nutrient, eutrophication, irrigation.

## ÍNDICE

1. Introducción .....	4
1.1 El agua como recurso .....	4
1.2 Calidad de aguas .....	5
1.3 Nitrógeno .....	8
1.3.1 Acidificación .....	9
1.3.2 Eutrofización .....	10
1.3.3 Toxicidad .....	11
2. Antecedentes y objetivos .....	14
3. Materiales y métodos .....	15
3.1 Área de estudio .....	15
3.1.1 Azarbes estudiados .....	16
3.1.2 Muestreo .....	19
3.2 Parámetros analizados .....	20
3.2.1 Nitrógeno total .....	20
3.3 Análisis estadísticos .....	22
4. Resultados y discusión .....	23
4.1 Nitrógeno total .....	23
5. Conclusiones y proyección futura .....	30
6. Bibliografía .....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 EL AGUA COMO RECURSO

El agua es la sustancia más abundante en la Tierra y la única presente en la atmósfera en estado sólido, líquido y gaseoso (FAO, 2005). Es un recurso esencial para la vida, ya que está implicada en los procesos fisiológicos de nutrición y eliminación de residuos de las células de todos los seres vivos. Asimismo, es uno de los factores más importantes de control que influyen en la biodiversidad y en la distribución de los distintos ecosistemas y comunidades (Vandas *et al.*, 2002). Por ello, su contaminación tiene un grave impacto sobre los organismos y puede afectar adversamente al uso del agua potable en el hogar y otras actividades como la pesca, el transporte y el comercio (EPA, 2021a).

El agua cubre tres cuartas partes de la superficie de la Tierra repartida entre los océanos, ríos, arroyos, lagos, estanques, estuarios, humedales, manantiales, capas de hielo y glaciares. No obstante, también está presente en el subsuelo y en la atmósfera. La mayor parte del agua de la Tierra, aproximadamente el 97,5%, es agua salada y constituye principalmente los océanos. La fracción restante, 2,5%, es agua dulce y se encuentra distribuida de forma desigual entre los glaciares, los casquetes polares, el subsuelo, la superficie, la atmósfera y el suelo. Esta división heterogénea del agua dulce limita su disponibilidad para el consumo humano, ya que aproximadamente el 88% de ella se encuentra congelada en los glaciares y los casquetes polares. Como consecuencia, únicamente el 0,3% del agua total del planeta, agua dulce en estado líquido, es apta para su uso por los seres vivos (Vandas *et al.*, 2002).

Existe un movimiento de las masas de agua, tanto salada como dulce, que origina un flujo continuo dentro de la hidrosfera de la Tierra denominado “ciclo del agua”. Es impulsado por la radiación solar y se desarrolla sobre la atmósfera, el suelo, las aguas superficiales y las aguas subterráneas. El agua, a medida que circula a través del ciclo, cambia de estado entre las fases líquida, sólida y gaseosa y se mueve de un compartimento a otro mediante procesos físicos de evaporación, precipitación, infiltración, escorrentía y flujo subsuperficial (Web EEA “glossary definitions”).

## 1.2 CALIDAD DE LAS AGUAS

La calidad de las aguas es una variable descriptiva fundamental del medio hídrico, tanto desde el punto de vista de su caracterización ambiental, como desde la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, ya que delimita la aptitud del agua para mantener los ecosistemas y satisfacer las distintas demandas. Sin embargo, puede experimentar modificaciones, de origen natural o a partir de factores externos. Según el Libro Blanco del Agua, cuando la alteración de la calidad de las aguas es ocasionada por elementos externos ajenos al ciclo del agua, se habla de contaminación (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).

Se entiende por contaminación “la introducción de sustancias o energía en el medio ambiente, que tiene efectos perjudiciales de tal naturaleza que ponen en peligro la salud humana, dañan los recursos vivos y los ecosistemas, y deterioran o interfieren con los servicios y otros usos legítimos del medio ambiente” (Web EEA glossary definitions). A su vez, en función del proceso por el que los contaminantes son incorporados al medio, se distingue entre (Web EEA glossary definitions):

- Contaminación puntual: contaminación resultante de una instalación o ubicación fija desde la que se descargan los contaminantes; como una tubería, zanja, buque, actividad minera o chimenea de fábrica.
- Contaminación difusa: contaminación de actividades generalizadas sin ninguna fuente localizada en un punto concreto; como la lluvia ácida, los pesticidas o la escorrentía urbana.

El agua contaminada presenta alteraciones físicas (temperatura, color, densidad, suspensiones, radiactividad, etc.), químicas (sustancias disueltas, composición, etc.) o biológicas, que la incapacitan para cumplir sus funciones ecológicas.

La contaminación de las aguas es ocasionada fundamentalmente por actividades desarrolladas por el ser humano. Las principales fuentes son (García-Rodríguez, 2009):

- Vertidos de aguas residuales urbanas, como las domiciliarias, las negras y las de limpieza.
- Vertidos de explotaciones ganaderas que aportan estiércol y orines, con contaminantes tales como microorganismos patógenos, sólidos en suspensión, materia orgánica, nitrógeno y fósforo.
- Vertidos de aguas residuales agrícolas, tales como fertilizantes inorgánicos, estiércol y orines, otros abonos, plaguicidas diversos (DDT), herbicidas, sales del agua de riego, etc.

- Vertidos industriales, ya que el agua es empleada por la industria en varios procesos como el procesado, refrigeración, transporte o disolvente para fines diversos.
- Otras causas como la contaminación producida por embarcaciones a motor, construcción de presas y explotaciones mineras que vierten sustancias contaminantes.

Los distintos tipos de vertidos son clasificados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en función de su destino y de la técnica utilizada (Figura 1) (Ruza *et.al*, 2007):

- Vertidos directos: se considera vertido directo a la emisión directa de contaminantes a las aguas continentales o a cualquier otro elemento del Dominio Público Hidráulico, así como a la descarga de contaminantes en el agua subterránea mediante inyección sin percolación a través del suelo o del subsuelo. La competencia para el otorgamiento de autorizaciones de vertido directo en aguas continentales y subterráneas en las cuencas intercomunitarias es de los Organismos de Cuenca (OO.CC), atendiendo al art. 101.2 del Texto refundido de la Ley de Aguas. Por otro lado, en las cuencas intracomunitarias, esta competencia es de la propia Comunidad Autónoma.
- Vertidos indirectos: se considera vertido indirecto a aquel realizado en aguas superficiales o en cualquier otro elemento del Dominio Público Hidráulico a través de azarbes, redes de colectores de recogida de aguas residuales o de aguas pluviales o por cualquier otro medio de desagüe. Su destino final, al igual que el de los vertidos directos, es el Dominio Público Hidráulico. Sin embargo, la forma en la que son incorporados es de manera indirecta a través de conducciones o de filtración por el terreno. Por ello, presentan diferencias en la legislación, con efectos sobre el reparto de competencias en cuanto a la autorización de los vertidos. El Texto refundido de la Ley de Aguas en su art. 101.2 establece que las autorizaciones de vertido corresponden a la Administración Hidráulica competente, exceptuando los vertidos al alcantarillado urbano o en redes de colectores; cuya autorización en la actualidad, tras la modificación de la Ley de aguas realizada a través del RD-Ley 4/2007, corresponde al órgano autonómico o local pertinente. Asimismo, los vertidos a azarbes (canales de desagüe de sobrantes de riego) merecen una especial mención, ya que según la interpretación literal del art. 245.1 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico tienen la consideración de vertidos indirectos a las

aguas superficiales y atendiendo al anulado apartado 2 de dicho artículo su autorización correspondería al órgano autonómico o local competente. No obstante, la reciente anulación de este apartado del Reglamento de la Sentencia del Tribunal Supremo, otorga su autorización al Organismo de cuenca o a la administración hidráulica autonómica.



Figura 1. Vertidos directos e indirectos a las aguas superficiales. Fuente: Ruza et.al, 2007.

La prevención, control y resolución de los problemas derivados de la contaminación de las aguas constituye uno de los objetivos que deben plantearse en cualquier política avanzada de gestión de recursos hídricos (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).

Las aguas de la Comunidad Europea están sometidas a una presión creciente provocada por el continuo crecimiento de su demanda, en estado de buena calidad y en cantidades suficientes para todos los usos. Por ello, surge la necesidad de tomar medidas de protección de las aguas tanto en términos cualitativos como cuantitativos, con la finalidad de garantizar su sostenibilidad. Éste es el reto de la Directiva Marco del Agua, que entró en vigor el 22 de diciembre del 2000, siendo fruto de un proceso extenso de discusión, debate y puesta en común de ideas entre un amplio grupo de expertos, usuarios del agua, medioambientalistas y políticos, que por consenso sentaron los principios fundamentales de la gestión moderna de los recursos hídricos (MITECO, 2000). El objeto principal de dicha directiva, es establecer un marco para la protección

de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas. Sus principios fundamentales son (MITECO, 2000):

- Protección y mejora de todo tipo de aguas, ya sean superficiales, subterráneas, de transición o costeras.
- Prevención del deterioro adicional, protección y mejora del estado de los ecosistemas acuáticos, y todos los que dependan de ellos.
- Promover una gestión sostenible del agua.
- Gestión del Medio Ambiente Hídrico a nivel de cuenca hidrográfica.
- Recuperación de los costes de los servicios del agua.
- Participación pública.
- Planes hidrográficos.

### 1.3 NITRÓGENO

El nitrógeno es un elemento clave que controla la composición de las especies, la diversidad, la dinámica y el funcionamiento de la mayoría de ecosistemas terrestres, marinos y de agua dulce. Sin embargo, la agricultura, la combustión de combustibles fósiles y otras actividades humanas han alterado notablemente el ciclo global del nitrógeno, induciendo un aumento de su disponibilidad y movilidad (Vitousek *et al.*, 1997). Como consecuencia, se han producido efectos adversos sobre los sistemas acuáticos (Figura 2) (Camargo y Alonso, 2007):

- Acidificación de ríos y lagos con baja alcalinidad.
- Eutrofización de las aguas y proliferación de algas tóxicas.
- Toxicidad directa de los compuestos nitrogenados sobre la vida acuática.



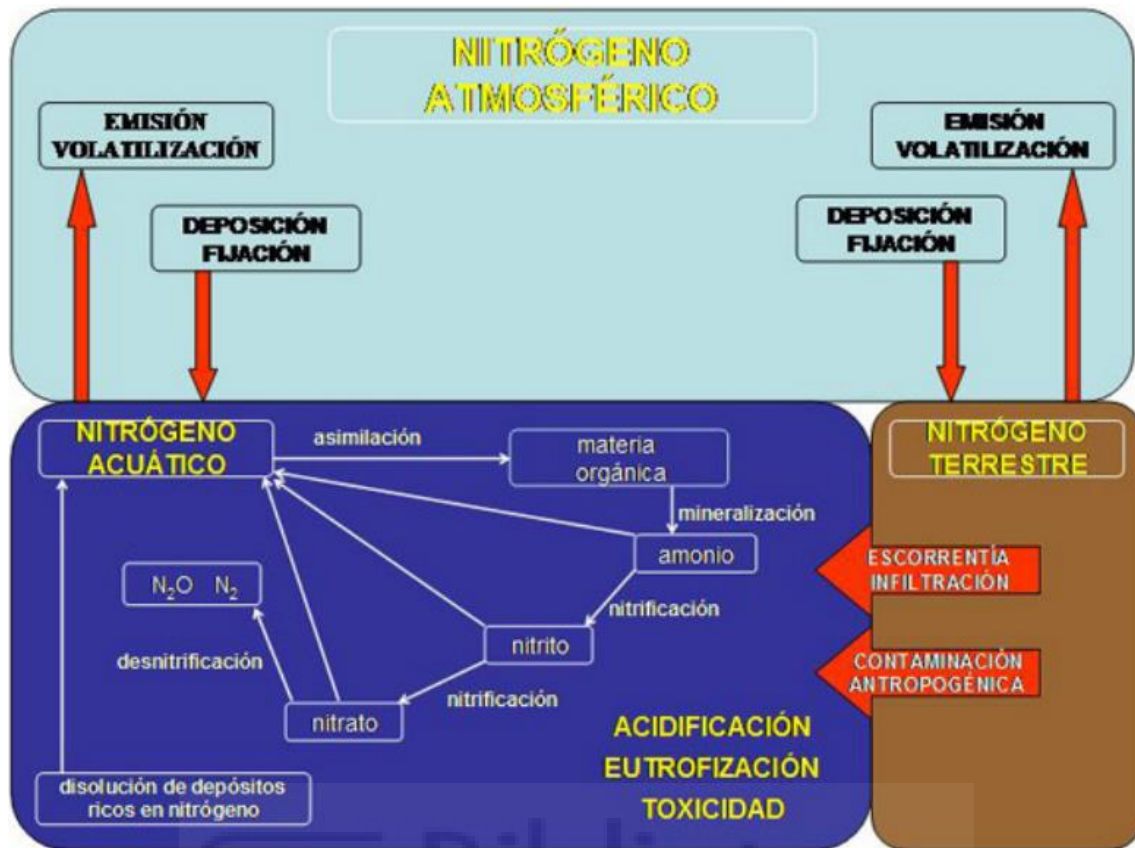


Figura 2. Esquema general del ciclo del nitrógeno en los ecosistemas acuáticos y los principales problemas medioambientales derivados de la contaminación. Fuente: Camargo y Alonso, 2007.

### 1.3.1 ACIDIFICACIÓN

El depósito de óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) junto con el dióxido de azufre ( $SO_2$ ) y el amoníaco ( $NH_3$ ) procedentes de fuentes antropogénicas, ocasiona graves daños en las aguas dulces sensibles a la acidificación, disminuyendo su pH. Asimismo, su toxicidad actúa sobre los organismos acuáticos tanto de forma directa como de manera indirecta (EEA, 2016). Se produce una disminución de la fotosíntesis y de la productividad en algas constituyentes del plancton y del bentos y una reducción de la diversidad de especies en las comunidades del fitoplancton y el perifiton. Además, el aluminio puede presentar bioacumulación y toxicidad en macrófitos sumergidos y animales acuáticos, como consecuencia de la disminución del pH. Por otro lado, la acidificación de las aguas puede generar alteración de la respiración y de la regulación iónica y disminución de la actividad alimentaria de animales acuáticos, así como una alteración del desarrollo embrionario y la tasa de crecimiento, y una reducción de la diversidad de especies en las distintas comunidades (Camargo y Alonso, 2007).

### 1.3.2 EUTROFIZACIÓN

La eutrofización se ha convertido en una amenaza creciente debido al excesivo aporte de nutrientes de origen antropogénico en las masas de agua (Zhao *et al.*, 2021). Este vertido provoca un incremento de la biomasa de productores primarios, en algunas situaciones de algas tóxicas, que origina una disminución de la transparencia y la disponibilidad de luz y un aumento de la materia orgánica. Como consecuencia, se produce una reducción del oxígeno disuelto en las aguas del fondo y en los sedimentos, que conlleva a la formación de compuestos reducidos. Todo ello, origina un cambio en la biomasa de los productores secundarios y una disminución de la diversidad de especies en las distintas comunidades (Camargo y Alonso, 2007). La eutrofización puede acarrear graves crisis hídricas que perjudican tanto a los seres vivos que habitan en el agua como a los seres humanos (Zhao *et al.*, 2021).

Aunque el fósforo ha sido considerado tradicionalmente el principal nutriente limitante del crecimiento de las algas en los sistemas acuáticos continentales, en la actualidad existe una evidencia creciente de que el nitrógeno también puede actuar como tal, especialmente en aquellos casos de sobre-enriquecimiento por fósforo, en los que disminuye el valor del cociente N:P. Por otro lado, en estuarios y ecosistemas costeros, el nitrógeno ha sido definido como el principal nutriente limitante. Sin embargo, en aquellos casos en los que se produce un aporte significativo de nitrógeno, el valor de N:P aumenta considerablemente y el fósforo se convierte en el nutriente limitante (Camargo y Alonso, 2007).

Existen parámetros bioindicadores de la calidad del agua tales como el fitoplancton, cuya biomasa se correlaciona de forma positiva con el incremento de nutrientes; el seston, que incluye además de células vivas del plancton, restos celulares, productos de degradación y partículas inorgánicas en suspensión; y la transparencia, que mide el nivel de penetración de la luz, la actividad fotosintética y el potencial de producción primaria. Estos factores permiten realizar una clasificación de las masas de agua continentales en un rango que varía desde ultra-oligotrófico (bajo contenido en nutrientes) hasta hipertrófico (alto contenido en nutrientes) (Tabla 1) (Doña *et al.*, 2011).

Tabla 1. Sistema trófico de clasificación de la OCDE. Fuente: Puig et al., s.f.

Categoría trófica	Fósforo total (µg/L)	Media anual clorofila a (µg/L)	Máximo anual clorofila a (µg/L)	Media anual Secchi (m)	Mínimo anual Secchi (m)
Ultra-oligotrófico	<4	<1	<2,5	>12	>6
Oligotrófico	<10	<2,5	<8	>6	>3
Mesotrófico	10-35	2,5-8	8-25	6-3	3-1,5
Eutrófico	35-100	8-25	25-75	3-1,5	1,5-0,7
Hipertrófico	>100	>25	>75	<1,5	<0,7

Asimismo, la contaminación de las aguas por nitrógeno, puede favorecer la presencia de algas tóxicas en la comunidad de fitoplancton, tales como cianobacterias, dinoflagelados y diatomeas. Las cianobacterias suelen presentar mayor abundancia y diversidad en los ecosistemas acuáticos continentales que en los estuarios y ecosistemas costeros (Camargo y Alonso, 2007). La intensidad de la luz, la temperatura, las características hídricas del cuerpo de agua, la estabilidad de la columna de agua, el pH, los macro y micronutrientes y los factores antropogénicos influyen en el proceso de floración de estas algas verde-azuladas (Rosso y Giannuzzi, 2017). Por otro lado, los dinoflagelados, que ocasionan mareas rojas, son más abundantes en estuarios y ecosistemas costeros que en los continentales, en contraste con las diatomeas que son abundantes y diversas tanto en el medio marino como en el acuático continental (Camargo y Alonso, 2007).

### 1.3.3 TOXICIDAD

La toxicidad de los compuestos nitrogenados varía en función de la forma química en la que se encuentra el nitrógeno. El amoníaco, el nitrato y el nitrito son los principales compuestos inorgánicos de nitrógeno que aparecen en las aguas superficiales (Nordin et al., 2009).

- Amoníaco: es muy tóxico para los organismos acuáticos, ya que produce destrucción del epitelio branquial, estimulación de la glucólisis, supresión del ciclo de Krebs, inhibición de la producción de ATP y disminución de sus niveles, alteración de la actividad osmorreguladora y disrupción del sistema inmunológico (Camargo y Alonso, 2007). Generalmente, la presencia de amoníaco termina por inducir la muerte de los peces, puesto que niveles altos del contaminante

impiden su excreción y favorecen su acumulación en los tejidos internos y en la sangre. A su vez, la toxicidad del  $\text{NH}_3$  se ve influenciada por factores tales como la temperatura o el pH (EPA, 2021b). Los animales de agua dulce muestran una menor tolerancia, ya que niveles elevados de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$  reducen la susceptibilidad de los organismos frente al amoníaco (Camargo y Alonso, 2007).

- Nitrate: La principal acción tóxica del nitrato en los organismos acuáticos es debida a la conversión de los pigmentos que transportan oxígeno (hemoglobina y hemocianina) en formas incapaces de transportarlo (metahemoglobina). No obstante, presenta una baja permeabilidad branquial que dificulta su absorción y hace que sea menos tóxico que el nitrito y el amoníaco (Camargo *et al.*, 2005). Generalmente, los animales marinos presentan menor susceptibilidad frente al nitrato que aquellos que habitan en ecosistemas de agua dulce (Camargo y Alonso, 2007).
- Nitrite: La acción tóxica del nitrito, al igual que la del nitrato, está producida por la transformación de los pigmentos que transportan el oxígeno hacia formas incapaces de realizar esta importante función. Sin embargo, alto contenido en  $\text{Cl}^-$  conlleva a una disminución de la susceptibilidad de los organismos acuáticos frente al nitrito. Por ello, los animales de agua dulce son menos tolerantes que los de agua marina (Camargo y Alonso, 2007).

El contenido de las distintas formas de nitrógeno es empleado como un elemento de calidad por el subprograma de seguimiento del estado general de las aguas y es controlado cada tres meses en los distintos sistemas acuáticos (Real Decreto 817/2015):

- Ríos: masas de agua continental que fluye en su mayor parte sobre la superficie del suelo, pero que también puede fluir bajo tierra en parte de su curso (MITECO, 2000). En ellos, se emplea la concentración de nitratos y de amonio como indicador de calidad de agua (Real Decreto 817/2015).
- Lagos: masas de agua superficiales quietas (MITECO, 2000) para las que ninguna forma de nitrógeno es representativa de su calidad (Real Decreto 817/2015).

- Aguas de transición: masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de los flujos de agua dulce (MITECO, 2000). Para este tipo de sistemas acuáticos, el contenido de nitratos, nitritos y amonio permite estimar la calidad del agua (Real Decreto 817/2015)
- Aguas costeras: aguas superficiales situadas hacia tierra desde una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de una milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extienden, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición (MITECO, 2000). La calidad de este tipo de sistemas acuáticos, puede ser estimada por la concentración de nitratos, así como la de nitritos y amonio (Real Decreto 817/2015).



## 2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Los azarbes son cauces por los que transcurre el sobrante de los riegos, asociados a los ríos. Por ello, es importante conocer la calidad del agua que transportan, ya que posteriormente los ríos desembocarán en el mar, pudiendo ocasionar graves efectos perjudiciales sobre el sistema acuático y los organismos que habitan en él. Además, factores como la sequía y la excesiva demanda de recursos hídricos de buena calidad sugieren la necesidad de controlar la contaminación y de tomar medidas de prevención que la reduzcan.

El nitrógeno es uno de los principales contaminantes del agua, ya que su presencia en exceso provoca efectos perjudiciales sobre los sistemas acuáticos, tales como la eutrofización.

Por ese motivo, el objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado en Ciencias Ambientales, es determinar la calidad del agua empleando el nitrógeno total como elemento indicador, analizando su concentración en distintos puntos representativos de los diferentes azarbes de la zona del sureste de Alicante y comparando su variación a lo largo del tiempo.

Por otro lado, los objetivos específicos de este estudio son los siguientes:

- Documentación sobre calidad de aguas, contaminación producida por nitrógeno y legislación sobre sistemas acuáticos, con la finalidad de profundizar conocimientos sobre el tema.
- Análisis del nitrógeno total en el laboratorio a partir del método del ácido cromotrópico.
- Interpretación de los resultados obtenidos y análisis estadístico.
- Extracción de conclusiones, a partir de los resultados, acerca del estado de las aguas en función del contenido de nitrógeno total.
- Redacción del Trabajo Fin de Grado.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio está delimitada por la costa del Sur de la Comunidad Valenciana, entre el Cabo de l'Aljub (Santa Pola) y al sur por el Cabo Cervera (Torrevieja). La forman los tramos finales de las cuencas de los ríos Segura y Vinalopó, sobre suelos aluviales y con un relieve llano (Figura 3).

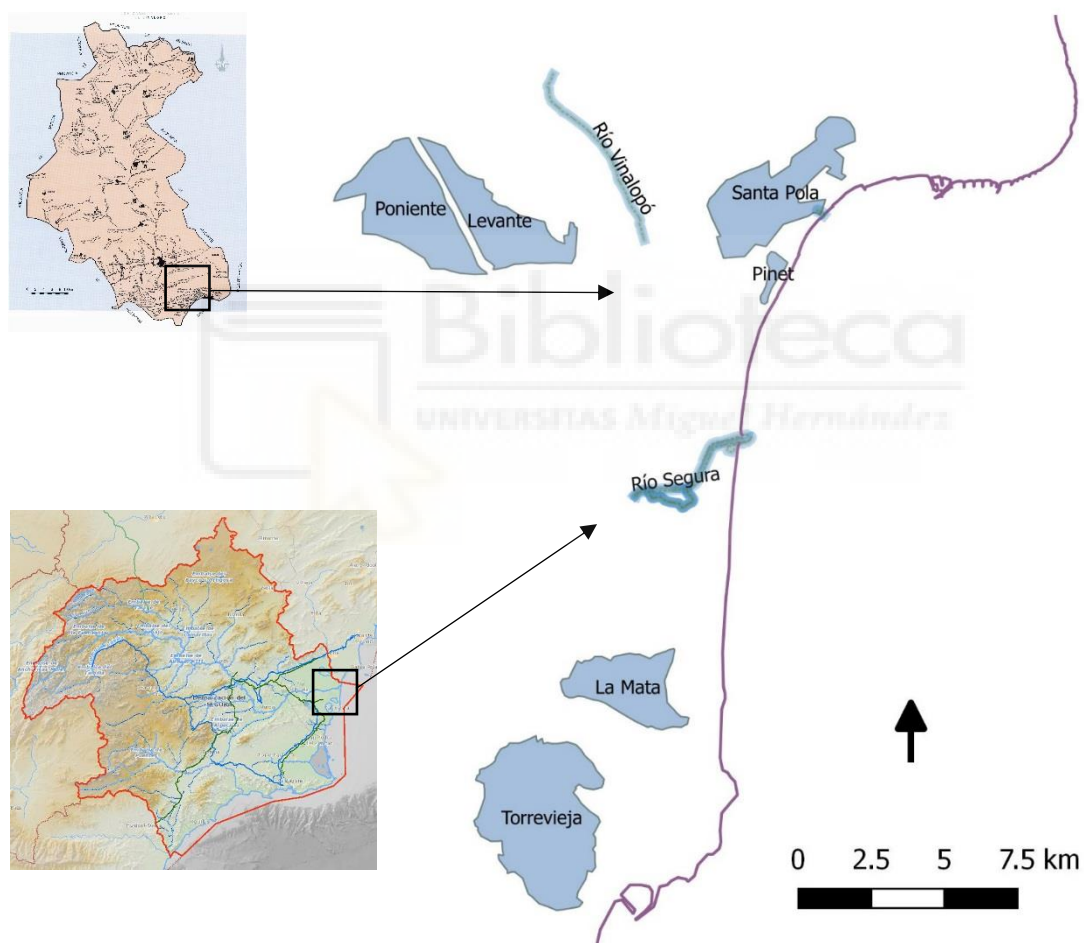


Figura 3. Desembocaduras de las aguas de los ríos Vinalopó y Segura en la zona sur de la provincia de Alicante junto con las cuencas hidrográficas de cada uno de los ríos.

El área presenta un clima de tipo mediterráneo con tránsito al clima desértico, seco y soleado, caracterizado por precipitaciones secas y escasas, sequía estival, inviernos muy suaves y veranos calurosos. Además, es una zona de nubosidad débil con gran proporción de días despejados, fuerte insolación, evaporación intensa e importante déficit hídrico. El clima de esta zona es el más árido de la Comunidad Valenciana, con veranos que se prolongan a la primavera y el otoño. Por otro lado, este territorio está marcado por lluvias torrenciales, producidas fundamentalmente en otoño como consecuencia del calor estival acumulado por el Mediterráneo y la entrada de aire frío en altura (web GVA).

### 3.1.1 AZARBES ESTUDIADOS

La investigación está basada en el estudio de los efluentes vertidos a través de la red de drenaje ubicada en las comarcas valencianas de la Vega Baja del Segura y el Baix Vinalopó, cuyo origen principal es la actividad agrícola, siendo sobrantes de riego. No obstante, también se unen aportes y escorrentías producidos por otras actividades, asociadas fundamentalmente a la ocupación urbana y los servicios.

El caudal de los azarbes estudiados presenta variaciones producidas por fluctuaciones estacionales, riegos, climatología de la zona y sucesos de fuertes precipitaciones.

El análisis de la calidad del agua, condicionada por la localización geográfica y la influencia del entorno, permite implementar tratamientos con la finalidad de mejorar el estado de los recursos hídricos, así como una mejor gestión y uso de los mismos.

Los azarbes se clasifican en dos grupos en función del destino de sus efluentes:

- Azarbes asociados al río Vinalopó (Figura 4):
  - Dalt o Cebades
  - Robatori
  - Dulce
  - Ancha o Ampla
  
- Azarbes asociados al río Segura (Figura 5):
  - Convenio
  - Pineda
  - Mayayo



- Acierto
- Enmedio
- Culebrina
- La Reina
- De la Villa
- De la Comuna

Los azarbes asociados al río Vinalopó y al río Segura presentan diferencias en el tamaño de la red de drenaje, puesto que algunos de ellos amplían su área de influencia a partir de azarbes menores y azarbetas, entre otros. Asimismo, las redes forman un complejo entramado, entrecruzándose entre ellas.

Además, el área presenta una distribución heterogénea en cuanto a los usos del suelo, que influye en los azarbes y en la dinámica del territorio, ya que existen zonas agrícolas cultivadas, zonas con parcelas abandonadas y zonas de uso residencial, industrial o recreativo.

El caudal de los azarbes de mayor importancia debería ser constante. Sin embargo, presenta variaciones como consecuencia de la lluvia, los drenajes agrícolas, los aprovechamientos para riego, la gestión del cierre de azarbes (aquellos asociados al río Segura) para impedir o reducir el almacenamiento de agua para riego y el cambio del sistema de riego, capaz de disminuir el volumen de agua drenada, provocando una disminución del lavado de los suelos, que puede llegar a ser perjudicial.

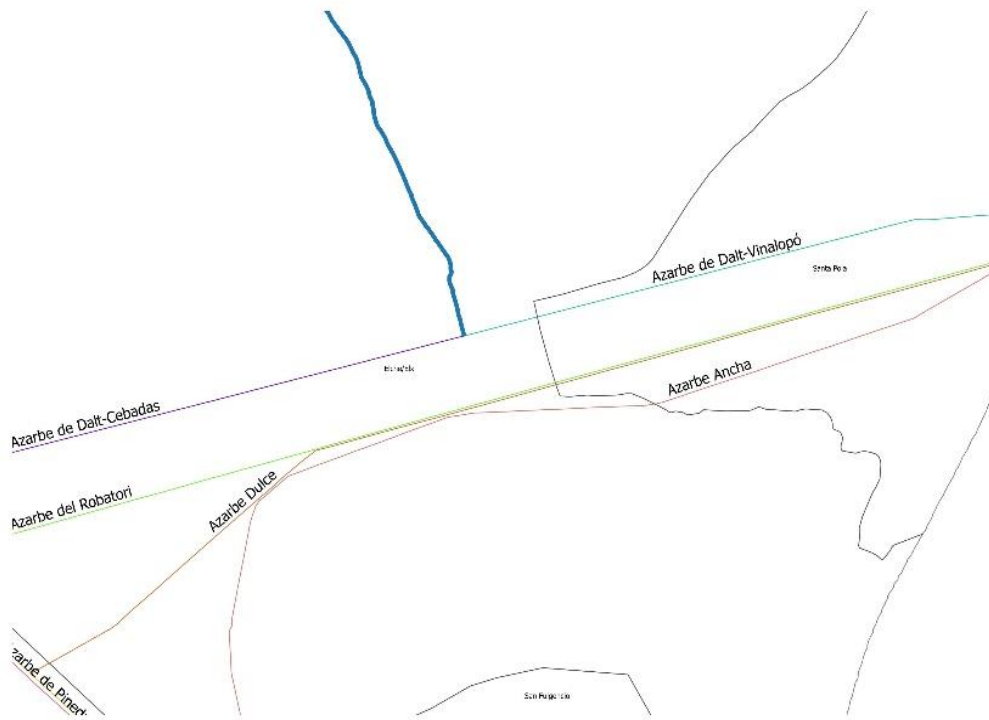


Figura 4. Azarbes asociados al río Vinalopó y río Vinalopó (azul).



Figura 5. Azarbes asociados al río Segura y río Segura (azul).

### 3.1.2 MUESTREO

Los puntos de muestreo seleccionados para el estudio fueron 15: la desembocadura del Vinalopó (punto 1), el azarbe de Dalt (punto 2), Robatori (punto 3), Dulce (punto 4), Ancha (punto 5), Convenio (punto 6), Pineda (punto 7), Mayayo (punto 8), Acierto (punto 9), Enmedio (punto 10), Culebrina (punto 11), de la Reina (punto 12), de la Villa (punto 13), de la Comuna (punto 14) y azud San Antonio (punto 15).



*Figura 6. Localización de los puntos de muestreo.*

Una vez realizada la toma de muestras, éstas se introdujeron en la cámara frigorífica, a 4°C, para favorecer su conservación.

En la actualidad, se han realizado 16 muestreos comprendidos entre 2016 y 2020 (Tabla 2).

Tabla 2. Meses en los que se ha realizado un muestreo entre 2016 y 2020.

	En.	Febr.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2016									X		X	
2017	X		X		X		X		X		X	
2018	X		X		X		X					
2019						X				X		
2020						X			X			

## 3.2 PARÁMETROS ANALIZADOS

### 3.2.1 NITRÓGENO TOTAL

El parámetro analizado en el laboratorio con la finalidad de estimar la calidad de las aguas fue el nitrógeno total, medido con un kit de HANNA de rango bajo basado en el método del ácido cromotrópico en cada una de las muestras. Dicho método presenta una resolución de 0,1 mg/L, una precisión de  $\pm 1$  mg/L o  $\pm 5\%$  de lectura a 25°C, en función del valor; y un rango comprendido entre 0 y 25 mg N/L.

Para su determinación, fue necesaria la utilización de un termoreactor de HANNA (HI839800) y un fotómetro multiparamétrico con pHmetro para aguas residuales de HANNA (HI83399), así como de dos tipos de vial de reactivo indicador de nitrógeno total en rango bajo, reactivo de persulfato potásico, reactivo de metabisulfito sódico, reactivo indicador de nitrógeno total y agua desionizada para la preparación del blanco.

En primer lugar, se añadió el sobre de persulfato potásico en los viales. Posteriormente, se pipetearon 2 mL de la muestra, excepto en uno de los viales, en el que se añadieron 2 mL de agua desionizada y se utilizó como blanco. A continuación, los viales fueron agitados durante 30 segundos hasta la disolución de su contenido. Una vez el reactor alcanzó los 105 °C, fueron introducidos en él, donde permanecieron durante 30 minutos, con la finalidad de llevar a cabo la digestión de las muestras.

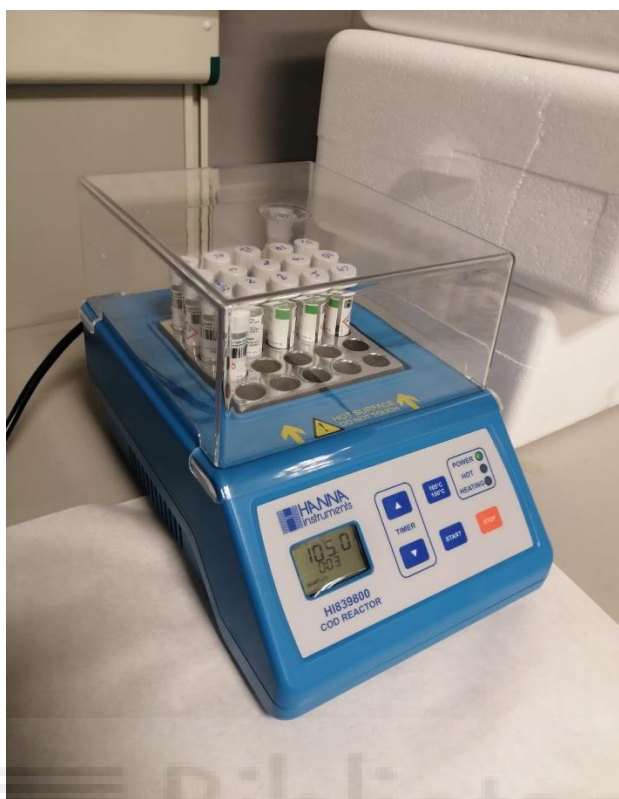


Figura 7. Muestras en el termoreactor a 105 °C durante su digestión. Fuente: elaboración propia.

Una vez realizada la digestión, se colocaron en una gradilla y se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente. A continuación, se añadió el sobre de metabisulfito sódico y los viales fueron agitados durante 15 segundos. Tras 3 minutos, se introdujo el contenido del sobre del reactivo indicador de nitrógeno total y, de nuevo, se procedió a su agitación durante 15 segundos. Transcurridos 2 minutos, se añadieron 2 mL del blanco y 2 mL de las muestras digeridas a los otros viales de reactivo y se invirtieron 10 veces.

Finalmente, después de 5 minutos, se introdujo el vial del blanco en el fotómetro, en el interior del adaptador de vial de 16 mm, para el que previamente se seleccionó el método de medición de nitrógeno total LR. Cuando el instrumento estuvo a cero y listo para la medición, se introdujo el vial de la muestra y se procedió a la lectura del nitrógeno en mg/L.

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Una vez obtenidos los datos de nitrógeno total de los 16 muestreos, se procedió a realizar su análisis estadístico. Para ello, se determinó la media del contenido que presentaban los distintos puntos de muestreo, con la finalidad de determinar la calidad del agua de los diferentes azarbes estudiados. Asimismo, se calculó la desviación estándar.

Por otro lado, se empleó el test ANOVA para determinar si las diferencias obtenidas en las medias eran significativas o no.

ANOVA presenta dos hipótesis diferentes:

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): las medias de los datos son iguales al 95% de confianza (p-valor  $> \alpha$ ).
- Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): al menos una de las medias es distinta al 95% de confianza (p-valor  $< \alpha$ ).



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 NITRÓGENO TOTAL

Tras el análisis de la concentración de nitrógeno total en el laboratorio, puede ser determinada la fluctuación de su contenido en cada uno de los azarbes a lo largo de los 5 años en los que se ha llevado a cabo el estudio, así como su variación en función de la zona donde se ha tomado la muestra, que permite llevar a cabo una comparación del nivel de contaminación entre los puntos de muestreo. Del mismo modo, esta variabilidad de la concentración de nitrógeno, permite estimar los cambios producidos en la calidad del agua de los azarbes analizados (Tabla 3).

El punto de muestreo 1, correspondiente a la desembocadura del Vinalopó, presentó un contenido máximo de nitrógeno total de 18,9 mg/L en junio de 2019, en contraste con los 2 mg/L medidos en el muestreo de julio de 2017. Estos datos reflejan un notable aumento de la concentración de nitrógeno en un mismo punto de muestreo. Asimismo, en enero de 2017, se cuantificó una concentración de 18,5 mg/L, que refleja una importante variación con respecto al muestreo de julio de ese mismo año. Este hecho puede ser ocasionado por las fluctuaciones estacionales a las que los azarbes se encuentran sujetos.

El punto de muestreo 2, el azarbe de Dalt, asociado a la cuenca del río Vinalopó, presentó una concentración máxima de nitrógeno total de 10,9 mg/L en enero de 2018, que destacó sobre los 2,3 mg/L medidos en los muestreos de noviembre de 2016 y mayo de 2017 y sobre el resto de datos para este punto, más próximos a su concentración mínima que a su concentración máxima. Por otro lado, aunque el azarbe de Dalt mostró un contenido mínimo de nitrógeno total ligeramente superior al de la desembocadura del río Vinalopó, el resto de muestreos reflejaron de forma general una menor concentración del contaminante en sus aguas que en las del punto 1.

El punto de muestreo 3, el azarbe del Robatori, cuyas aguas desembocan en el río Vinalopó, presentó un contenido máximo de nitrógeno total de 10,4 mg/L en julio de 2018, que difirió considerablemente de su valor mínimo de 1,2 mg/L obtenido en el muestreo de mayo de ese mismo año, una diferencia notable para un periodo de 2 meses.

Tabla 3. Concentración de nitrógeno total medido en el laboratorio para los 15 puntos de muestreo de los 16 muestreos realizados.

CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL (mg/L)																
Punto de muestreo	sep-16	nov-16	ene-17	mar-17	may-17	jul-17	sep-17	nov-17	ene-18	mar-18	may-18	jul-18	jun-19	oct-19	jun-20	sep-20
P.1	4,3	8,4	18,5	5,0	9,3	2,0	7,3	8,5	12,0	11,2	4,6	9,3	18,9	13,4	7,4	7,4
P.2	4,3	2,3	7,0	4,9	2,3	2,6	3,6	6,4	10,9	4,3	6,0	4,1	2,5	4,7	4,7	6,0
P.3	2,2	3,2	7,5	7,0	2,1	1,6	7,1	8,7	9,5	3,4	1,2	10,4	4,9	4,1	3,7	3,0
P.4	1,5	11,9	1,1	2,4	2,1	2,2	3,8	5,2	5,0	6,6	2,7	5,9	1,2	12,9	7,0	4,8
P.5	1,0	9,9	9,2	4,7	2,1	1,7	4,6	13,8	8,3	8,6	3,4	1,4	1,0	0,8	3,3	3,5
P.6	10,8	8,3	13,5	9,0	8,0	10,0	18,3	12,6	10,1	7,4	6,0	7,4	8,2	9,5	8,6	7,7
P.7	2,6	8,6	8,5	6,0	3,2	0,9	2,8	7,0	4,7	4,9	4,9	0,7	6,4	4,5	2,4	3,9
P.8	0,2	5,8	13,6	10,8	2,2	2,6	5,9	8,8	6,3	5,0	1,1	0,6	0,8	5,1	3,7	4,8
P.9	5,4	7,3	15,7	10,6	5,0	5,3	10,8	16,1	9,2	7,1	5,2	5,2	3,8	6,5	5,2	6,9
P.10	3,6	6,8	12,5	10,9	7,4	6,1	6,7	8,6	7,3	8,1	2,3	0,9	2,9	7,8	7,6	5,4
P.11	3,3	11,2	18,8	15,5	7,9	5,6	7,1	10,1	8,2	7,8	11,0	8,8	8,7	6,3	8,1	4,7
P.12	4,0	5,3	13,1	8,5	7,0	5,6	7,1	8,1	8,3	7,2	5,3	5,4	6,1	6,4	7,7	5,2
P.13	7,1	8,4	14,2	11,1	11,2	5,8	7,8	9,5	10,6	9,7	6,3	5,8	9,2	5,8	8,0	5,4
P.14	4,6	6,2	12,1	6,9	16,6	5,5	7,2	8,3	7,1	7,7	6,2	3,4	6,8	7,8	9,0	5,2
P.15	4,1	3,5	9,9	10,5	6,7	2,4	4,5	8,9	8,1	6,2	4,2	3,6	2,9	7,3	5,1	5,1



El punto de muestreo 4, el azarbe Dulce, asociado a la cuenca del río Vinalopó, presentó una máxima concentración de nitrógeno total de 12,9 mg/L en octubre de 2019 que, junto con el muestreo de noviembre de 2016, en el que se midieron 11,9 mg/L de nitrógeno, destacaron de manera considerable sobre el resto de valores. En septiembre de 2019 se produjeron fuertes episodios de lluvias e inundaciones que pudieron influir en el contenido de nitrógeno total, de ahí que varíe notablemente el contenido del contaminante en el mes de octubre con respecto al resto de valores obtenidos en ese mismo punto. Por otro lado, el contenido mínimo de nitrógeno medido fue de 1,1 mg/L en el muestreo de enero de 2017.

El punto de muestreo 5, el azarbe Ancha, cuyas aguas desembocan en el río Vinalopó, requiere especial atención, ya que sus aguas pueden verse afectadas por la presencia de estaciones depuradoras. La concentración máxima de nitrógeno total en este azarbe fue de 13,8 mg/L medidos en el muestreo de noviembre de 2017, valor que contrastó con el resto de mediciones, ya que los niveles obtenidos en el resto de muestreos fueron bastante más bajos. Asimismo, el contenido mínimo de nitrógeno total en este punto fue de 0,8 mg/L en octubre de 2019. Las aguas de este azarbe tienden a la reducción del contenido de nitrógeno, ya que, en los últimos muestreos analizados, se ha observado una disminución de su concentración

El punto de muestreo 6, correspondiente con el azarbe del Convenio, asociado a la cuenca del río Segura, presentó un contenido máximo de nitrógeno total de 18,3 mg/L en septiembre de 2017 y una concentración mínima de 6 mg/L en mayo de 2018. Los valores de nitrógeno obtenidos en este punto de muestreo, cuyas aguas desembocan en el Segura, fueron notablemente más altos que los del azarbe de Dalt, del Robatori, Dulce y Ancha, probablemente por la influencia del río. Además, las aguas de este azarbe también pueden experimentar efectos adversos como consecuencia de la presencia de estaciones depuradoras.

El punto de muestreo 7, el azarbe de Pineda, cuyas aguas desembocan en el río Segura, presentó un contenido máximo de nitrógeno total de 8,6 mg/L en noviembre de 2016 y 8,5 mg/L en enero de 2017. Por tanto, estos dos muestreos realizados de manera consecutiva en un periodo de 2 meses, mostraron una concentración generalmente superior a la del resto de análisis. Por otro lado, el nivel mínimo de nitrógeno total fue de 0,7 mg/L en julio de 2018 que, junto con el muestreo de julio de 2017, en el que se midieron 0,9 mg/L, quedaron por debajo de la media de la concentración de nitrógeno en este punto.

El punto de muestreo 8, el azarbe Mayayo, asociado al río Segura, presentó una concentración máxima de nitrógeno total en los muestreos de enero y marzo de 2017, con unos valores de 13,6 mg/L y 10,8 mg/L, respectivamente, que contrastaron con el resto de análisis. Sus valores mínimos fueron de 0,7 mg/L, en julio de 2018, y de 0,9 mg/L, en julio de 2017, ambos en el mismo mes del año, pero en diferentes muestreos.

El punto de muestreo 9, correspondiente con el azarbe del Acierto, que desemboca en el río Segura, mostró un contenido de nitrógeno total máximo de 16,1 mg/L en el muestreo de noviembre de 2017, seguido por el realizado en enero de ese mismo año, con un valor de 15,7 mg/L. Estos muestreos presentan unas concentraciones de nitrógeno que contrastan con el resto de análisis, siendo el valor mínimo analizado en este azarbe de 3,8 mg/L en junio de 2019. Estos datos indican que este punto de muestreo presenta un contenido mayor del contaminante que el azarbe Mayayo.

El punto de muestreo 10, el azarbe de Enmedio, asociado a la cuenca del Segura, presentó una concentración máxima de nitrógeno total en el muestreo de enero de 2017, con un valor de 12,5 mg/L. Por otro lado, el contenido mínimo del contaminante en este punto de muestreo fue de 0,9 mg/L, en el mes de julio de 2018, dato poco representativo del estado de las aguas de este azarbe, ya que es notablemente inferior a los valores de nitrógeno total que suele presentar.

El punto de muestreo 11, correspondiente con el azarbe Culebrina, cuyas aguas desembocan en el río Segura, mostró un contenido de nitrógeno total máximo en el mes de enero de 2017, con un alto valor de 18,8 mg/L. Asimismo, su concentración mínima fue determinada en el muestreo de septiembre de 2016, en el que se obtuvieron 3,3 mg/L del contaminante. Este azarbe presenta elevados niveles de nitrógeno total en sus aguas, siendo uno de los más contaminados asociados a la cuenca del Segura, junto con el azarbe del Convenio.

El punto de muestreo 12, el azarbe de la Reina, que desemboca en el río Segura, presentó una concentración máxima de nitrógeno total, con respecto al resto de muestras tomadas en ese mismo punto, en enero de 2017, con un valor de 13,1 mg/L, cuyo contenido difiere del resto de análisis de este azarbe. Por otro lado, su valor mínimo de 4 mg/L, fue determinado en el muestreo de septiembre de 2016. Por tanto, se puede determinar que el azarbe de la Reina presenta una menor contaminación de sus aguas que el azarbe Culebrina.

El punto de muestreo 13, correspondiente con el azarbe de la Villa, asociado a la cuenca del río Segura, presentó una concentración máxima de nitrógeno total en

enero de 2017, concretamente con un valor de 14,2 mg/L. Por otro lado, el contenido mínimo fue de 5,4 mg/L en el último muestreo realizado, en septiembre de 2020. El hecho de que este valor sea el nivel inferior de nitrógeno total analizado, denota que las concentraciones del contaminante en los distintos muestreos realizados en este punto son elevadas. Por ello, el azarbe de la Villa presenta una contaminación de sus aguas superior a la del azarbe de la Reina.

El punto de muestreo 14, el azarbe de la Comuna, cuyas aguas desembocan en el río Vinalopó, mostró la mayor concentración de nitrógeno total en el muestreo llevado a cabo en mayo de 2017, con un valor de 16,6 mg/L, que contrastó con el resto de niveles medidos en este mismo punto. Por otro lado, el contenido mínimo analizado fue de 3,4 mg/L, en el mes de julio de 2018; mostrando, por tanto, concentraciones inferiores a las obtenidas en el azarbe de la Villa.

El punto de muestreo 15, el azud San Antonio, ubicado en Guardamar del Segura, presentó su concentración máxima de nitrógeno total en marzo de 2017, con un valor de 10,5 mg/L. Asimismo, mostró un contenido alto en nitrógeno en el muestreo de enero de ese mismo año, con un nivel de 9,9 mg/L. Estos datos fueron superiores a los obtenidos en el resto de análisis para este mismo punto, por lo que son poco representativos de sus concentraciones habituales de nitrógeno total. A su vez, el contenido mínimo fue de 2,4 mg/L en el muestreo de julio de 2017.

Una vez analizados los datos, se observa que en el muestreo de enero de 2017, se obtuvieron valores generalmente superiores que en el resto, mientras que el muestreo llevado a cabo en julio de 2018 presentó, a grandes rasgos, concentraciones inferiores del contaminante.

Del mismo modo, los datos obtenidos del análisis del nitrógeno total en el laboratorio permiten observar qué azarbes presentan una mayor concentración y, por tanto, contaminación. Este dato permite conocer el estado de las aguas y la posibilidad de tomar medidas, en el caso de que sea necesario, con la finalidad de proteger la calidad de los sistemas acuáticos.

Con la finalidad de llevar a cabo este estudio, se calcula la media de las concentraciones de nitrógeno total para cada uno de los puntos de muestreo. No obstante, se trata de una estimación, ya que el valor de la desviación estándar es relativamente alto e indica que existe cierta dispersión en las medias. Este hecho puede deberse a la gran variabilidad del contenido del contaminante en una misma zona en función de la época del año, así como a los valores que se desvían notablemente, por lo alto o por lo bajo, de los obtenidos en la mayoría de los muestreos (Tabla 4).

Por ello, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, con la finalidad de determinar si las medias diferían entre sí de manera significativa. El p-valor obtenido a través de Excel, fue de 1,2233E-08 para una confianza del 95%, siendo  $\alpha = 0,05$ . Por tanto,  $p\text{-valor} < \alpha$ .

Como resultado, se rechazó la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) para la que las diferencias son significativas.

*Tabla 4. Media de las concentraciones de nitrógeno total para cada punto de muestreo y desviación estándar, Se destaca el azarbe cuyo contenido es mayor.*

Punto	Media	SD
P.1	9,2	4,7
P.2	4,8	2,2
P.3	5,0	3,0
P.4	4,8	3,5
P.5	4,8	3,9
P.6	9,7	3,0
P.7	4,5	2,4
P.8	4,8	3,8
P.9	7,8	3,7
P.10	6,6	3,0
P.11	9,0	3,9
P.12	6,9	2,1
P.13	8,5	2,5
P.14	7,5	3,1
P.15	5,8	2,5

Comparando los resultados obtenidos, se observa que la concentración de nitrógeno total en la desembocadura del río Vinalopó, supera notablemente a la de los azarbes asociados a su cuenca (punto 2,3,4,5). Asimismo, el contenido de nitrógeno es superior en los azarbes cuyas aguas desembocan en el río Segura que en los del Vinalopó, exceptuando el azarbe de Pineda (punto 7) que presenta una media del contenido del contaminante similar a la del azarbe de Dalt, del Robatori, Dulce y Ancha. Destaca notablemente el azarbe del Convenio (punto 6), ya que muestra la mayor concentración de nitrógeno total de todos los puntos de muestreo.

Asimismo, la determinación del nitrógeno permite conocer la calidad de los vertidos a las costas, ya que este nutriente, en exceso, afecta a las aguas de transición.

Por ello, el nitrógeno total es empleado como elemento indicador para la evaluación del estado ecológico de este tipo de aguas (Real Decreto 817/2015).

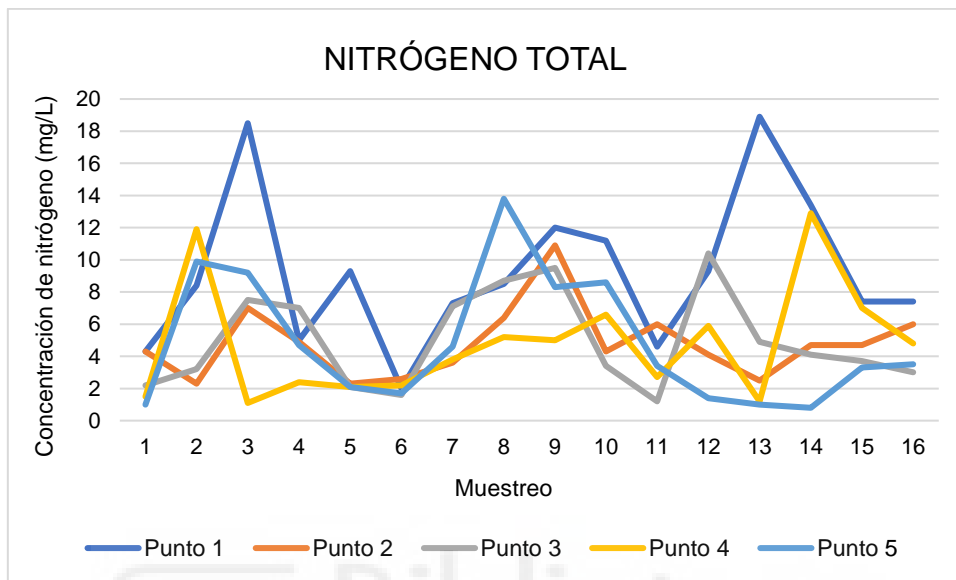


Figura 9. Representación gráfica de la concentración de nitrógeno total en la desembocadura del Vinalopó y en los azarbes asociados a su cuenca.

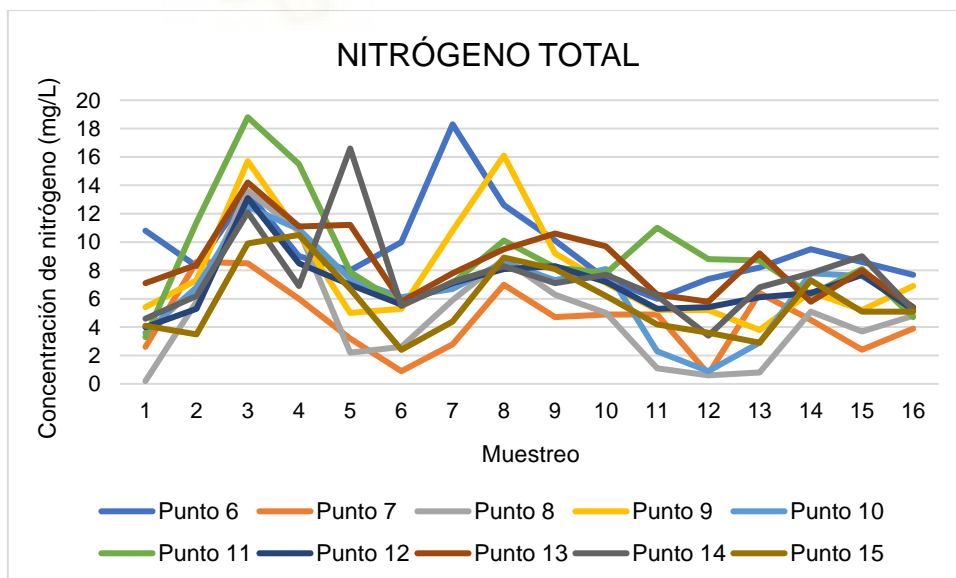


Figura 10. Representación gráfica de la concentración de nitrógeno total en los azarbes asociados a la cuenca del río Segura y en el azud San Antonio.

## 5. CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA

Las principales conclusiones extraídas a partir de los datos obtenidos en este trabajo son las siguientes:

- El enriquecimiento excesivo de nitrógeno sobre los sistemas acuáticos causa importantes efectos negativos, tales como la eutrofización. Como consecuencia, se produce una pérdida de la calidad del agua, una alteración del ecosistema y daños sobre los organismos acuáticos.
- Los riegos, la climatología de la zona, las precipitaciones y las variaciones estacionales influyen en la concentración de nitrógeno total.
- Los azarbes asociados a la cuenca del río Segura generalmente presentan concentraciones superiores de nitrógeno total con respecto a aquellos cuyas aguas desembocan en el río Vinalopó.
- El azarbe del Convenio, que desemboca en el río Segura, presenta la mayor concentración de nitrógeno total.
- Los cambios de uso del suelo en el área de estudio influyen en los niveles de nitrógeno total, ya que presentan alteraciones en los vertidos.

Por ello, es necesario prestar mayor atención a la calidad de las aguas e implementar medidas, cuya finalidad sea la prevención de la alteración de su estado, a partir de protección, mejora y disminución o eliminación de vertidos. Por otro lado, es conveniente la educación ambiental con tal de fomentar la concienciación acerca del problema y reducir la contaminación, que afecta tanto al estado ecológico de las aguas, como a los organismos que en ellas habitan y a la salud pública.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Camargo, J. A., Alonso, A., y Salamanca, A. (2005). Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*, 58(9), 1255-1267  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653504009993>
- Camargo, J. A., y Alonso, A. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Revista Ecosistemas*, 16(2)  
<http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/457>
- Doña, C., Caselles, V., Sánchez, J. M., Ferri, A., y Camacho, A. (2011). Herramienta para el estudio del estado de eutrofización de masas de agua continentales. *Revista de Teledetección*, 36, 40-50  
[http://www.aet.org.es/revistas/revista36/Numero36\\_04.pdf](http://www.aet.org.es/revistas/revista36/Numero36_04.pdf)
- EEA Environmental European Agency. Glossary definitions  
[www.eea.europa.eu/themes/water/wise-helpcentre/glossary-definitions](http://www.eea.europa.eu/themes/water/wise-helpcentre/glossary-definitions)
- EEA Environmental European Agency (2016). Acidificación  
<https://www.eea.europa.eu/es/publications/92-828-3351-8/page004.html>
- EPA Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2021a). Agua  
<https://espanol.epa.gov/espanol/agua>
- EPA Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2021b). Aquatic Life Criteria- Ammonia <https://www.epa.gov/wqc/aquatic-life-criteria-ammonia>
- FAO (2005). Uso del agua en la agricultura. *Revista Enfoques*, nº noviembre 2005  
[www.fao.org/ag/esp/revista/0511sp2.htm](http://www.fao.org/ag/esp/revista/0511sp2.htm)
- García-Rodríguez, M. (2009). La contaminación del agua: origen. Momentos clave en la historia de la Biología y Geología. (p. 11). ISBN: 978-84-92767-07-6  
<https://cutt.ly/an3Ap4V>
- Generalitat Valenciana. Medio Natural: climatología  
<https://agroambient.gva.es/es/web/espacios-naturales-prottegidos/serra-escalona-climatologia>

- Ministerio de Medio Ambiente (2000). Libro blanco del agua en España. Ed. Ministerio de Medio Ambiente (MINAM), Madrid <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/spa192539.pdf>
- MITECO (2000). Directiva Marco del Agua <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua/default.aspx>
- Nordin, R. N., Pommen, L. W., y Meays, C. L. (2009). Water quality guidelines for nitrogen (nitrate, nitrite, and ammonia). *Water Stewardship Division, Ministry of Environment, Province of British Columbia, Canada*, 1-29 <https://cutt.ly/On3AjHT>
- Puig, A., Ruza, J., Xuclà, R.S. y Sánchez-Martínez, F.J. (s.f.). Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales (MITECO) [https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/impress\\_tcm30-214065.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/impress_tcm30-214065.pdf)
- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. BOE núm 219, 80582-80677. [www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2015-9806](http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2015-9806)
- Rosso, L., y Giannuzzi, L. (2017). Factores ambientales y antropogénicos que afectan la formación de floraciones de cianobacterias y cianotoxinas. Ministerio de Salud de la Nación. ISBN: 978-950-38-0255-7 <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/72655>
- Ruza, J., Bordas, M.A., Espinosa, G. y Puig, A. (2007). Manual para la gestión de vertidos (MITECO). ISBN:978-950-38-0118-5 [https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Manual\\_para\\_la\\_gestion\\_de\\_vertidos\\_tcm30-137170.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Manual_para_la_gestion_de_vertidos_tcm30-137170.pdf)
- Vandas S.J., Winter T.C. y Battaglin W.A. (2002). Water and the environment. Ed. American Geological Institute, Alexandria, EEUU. ISBN: 0-922152-63-2 <http://117.3.71.125:8080/dspace/handle/DHKTDN/6657>
- Vitousek, P. M., Aber, J. D., Howarth, R. W., Likens, G. E., Matson, P. A., Schindler, D. W., y Tilman, D. G. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological applications*, 7(3), 737-750 <https://cutt.ly/Vn3AGyk>



Zhao, F., Zhan, X., Xu, H., Zhu, G., Zou, W., Zhu, M., y Tang, W. (2021). New insights into eutrophication management: Importance of temperature and water residence time. *Journal of Environmental Sciences*, 111, 229-239  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S100107422100125X>

