

ESTUDIO DE LA SALINIDAD DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA EN EL ENTORNO AGRÍCOLA DE LOS RÍOS SEGURA-VINALOPÓ

Cristina Mullor Real

Tutores:

- María Belén Almendro Candel
- Ignacio Meléndez Pastor

Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente
Área de conocimiento: Ingeniería Química
Grado en Ciencias Ambientales, 2016-2017
Universidad Miguel Hernández



Resumen

Este trabajo fin de grado se centra en la caracterización de las aguas sobrantes de riegos agrícolas, tanto de las escorrentías como de las infiltraciones, que acaban desembocando en el sur de la provincia de Alicante, junto a las de los ríos Vinalopó y Segura. Se han realizado muestreos para conocer la calidad y características físico-químicas que presentan. Los muestreos se han realizado durante los meses de noviembre de 2016, enero, marzo y mayo del año 2017.

Los resultados muestran una elevada mineralización y salinización de las aguas debido a las características geológicas de la zona o a las aportaciones antrópicas resultantes de los vertidos industriales, residuales y sobre todo agrícolas. Estas aguas no son útiles para un uso doméstico, pero sí se podrían reutilizar para regar si se realizan unos tratamientos para mejorar su calidad.

Palabras clave: agua, calidad, drenajes, salinidad.

Abstract

This work has focused the characterization of the drainage water from agricultural irrigation, runoff and infiltration, which end up in the south of the province of Alicante, along with those of the Vinalopó and Segura rivers. Samples have been made to know their quality and physical-chemical characteristics. Sampling has been carried out during the months of November 2016, January, March and May of the year 2017.

The results show high mineralization and salinization of the waters due to the geological characteristics of the area and to the anthropic contributions resulting from industrial, residual and mainly agricultural discharges. These waters aren't useful for a domestic use but could be reused for irrigation if treatments are performed to improve their quality.

Keywords: water, quality, drainage, salinity.

Agradecimientos

Agradecer que este trabajo de investigación se ha podido realizar mediante la ayuda de investigación concedida por la Generalitat Valenciana, establecida en el “Convenio entre la Generalitat Valenciana a través de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural y la Universidad Miguel Hernández para la ejecución de un proyecto de investigación aplicada a recursos hídricos en la Comunitat Valenciana”.



Índice

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	EL AGUA	4
1.2	CALIDAD DE LAS AGUAS	4
1.3	SALINIDAD.....	8
2	OBJETIVOS	14
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1	ÁREA DE ESTUDIO	15
3.2	MUESTREOS	17
3.3	PARÁMETROS ANALIZADOS	19
3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	21
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1	PH.....	22
4.2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	23
4.3	CLORUROS	25
4.4	SULFATOS.....	26
4.5	BICARBONATOS.....	27
4.6	CALCIO.....	28
4.7	MAGNESIO	29
4.8	SODIO	30
4.9	POTASIO.....	31
5	CONCLUSIONES	33
6	BIBLIOGRAFÍA	34
6.1	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	34
6.2	RECURSOS DE INTERNET.	35

1 Introducción

1.1 El agua

El agua es un compuesto con características únicas y de gran valor para la vida, es el más abundante en la naturaleza y determina procesos físicos, químicos y biológicos del medio natural (García *et al.*, 2001). Además está implicada en los procesos metabólicos, en la nutrición y eliminación de desechos de las células de todos los seres vivos.

El desarrollo de las civilizaciones y por tanto de la humanidad, ha ido ligado a la disponibilidad de agua. El hombre ha utilizado el agua como fuente de recursos para múltiples funciones, así como de medio receptor y depurador de los residuos generados (Arquiola, 2004).

La escasez de agua es uno de los problemas más graves a nivel mundial. La Organización de las Naciones Unidas (2003) describe la escasez de agua como “el punto en que el efecto agregado de todos los usuarios incide en el abastecimiento o en la calidad del agua, de acuerdo con los convenios institucionales vigentes, hasta el grado de que la demanda de todos los sectores, incluido el medio ambiente, no pueda ser plenamente satisfecha”. Este fenómeno se debe a la naturaleza de la demanda y a la asignación incorrecta que se hace de ella (Orr *et al.*, 2010).

En España, la presión sobre los ríos y lagos cada vez es mayor. Por un lado debido al aumento de la población y por otro al desarrollo de la industria y agricultura. Estas generan una gran diversidad en cuanto a residuos, por lo que cada vez es más difícil su eliminación (Arquiola, 2004).

1.2 Calidad de las aguas

Uno de los mayores usuarios de agua dulce a escala mundial y principal factor de degradación de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, es la agricultura. Existe una preocupación a escala mundial por las repercusiones de la calidad del agua. Con el aumento de la población y con el cambio de los patrones de consumo de alimentos, el riesgo de escasez de agua aumentará.

La Directiva Marco del Agua del año 2000, establece que el estado y calidad de las masas de agua son dos aspectos fundamentales.

En esta directiva se hace referencia al concepto de calidad, que es la suma de las aptitudes para los distintos usos que puede llevar a cabo, por lo que un agua es mejor cuantos más usos permita.

El estado de una masa de agua es el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones normales. Viene precedido de valores tanto químicos como ecológicos.

- El estado químico es una expresión de la calidad de las aguas superficiales que refleja el grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental de las sustancias prioritarias y otros contaminantes que se encuentran en el Anexo IV del Real Decreto 817/2015.
- El estado ecológico es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia.

La contaminación ambiental es uno de los aspectos más importantes de la problemática española, y esto es debido a nuestro modelo de desarrollo (figura 1). Cuando hablamos de contaminación ambiental hacemos referencia a la presencia de cualquier agente o combinación de estos en formas y concentraciones que son perjudiciales para el bienestar y la salud de la población o perjudiciales tanto para la vida vegetal como animal. La contaminación puede provenir de diferentes fuentes como son: la contaminación hídrica, contaminación atmosférica y la contaminación del suelo.

Los contaminantes pueden ser liberados al medio ambiente en forma de gas, sustancias disueltas o en forma particulada. Estos llegan al medio acuático de diversas formas tanto a través del suelo como de la atmósfera. Destacar, que la mayor contaminación de las aguas superficiales, se da por acumulación y descarga de aguas residuales, industriales, agrícolas, ganaderas y mineras (García *et al.*, 2001).

Según la Carta del Agua de 1968, la contaminación de agua “consiste en una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural”. La OMS define en 1961 que “un agua está contaminada cuando se ve alterada su composición o estado, directa o indirectamente, como consecuencia de la actividad humana, de tal modo que quede menos apta para uno o todos los usos a que va destinada, para los que sería apta en su calidad natural”.

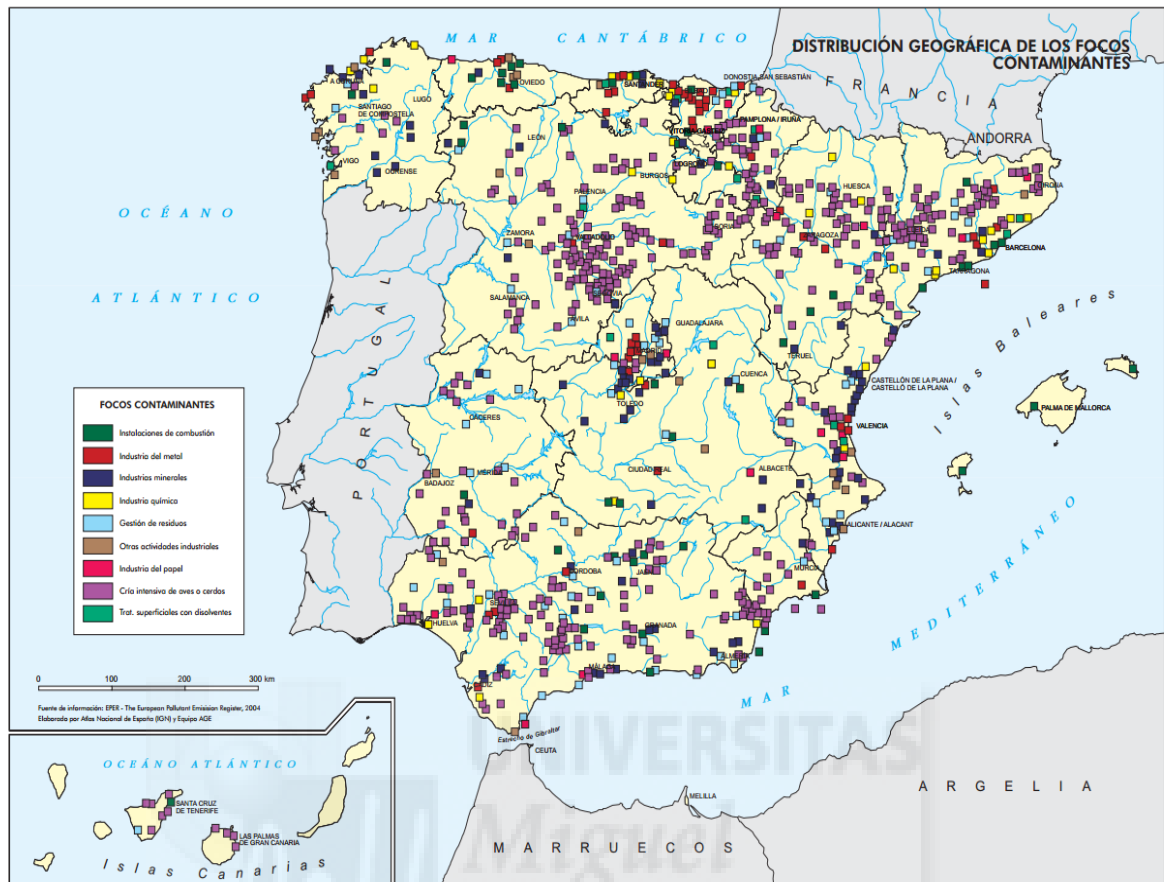


Figura 1: Mapa de España de distribución geográfica de los focos contaminantes.

Fuente: IGN, 2004.

La cantidad de contaminantes que llegan a las fuentes de agua depende de muchos factores: características de las cuencas, propiedades de los contaminantes y su toxicidad, usos y gestión del suelo. A medida que se ha ido desarrollando la industria y la agricultura, las sustancias químicas cada vez son más frecuentes en las masas de agua, por lo que afecta a su calidad. Las aguas residuales y sus contaminantes pueden afectar tanto al suelo, al agua y a los organismos que en ellos viven.

La contaminación hídrica conlleva una serie de consecuencias negativas en los cursos de aguas (González, 2007):

- Alteración, degradación o muerte de las distintas formas de vida acuática.
- Transmisión de enfermedades entre seres vivos, por contacto e ingesta de aguas contaminadas.

- Reducción de los usos potenciales del agua.
- Aumento del costo de producción de agua potable. Pérdida de belleza escénica y del uso turístico o recreativo.

La contaminación que se da en las aguas es de dos tipos:

- Los originados por fuentes fijas o contaminación puntual, cuando existen sitios puntuales de descargas generalmente continuas.
- Los originados por fuentes no fijas, también llamada contaminación difusa, se genera por la suma de pequeños aportes individuales desde sitios diversos y que se repiten por períodos largos de tiempo, generando efectos acumulativos. Se produce un cambio en la composición natural del curso de agua debido a la recepción de múltiples descargas de aguas residuales y de diversa procedencia. Una característica básica de esta contaminación es que sus impactos no son locales sino que tienden a afectar toda a una cuenca hidrográfica, incluyendo el área marina asociada.

La contaminación difusa está directamente vinculada a las actividades agrícolas y silvícolas y deriva en una larga lista de impactos ambientales negativos. La alteración de la composición hídrica se debe a la incorporación de sustancias y partículas removidas de los suelos, desde sitios donde ocurren las actividades de deforestación y de producción vegetal o animal, así como las agrícolas. La movilidad y dispersión ambiental de estas sustancias y masa de partículas se intensifica por el riego (González, 2007).

En el caso de las aguas superficiales, se estima que los principales cambios tienen que ver con:

- Un aumento significativo en la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo, principalmente) disueltos en las aguas, acelerando el proceso de eutrofización.
- Una presencia de residuos de plaguicidas, algunos disueltos y otros insolubles pero adheridos a materias sólidas en suspensión o sedimentables.
- Aumento en la concentración de sales disueltas en las aguas.
- Un significativo aumento de la carga de sólidos en suspensión y sedimentables. Esto conlleva un aumento de turbidez de las aguas.
- Reducción significativa del oxígeno disuelto, generando condiciones anóxicas.

Según la FAO (1997), los problemas originados por la mala calidad del agua dulce a nivel mundial son los siguientes (Ongley, 1997):

- Defunciones anuales como consecuencia de enfermedades transmitidas por el agua.
- Disfunción del ecosistema y pérdida de biodiversidad.
- Contaminación de los ecosistemas marinos.
- Contaminación de los recursos de aguas subterráneas.
- Contaminación por contaminantes orgánicos persistentes.

Por lo tanto, la calidad del agua dulce será una causa limitante para el desarrollo sostenible de muchos países. Tendrá repercusión a escala mundial y se prevé que:

- Haya un descenso de los recursos alimentarios sostenibles por la contaminación.
- Efecto acumulado de decisiones desacertadas de ordenación de los recursos hídricos y, como consecuencia, falta de datos sobre la calidad del agua en numerosos países.
- Muchos países no podrán ya controlar la contaminación mediante dilución, lo que dará niveles todavía mayores de contaminación acuática.
- Fuerte subida del costo de las medidas correctoras y posible pérdida de "solvencia económica".

1.3 Salinidad

La salinización de los ríos es un problema que afecta a todo el mundo, como se puede observar en la figura 2. El problema aumenta año tras año en las regiones áridas y semiáridas del mundo como consecuencia de una baja precipitación y un mal manejo del agua de riego y de los fertilizantes (Villavicencio *et al.*, 2011). Las sales se acumulan por la inundación en zonas bajas, por la evaporación elevada, la transpiración vegetal y la proximidad en muchos casos de las aguas subterráneas que pueden llegar a alcanzar la superficie y salinizarse.

La salinidad y la sequía son dos de los factores limitativos ambientales que afectan el establecimiento y desarrollo de las especies, así como de la producción agrícola (Villavicencio *et al.*, 2011). Puede suponer un riesgo para la salud humana y genera un gran coste medioambiental y económico. El consumo creciente de agua y el cambio climático podrían empeorar la situación.

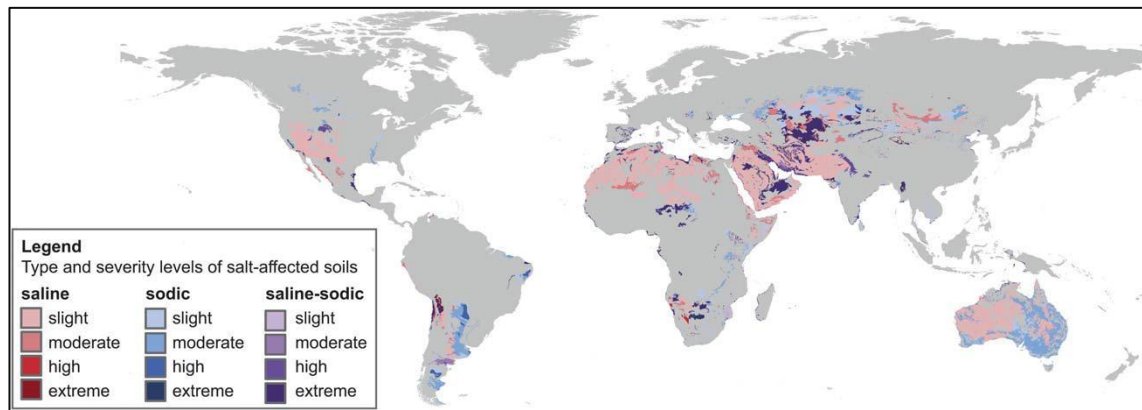


Figura 2: Mapa mundial de afectación de suelos por salinidad. Fuente: Wicke, et al., 2011.

El origen de la salinidad puede darse por dos vías:

- De forma natural, ya sea por la cercanía y la altura sobre el nivel del mar, la geología del terreno o la climatología.
- De manera antropogénica, generada por vertidos domésticos e industriales, las actividades mineras y los residuos ganaderos y agrícolas. Las prácticas incorrectas agrícolas en cuanto al uso del suelo y el mal manejo del agua para el riego, facilitan la movilidad de las sales dentro del suelo y el transporte de las mismas a nuevos sitios (Piedra y Cepero, 2013).

La actividad antrópica ha incrementado la extensión de áreas salinizadas al ampliarse las zonas de regadío con el desarrollo de grandes proyectos hidrológicos, los cuales han provocado cambios en la composición de sales en el suelo. En la década de los noventa del pasado siglo, se estimaba que la proporción de suelos afectados por salinidad estaba alrededor de un 10 % del total mundial y que entre un 25 y un 50 % de las zonas de regadío estaban salinizadas (Piedra y Cepero, 2013).

Un exceso de sal en ríos por la actividad humana es un factor que condiciona la supervivencia de organismos, comunidades, biodiversidad y el equilibrio ecológico de todo un ecosistema y además, genera también efectos de carácter económico y problemas de salud pública (Cañedo-Argüelles y Prat, 2013).

En el continente europeo (figura 3), el proceso de salinización de ríos por la acción de las personas se está agravando desde hace años (Cañedo-Argüelles y Prat, 2013). El problema afecta aproximadamente el 25 % de los 230 millones de hectáreas irrigadas de todo el planeta (Villavicencio *et al.*, 2011).

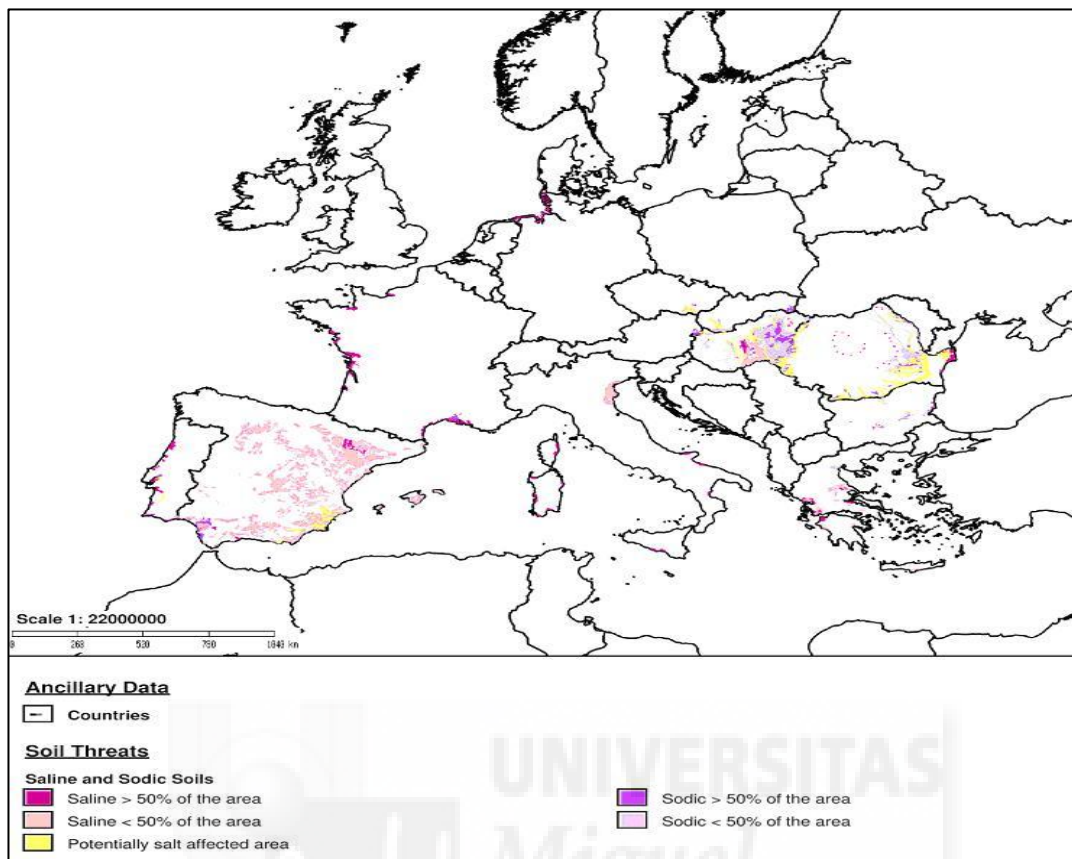


Figura 3: Distribución de suelos afectados por salinización en Europa. Fuente: IES, 2009.

Un exceso de sales en las aguas es una situación preocupante en cuanto a su reutilización para fines agrícolas.

Las aguas se pueden clasificarse de acuerdo con su contenido total de sales, según se indica en la tabla 1.

Muchas prácticas de riego causan una salinización en el perfil del suelo. La salinización del agua y del suelo son procesos causantes de la desertificación debido a un mal uso del agua de riego. En la cuenca Mediterránea, el consumo de agua sobrepasa la recarga natural de los acuíferos por lo que los procesos de salinización son irreversibles (MARM, 2008).

Conocer las aptitudes del agua utilizada para el riego es primordial ya que puede tener repercusiones sobre el rendimiento de los cultivos, su fertilidad y sobre las características del suelo.

Tabla 1: Clasificación de las aguas según su contenido total de sales (mg/L).

Fuente: Martín y Donatien, 2009.

Tipo de Agua	Salinidad (mg/L)
Agua dulce	0-0,5
Agua salobre oligohalina	0,5-3
Agua salobre mesohalina	3-10
Agua salobre polihalina	10-17
Agua de mar oligohalina	17-30
Agua de mar mesohalina	30-34
Agua de mar polihalina	34-38
Salmuera	38-150
Hipersalina	>150

Que un agua sea apta para el riego, depende de varios factores como: la tolerancia a la concentración de sal del cultivo del que se trate, de las características del suelo, y de las condiciones climáticas. En general el agua reciclada con fines de regadío debe tener un bajo nivel de concentración de sales.

Debe tenerse un especial interés en las zonas costeras, debido a la intrusión e infiltración de agua del mar en el agua que es bombeada hacia pozos cercanos donde puede ocasionar grave riesgo de salinidad.

Un agua con elevado contenido en sales y sodio no deberá utilizarse para fines de regadío. Aunque en algunos países que están afectados por la disminución de los recursos hídricos, sí que las reutilizan como complemento a otros tipos de recursos hídricos. Por lo tanto, es esencial que el tipo de planta cultivada en dicha zona tenga un rango alto de tolerancia en sales.

Si se utiliza agua con alto contenido en sales en alguna ocasión donde haya escasez de recursos hídricos, el suelo debe ser permeable, el drenaje adecuado, la cantidad de agua aplicada mayor y el tipo de cultivo seleccionado debe tener la mayor tolerancia posible al exceso de sales.

Las plantas presentan adaptaciones en presencia de un aumento de sales y estas son (Maestre, 1998):

- Fisiológicas:
 - Retraso en la germinación o maduración.
 - Reducción de la época de crecimiento.
 - Engrosamiento de cutículas para hacer descender transpiración.
 - Selectividad a iones específicos para compensar desequilibrios.
- Morfológicas:
 - Disminución tamaño foliar, número nervios y estomas.
 - Tricomas y glándulas excretoras de sal.
- Fenológicas:
 - Retraso de la floración.

Los problemas más destacados en cuanto a la calidad del agua de riego son la disminución de la producción por acumulación de sales en el suelo, la pérdida de la estructura del suelo y la existencia de toxicidad específica de cultivos a determinados iones. Esto es debido a que altos contenidos de sodio en las aguas de regadío afectan a la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración. El sodio presente en el suelo es intercambiable por otros iones. El calcio y el magnesio son cationes que forman parte de los complejos estructurales que forman el suelo generando una estructura apropiada para los cultivos. Un exceso de iones sodio desplaza a los iones calcio y magnesio por lo que provoca una dispersión y desagregación del suelo. Esto provoca que se vuelva duro y compacto y reduce la infiltración de agua y aire a través de los poros que forman el suelo.

Un elevado contenido en sodio puede generar graves problemas, sobre todo cuando el nivel de infiltración es reducido. Otros problemas que presentan son las incrustaciones en las semillas, malas hierbas, erosión del suelo, escasez de oxígeno y nutrientes disponibles para las plantas.

Este trabajo final de grado, se centrará en evaluar la calidad de las aguas que se descargan al mar, y que han sido en gran medida transformadas por la actividad antrópica en la zona del Baix Vinalopó y la Vega Baja del Segura.

Precisamente, el río Segura es uno de los ríos con mayor aprovechamiento hidrológico de Europa. Es bastante irregular, causando desequilibrios ambientales. El problema de

contaminación de las aguas se centra en el curso bajo del río (Concejalía de Medio Ambiente, Ayuntamiento de Orihuela).

Respecto al río Vinalopó, uno de los mayores problemas que presenta es la sobreexplotación de los acuíferos en su cuenca alta, convirtiéndolo en un problema medioambiental. Esto es debido a la diferencia entre los recursos renovables y sus usos, que provoca un descenso piezométrico continuado, con unos problemas de agotamiento de los recursos y pérdida de la calidad de las aguas (Andreu, 2015). El aumento de la población sobre todo a partir de mediados del siglo XX en el Bajo y Medio Vinalopó agrava el problema. En la actualidad, los principales aportes que llegan a la parte baja de su cuenca son exógenos, tanto de canales de sobrantes agrícolas como de aguas residuales depuradas.



2 Objetivos

Este trabajo fin de grado, se centra en la caracterización de las aguas sobrantes de riegos agrícolas del Baix Vinalopó y la Vega Baja del Segura, procedentes tanto de las escorrentías como de las infiltraciones. Estas acaban desembocando en el sur de la provincia de Alicante, junto a las de los ríos Vinalopó y Segura. Para su estudio, se ha realizado un seguimiento sistemático que no llega a completar un año hidrológico, debido al tiempo de duración del que se dispone para realizar un trabajo fin de grado durante un curso académico.

Para alcanzar el objetivo principal de este trabajo final de grado, es decir, conocer la calidad de las aguas que llegan al Mar Mediterráneo a la altura de las desembocaduras de los ríos Vinalopó y Segura, después de haber sido utilizadas para diversas actividades, principalmente para el riego, se desarrollarán una serie de objetivos específicos, como son:

- Recopilación de información y referencias bibliográficas sobre el tema.
- Realización de muestreos de aguas cada dos meses y su posterior análisis en el laboratorio.
- Tratamiento y análisis de los datos.
- Determinación de las características físico-químicas de los diferentes ríos y azarbes en los cuales se realiza el muestreo.
- Obtener las conclusiones derivadas de la calidad de las aguas que se vierten al mar Mediterráneo desde la desembocadura del río Segura y del río Vinalopó.

3 Materiales y Métodos

3.1 Área de estudio

La zona de estudio está comprendida entre las localidades de Elche y Guardamar del Segura, siendo los puntos de muestreo los situados en los tramos finales del conjunto de azarbes que vierten hacia la desembocadura del río Vinalopó y análogamente, los que lo hacen hacia la zona del río Segura. En el caso del río Vinalopó, además del propio río (punto 1 de la figura 4), se muestrean los azarbes de Dalt (punto 2), del Robatori (punto 3), Dulce (punto 4) y Ancha (punto 5). Para el caso del río Segura, los puntos de muestreo se sitúan en los tramos finales del azarbe del Convenio (punto 6), azarbe de Pineda (punto 7), azarbe Mayayo (punto 8), azarbe del Acierto (punto 9), azarbe de En medio (punto 10), azarbe de la Culebrina (punto 11), azarbe del Señor (punto 12), azarbe de la Villa (punto 13), azarbe de la Comuna (punto 14), y el azud de San Antonio (punto 15).

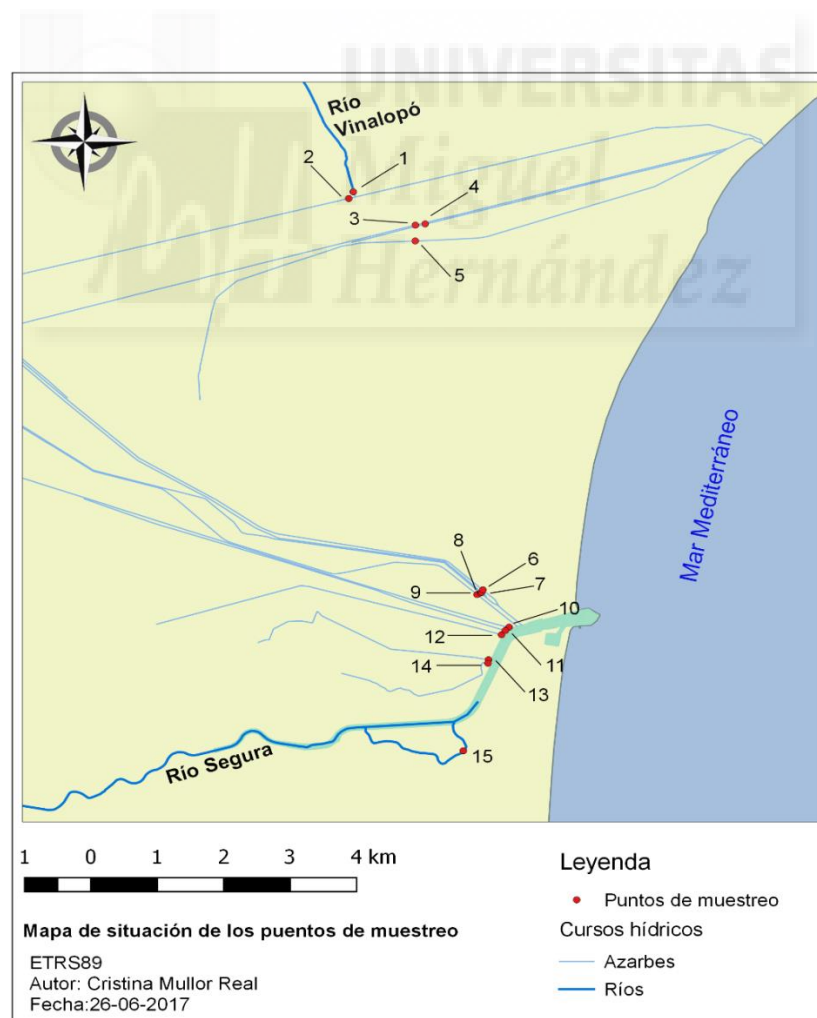


Figura 4: Distribución de los puntos de muestreo en los cursos hídricos analizados.

La zona de estudio se trataba de una zona pantanosa, cerrada al mar y formaba un conjunto lagunar muy amplio, prolongado hacia el Oeste y Norte por la laguna del Hondo, los saladares de Albatera y la Albufera de Elche. El hecho de tener poca pendiente y ser una zona de tierras lagunares, hacía que las tierras no fueran útiles para el cultivo debido a la falta de desagüe. Es en el primer tercio del siglo XVIII cuando se empieza la colonización de gran parte de la superficie lagunar del Bajo Segura gracias al cardenal Belluga que realiza un saneamiento y reducción a cultivo. Se produjo la desecación de ciertas zonas que contribuyó a una mejora de salud pública y a evitar el estancamiento de las aguas. En el momento en que los ríos Segura y Vinalopó entran de nuevo en funcionamiento y aportan aguas dulces, hace que se pueda desarrollar una huerta fértil como la conocemos hoy en día. Además, la acción antrópica reciente, plasmada en la construcción de una densa red de canales y acequias de avenamiento y regadío, mejora más aún la situación (Canales *et al.*, 1985).

Las características climáticas afectan a estas zonas anteriormente lagunosas y de baja pendiente, como se puede apreciar en la figura 5. El clima que encontramos en esta zona es Mediterráneo seco con un régimen de lluvias anual inferior a los 400 mm y unas temperaturas medias anuales de 17,53°C. Las lluvias están presentes en las estaciones equinocciales, los veranos son largos, secos y calurosos, con temperaturas alrededor de unos 23°C e inviernos cortos y suaves con temperaturas mínimas de 12°C.

Además en la zona de estudio encontramos como suelos predominantes los Fluvisoles (WRB, FAO 2015), que son suelos desarrollados sobre depósitos aluviales recientes. Se localizan sobre depósitos del Cuaternario aportados por los ríos, ramblas, etc., que construyen la red fluvial. Se caracterizan por su posición topográfica llana y por su utilización agrícola intensa. Sus propiedades suelen ser diferentes de las características geológicas y geomorfológicas de las regiones atravesadas por el río. La textura de estos suelos es variable y, generalmente, tienen buena permeabilidad y aireación. Sin embargo, como resultado de su dedicación agrícola, suelen tener poca materia orgánica y la estabilidad de los agregados es baja.

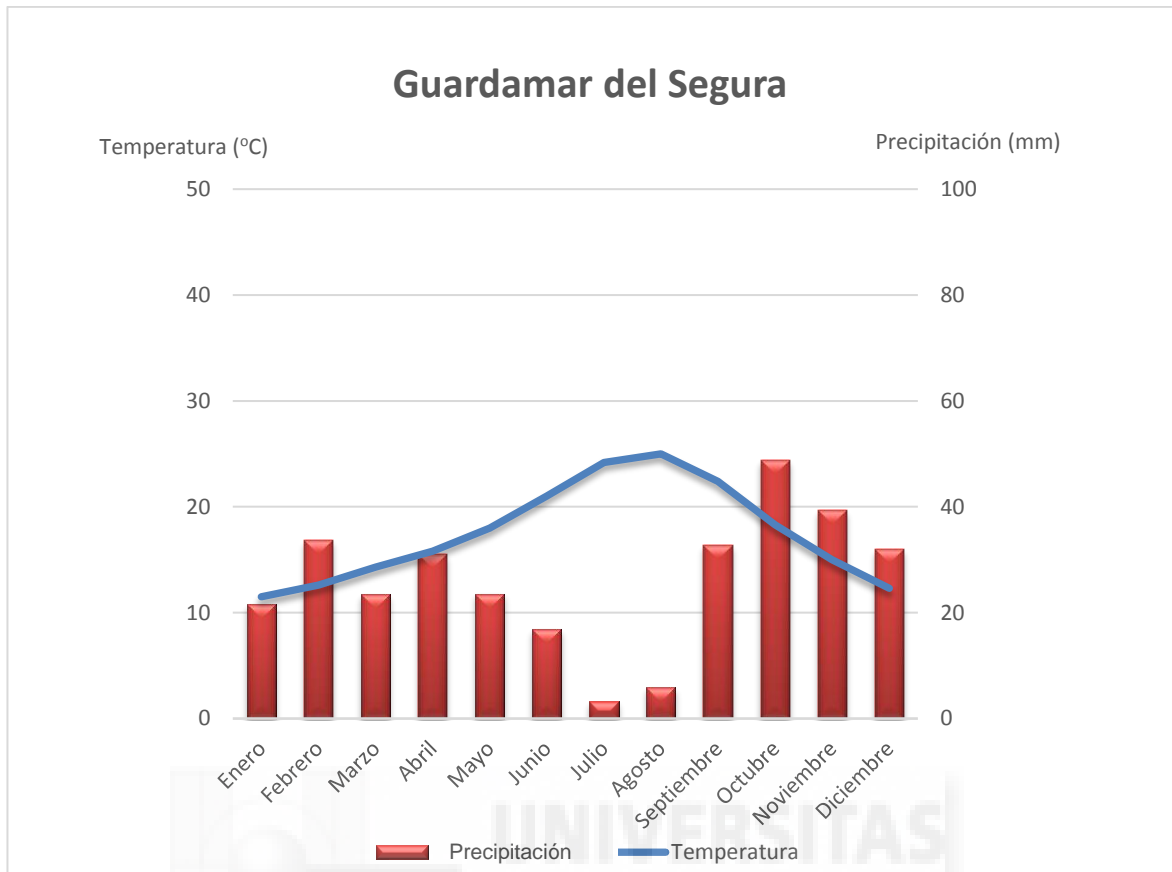


Figura 5: Climograma de Guardamar del Segura. Fuente: Pérez, 1994.

3.2 Muestreos

Se realizó un muestreo cada dos meses (tabla 2), aproximadamente a mitad del mes. El día que se realizaron dichos muestreos, se acudió a los puntos seleccionados como se aprecia en el mapa anterior (figura 4), recogiendo la cantidad de agua necesaria para las analíticas y siguiendo el estricto protocolo que permite mantener el agua en condiciones para su análisis.

Las muestras fueron recogidas de forma manual, con ayuda de una pértiga tomamuestra (figura 6) y con guantes de látex para evitar contaminar las aguas y las botellas. Los recipientes utilizados para la toma de muestras fueron botellas de color transparente con tapa de 2 litros de volumen. Cada botella estaba adecuadamente identificada.

Tabla 2: Fechas de recogida de las muestras en sus puntos de muestreos.

Puntos de muestreo	Topónimo	Fecha de recogida			
1	Desembocadura Vinalopó	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
2	Azarbe de Dalt	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
3	Azarbe del Robatori	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
4	Azarbe Dulce	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
5	Azarbe Ancha	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
6	Azarbe del Convenio	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
7	Azarbe de Pineda	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
8	Azarbe Mayayo	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
9	Azarbe del Acierto	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
10	Azarbe de Enmedio	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
11	Azarbe Culebrina	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
12	Azarbe del Señor	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
13	Azarbe de la Villa	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
14	Azarbe de la Comuna	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17
15	Azud San Antonio	Nov-16	Ene-17	Mar-17	May-17

Las muestras de agua se extraían de zonas con un flujo constante, es decir donde hubiera corriente y a una profundidad intermedia. Se deben tener unas precauciones a la hora de recoger las muestras, una de las más importantes es una correcta homogeneización tanto del vaso de la pértiga toma-muestra, como de las botellas, antes de recoger la muestra definitiva. Se debe llenar toda la botella hasta que rebose, sin dejar ninguna burbuja de aire que pueda alterar la calidad de las muestras.

Se transportaban en neveras portátiles refrigeradas, desde el punto de muestreo hasta el laboratorio donde se realizaban los análisis de forma inmediata.

Una vez en el laboratorio y después de hacer los análisis prioritarios el mismo día de muestreo, es decir, aquellos en los que los parámetros analizados se pueden alterar con el manejo de la muestra, por ejemplo, el contenido en bicarbonatos, las muestras eran llevadas a la cámara frigorífica donde se mantenían a 4°C para las sucesivas sesiones de análisis en los días posteriores.



Figura 6: Recogida de agua en uno de los puntos de muestreo.

3.3 Parámetros analizados

Los parámetros y los métodos empleados para el análisis que nos permitieran conocer las características de las aguas y estimar su posible influencia en las zonas costeras fueron los siguientes:

- **pH:** Se mide mediante el método electrométrico (Rodier, 1981). La medida del potencial eléctrico que se crea en la membrana de vidrio de un electrodo es función de la actividad de los iones hidrógeno a ambos lados de la membrana (MAPA, 1986). La medida debe efectuarse *in situ*, solo puede dar un valor exacto ya que es independiente del potencial óxido reductor o del color del medio, de la turbidez y de las materias coloidales (Rodier, 1981).
- **Conductividad eléctrica a 25°C:** El método utilizado se basa en la medida de la conductancia de una columna de agua comprendida entre dos electrodos metálicos de 1 cm² de superficie y separados el uno del otro por 1 cm. Mediante un Puente de Wheatstone y una célula de conductividad apropiada se determina la conductividad eléctrica por comparación a la misma temperatura de la resistencia eléctrica de la muestra y de una solución valorada de cloruro de potasio, refiriendo el resultado a 25°C (MAPA, 1986).
- **Cloruros:** Los procedimientos clásicos para la determinación de cloruros se basan en la formación de una sal de plata relativamente insoluble. Se realiza el análisis por

titulación, valorando los cloruros con nitrato de plata, detectando el punto de viraje por la aparición de un precipitado rojo de Ag_2CrO_4 (valoración de Mohr) (MAPA, 1986).

- **Determinación de la alcalinidad (carbonatos y bicarbonatos):** La alcalinidad de un agua corresponde con la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Se determina por valoración con una disolución de un ácido mineral fuerte, a los puntos de equivalencia de bicarbonatos (pH 8,3) y ácido carbónico (entre pH 4,2 y 5,4) por medio de indicadores ácido-base. El pH al que se produce dicha equivalencia depende de la cantidad de CO_2 disuelto en la muestra de agua (MAPA, 1986).
- **Sulfatos (turbidimetría):** Es una técnica analítica basada en la dispersión de la luz por partículas en suspensión en el seno de una disolución, la cual mide la disminución de la transmitancia del haz de luz al atravesar la muestra. El ion sulfato es precipitado en medio acético con cloruro de bario para formar cristales de sulfato de bario (Sereviche y González, 2012). La absorción de luz producida por la suspensión del sulfato de bario se mide con un espectrofotómetro y la concentración de sulfato se determina por comparación con la curva de calibración antes obtenida.
- **Determinación de cationes:** Los cationes a determinar fueron calcio, magnesio, sodio y potasio, mediante espectrofotometría de absorción atómica los dos primeros, y de emisión para el caso del potasio y del sodio (tabla 4). Este método de análisis utiliza la propiedad que tienen los átomos neutros de absorber o emitir a una cierta longitud de onda, una cantidad de energía determinada (Rodier, 1981).

Tabla 4: Clasificación de cationes con su método de análisis. Fuente: Rodier, 1981.

Elemento	Llama	λ (nm)
Ca^{2+}	Óxido nitroso-acetileno (fotometría por llama)	422,7
Mg^{2+}	Aire-acetileno (fotometría por llama)	285,2
Na^+	Aire-acetileno (fotometría por llama)	589,0
K^+	Aire-acetileno (fotometría por llama)	766,5

3.4 Análisis estadístico

Una vez obtenidos los resultados de los análisis de las muestras, se realizó un análisis estadístico para saber si las diferencias entre los resultados obtenidos eran significativas o no. Nos permitió conocer si entre los puntos de muestreos hay variaciones a lo largo de todo el estudio.

Con la ayuda del programa de estadística SPSS Statistics v.24, se ha hecho un análisis descriptivo por puntos, donde se ha calculado la media, desviación. Además, se ha usado el test de análisis de varianza (ANOVA) de un factor para el conjunto de los datos.

El ANOVA plantea dos hipótesis diferentes:

- Hipótesis nula (H_0): las medias de los datos son iguales, al 95% del nivel de confianza.
- Hipótesis alternativa (H_1): una de las medias es diferente, al 95% del nivel de confianza.

Se ha realizado un análisis con ANOVA para cada parámetro y así poder identificar si hay diferencias significativas o no en las características generales de las aguas de cada uno de los cauces estudiados.

Necesitábamos conocer el p-valor para poder aceptar o rechazar la hipótesis nula según el grado de significación. Si el p-valor es $\geq 0,05$ no tiene diferencias significativas y se acepta la hipótesis nula mientras que si el p-valor es $\leq 0,05$ tiene diferencias significativas y no se acepta la hipótesis nula.

Además se realizó una prueba post-hoc con el método TUKEY, para saber que medias nos difieren e identificar los subgrupos homogéneos que no se diferenciaban entre sí.

4 Resultados y discusión

4.1 pH

Con relación a los resultados obtenidos respecto del pH, no encontramos diferencias significativas (p -valor 0,385) a lo largo de los quince puntos de muestreos como se puede observar en la tabla 7. Es un parámetro que se mantiene más o menos constante en torno a 7,9 (figura 7).

Este pH nos indica que de las especies carbonatadas que existen en el agua, la predominante y que estará en equilibrio con el CO_2 atmosférico es la de bicarbonato $[\text{HCO}_3^-]$ frente a carbonato.

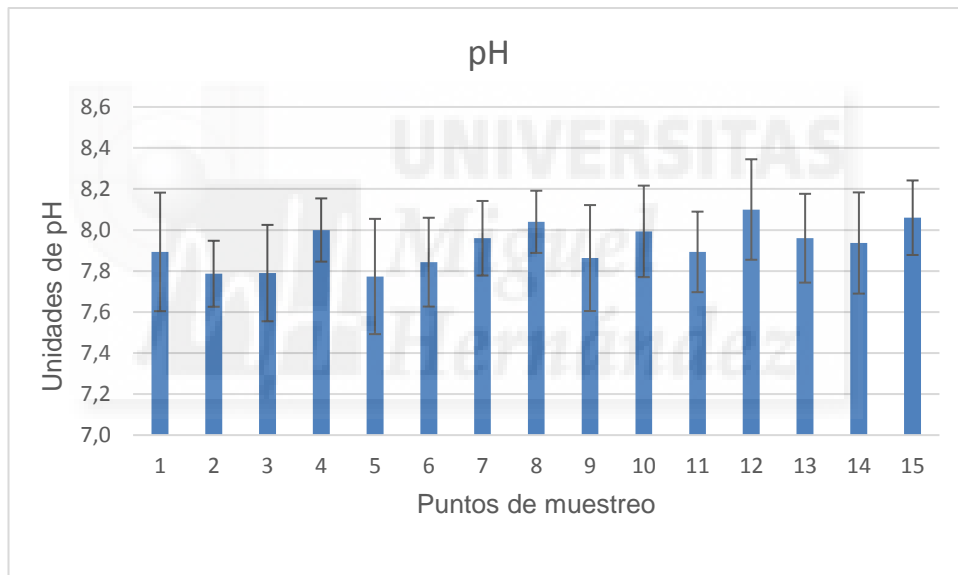


Figura 7: Variación del pH a lo largo de los puntos de muestreo.

4.2 Conductividad eléctrica

Este parámetro mide la capacidad del agua como conductora de la corriente eléctrica debido a la existencia de iones disueltos en el agua. En aguas naturales, el valor establecido como normal es entre 100 y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aunque en algún momento pueden excederse de forma natural (García *et al.*, 2001).

Se encontraron diferencias significativas para la conductividad eléctrica (p -valor $<0,001$) entre los diferentes puntos de muestreo (tabla 7). Los valores de conductividad (figura 8) ponen de manifiesto las diferencias entre las distintas localizaciones, ya que existe una variación relevante entre el azarbe Dulce (punto 4) donde encontramos agua menos salina, hasta llegar al valor más alto de conductividad en la desembocadura del río Vinalopó (punto 1), donde encontramos una agua con salinidad muy elevada. Este hecho puede asociarse a la geología de su cuenca, que atraviesa zonas triásicas (Keuper) con presencia de yesos, además de las aportaciones antrópicas con los drenajes de la laguna salada de Villena.

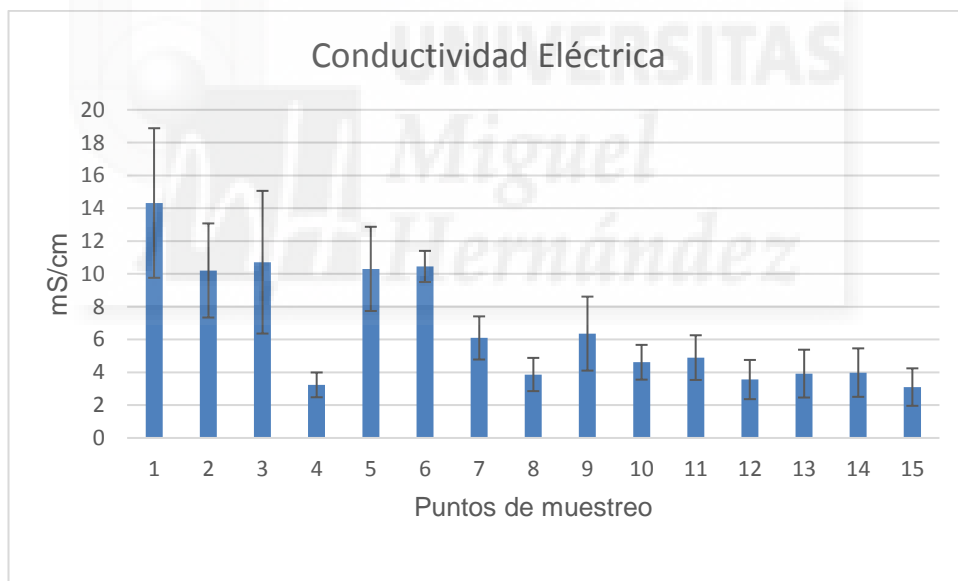


Figura 8: Variación de la conductividad eléctrica a lo largo de los puntos de muestreo.

Respecto del río Segura y sus azarbes más próximos, encontramos una salinidad menor en líneas generales de la mostrada en las inmediaciones del Vinalopó, exceptuando el azarbe del Convenio (6), que alcanza valores relevantes y superiores al resto de los analizados.

La tabla 5 muestra la clasificación de las aguas en función de su grado de mineralización (Rodier, 1981) y todas las muestras analizadas presentaron un rango muy elevado de mineralización al superar el umbral de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabla 5: Mineralización de las aguas en función de la conductividad. Fuente: Rodier, 1981.

Mineralización	Umbral ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Baja	<333
Media	333-666
Moderada	666-1000
Elevada	>1000



4.3 Cloruros

El contenido de cloruros en las muestras es variable en función de los cursos hídricos analizados (figura 9). Este parámetro afecta a las propiedades físicas del agua y nos puede resultar indicador del grado de contaminación debido a múltiples acciones naturales o antrópicas. El ion cloruro se incorpora a las aguas superficiales por medio de la deposición atmosférica, por la meteorización de las rocas sedimentarias y de las descargas de vertidos industriales y de aguas residuales urbanas (García *et al.*, 2001). Se encontraron diferencias significativas entre los distintos puntos muestreados (p -valor $<0,001$) tal y como se puede ver en la tabla 7. Destacar la desembocadura del río Vinalopó (punto 1) y el azarbe de Dalt (punto 2) como los puntos con una mayor cantidad de cloruros.

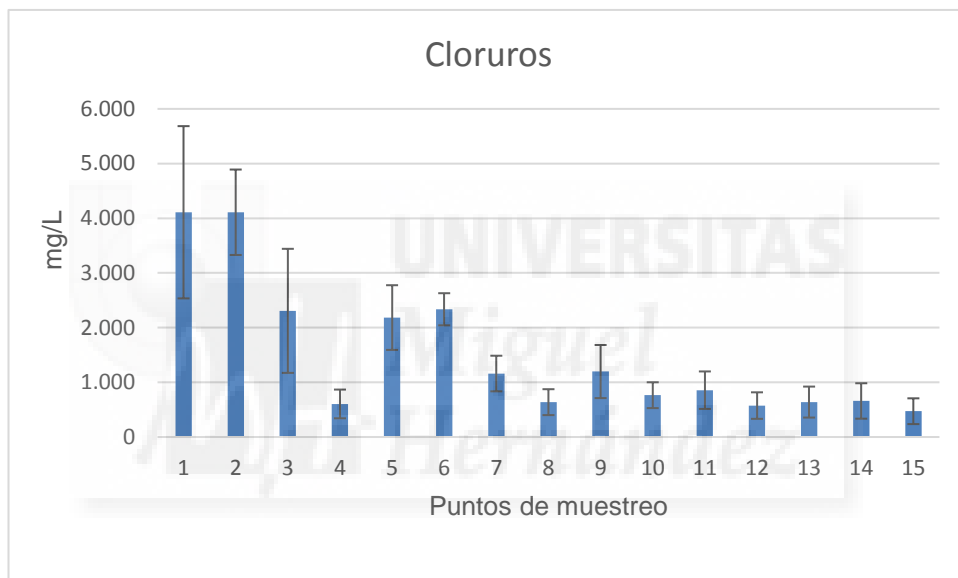


Figura 9: Variación de cloruros a lo largo de los puntos de muestreo.

4.4 Sulfatos

Los sulfatos se encuentran de manera natural en las aguas superficiales, debido al lavado de los compuestos minerales azufrados de las rocas sedimentarias como el yeso. Además, puede darse un aumento por las descargas industriales y por deposición atmosférica (García *et al.*, 2011). Se encontraron diferencias significativas (p -valor $<0,001$) entre los distintos puntos analizados (tabla 7).

El contenido en sulfatos es importante para la calidad de las aguas de riego (tabla 6). En este sentido el azarbe Dulce (punto 4) presentaría una buena calidad, mientras que los azarbes de la Pineda (punto 7), el de Enmedio (punto 10), del Señor (punto 12), de la Villa (punto 13), de la Comuna (punto 14) y el azud de San Antonio (punto 15) presentarían una calidad media al no alcanzar los 1200 mg/L (figura 10). Por el contrario, tienen una mala calidad el resto de los azarbes analizados al presentar valores muy superiores a los 1200 mg/L (Gómez *et al.*, 1992).

Tabla 6: Calidad de las aguas de riego en función del contenido de sulfatos.

Fuente: Gómez *et al.*, 1992.

Calidad	Umbral (mg/L)
Buena	<500
Media	500-1200
Mala	>1200

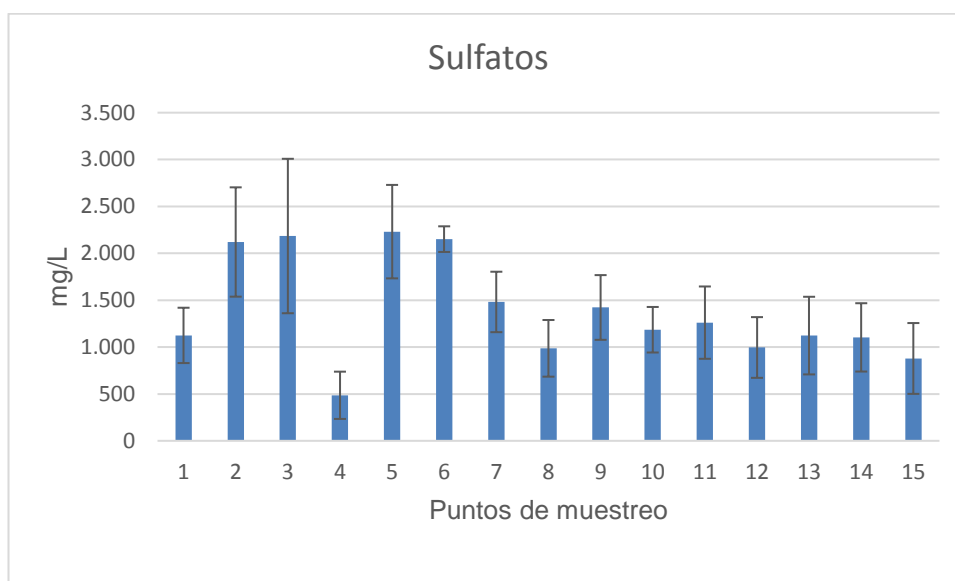


Figura 10: Variación de sulfatos a lo largo de los puntos de muestreo.

4.5 Bicarbonatos

La presencia de bicarbonatos influye en la dureza y alcalinidad del agua. Su presencia en agua dulce puede darse de forma natural por disolución y meteorización de las rocas, o por aportes de las descargas industriales. Los bicarbonatos están presentes en aguas con un valor de pH entre 6,5 y 8,5 (García *et al.*, 2001).

Los valores medios obtenidos en todos los puntos de muestreo son superiores a los 300 mg/L (figura 11, tabla 7). No se observaron diferencias significativas entre los puntos analizados (p -valor 0,642). Los mayores valores medios de bicarbonatos se encontraron en los azarbes del Robatori (punto 3) y Ancha (punto 5).

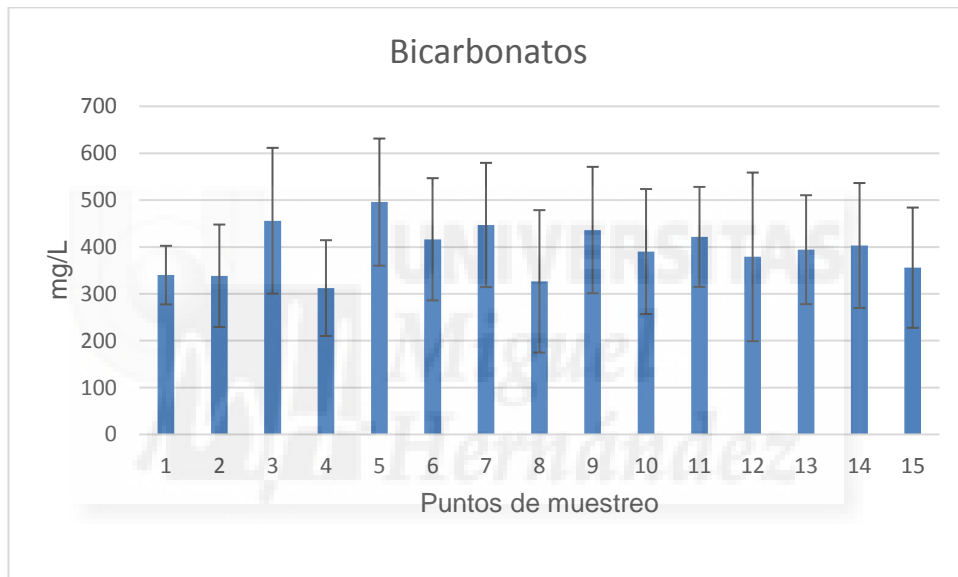


Figura 11: Variación de bicarbonatos a lo largo de los puntos de muestreo.

4.6 Calcio

El calcio es un elemento presente en las aguas que está estrechamente ligado con la dureza de las mismas. Está presente de forma natural en las aguas superficiales debido a la meteorización de las rocas y minerales, sobre todo el yeso y las calizas, pudiendo también contribuir los vertidos industriales al incremento de la concentración de este catión (García *et al.*, 2001).

Se observaron diferencias significativas (p -valor $<0,001$) entre los diferentes puntos muestreados (tabla 7, figura 12). En el entorno del río Vinalopó (puntos 1 a 5) existieron notables diferencias entre el azarbe Dulce (punto 4) y el resto de cursos hídricos. En el entorno del río Segura (puntos 6 al 15) los azarbes presentaron un valor bastante superior al observado en el propio cauce del río (punto 15). Esto puede ser debido a la mezcla de diferentes aguas o por las propias características de los suelos agrícolas que están drenando los diferentes azarbes.

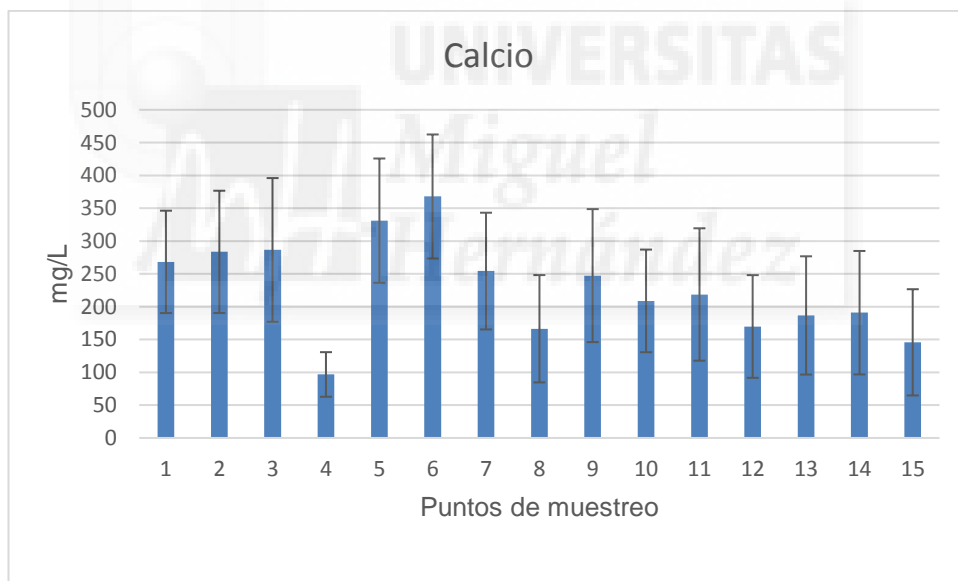


Figura 12: Variación del calcio a lo largo de los puntos de muestreo.

4.7 Magnesio

El magnesio al igual que el calcio es un parámetro relacionado con la dureza del agua. El magnesio se encuentra también de forma natural debido a la meteorización de las rocas que lo contienen (García *et al.*, 2001).

Se observaron diferencias significativas (p -valor $<0,001$) entre los distintos puntos analizados (tabla 7). Los resultados obtenidos para el magnesio (figura 13) indican que los valores máximos se encuentran en: el azarbe de Dalt (punto 2), el azarbe del Robatori (punto 3), el azarbe Ancha (punto 5) y el azarbe del Convenio (punto 6) por lo que podemos decir que son cursos hídricos bastante mineralizados, mientras que el azarbe Dulce (punto 4) presenta una mineralización baja y en la desembocadura del río Vinalopó (punto 1) tiene una mineralización moderada.

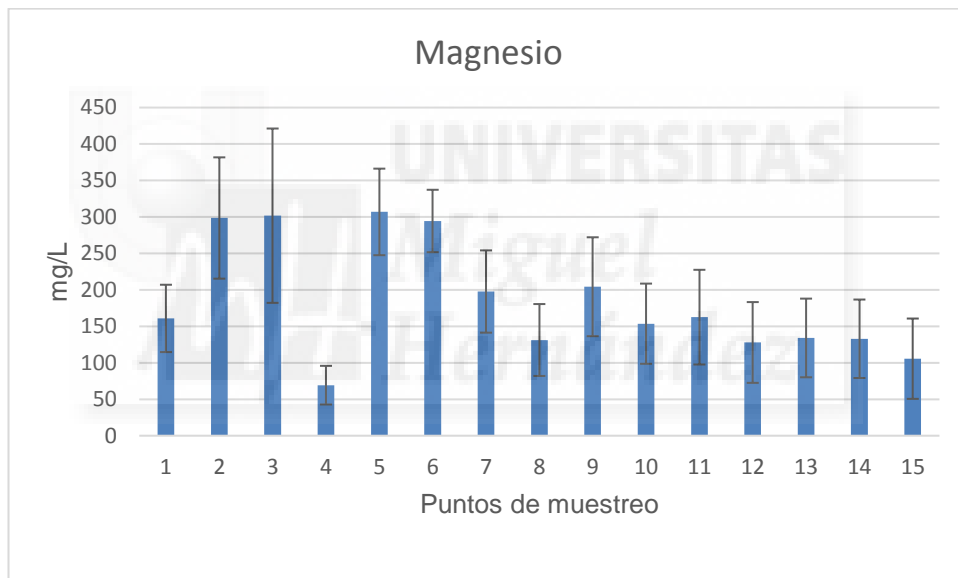


Figura 13: Variación del magnesio a lo largo de los puntos de muestreo.

4.8 Sodio

La conductividad, los cloruros y la concentración de sodio son tres parámetros relacionados y nos informan del grado de salinidad que presentan estas aguas.

Se encontraron diferencias significativas (p -valor $<0,001$) entre los distintos puntos muestreados (tabla 7).

El patrón seguido por este parámetro (figura 14) muestra una concentración mayor en la desembocadura del río Vinalopó (punto 1) y una concentración baja en el azarbe Dulce (punto 4). El Vinalopó es un río altamente salinizado tal como muestra su elevado contenido en sodio, además de la conductividad eléctrica y los cloruros. En el sector del río Segura y sus azarbes encontramos menores concentraciones de sodio al igual que ocurre en el azarbe Dulce.

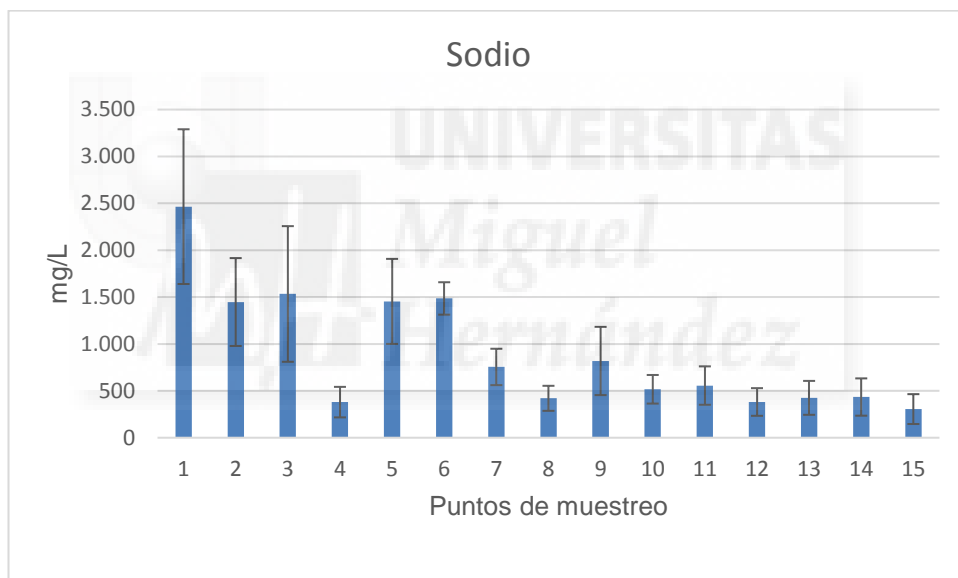


Figura 14: Variación del sodio a lo largo de los puntos de muestreo.

4.9 Potasio

El potasio es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y es necesario para obtener mayores rendimientos en la agricultura. El potasio es añadido a los cultivos mediante fertilizantes. Un exceso de estos, produce una contaminación de las aguas superficiales, favoreciendo un incremento de la salinización.

Encontramos grandes cantidades de potasio en todos los puntos analizados (figura 15), ya que son aguas que provienen de una utilización previa para el riego. Encontramos diferencias significativas (p -valor $<0,001$) para este parámetro (tabla 7).

Los valores medios observados para todos los puntos analizados fueron superiores a 14 mg/L. Los resultados obtenidos indican mayores concentraciones en la desembocadura del río Vinalopó (punto 1), azarbe de Dalt (punto 2), azarbe del Robatori (punto 3), azarbe Ancha (punto 5) y azarbe del Convenio (punto 6). El entorno del río Segura y el azarbe Dulce (punto 4) presentaron en todo caso valores medios inferiores a 22 mg/L.

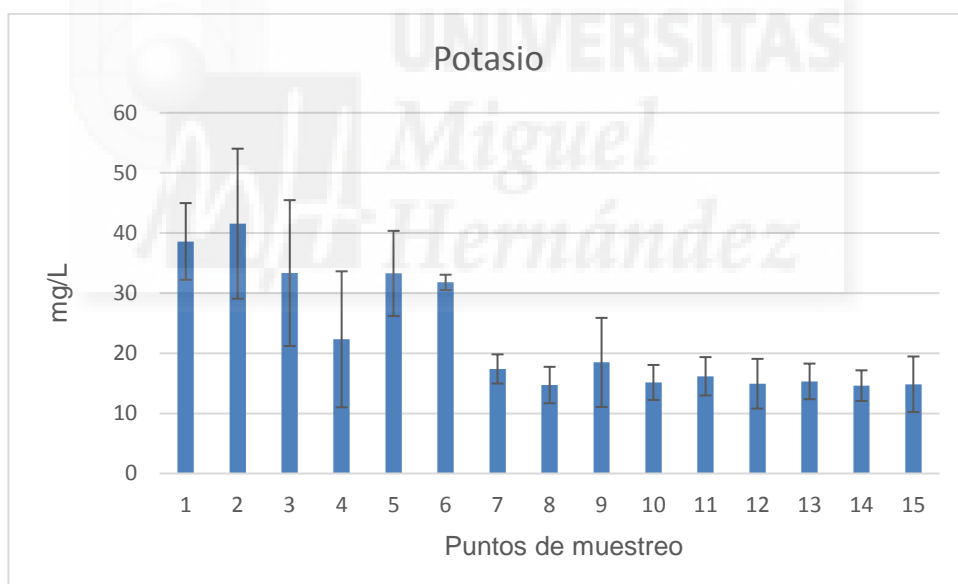


Figura 15: Variación del potasio a lo largo de los puntos de muestreo.

Tabla 7: Análisis estadístico de los puntos de muestreo.

Puntos	pH	CE (mS/cm)	Cloruros (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)
1	7,9 ± 0,3 a	14,3 ± 4,6 c	4109,5 ± 1575,0 d	1124,4 ± 295,0 a b	340,0 ± 62,5 a	268,3 ± 78,0 a b c	160,9 ± 46,2 a b	2464,6 ± 825,2 c	38,6 ± 6,4 d
2	7,8 ± 0,2 a	10,2 ± 2,9 c	2258,9 ± 781,0 c	2120,7 ± 583,0 c d	338,5 ± 109,3 a	283,6 ± 93,1 a b c	298,5 ± 83,2 b c d	1447,2 ± 468,7 b	41,6 ± 12,5 d
3	7,8 ± 0,2 a	10,7 ± 4,3 c	2306,8 ± 1134,0 c	2184,5 ± 823,6 d	455,9 ± 155,6 a	286,5 ± 109,4 a b c	301,7 ± 119,5 c d	1533,3 ± 723,4 b	33,3 ± 12,1 c d
4	8,0 ± 0,2 a	3,2 ± 0,8 a	604,7 ± 262,6 a	485,6 ± 252,1 a	312,3 ± 102,2 a	96,7 ± 34,0 a	69,3 ± 26,5 a b	379,6 ± 162,8 a	22,3 ± 11,3 a b c
5	7,8 ± 0,3 a	10,3 ± 2,6 c	2184,1 ± 591,4 b c	2231,1 ± 498,5 d	495,7 ± 135,6 a	331,1 ± 94,7 b c	306,9 ± 59,3 d	1454,1 ± 435,5 b	33,3 ± 7,1 c d
6	7,8 ± 0,2 a	10,5 ± 0,9 c	2335,8 ± 293,7 c	2151,2 ± 136,7 c d	416,4 ± 130,3 a	367,9 ± 94,5 c	294,5 ± 42,8 b c d	1485,5 ± 172,9 b	31,8 ± 1,3 b c d
7	8,0 ± 0,2 a	6,1 ± 1,3 a b	1160,8 ± 325,8 a b c	1481,2 ± 322,5 b c d	446,9 ± 132,5 a	254,2 ± 88,9 a b c	197,7 ± 56,4 a b c d	754,9 ± 194,0 a b	17,4 ± 2,4 a b c
8	8,0 ± 0,2 a	3,9 ± 1,0 a	637,6 ± 236,8 a	986,4 ± 302,3 a b	326,6 ± 151,9 a	166,4 ± 81,8 a b	131,3 ± 49,3 a	420,2 ± 133,5 a	14,7 ± 3,0 a b c
9	7,9 ± 0,3 a	6,4 ± 2,3 a b	1197,0 ± 485,6 a b c	1422,4 ± 345,1 b c d	436,0 ± 134,9 a	247,3 ± 101,3 a b c	204,3 ± 67,8 a b c d	818,3 ± 363,9 a b	18,5 ± 7,4 a b c
10	8,0 ± 0,2 a	4,6 ± 1,1 a	764,7 ± 236,3 a	1184,9 ± 242,9 a b	390,2 ± 133,3 a	208,8 ± 78,2 a b c	153,6 ± 55,0 a	516,7 ± 152,5 a	15,1 ± 2,9 a
11	7,9 ± 0,2 a	4,9 ± 1,4 a	856,6 ± 342,7 a b	1260,6 ± 385,6 a b c	421,5 ± 106,6 a	218,6 ± 100,9 a b c	162,6 ± 64,9 a b c	555,9 ± 204,9 a	16,2 ± 3,2 a
12	8,1 ± 0,2 a	3,6 ± 1,2 a	574,7 ± 242,3 a	995,5 ± 323,8 a b	378,9 ± 179,8 a	169,8 ± 78,2 a b	127,9 ± 55,4 a	381,1 ± 147,5 a	14,9 ± 4,1 a
13	8,0 ± 0,2 a	3,9 ± 1,5 a	638,8 ± 283,0 a	1122,4 ± 414,7 a b	394,2 ± 116,2 a	186,7 ± 90,1 a b c	134,1 ± 54,0 a	425,2 ± 180,9 a	15,3 ± 3,0 a
14	7,9 ± 0,2 a	4,0 ± 1,5 a	659,1 ± 323,8 a	1103,4 ± 364,3 a b	403,1 ± 133,3 a	190,9 ± 94,0 a b c	132,9 ± 53,8 a	434,0 ± 198,9 a	14,6 ± 2,6 a
15	8,1 ± 0,2 a	3,1 ± 1,1 a	471,8 ± 325,5 a	878,6 ± 377,7 a b	355,8 ± 128,3 a	145,7 ± 80,9 a b	105,6 ± 55,1 a	305,5 ± 159,2 a	14,8 ± 4,6 a
F	1,090	13,024	14,040	8,840	0,823	3,406	7,944	14,722	11,005
p-valor	0,385 ns	0,000***	0,000***	0,000***	0,642 ns	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***

5 Conclusiones

Debido a la aridez de la región, la escasez de precipitaciones y las altas temperaturas durante todo el año, sobre todo en los meses de verano, hacen que se potencie más el problema de salinidad.

Los cationes y aniones presentan valores muy altos de concentración sobre todo cloruros, sulfatos y sodio que son tres parámetros muy relacionados con la salinidad e indican que estas aguas presentan un carácter bastante salino y superan todos los límites establecidos y el agua está clasificada de mala calidad para una posible reutilización para el riego (García, 2012). Todas las muestras presentan un grado de mineralización muy elevado debido a la cantidad de calcio y magnesio que presentan, a excepción del azarbe Dulce (punto 4). Cabe destacar la desembocadura del río Vinalopó (punto 1) donde la salinidad aún es más acusada que en el resto de puntos de muestreo debido a sus características geológicas y los vertidos procedentes de industrias, de vertidos domésticos y agrícolas.

El origen de la salinidad de las aguas que va a parar al Mar Mediterráneo a través de la desembocadura de los ríos Vinalopó y del Segura puede ser de manera natural, ya sea por las características geológicas que presentan o por las aportaciones antrópicas que se dan. Al ser un agua con elevada salinización y muy mineralizada, proveniente de las zonas de cultivo próximas a los cauces fluviales, tiene un exceso de nutrientes aportados para el crecimiento de los cultivos causando un empeoramiento de la calidad de las aguas, aumentando su concentración de sales y su mineralización. Estas aguas no pueden usarse para un uso doméstico ya que sus concentraciones exceden los límites permitidos pero sí que podrían ser útiles para una reutilización en la agricultura, aunque solo sería aplicable a cultivos que tuvieran una elevada tolerancia a la salinidad.

6 Bibliografía

A continuación se muestran las referencias bibliográficas y recursos de Internet consultados.

6.1 Referencias bibliográficas.

- Andreu, J.M., 2015. *La protección de las aguas subterráneas. La contaminación agrícola y otros impactos*. En: *Água, sustentabilidade e direito (Brasil-Espanha)*. Ed. UNIVALI, Brasil.
- Canales, G.M., Rebollo, V. y Fernando, J., 1985. *Colonización del Cardenal Belluga en las tierras donadas por Guardamar del Segura: creación de un paisaje agrario y situación actual*. *Investigaciones Geográficas* (3):143-160.
- FAO, 2015. *World reference base for soil resources 2014 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports 106. Ed. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome.
- García Álvaro, O., 2012. *Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua de riego*. *International Plant Nutrition Institute. IAH 6*: 26-33.
- García, M., Sánchez, F.D., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., Vargas Omar., Panizzo, L., Sánchez, N., Gómez, J., y Cortés, G., 2001. *El agua*. Ed. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Bogotá, Colombia.
- Gómez, I., Navarro-Pedreño, J. y Mataix, J., 1992. *Aguas de riego: análisis e interpretación*. Ed. Caja de Ahorros del Mediterráneo (CAM), Alicante.
- González, S., 2007. *Contaminación difusa de las aguas*. INIA Tierra adentro, noviembre-diciembre:22-24.
- Maestre, F.T., 1998. *Adaptaciones de las plantas ibéricas a los suelos salinos*. *Quercus* (143):19-22.
- MAPA, 1986. *Métodos oficiales de análisis*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- MARM, 2008. *El control de la salinidad y la lucha contra los efectos de la desertificación en la cuenca mediterránea*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

- Ongley, E.D., 1997. *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Ed. Food & Agriculture Org, Burlington, Canadá.
- Orr, S., Cartwright, A. y Tickner, D., 2010. *Qué son los riesgos hídricos, guía sobre las consecuencias de la escasez de agua para el gobierno y las empresas*. Ed. WWF, Gland, Suiza.
- Pérez, A.J.C., 1994. Atlas Climàtic de la Comunitat Valenciana (1961-1990). Ed. Generalitat Valenciana, Valencia. 157-170
- Rodier, J., 1981. Análisis de las aguas. Ed. Omega, Barcelona.
- Sereviche, C.A. y González, H., 2012. *Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado*. Ed. Ingenierías USBmed 3(2):6-11.
- Villavicencio, N.M., Alonzo, C.V.L., Sotelo, M.B. y Leal, R.P., 2011. *Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo*. Tecnociencia, 5(3):157-158.
- Wicke, B., Smeets, E., Dornburg, V., Vashev, B., Gaiser, T., Turkenburg, W. y Faaij, A., 2011. *The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils*. Energy & Environmental Science, 4(8):2669-2681.

6.2 Recursos de Internet.

- Arquiola, J.P., 2004. *Integración de la modelización de la calidad del agua en un sistema de ayuda a la decisión para la gestión de recursos hídricos*. Tesis Doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia.
Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/1895>
[Último acceso: 2 junio 2017].
- Cañedo-Argüelles, M. y Prat, N., 2013. La salinización de los ríos: un problema medioambiental en todo el planeta. Revista la Universitat. Ed. Universitat de Barcelona.
Disponible en: http://www.ub.edu/web/ub/es/menu_eines/noticies/2013/01/004.html
[Último acceso: 13 junio 2017].

Concejalía de Medio Ambiente. El río Segura. Ed. Ayuntamiento de Orihuela.

Disponible en: <http://www.orihuela.es/via-publica-medio-ambiente-y-territorio/concejalia-de-medio-ambiente/espacios/el-rio-segura/>

[Último acceso: 22 mayo 2017].

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de las aguas.

Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2000-82524>

[Último acceso: 10 junio 2017].

IGN, 2004. La contaminación en España. Ed. Instituto Geográfico Nacional

Disponible en: www.ign.es/espmap/contaminacion_bach.htm

[Último acceso: 10 junio 2017].

Institute for Environment and Sustainability (IES). 2009. Joint Research Centre. Comisión Europea.

Disponible en: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/themes/Salinization/>

[Último acceso: 22 abril 2017].

Martín, R.E.C. y Donatien, R., 2009. Sistema para la Identificación de Aguas en Pozo Petroleros (SIAPP). Ed. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.

Disponible en: https://www.ecured.cu/Clasificaciones_qu%C3%ADmicas_del_agua

[Último acceso: 23 junio 2017].

Piedra, A.L. y Cepero, M.C.G., 2013. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. Revista Cultivos Tropicales. Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba. 34(4):31-42

Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000400005

[Último acceso: 10 mayo 2017].

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.

Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-9806

[Último acceso: 13 junio 2017].