

Grado en Ciencias Ambientales – 2014-2015
Facultad de Ciencias Experimentales



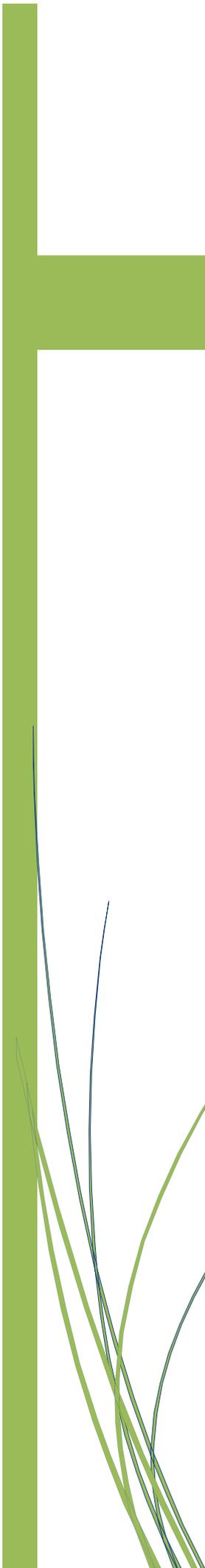
Calidad de las aguas del curso fluvial del río Vinalopó: Salinidad

Paula Torrijos Alcón



José Navarro Pedreño - M^a Belén Almendro Candel

Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente



Resumen

Este trabajo se ha centrado en el estudio de la calidad del agua del río Vinalopó y de sus características físico-químicas relacionadas con la salinidad. Para ello, se utilizan los datos ofrecidos por la Confederación Hidrográfica del Júcar, que abarcan la mayor parte del curso del río salvo el tramo final, en el cual se han realizado una serie de muestreos para completar dicha información. Los meses escogidos para el muestreo fueron octubre, noviembre, febrero y marzo debido a su importancia en el ciclo hidrológico. Paralelamente a la calidad general del río, se ha observado la posible influencia de la ciudad de Elche en la calidad de las aguas hasta la desembocadura.

Los resultados reflejan que en sus inicios, el agua es de buena calidad, pero que posteriormente recibe aportes de cuencas endorreicas y de zonas con materiales evaporíticos que aumentan el contenido en sales. Del mismo modo, también recibe aguas con menor concentración salina debido a tratamientos en plantas de depuración o a surgencias naturales. En el tramo final se ha percibido una atenuación progresiva de la salinidad una vez el agua abandona la ciudad de Elche y pasa por su cauce natural. Sin embargo, el agua es salobre en la mayor parte de su recorrido y su calidad es pobre para usos determinados como el riego.

Palabras clave: agua, Vinalopó, calidad, salinidad.

Abstract

This dissertation focuses on the study of water's quality from Vinalopó's River and its physico-chemical properties concerning salinity. In order to it, Confederación Hidrográfica del Júcar provides freely data about most of the river path. To complete the data, the final part has been sampled in different places for the months of October, November, February and March due to their importance in the hydrologic cycle. Analogously, it's been looked the possible influence of the city of Elche on water quality until the river outlet.

Results show that, in the source, the quality is high, but it worses because of inputs from endorheic basins and areas full of evaporitic materials that rise the salt content. At the same time, upwelling water and water from water treatment plants reach into the river lowering the salt concentration. There is also a mitigation of salinity on the final part of the river, right after Elche city, where it gets to its natural riverbed. However, Vinalopó water is brackish in most of the river path and has poor quality for certain uses like irrigation

Key words: water, Vinalopó, quality, salinity.

Agradecimientos

A mi familia, por su apoyo.

A mis amigos, por su paciencia infinita

Y a todos aquellos que me motivaron a escoger este camino.



Índice

1. Introducción	1
1.1 El agua como recurso para la vida	1
1.2 Uso y calidad de las aguas	3
1.3 Salinidad de las aguas	7
2. Objetivos	10
3. Materiales y métodos	11
3.1 Zona de estudio	11
3.2.1 Zona de muestreo	14
3.2 Parámetros analizados	16
3.3 Tratamiento estadístico	18
4. Resultados	19
4.1 Características generales del río	19
4.1.1 pH	19
4.1.2 Conductividad eléctrica	20
4.1.3 Bicarbonatos	21
4.1.4 Carbonatos	22
4.1.5 Cloruros	23
4.1.6 Sulfatos	24
4.1.7 Sodio	25
4.1.8 Potasio	26
4.1.9 Calcio	27
4.1.10 Magnesio	27
4.2 Análisis del muestreo en el tramo final del río Vinalopó	28
4.2.1 Parámetros con significancia estadística	31
4.3 Discusión y características generales del río	32
5. Conclusiones	38
6. Bibliografía	39
6.1 Bibliografía	39
6.2 Recurso de Internet	40
Anexo I	41
Anexo II	47

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El agua como recurso básico para la vida

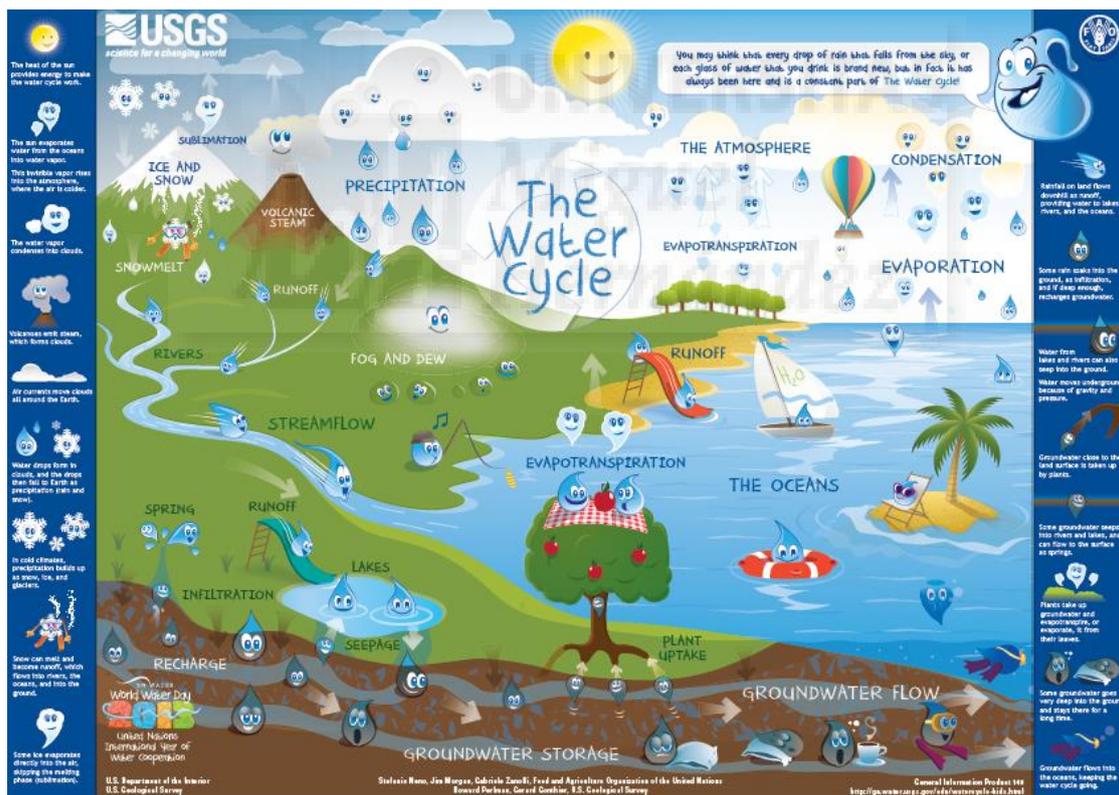
El agua es esencial para la vida. Tanto es así que aproximadamente el 60% del peso del cuerpo humano de un hombre adulto es agua (Vandas *et al.*, 2002). Está implicada en los procesos metabólicos, en la nutrición y eliminación de desechos de las células de todos los seres vivos. Además, es uno de los factores más importantes que condicionan la biodiversidad y su distribución en los ecosistemas acuáticos y terrestres.

El agua en el planeta Tierra cubre casi las tres cuartas partes de su superficie, la hidrosfera, ya sea en océanos, ríos, lagos, estuarios, humedales, glaciares y los polos también presente como vapor de agua en la atmósfera en cantidades variables (Jimeno, 2009). Su distribución está también vinculada con su calidad y la relación con el resto de compartimentos ambientales. Así, el 97'5% del total del agua es salada, es decir, contiene en su seno un porcentaje importante de sales disueltas que determinan su calidad, biodiversidad y usos, siendo el 2'5% restante agua dulce. A su vez, el 88% de esa agua dulce está congelada en glaciares y los polos, por lo que sólo el 0'3% del agua total del planeta, estaría disponible como agua líquida dulce para su uso por los seres vivos (Vandas *et al.*, 2002).

La heterogeneidad en la distribución del agua, la cantidad, el estado en el que se encuentra y su calidad (entendiendo por ésta sus características determinadas por factores físicos, químicos y biológicos) es muy importante ya que condiciona el tipo de organismos que viven, la biodiversidad y su uso como recurso. No es igual la fisionomía y fisiología de una planta en el desierto que otra en un bosque templado sencillamente por el hecho de disponer de agua de forma distinta. Las estrategias que usan una y otra son completamente diferentes según la zona en la que se encuentran. En un desierto se registran menos de 200 mm al año de precipitación, por lo que los seres vivos cuentan con mecanismos de adaptación a estas extremas condiciones, como la acumulación de agua en los tejidos o la xerofilia que presenta el olivo o el romero en climas mediterráneos secos. Por otro lado, en un bosque templado la precipitación anual es de entre 500 y 2000 mm, de modo que el agua ya no es un factor limitante y el sol y la temperatura ocupan su lugar como condicionante de las plantas. Las estrategias de los organismos de estas zonas se centrarán en captar la mayor cantidad de luz posible y resistir las bajas temperaturas del invierno.

Existe un movimiento de las masas de agua, tanto salada como dulce, que provoca un flujo constante llamado “ciclo del agua”. Dicho ciclo funciona gracias a la influencia del sol y de la gravedad, los cuáles provocan los fenómenos de evaporación, condensación, precipitación e infiltración (USGS y FAO, 2013). Gracias a éstos, se facilitan los mecanismos de transporte del agua, ya sea en estado sólido, líquido o gaseoso. Además, dichos fenómenos ocurren en todo el mundo y la cantidad de energía empleada para ello es tan grande que consume diariamente más que la utilizada en toda la historia de la humanidad (FAO, 2002).

Cabe la posibilidad de que un determinado volumen quede confinado en el subsuelo durante un período de tiempo prolongado debido al tipo de material del que está compuesto, aunque por norma general vuelve a circular y cierra el ciclo hidrológico. El tiempo de permanencia depende en gran medida del reservorio del que se hable (río, lago, glaciar, acuífero, océano) y del volumen que entre o salga de él. En todos ellos tiene gran influencia la presencia de la contaminación, especialmente relevante en los ecosistemas acuáticos.



Gráfica 1.1. Ciclo hidrológico explicado para niños según USGS y FAO (2013).

El agua es por tanto uno de las claves para entender la vida y es además uno de los compuestos que se buscan fuera de la tierra para asegurar que hay o hubo vida en dichos lugares extraterrestres (Martínez, 2015). Sin la presencia de agua no se entiende la existencia de vida en nuestro planeta.

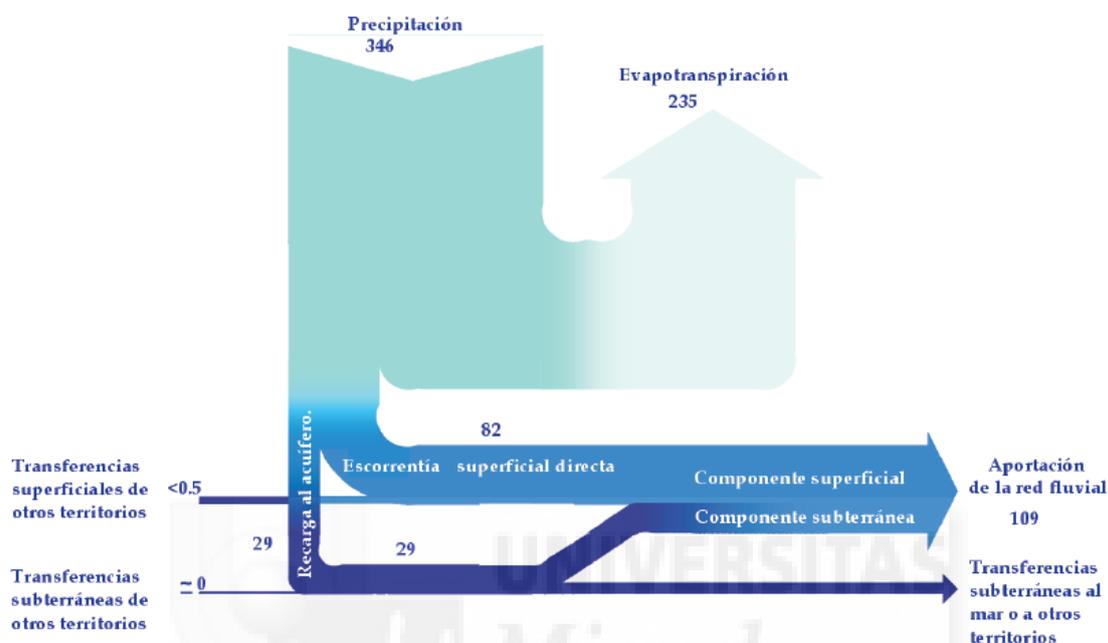
1.2 Uso y calidad de las aguas

Debido al desarrollo socioeconómico, el ser humano ha tenido que aprender a aprovechar los recursos que tenía disponibles para poder salvar los obstáculos que conlleva el consumo de unos recursos limitados, todo ello causado entre otras consideraciones, por un aumento de la densidad de población. El agua es un recurso cuyo reparto heterogéneo en la Tierra es debido a la influencia climática, la distribución de las precipitaciones, lo que dificulta aún más el abastecimiento en muchos lugares de la tierra y como hemos indicado, condiciona la vida y los ecosistemas. De hecho, hay suficiente agua disponible para afrontar las crecientes necesidades del mundo, pero esto no puede suceder sin cambiar drásticamente la forma en que se usa, se gestiona o se comparte el agua. Existe una crisis global del agua asociada más a la gestión, a la disponibilidad de agua de calidad, que a la cuantía de recursos y es aquí, donde se necesita implementar las acciones para conseguir un mundo con agua garantizado (WWAP, 2015).

Desde el punto de vista del consumo, es importante establecer una diferencia entre el consumo de agua endosomático o exosomático (Fundación CEMEX, 2007). El primero se refiere a aquel volumen destinado exclusivamente para las funciones vitales de los organismos, mientras que el segundo es para el resto de actividades, relacionadas en el caso del hombre con factores culturales o sociales. Teniendo esto en cuenta, por ejemplo, los hombres primitivos recurrían al agua para un consumo endosomático fundamentalmente, mientras que con el paso del tiempo, han ido apareciendo nuevos hábitos y actividades que han derivado hacia un consumo mucho más exosomático, el más destacado de todos es la agricultura.

El incremento de los consumos exosomáticos es una de las claves que inducen a problemas de disponibilidad de agua. Esta problemática, la disponibilidad de agua, podemos afirmar que, gracias a los avances tecnológicos, se puede considerar menos importante en los países desarrollados frente a los graves problemas en países en vías de desarrollo, pero sin embargo estos mismos avances han tenido unas consecuencias graves en cuanto a la reducción y contaminación de aguas naturales y del suelo. La relación entre recursos disponibles y sus consumos, suele ser negativa en muchos países, por lo que se genera un agotamiento de las aguas disponibles y una reducción drástica de los niveles en los acuíferos. En España el balance hídrico es negativo como consecuencia de un excesivo consumo de agua y su diferente distribución. El promedio de lluvia por metro cuadrado es aproximadamente de 680 mm y que por tanto, descontando a estas precipitaciones anuales de 346 km³, la ETP estimada en 235 km³,

por habitante al año habría disponible cerca de 2.400 m³, por debajo de la media europea que son 2.600 m³. Aun así serían suficientes para satisfacer las demandas y sin embargo existe un déficit en muchas zonas del país del orden de 3000 hm³, con grandes diferencias entre unas cuencas y otras y entre unos años hidrológicos y otros (MINAM, 2000).



Gráfica 1.2. Balance hídrico en España (Libro blanco del agua, MINAM, 2000).

El balance hídrico es negativo porque a pesar de que la cantidad de agua aportada por las precipitaciones es globalmente superior a la demandada, existen problemas como la irregular distribución de los recursos, especialmente de los ríos (fuerte irregularidad estacional e interanual y una desigual distribución espacial) así como la concentración de una buena parte de la demanda (población y agricultura) en el área mediterránea, cuyos recursos hídricos son escasos. Para paliar el déficit se recurren a técnicas que tienen un coste energético importante como la desalación de aguas y la depuración para su reutilización.

No todos los usos consumen agua de la misma forma, ya que no es lo mismo un uso consuntivo (aquel en el que se producen pérdidas volumétricas de agua) que uno no consuntivo (aquel en el que no se producen pérdidas). En este segundo caso, la reutilización del recurso es una de las ventajas que la tecnología puede proporcionar. Por ejemplo, los usos agrícolas consumen un 69% del total mundial, suponiendo los industriales un 21% y los urbanos sólo un 10% (FAO, 2002).

Tabla 1.1. Uso del agua estimada en 1950 y 1995 según FAO (2002).

Extracción anual global de agua estimada (km³, m³ per cápita y como porcentaje del total extraído)

	1950	1995
Agricultura		
extracción	1 100	2 500
per cápita	437	436
porcentaje del total	79	69
Industrias		
extracción	200	750
per cápita	79	131
porcentaje del total	14	21
Municipios		
extracción	100	350
per cápita	40	61
porcentaje del total	7	10
Total		
extracción	1 400	3 600
per cápita	556	628
porcentaje del total	100	100

Nota: Todas las cifras están redondeadas.

En países desarrollados, los consumos urbanos y en buena medida los industriales, pueden llegar a ser usos no consuntivos y recuperar el recurso agua para volver a utilizarlo (tecnologías de depuración de aguas). En el caso de los agrícolas, la reutilización es mucho menor y salvo sistemas de recogida de sobrantes de riegos (por ejemplo los azarbes de la Vega Baja o del Bajo Vinalopó), las aguas pasan directamente a incorporarse al ciclo del agua a través del suelo y la evapotranspiración.

La calidad del agua siempre va relacionada con su uso, con su funcionalidad, no siendo la misma calidad necesaria la de un agua apta para la industria alimentaria con unos requerimientos y exigencias específicas que el agua destinada a la industria minera o la agricultura. Según dice la Carta Europea del Agua (Consejo de Europa, 1968), la calidad del agua debe mantenerse en condiciones suficientes para cualquier uso; sobre todo, debe satisfacer las exigencias asociadas a la salud pública.

El hombre necesita el agua como ser vivo, pero requiere aún más cantidad por “ser civilizado”, es decir, por el avance e incremento de los usos exosomáticos (el hombre primitivo apenas utilizaba 10 litros/hab/día, mientras que hoy día en una ciudad moderna la cifra pasa a ser de 300-400 litros/hab/día según Balairón (2002).

Las demandas de agua dependen de la sociedad y las actividades económicas y de los factores climáticos. A mayor desarrollo social o económico mayor demanda de

agua. A mayores temperaturas y menores precipitaciones, más escasa disponibilidad de recurso.

Las demandas, los usos del agua, alteran su calidad y cuando ésta es devuelta al medio, sufre cambios que pueden modificar el entorno y afectar a las especies y ecosistemas implicados.

La contaminación del agua afecta al medio ambiente pero también a la salud humana. Ésta puede verse amenazada por la presencia de agentes extraños (químicos o biológicos) en las masas de agua, o alteraciones en las concentraciones habituales que se vuelven muy superiores a las encontradas de forma natural.

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”. En la antigua Ley de Aguas (29/1985) se indicaba que es “la acción y el efecto de introducir materias, o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica”. Por último, 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”. Los contaminantes químicos, biológicos y físicos (incluidos los efectos de formas de energía, la temperatura) son determinantes en la calidad del agua y su uso posible, en la calidad ambiental y en la salubridad de nuestro entorno.

Los contaminantes más habituales se pueden agrupar en cuatro grupos: materia orgánica y sedimentos, nutrientes, bacterias y sustancias tóxicas. (Vandas *et al.*, 2002). Prácticamente, todos ellos son sustancias que existen de forma natural en el agua pero que son alteradas debido al uso o los vertidos, salvo las sustancias tóxicas. Éstas últimas son, en su mayoría, provenientes de las distintas actividades industriales y urbanas, ya sean derivadas de compuestos naturales o compuestos de síntesis, como el caso de los fármacos (Barceló y López de Alda, 2013).

La cantidad de contaminantes que llegan a las fuentes de agua dependen de muchos factores: usos del suelo y su gestión, características de la cuenca, propiedades químicas del contaminante y la cantidad liberada al medio ambiente, procesos de degradación y resiliencia de los ecosistemas.

A medida que se ha ido desarrollando la industria y la agricultura, las sustancias químicas producidas han ido apareciendo en las masas de agua y afectando a su calidad. Debido al ciclo del agua, las aguas residuales y sus contaminantes pueden

llegar a afectar no sólo al agua por sí misma, sino también al suelo y los organismos vivos que dependen directa o indirectamente de él.

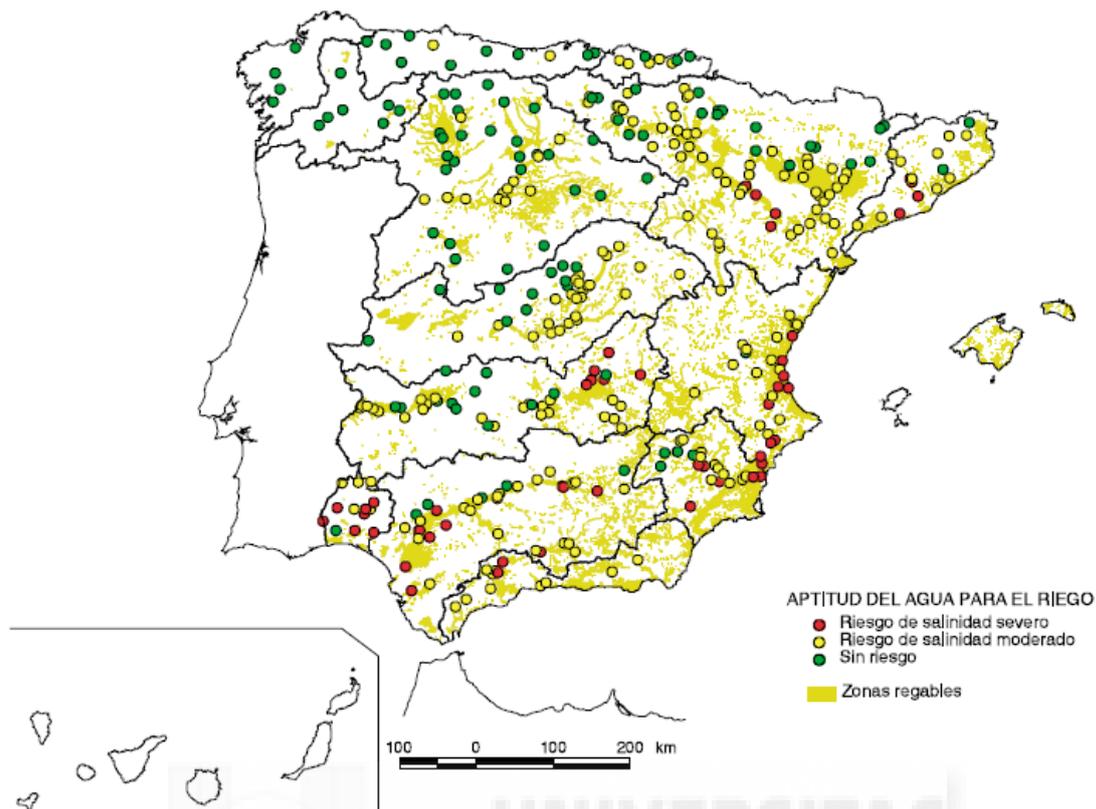
Los fármacos son los que mayor preocupación están generando, sobre todo desde la década de los 90. Los más comunes son los analgésicos/antipiréticos, los antibióticos, los antiepilépticos y los β -bloqueantes. Aunque las concentraciones encontradas en el agua no superan los órdenes de ng/L ó $\mu\text{g/L}$, el problema radica en la persistencia que pueden llegar a alcanzar en suelos y sedimentos, dónde aparecen concentraciones de hasta g/kg (Hernando *et al.*, 2006).

Las corrientes de agua y los acuíferos superficiales son, en comparación con las grandes masas de agua y los acuíferos más profundos, mucho más vulnerables. Los acuíferos más profundos están protegidos por capas y capas de materiales litológicos, muchos de ellos relativamente impermeables y casi al margen del ciclo del agua, mientras que a las grandes masas de agua se les supone una capacidad de dilución enorme. Aunque este último caso, está siendo cuestionado hoy en día por la presencia de agentes persistentes como el plástico y el constante vertido de materiales que tienen una larga duración y resisten la degradación marina (Retorna, 2011).

1.3 Salinidad de las aguas

De todos los problemas de contaminación de las aguas, en zonas áridas y semiáridas del planeta, la salinidad es uno de los más relevantes. La salinización es un problema frecuente en zonas con precipitaciones escasas. Suele potenciarse debido a una mala gestión del agua de riego en dichas zonas, ya que las sales se acumulan por la inundación en zonas bajas, por la evaporación elevada, por la transpiración vegetal y por la proximidad en muchos casos de las aguas subterráneas que pueden llegar a alcanzar la superficie y salinizarse.

Sin embargo, hay determinadas circunstancias en las que la salinidad no es un caso de contaminación exactamente, si no que las condiciones del sustrato o los aportes de agua tienen de por sí ese carácter salino.



Gráfica 1.3. Aptitud del agua para el riego según la salinidad (MINAM, 2000).

El contenido en sales de una determinada masa de agua, como puede ser un río, puede variar mucho a lo largo de su recorrido (en la cabecera no suele haber tanta concentración de sales en comparación con la desembocadura) o si se encuentra en un clima árido o tropical lluvioso (las precipitaciones anuales registradas en un sitio u otro es determinante para el caudal de un río y su calidad).

Los ríos son los elementos básicos sobre la superficie terrestre que controlan el ciclo hidrológico, están asociados directamente a la calidad de los suelos y acuíferos con los que interaccionan y a las actividades antrópicas que se desarrollan en ellos o su entorno. La cuenca hidrográfica es el límite geográfico que marca la zona que aporta aguas procedentes de las precipitaciones a los cauces en función de la orografía del medio físico, en estas cuencas se desarrollan las actividades antrópicas y se relaciona con los acuíferos que pueden estar en conexión con las aguas superficiales por medio de surgencias (fuentes) o sumideros (zonas de recarga de acuíferos), y por elevaciones del nivel freático que entra en contacto con dichas aguas (humedales).

Estas razones son suficientemente relevantes como para poder comprender la importancia que tiene conocer el estado de calidad ambiental de una cuenca mediante el análisis de las aguas de sus ríos. La vigilancia y el análisis periódico de las aguas permiten valorar con rapidez su alteración y posible contaminación. En el caso de la

provincia de Alicante, la cuenca del río Vinalopó ocupa aproximadamente la cuarta parte del territorio, es el río más largo de los provinciales, ya que casi en su totalidad discurre en el interior de Alicante y es además el río que se ve más afectado por la presión antrópica y una multitud de usos del suelo diversos a lo largo de su recorrido en el agrícola e industrial Valle del Vinalopó.

Por ello, conocer y valorar su calidad en su tramo final, en su desagüe al mar Mediterráneo, permite de algún modo valorar lo que sucede aguas arriba, cuáles son los efectos que se producen en la calidad y que determinan qué posibles usos del agua se pueden dar. En un trabajo de fin de grado como es el que se presenta, no se pueden abordar todos los posibles parámetros de calidad de las aguas, por ello, se centra fundamentalmente en un conjunto muy característico asociado a ambientes áridos y semiáridos mediterráneos como es la salinidad.



2. Objetivos

Este trabajo fin de grado persigue dos grandes finalidades, por un lado conocer la calidad de las aguas del río Vinalopó a lo largo de su recorrido; para ello se emplearan los datos públicos disponibles aportados por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) de la que depende la gestión de la Cuenca del Vinalopó, aunque se encuentre disociada de la del propio Júcar, fruto de la política de transparencia ambiental y de la información que se facilita al ciudadano desde los organismos públicos.

Además, por otro lado se quiere aportar información sobre la calidad del río Vinalopó en su tramo final en el año hidrológico 2014-15, al pasar por el término municipal de Elche, de modo que se refleje la calidad de las aguas que llegan y si dicha ciudad y sus actividades ejercen algún tipo de influencia en el estado de las mismas.

El TFG se centra en el estado de las aguas relacionado con la salinidad debido al uso agrícola que se les da en el campo de Elche o su influencia en dicho medio rural por el que discurre, así como la importancia que tiene sobre la calidad ambiental y biodiversidad de dos Parques Naturales, el Hondo de Elche-Crevillente y las Salinas de Santa Pola, unidos por el espacio agrario y zona húmeda, recogido en el Catálogo Valenciano de Humedales denominado *Els Carrisars d'Elx* y la salida de dichas aguas por la gola de la playa del *Tamarit* al mar mediterráneo. Por lo tanto, la influencia de la calidad de las aguas del río Vinalopó en su tramo final tiene un peso enorme desde el punto de vista ambiental y relacionado con la salud.

3. Materiales y métodos

3.1 Zona de estudio

Este trabajo fin de grado se focaliza en el río Vinalopó, desde su nacimiento hasta la desembocadura. Todo él se encuentra prácticamente dentro de la provincia de Alicante, es un río autóctono y la atraviesa en su totalidad de Noroeste a Sureste en su recorrido cercano a los 100 km, si consideramos su nacimiento oficial en *Bocairent* y le incluimos el último tramo del azarbe de *Dalt* hasta su llegada al mar. Sin embargo, es precisamente este azarbe de Cebadas o de *Dalt*, en la actualidad, el destino de sus aguas que se mezclan con las aguas de las escorrentías agrícolas y siguen hasta su desembocadura en Santa Pola.

Tal y como se ha adelantado, nace oficialmente en *Bocairent* (Valencia), rambla arriba en el *Pla de Bodí*, en la Sierra de Mariola aunque su actual surgencia más importante, es la *Font de la Coveta* próxima a Bañeres de Mariola (Alicante) y desemboca artificialmente en el azarbe de *Dalt* o de Cebadas en el espacio agrícola de Els Carrissars d'Elx, en la antigua albufera de Elche, poco antes de llegar sus aguas junto con los sobrantes de los riegos a la desembocadura existente en el Parque Natural de las Salinas de Santa Pola.

Se caracteriza por ser muy irregular, la mayor parte del año tiene un caudal mínimo o está seco, contrastando con las grandes avenidas e inundaciones (Hermosilla, 2007), un comportamiento que se puede calificar de río-rambla. De hecho, el caudal está entre 0,30-0,44 m³/s, pero puede llegar a 350 m³/s durante lluvias torrenciales y no pasar de los 0,10 m³/s en época de estiaje en Aspe (García, 1964).

Es un río que se utiliza en muchos de sus tramos para regar los campos de cultivo, un 48% de la demanda total, para abastecimiento urbano un 45%, aunque también recibe aportaciones de aguas residuales e industriales (7%) (CHJ, 2002). Según datos de la Confederación Hidrográfica del Júcar, en un estudio realizado entre el periodo 1980/81-2005/06, las aportaciones naturales medias al río fueron escasamente de 64 hm³/año, muy inferiores a las posibles necesidades antrópicas de su cuenca.

Los datos empleados en este trabajo proceden de dos fuentes. Por un lado, son los facilitados por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) desde finales del año 1992 a finales del año 2014 y comprenden los siguientes parámetros seleccionados de todos los analizados: alcalinidad, bicarbonatos, carbonatos, cloruros, sulfatos, sodio, potasio, magnesio, calcio, pH y conductividad eléctrica a 25°C.

Por otro lado, estos datos anteriormente indicados, corresponden con la localización de las estaciones de control de *Bocairent*, *Benejama*, *Sax*, *Monóvar*, *Aspe*, *Embalse de Elche*, *Elche* y *Azud de los Moros*, ordenados desde el nacimiento hasta la desembocadura. En la Tabla 1 se recogen todas las estaciones mencionadas con los años de los que se disponen de datos y las coordenadas de cada una (UTM, ETRS89). La estación con menos datos disponibles es *Azud de los Moros* (*Azud dels Moros*), que corresponde con la última de las monitorizadas por la CHJ a lo largo del curso del río.

Tabla 3.1. Estaciones de aforo de la CHJ en el río Vinalopó. Años con series de datos disponibles y coordenadas correspondientes.

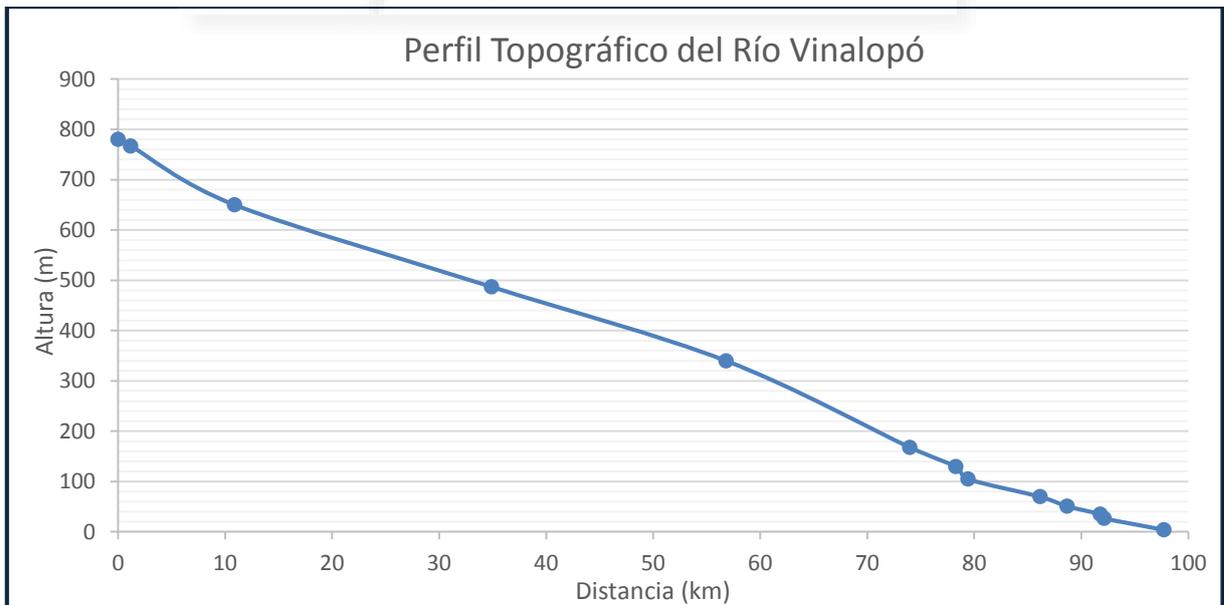
Estaciones	Años disponibles	Coordenadas X	Coordenadas Y
Bocairente	1992-2012	706061	4287851
Benejama	1992-2014	698828	4287334
Sax - Santa Eulalia	1992-2014	687675	4271537
Monóvar	1992-2014	698951	4245593
Aspe	1990-2014	691500	4255650
Embalse Elche	1994-2012	700904	4235130
Elche	1992-2014	699401	4242296
Azud de los Moros	2006-2014	700580	4232351

A continuación, se muestra una imagen del curso del río Vinalopó (Gráfica 3.1) desde su nacimiento hasta la desembocadura y su perfil topográfico obtenido a partir de la altitud de las estaciones de control (Gráfica 3.2).

Los puntos marcados en amarillo corresponden con todas las estaciones de control de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Además, se han añadido los puntos de muestreo utilizados para este TFG (ordenados por distancia al nacimiento). Precisamente, estos serán los puntos que proporcionan los datos correspondientes a la segunda fuente empleada, los realizados mediante nuestros propios muestreos de aguas y su posterior análisis. Más adelante, en la Tabla 3.2, aparecen por orden todas las estaciones de muestreo al igual que en dicho mapa junto con su altura y la distancia respecto a la cabecera del río.



Gráfica 3.2. Curso del río Vinalopó con las estaciones y puntos de muestreo.



Gráfica 3.3. Variación de la altura con respecto a la distancia a lo largo del curso del río Vinalopó considerando las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.

Tabla 3.2. Distancia entre puntos de muestreo y su altura (msnm) respecto al nivel del mar medido en Alicante.

	Distancia	Altura
Nacimiento	0	780
Bocairente	1,18	767
Benejama	10,88	650
Sax	34,9	487
Monóvar	56,81	340
Aspe	73,988	168
Embalse Elche	78,29	130
Punto 1	79,42	105
Elche	86,14	70
Punto 2	88,68	51
Azud de Moros	91,79	35
Punto 3	92,15	27
Punto 4	97,74	4

3.1.1. Zona de muestreo

Dado que a partir de la última estación (Azud de los Moros) no se dispone de datos hasta la confluencia con el Azarbe de *Dalt* y la importancia de éstos en el territorio ilicitano, se situaron cuatro puntos de muestreo en el término municipal que englobaron esta zona.

Los muestreos se realizaron en dos momentos relevantes: inicio de año hidrológico y de la primavera. Los cuatro muestreos se llevaron a cabo a finales de los meses de octubre, noviembre, febrero y marzo, concretamente el 20 de octubre, 17 de noviembre, 23 de febrero y 30 de marzo. Servirán para aproximarnos al conocimiento de la calidad de las aguas del río Vinalopó, aunque es mucho más relevante realizarlo a lo largo de todo el año hidrológico. Por las limitaciones de tiempo de un TFG, se seleccionaron dos periodos claves para los cursos fluviales.

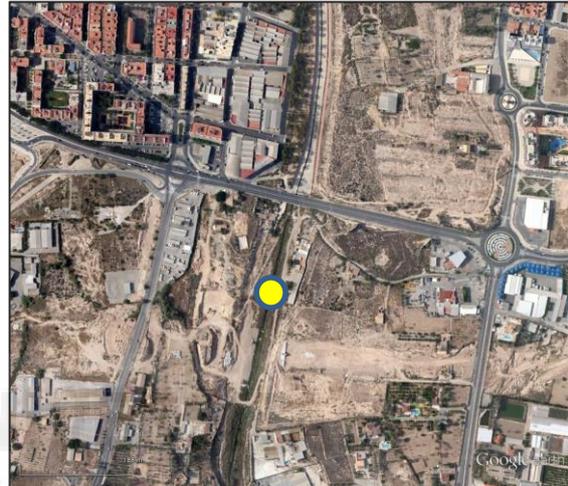
El primero de los puntos se sitúa entre el embalse (Pantano de Elche) y la ciudad de Elche; el segundo punto se encuentra después de la ciudad, a la altura del puente de Barrachina (anterior al Azud de los Moros); el tercero es posterior a la estación Azud de los Moros de la CHJ y previo al vado de los Servilleta, en el campo de Elche; el cuarto y último en la proximidad a la desembocadura del río justo antes de su confluencia con el azarbe de *Dalt*. Todos los puntos se ven reflejados en la gráfica anterior y en la tabla como punto 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Tabla 3.3. Localización de los puntos de muestreo en coordenadas UTM y Datum ETRS89.

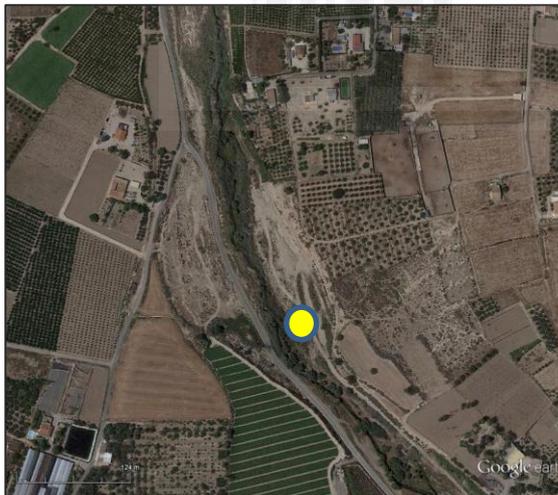
	UTM X	UTM Y
Punto 1	699800	4241285
Punto 2	701095	4236092
Punto 3	700380	4232286
Punto 4	703424	4227714



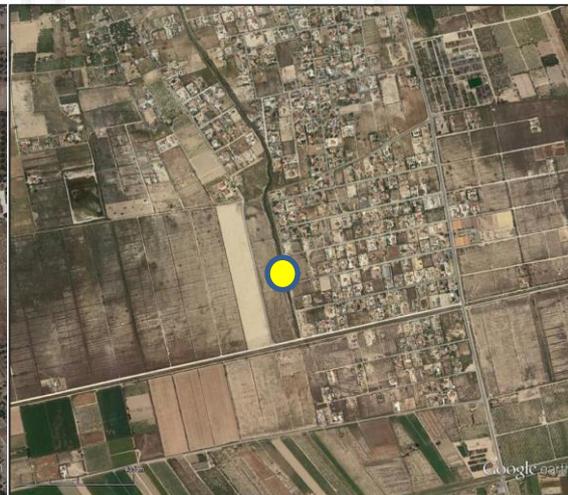
Punto 1



Punto 2



Punto 3



Punto 4

Gráfica 3.3. Primer punto de muestreo junto al *Clot del Diable* (Elche). Segundo punto de muestreo, Puente de Barrachina. Tercer punto de muestreo, cerca del vado de los Servilleta. Cuarto punto de muestreo, antes de la desembocadura del río Vinalopó en el Azarbe de *Dalt* o de Cebadas.

3.2 Parámetros analizados

Los datos analíticos determinados, están relacionados con una de las más importantes características de las aguas del río Vinalopó a su paso por Elche, como es la salinidad, que ya autores antiguos como el geógrafo ceutí Al-Idrisi (1150) mencionaron (Franco, 2000):

“Elche es una ciudad situada sobre una llanura. La atraviesa un canal que llega a ella desde su río; éste penetra en la ciudad por debajo de la muralla, y se sirven de él; pues corre dentro de su baño y atraviesa sus mercados y calles. Es un río salado, salobre. A consecuencia de ello beben los habitantes de esta ciudad de jarras (min al-jawáby) y el agua llega desde fuera. Sus aguas de beber son aguas pluviales”

A la hora de realizar los muestreos se utilizó una pértiga toma-muestras con cazoleta de acero, botellas con tapa y rosca y cierre hermético de 2 litros de volumen, guantes de látex, bolsas de plástico para aislar y guardar las botellas durante el trayecto de los muestreos.

El procedimiento de muestreo consistió en extraer agua de una zona con un flujo más o menos constante, es decir, que no sea estanca, situada en el centro de la corriente y a una profundidad intermedia. Se deben tener una serie de precauciones entre ellas la más importante es la de homogeneizar tanto el cazo como la botella antes de recoger la muestra definitiva. Por último, es idóneo que se llene del todo la botella antes de poner la tapa hermética ya que de este modo, evitamos que queden burbujas de aire que puedan alterar la calidad de la muestra más adelante.

Las muestras, una vez tomadas, se llevaron directamente al laboratorio para su análisis inmediato, exceptuando las medidas de cationes en absorción y emisión atómica que se realizaron en días sucesivos. Para ello, las muestras se guardaron aciduladas con ácido nítrico y en cámara fría a 4°C hasta su análisis.

Todos los métodos analíticos descritos a continuación han seguido las propuestas habituales derivadas del *Standard Methods* (APHA, 2005), la obra “Análisis de las Aguas” de Rodier (1981) y la de “Aguas de riego: análisis e interpretación” de Gómez *et al.* (1992). La descripción desarrollada y detallada de dichos métodos se encuentra en el Anexo I.

Una consideración que queremos indicar es que se ha optado por utilizar como símbolo del litro la letra “L”, por la tipografía empleada y para evitar confusión con el uso de “l”, aunque entendemos que al no derivar de nombre propio como en el caso de

Siemens (S), no es la norma a seguir para estas unidades, aunque se puede constatar una cierta generalización de este símbolo en las publicaciones científicas actuales.

Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- pH

El pH se midió con un pH-metro CRISON modelo GLP 21 a 20°C siguiendo el método electrométrico establecido habitualmente (APHA, 2005).

- Conductividad eléctrica y Sólidos Solubles Totales

Para la conductividad eléctrica se usa el conductímetro CRISON GLP 31 a 25°C (APHA, 2005).

- Sólidos en suspensión

La determinación de éstos se realizó mediante el método de filtración de la muestra con un kitasato y una bomba de vacío (Rodier, 1981). Se empleó la temperatura de 25°C como referencia porque permite obtener los sólidos solubles totales (SST) a través de la siguiente fórmula empírica (Ayers y Westcot, 1985): $SST = 0,64 * CE (25^{\circ}C)$

- Cloruros

En éste caso, se ha usado el método de valoración argentométrico (Rodier, 1981),

- Bicarbonatos y carbonatos

Se sigue el método volumétrico de la determinación de alcalinidad, es decir, la capacidad del agua para neutralizar ácidos (Rodier, 1981).

- Sulfatos

El método escogido es el de turbidimetría o nefelométría (Gómez et al., 1992).

- Na, K, Ca y Mg

Estos cuatro cationes han sido determinados por el método de espectrometría de emisión atómica en el caso del Na y K, de absorción atómica para el Ca y Mg (Sogorb y Vilanova, 2004).

A partir de los datos analíticos de las aguas que se han analizado, podemos obtener índices derivados de estos valores que vienen a indicar características que ayudan a interpretar la calidad de las aguas de riego (Gómez et al., 1992). Los que se han considerado en este trabajo son los siguientes:

- RAS (SAR)

La razón de adsorción de sodio es una forma de medir la proporción del ión sodio a partir de la concentración de otros cationes y se mide en meq/L (Cánovas, 1986).

- Grados Franceses

Es una forma de medir la dureza del agua (Gómez *et al.*, 1992), que permite indicar la posibilidad de precipitación de formas carbonatadas e incluso relacionarla con la posible obstrucción de poros y problemas por precipitación de cal en sistemas de riego.

- Grados Scott

Este índice se define como la altura de agua en pulgadas que al evaporarse dejaría un terreno vegetal de 4 pies de espesor álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más sensibles. (Cánovas Cuenca, J., 1986)

3.3 Tratamiento estadístico

Una vez obtenidos los datos de CHJ y los resultados de los análisis de las muestras, se realizó en función de la naturaleza de los datos, un análisis estadístico para saber si las diferencias son significativas o no. Nos permitirá corroborar si entre los puntos de muestreo hay variaciones importantes en cada parámetro estudiado.

Para ello, se ha utilizado el cálculo de la media y la desviación estándar (tal y como aparece en las gráficas de los datos de CHJ representados), así como se ha usado un test de ANOVA o análisis de la varianza mediante el programa Microsoft Office Excel 2013.

El ANOVA plantea dos hipótesis diferentes:

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

Para cada parámetro, se realiza un análisis con ANOVA a fin de determinar si hay diferencias dentro del grupo. Sin embargo, este test estadístico tiene limitaciones, y es que no se sabe cuál de todos los datos es diferente, así que para ello deberemos comparar las medias entre sí para averiguar dónde se producen las diferencias y dónde no.

A fin de conseguir establecer cuál de los puntos son discordantes con el resto, se realiza un test de Tukey, con la ayuda del programa Microsoft Office Excel 2013. Ésta prueba sólo se usará en aquellos parámetros cuyo p-valor resultante del análisis de la varianza de un factor sea inferior a 0,05, que corresponde con el valor de significancia establecido con anterioridad en la hipótesis de trabajo.

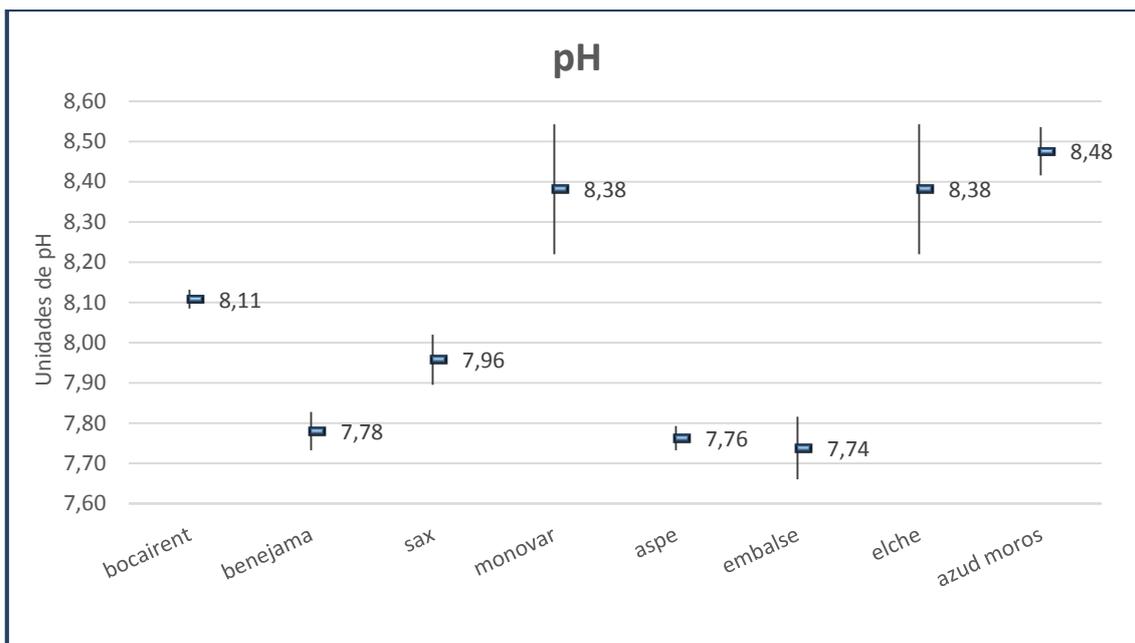
4. Resultados

4.1. Características generales del río.

Como ya se comentó con anterioridad, Confederación Hidrográfica del Júcar publica en su página web todos los datos en lo referente a los análisis realizados en los diferentes cursos de agua que abarca. De todos los parámetros seleccionamos aquellos relacionados con la salinidad de las aguas por su importancia en el uso agrícola para el riego de toda la zona del Bajo Vinalopó.

4.1.1. pH

Se observan variaciones de hasta casi 0,5 unidades de pH por encima y por debajo del punto inicial a lo largo de todo el curso del río. Cabe destacar en Monóvar sufre un aumento significativo y tras pasar la ciudad de Elche. No parece sencillo dar una razón a estos cambios de pH salvo que se deban a actividades o acciones que produzcan vertidos que alcalinicen las aguas, como las industrias de corte de piedra y de fabricación de estructuras de hormigón y similares. También influye la presencia de un lecho sobre el que trascurren las aguas que favorezca el aumento del pH, bien sea natural o artificial. En este caso, los lechos de hormigón y cemento por los que transcurre el río en algunos de sus tramos (Sax, Elda, Elche) pueden aportar carbonatos en la degradación del material e incrementar el pH. Debemos considerar que en los procesos de interacción con agua para preparar morteros y pastas, se produce (aparte de hidrosilicatos e hidroaluminatos), hidróxido de calcio denominado también Portlandita, compuesto que, junto con álcalis de sodio y potasio aportados por las arcillas, será el máximo responsable de la elevada alcalinidad (basicidad) de la pasta. La cantidad de Ca(OH)_2 procedente de la hidrólisis del cemento puede llegar hasta el 25% del peso del cemento empleado, confiriendo así un elevado carácter básico o alcalino ($\text{pH} > 12$) a las pastas, morteros u hormigones con éste confeccionado (Giner, 2009). Parece ser que la salinidad es uno de los factores que potencian la degradación del hormigón (Mahmoud, 2009).



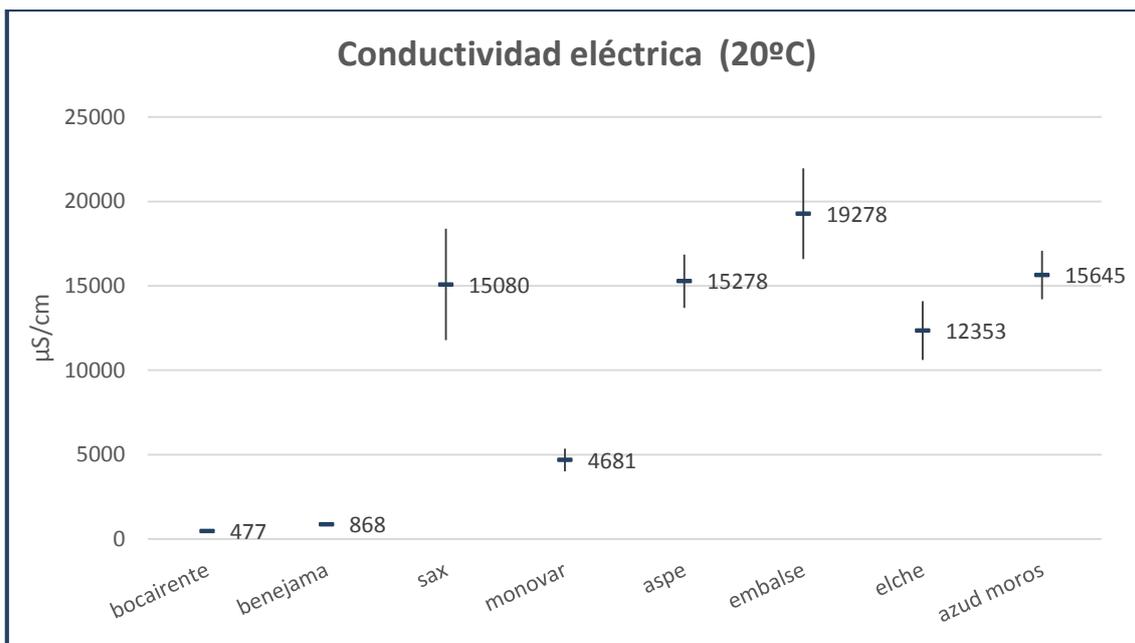
Gráfica 4.1. Variación del pH a lo largo del río según datos ofrecidos por CHJ.

4.1.2. Conductividad eléctrica

En el caso de la conductividad eléctrica, cabe destacar que los valores se alteran con facilidad. Se dispara el valor de forma notable a su paso por Sax. Quizás lo más relevante sea que en esta zona confluyen las aguas procedentes de la zona de Villena, donde se llevan a cabo drenajes la antigua laguna de Villena para su aprovechamiento como zona de cultivo, mediante los sistemas de la Laguna y de la Acequia del Rey, aportando aguas con un elevado contenido salino (García, 1964).

Avanzando por el curso, observamos que disminuye de nuevo al llegar a Monóvar, probablemente por la interacción con los suelos del entorno y con aportes de aguas de surgencias de aguas dulces y las aguas residuales tratadas procedentes de Elda y Petrel (Andrés, 2003), pero vuelve a aumentar y estabilizarse alrededor de los 15000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Existen nuevos aportes salinos, entre otros de los barrancos de Salinetes y otros cuyos materiales compuestos por yesos del Keuper (Triásico), son posiblemente responsables del aumento de sales y por tanto de la conductividad eléctrica.

Se considera que entre 333 y 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ el agua es de mineralización media, que correspondería con la estación de Bocairente y entre 666 y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ya resulta alta, como es el caso de Benejama. Sin embargo, a partir de Sax supera los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que se consideraría una mineralización excesiva y no sería apta para el riego ya que también supera los 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, límite establecido para considerar un agua como inutilizable en zonas irrigadas (Rodier, 1981).

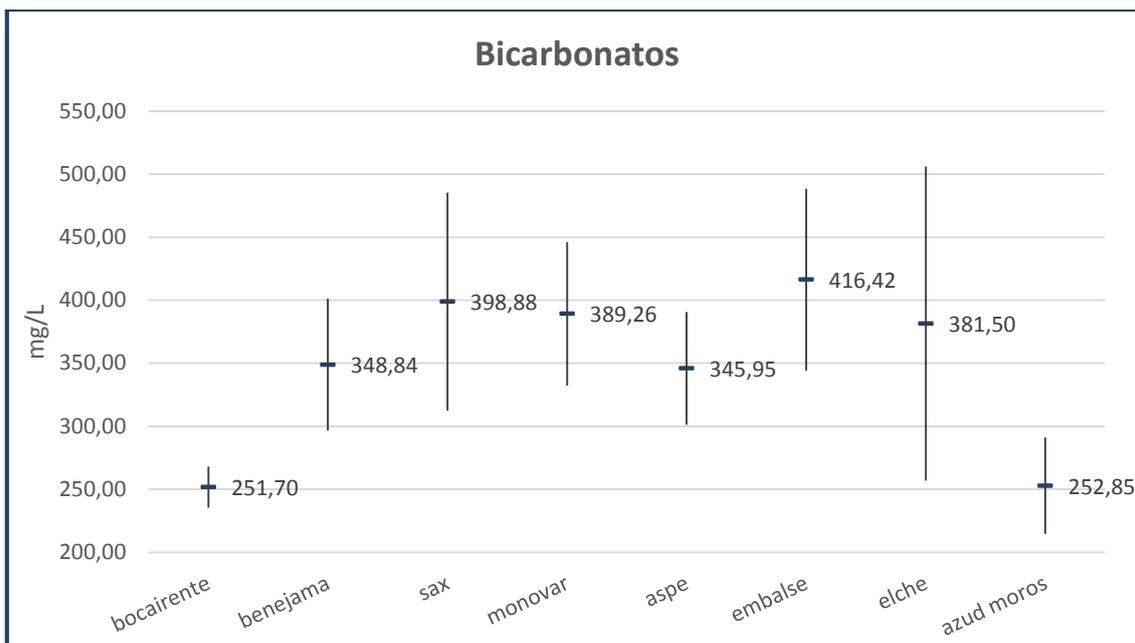


Gráfica 4.2. Variación de la conductividad eléctrica a 20°C a lo largo del río según datos de CHJ.

4.1.3. Bicarbonatos

A partir de la segunda estación, Benejama, el valor de bicarbonatos aumenta y se queda estable alrededor de 360 mg/L, aunque tras su paso por la ciudad de Elche recupera el valor inicial en los datos medios de CHJ. Se pueden apreciar sin embargo enorme variabilidad atendiendo a la desviación estándar representada en la gráfica.

El río Vinalopó se sitúa en una zona con abundante presencia de rocas calizas y margas debido a la acumulación de sedimentos marinos cuando la Península Ibérica se encontraba sumergida durante el Mesozoico (Alfaro, 2009). Esto implica que a medida que avanza el río y, con los aportes de los sedimentos, se va cargando de bicarbonatos y carbonatos. La subida repentina puede deberse a la actividad industrial de la zona del Alto y Medio Vinalopó, mientras que la disminución a partir de Elche se puede relacionar con la atenuación natural del propio río y con el aumento de la especie CO_3^{2-} .

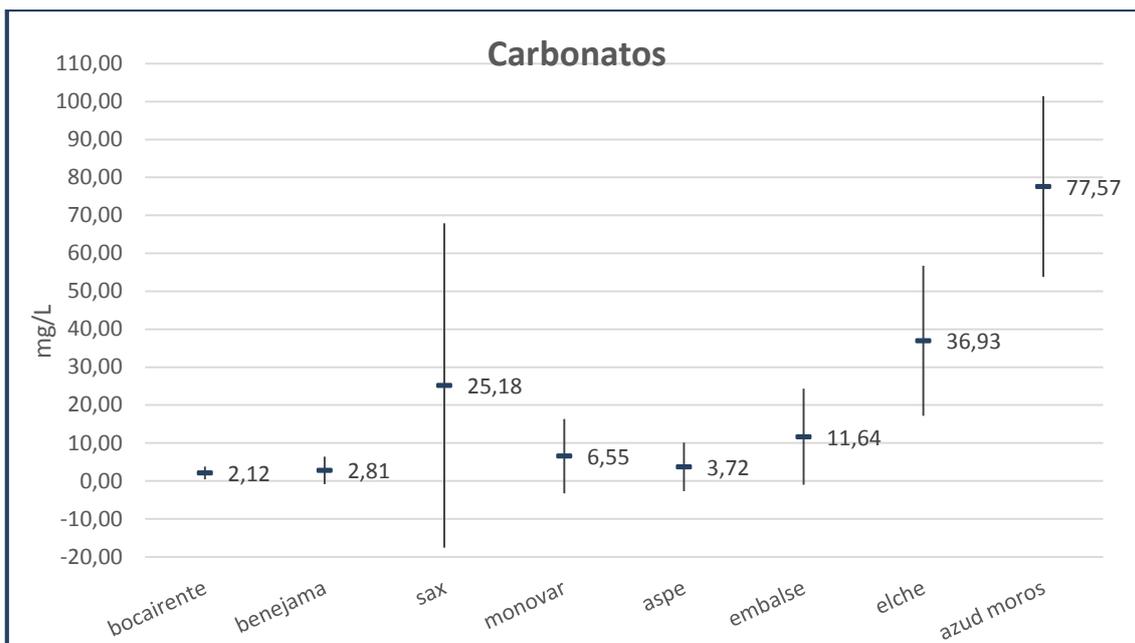


Gráfica 4.3. Variación de bicarbonatos a lo largo del río según datos de la CHJ.

4.1.4. Carbonatos

Los carbonatos guardan una estrecha relación con el pH, ya que, debido al equilibrio de la reacción de la disociación del ácido carbónico-bicarbonato-carbonato, aparece a partir de 8,3 unidades de pH. Como se ha comprobado en la gráfica 4.1 sólo en 3 estaciones de 8 se supera dicho valor de pH, por lo que su concentración a lo largo del río es relativamente baja.

Aunque por norma general no aumenta demasiado, sí que es cierto que sufre un aumento progresivo, casi exponencial. Cabe destacar que a su paso por Sax, el valor de éstos sufre un aumento notable con una desviación estándar bastante grande, pero sin aparentes diferencias significativas con el resto de estaciones. Como ya se ha explicado, en Azud de los Moros coincide el mayor valor de carbonatos (77,57 mg/L) con el mayor valor de pH (8,48 ud pH). La variabilidad que sufre Sax podría deberse a la degradación del hormigón del cauce a su paso por la ciudad, como se explicó en el apartado 4.1.1.

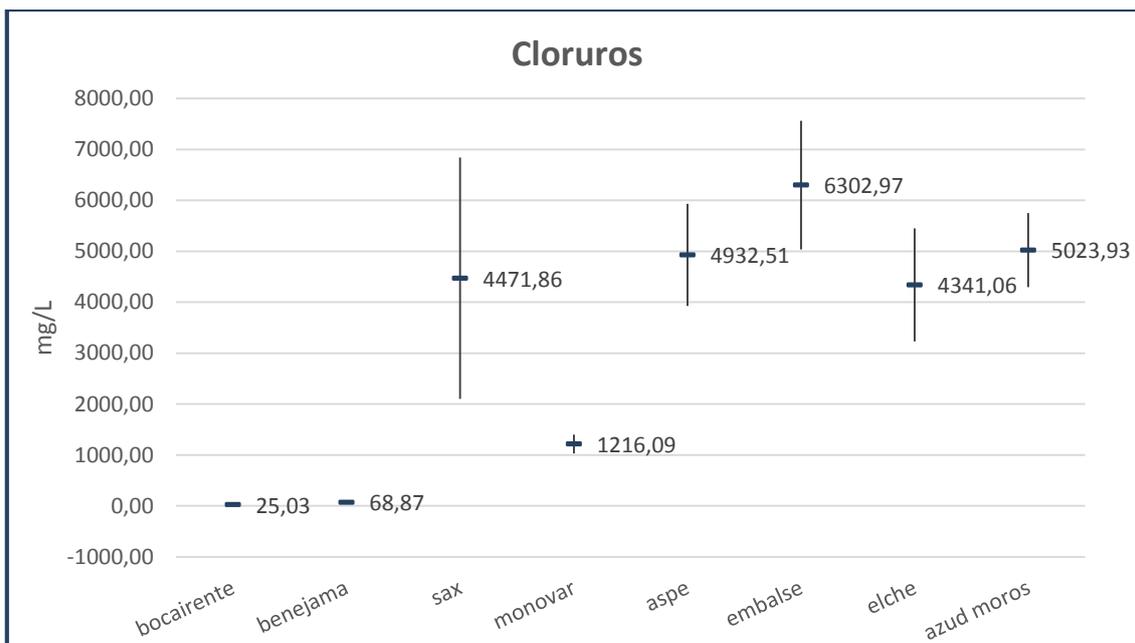


Gráfica 4.4. Variación de carbonatos a lo largo del río según datos de CHJ.

4.1.5. Cloruros

Debido a los aportes de agua provenientes de la Acequia del Rey y la Laguna de Villena, el contenido en cloruros, sobre todo cloruro sódico, se observa un aumento excepcional a partir de la estación de Sax, coincidiendo con el aumento de la conductividad eléctrica (gráfica 4.2) y seguramente por las mismas razones ya indicadas. El resto de estaciones posteriores se mantienen en torno a ese valor, salvo Monóvar, que disminuye entre tres y cuatro veces el valor de Sax debido a los aportes de agua de las surgencias y las aguas residuales, para después alcanzar casi los 5000 mg/L en Aspe.

La calidad del agua se considera mala cuando la concentración de cloruros supera 700 mg/L (Gómez *et al.*, 1992), lo cual sucede a partir de la tercera estación y se mantiene a pesar de las fluctuaciones que sufre el río.



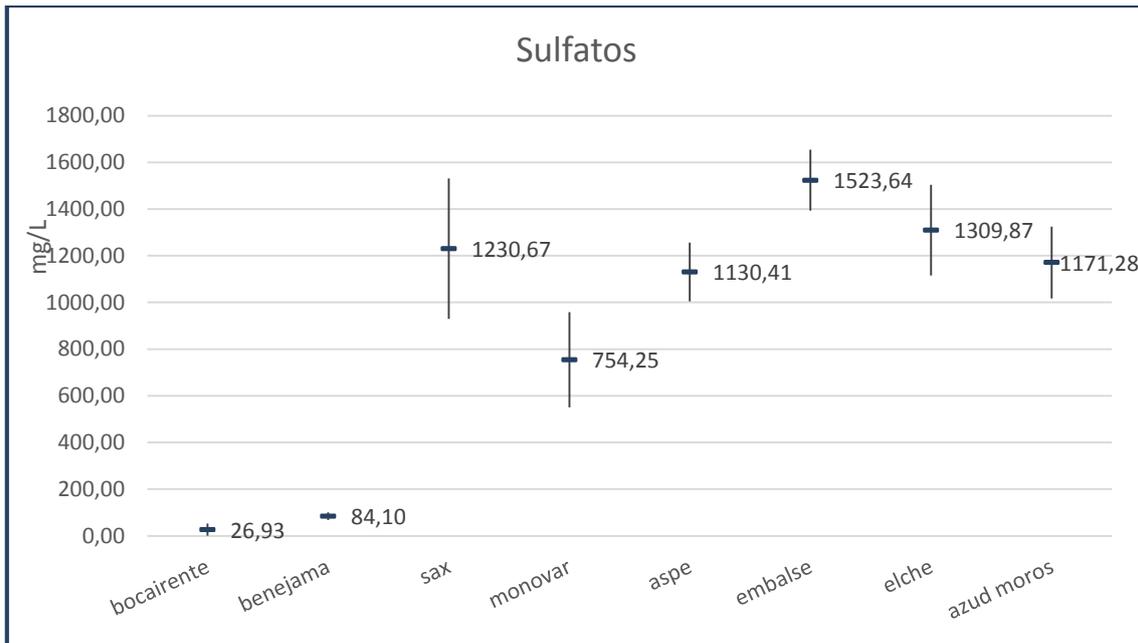
Gráfica 4.5. Variación de los cloruros a lo largo del río según datos de CHJ.

4.1.6. Sulfatos

No se disponen de datos para los sulfatos tan numerosos como de otros parámetros, pero es suficiente para entender su presencia en el agua del río. Los sulfatos sufren un incremento similar al de la conductividad eléctrica con dos puntos muy relevantes, Sax y el embalse de Elche. Previamente a estos, existen numerosos afloramientos de yesos triásicos que podrían ser responsables de la presencia de sulfatos en las aguas.

La calidad del agua se considera buena cuando es inferior a 500 mg/L, hasta 1200 mg/L es media, y cuando supera ese valor mala (Gómez *et al.*, 1992). De este modo, las dos primeras estaciones son de buena calidad, la cuarta es de media y el resto de mala calidad.

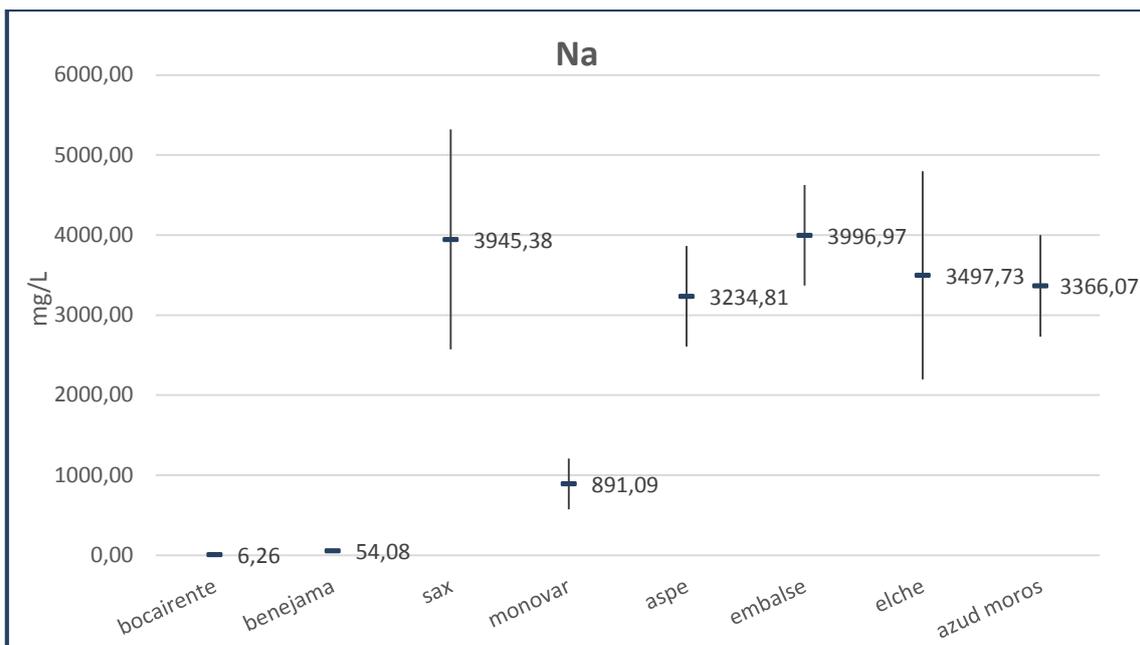
Tenemos que considerar que ya desde antiguo las aguas del Vinalopó en Elche se consideraban salobres, incluso antes de los drenajes de Villena, lo que sería indicativo de la presencia de sales solubles y sin duda, los aportes derivados de los yesos de las zonas de la cuenca del Vinalopó serían relevantes.



Gráfica 4.6. Variación de los sulfatos a lo largo del río según datos de CHJ.

4.1.7. Sodio

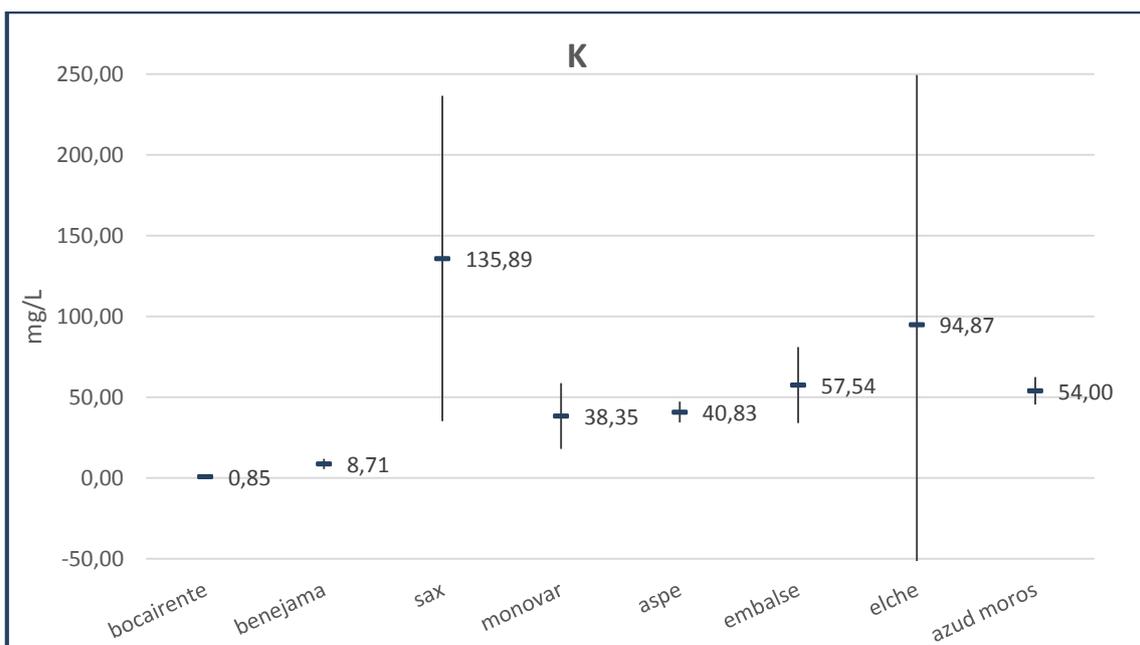
Del mismo modo que en los cloruros y la conductividad eléctrica, el patrón seguido por este parámetro muestra un claro aumento en Sax, una fuerte disminución en Monóvar y otro aumento tras Aspe para mantenerse así hasta la desembocadura. Es un río que antes de llegar a la tercera parte de su recorrido, sufre una salinización por los aportes exógenos que se realizan. Las aguas que llegan a Elche vienen muy condicionadas por esta razón, limitando sus usos. Aunque el análisis del río sería mucho más complejo que lo que en este TFG se puede exponer, el río Vinalopó llega a perder sus aguas superficiales en el entorno de Benejama, recuperándose poco a poco la presencia de un caudal permanente con los aportes de barrancos y cuencas subsidiarias del cauce principal.



Gráfica 4.7: Variación de sodio a lo largo del río según datos ofrecidos por CHJ.

4.1.8. Potasio

El potasio aumenta progresivamente de forma lineal, salvo en los caso de Sax y Elche, que se disparan con una desviación estándar muy amplia. La subida entre la segunda y la tercera estación puede explicarse con la contaminación por fertilizantes provenientes de la agricultura, fábricas de producción de abonos o de cuencas salinas que aportan ocasionalmente aguas como la zona endorreica de Salinas y Villena.

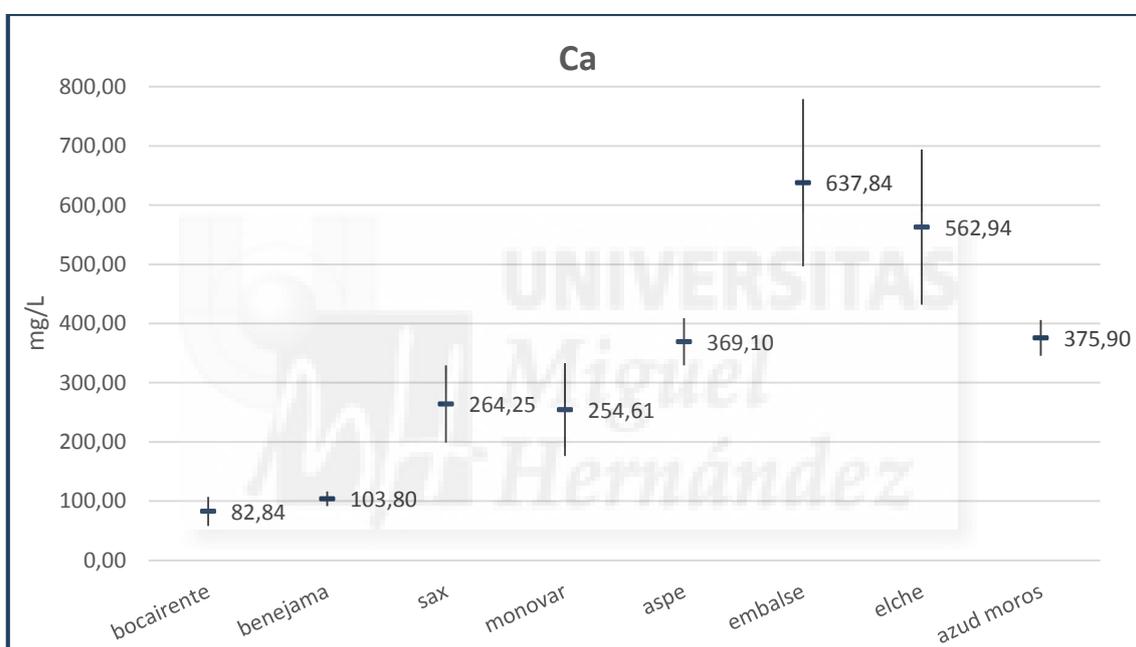


Gráfica 4.8. Variación de potasio a lo largo del río según datos ofrecidos por CHJ.

4.1.9. Calcio

El calcio es un elemento relacionado estrechamente con la dureza del agua. Debido a la abundancia de las rocas calizas en la provincia de Alicante, en el nacimiento del río los valores superan el supuesto límite máximo para la productividad de las aguas dulces (Rodier, 1981).

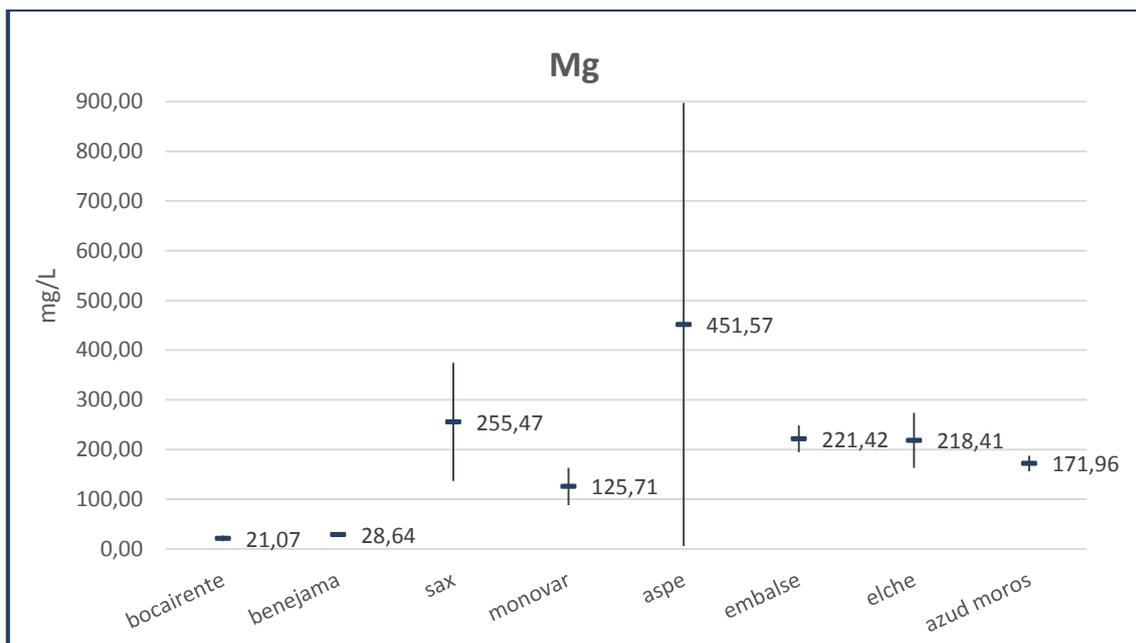
La tendencia en el caso del calcio es de un progresivo aumento hasta llegar al Pantano de Elche (embalse), dónde hay casi 8 veces más que en el punto inicial, para luego disminuir camino de la desembocadura, posiblemente por la interacción e intercambio con los suelos por los que transcurre el último tramo o por la gran cantidad de sedimentos acumulados en el propio embalse de materiales calizos.



Gráfica 4.9. Variación de calcio a lo largo del río según datos ofrecidos por CHJ.

4.1.10 Magnesio

El magnesio al igual que el calcio, es un elemento relacionado con la dureza del agua. En este caso, Sax vuelve a crecer para volver a decrecer en Monóvar hasta la mitad. Excepcionalmente, Aspe duplica el valor medio de la desembocadura con una desviación estándar muy superior al resto de datos. Esto se explica debido al afloramiento de materiales del Keuper y del Muschelkalk (periodo triásico) en la zona de Aspe (Andrés, 2003).



Gráfica 4.10. Variación magnesio a lo largo del río según datos ofrecidos por CHJ.

4.2. Análisis del muestreo en el tramo final del río Vinalopó.

Se muestrearon los meses de Octubre, Noviembre, Febrero y Marzo, por su importancia debido a ser los dos primeros meses comienzo de año hidrológico y los dos siguiente principio de primavera. Los resultados se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 4.1. resultados de los análisis para el punto 1 de muestreo

Parámetro	unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Media	sd
pH (20°C)	uds	8,40	8,20	8,20	8,30	8,28	0,10
C.E. (25°C)	mS/cm	15,02	17,16	18,89	16,28	16,84	1,63
S.S.	mg/L	52,80	48,50	48,60	46,80	49,18	2,55
Cloruros	mg/L	4974,30	4960,81	4500,30	4750,00	4796,35	222,49
Bicarbonatos	mg/L	409,94	409,94	474,29	397,05	422,80	34,86
Carbonatos	mg/L						
Sulfatos	mg/L	1185,80	1234,00	1075,30	950,15	1111,31	126,32
Na	mg/L	2975,50	2586,58	2714,97	2728,32	2751,34	162,53
K	mg/L	39,18	43,51	51,07	44,50	44,56	4,91
Ca	mg/L	411,68	388,84	275,91	276,16	338,15	72,32
Mg	mg/L	207,26	173,06	175,67	177,04	183,26	16,09
SST	g/L	9,61	10,98	11,88	10,42	10,72	0,96
Índices							
RAS		3,44	3,85	4,18	4,19	3,91	0,35
Grados Fran		188,31	168,51	141,35	141,98	160,04	22,71
Scott		0,41	0,41	0,45	0,43	0,43	0,02

Tabla 4.2. Resultados de los análisis para el punto 2 de muestreo

Parámetro	unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Media	sd
pH (20°C)	uds	8,90	8,80	8,60	8,70	8,75	0,13
C.E. (25°C)	mS/cm	15,31	17,34	18,78	16,05	16,87	1,52
S.S.	mg/L	58,80	51,50	53,50	59,00	55,70	3,79
Cloruros	mg/L	4960,75	4917,59	4461,68	4661,68	4750,42	233,40
Bicarbonatos	mg/L	349,39	394,76	456,77	388,42	397,33	44,41
Carbonatos	mg/L	119,47	119,64	69,12	84,90	98,28	25,39
Sulfatos	mg/L	1159,20	1229,65	1043,50	920,45	1088,20	135,63
Na	mg/L	2887,31	3101,66	2676,53	2709,83	2843,83	195,20
K	mg/L	38,35	44,03	49,81	44,25	44,11	4,68
Ca	mg/L	386,20	413,33	261,82	262,53	330,97	80,21
Mg	mg/L	202,67	189,13	178,52	175,25	186,39	12,37
SST	g/L	9,80	11,10	12,02	10,27	10,80	0,98
Índices							
RAS		3,49	3,47	4,19	4,28	3,86	0,44
Grados Fran		180,05	181,25	139,00	137,83	159,53	24,39
Scott		0,41	0,41	0,46	0,44	0,43	0,02

Tabla 4.3. Resultados de los análisis para el punto 3 de muestreo

Parámetro	unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Media	sd
pH (20°C)	uds	8,20	7,90	8,20	8,30	8,15	0,17
C.E. (25°C)	mS/cm	13,85	14,45	18,57	15,60	15,62	2,10
S.S.	mg/L	47,00	42,50	49,50	52,00	47,75	4,05
Cloruros	mg/L	4665,90	4335,42	4373,05	4573,05	4486,86	158,50
Bicarbonatos	mg/L	334,02	440,30	447,98	388,42	402,68	52,87
Carbonatos	mg/L						
Sulfatos	mg/L	973,60	1152,95	1024,35	901,35	1013,06	106,04
Na	mg/L	2723,95	2535,59	2529,49	2626,24	2603,82	91,50
K	mg/L	37,21	40,21	49,99	43,69	42,77	5,49
Ca	mg/L	379,96	356,92	252,44	256,03	311,33	66,62
Mg	mg/L	194,74	168,89	174,03	172,21	177,47	11,71
SST	g/L	8,86	9,25	11,88	9,98	10,00	1,34
Índices							
RAS		3,39	3,74	4,09	4,24	3,86	0,38
Grados Fran		175,22	158,81	134,81	134,96	150,95	19,72
Scott		0,44	0,47	0,47	0,45	0,46	0,02

Tabla 4.4. Resultados de los análisis para el punto 4 de muestreo

Parámetro	unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Media	sd
pH (20°C)	uds	8,30	8,00	7,90	8,40	8,15	0,24
C.E. (25°C)	mS/cm	12,96	14,23	15,40	15,63	14,56	1,23
S.S.	mg/L	57,60	42,50	44,30	49,80	48,55	6,79
Cloruros	mg/L	4363,35	4249,83	4352,15	4502,15	4366,87	103,65
Bicarbonatos	mg/L	409,94	425,12	447,98	379,79	415,71	28,60
Carbonatos	mg/L						
Sulfatos	mg/L	968,55	1089,20	935,25	890,75	970,94	85,04
Na	mg/L	2454,16	2567,28	2572,96	2607,97	2550,59	66,76
K	mg/L	38,91	41,16	48,32	41,71	42,52	4,05
Ca	mg/L	357,25	361,91	238,81	234,56	298,13	71,00
Mg	mg/L	194,74	172,06	166,79	166,55	175,03	13,38
SST	g/L	8,29	9,11	9,86	10,00	9,32	0,79
Índices							
RAS		3,15	3,31	4,36	4,46	3,82	0,69
Grados Fran		169,54	161,37	128,42	127,26	146,65	21,98
Scott		0,47	0,48	0,47	0,45	0,47	0,01

De los datos obtenidos en los análisis realizados en los cuatro muestreos, podemos apreciar diferencias que no todas ellas tienen significancia estadística, pero nos dan una idea clara de las características del agua en este tramo final.

En el caso del pH, se aprecia que estas aguas son ligeramente básicas, con una alteración del mismo, un incremento, tras su paso por la ciudad de Elche. Este incremento debe asociarse al tipo de lecho por el que discurren las aguas y los posibles efectos de éste.

Análogamente, la conductividad eléctrica se ve alterada, como los sólidos en suspensión y los sólidos solubles totales estimados. En general, se puede decir que, al pasar por la ciudad, estos parámetros aumentan pero que el discurrir por el campo de Elche, en un cauce natural, tiene ciertos efectos positivos en la regulación y disminución de estos parámetros.

Aniones y cationes presentan valores de concentración muy altos, destacando los cloruros, sulfatos y el sodio. Estos parámetros, que están directamente relacionados con la salinidad, indican un fuerte carácter salino y superan casi todos ellos los límites establecidos para aguas de riego y el agua es clasificada de mala calidad (Cerdá, 1980). El origen de esta salinidad, además de los aportes de agua de la Acequia del Rey y la Laguna de Villena y Salinas, se encuentra en los afloramientos salinos del Triásico entre la localidad de Aspe y Elche.

A partir de la razón de adsorción de sodio (SAR), sabemos que el agua no es alcalinizante, ya que para ello debe superar las 10 unidades y el valor más alto es de 3,91.

La dureza, por otro lado, es un factor importante en el río. Según la clasificación de Cánovas (1986), el tramo final del Vinalopó cuenta con un agua muy dura. De hecho, se triplica el valor límite, establecido en 54 grados hidrométricos franceses.

Por último, el índice de Scott refleja una mala calidad del agua, ya que los resultados (0,43-0,47) no superan el límite mínimo de 1,2 que es el valor que marca la diferencia entre mala y media calidad.

4.2.1. Parámetros con significación estadística

Una vez desarrollado el análisis de varianza de un factor en los datos obtenidos en los muestreos de los puntos 1, 2, 3 y 4, se comprueba que, de los 10 parámetros escogidos, sólo 3 de ellos presentan diferencias entre los grupos con una confianza del 95%.

Siguiendo con el test de Tukey, se calcula para cada caso su HSD o diferencia honestamente significativa y se comparan una a una todas las medias. Este valor implica que todos aquellos valores que lo superen, independientemente del signo, serán diferentes significativamente para una confianza del 95%. En verde claro se resaltan todos aquellos casos.

El HSD para el pH es de 0,35, así que se concluye que el punto 2 es diferente del resto. En conductividad eléctrica el HSD obtenido es de 392,66, por lo que se aprecia una discordancia entre el punto 1 y el punto 4. El valor de HSD para el sodio es de 292,02, de modo que se observa que entre el punto 2 y el punto 4 existen discordancias.

Tabla 4.5. Comparación de medias de cada punto de muestreo para pH.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Punto 1		-0,475	0,125	0,125
Punto 2			0,6	0,6
Punto 3				0
Punto 4				

Tabla 4.6. Comparación de medias de cada punto de muestreo para cloruros.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Punto 1		45,93115	309,4967	429,48215
Punto 2			263,56555	383,551
Punto 3				119,98545
Punto 4				

Tabla 4.7. Comparación de medias de cada punto de muestreo para sodio.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Punto 1		-92,486375	147,525375	200,75175
Punto 2			240,01175	293,238125
Punto 3				53,226375
Punto 4				

Para un uso agrícola, podemos añadir un índice como es el porcentaje de sodio con relación al resto de cationes calculado según indica Rodier (1981). Este valor de sodio indica que es apta el agua para el riego si no supera el 60%. Como se puede comprobar a continuación, según este criterio, en ninguno de los puntos muestreados el agua sería apta.

$$\%Na = \frac{(Na + K) * 100}{Ca + Mg + (Na + K)}$$

$$\%Na_{punto\ 1} = \frac{(2751,34 + 44,56) * 100}{338,15 + 183,26 + (2751,34 + 44,56)} = 84,3\%$$

$$\%Na_{punto\ 2} = \frac{(2843,83 + 44,11) * 100}{330,97 + 186,39 + (2843,83 + 44,11)} = 84,8\%$$

$$\%Na_{punto\ 3} = \frac{(2603,82 + 42,77) * 100}{311,33 + 177,47 + (2603,82 + 42,77)} = 84,4\%$$

$$\%Na_{punto\ 4} = \frac{(2550,59 + 42,52) * 100}{298,13 + 175,03 + (2550,59 + 42,52)} = 84,6\%$$

4.3. Discusión y características generales del río

Considerando los datos obtenidos, tanto los facilitados por CHJ como los analizados en los sucesivos muestreos realizados, podemos hacer una serie de consideraciones aplicables a todo el río, desde su nacimiento a la desembocadura.

La primera de todas es que las aguas tienen una muy buena calidad en su nacimiento pero que a partir de Villena, está disminuye notablemente y se torna en agua salobre. Precisamente es esta circunstancia la más relevante porque también es a partir de esta zona y las siguientes dónde son mucho más importantes los aportes exógenos a la cuenca, ya que las aguas de su nacimiento son escasas y que prácticamente desaparecen de su superficie en el entorno de Benejama. El río Vinalopó tiene un escaso caudal y en algunos tramos desaparece porque entre otras razones, la explotación de los acuíferos de su cuenca es elevada y no pueden aportar ese caudal necesario. Se cree que la aparición

Un ejemplo muy relevante es el del río Tarafa, de nulo caudal y prácticamente desaparecido, quedando solo su cauce, que en su día aportaba aguas de calidad al río Vinalopó previamente a su entrada en el Pantano de Elche. La explotación de acuíferos impide la surgencia de las aguas de este tributario (Polo *et al.*, 2015).

Si centramos la discusión en los parámetros más relevantes, todos los relacionados con la salinidad son los que marcan la calidad de las aguas y condicionan por tanto su uso posterior. Debido a la aridez de la región, la escasez de precipitaciones y las altas temperaturas durante todo el año, y especialmente en los meses de verano, potencian la salinidad en este río. La fuerte evaporación impide el lavado de las sales y aumentan en gran medida la concentración de éstas en las aguas.

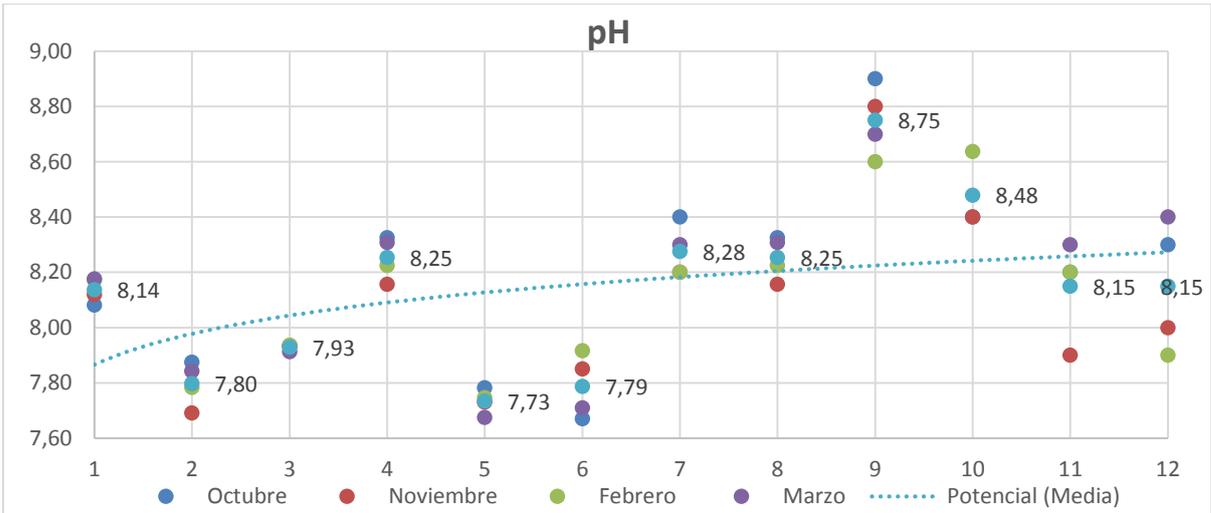
En las siguientes gráficas, se refleja la variación que sufre cada uno de los parámetros a su paso por las estaciones, considerando los valores medios de CHJ y los muestreos realizados para los meses de octubre, noviembre, febrero y marzo.

En ellas se observa una concordancia entre las estaciones de Confederación y los muestreos. Los datos obtenidos son muy similares, y se puede apreciar que al llegar al término municipal de Elche, es decir, desde el embalse hasta la desembocadura. En este tramo se observa una alteración de los datos entre el embalse y la ciudad, para luego atenuarse el efecto al llegar hacia la desembocadura.

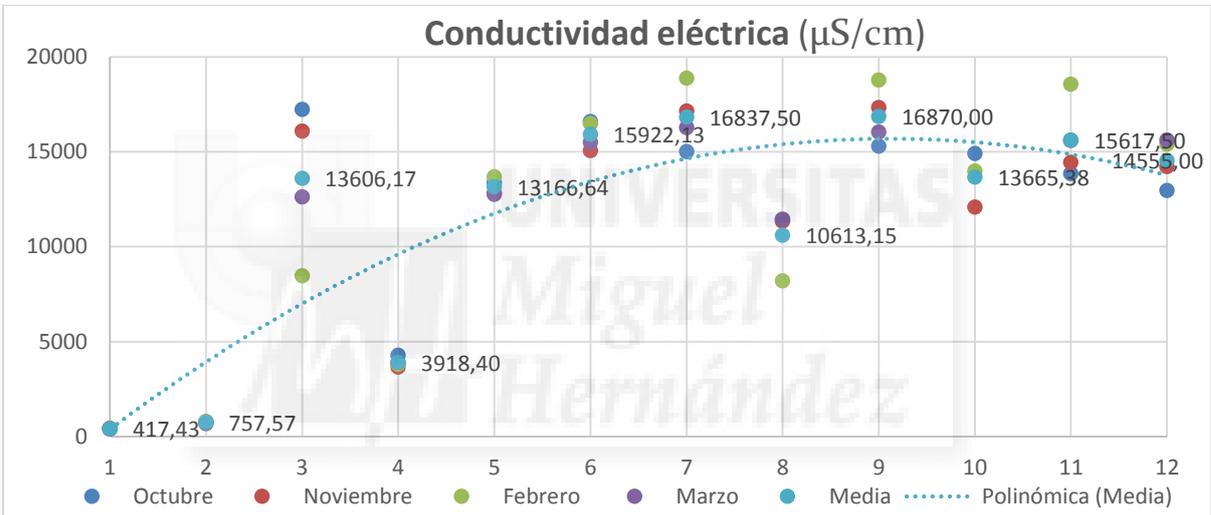
Debido a discordancias entre los datos de Confederación y de los muestreos, se ha utilizado un factor de conversión para pasar los valores conductividad eléctrica de los muestreos de 25°C a 20°C ($CE_{25^{\circ}C} = CE_{20^{\circ}C} * 0,9$).

Tabla 4.8: Relación entre las estaciones de CHJ y puntos de muestreo con la numeración de las gráficas 4.8 a 4.17

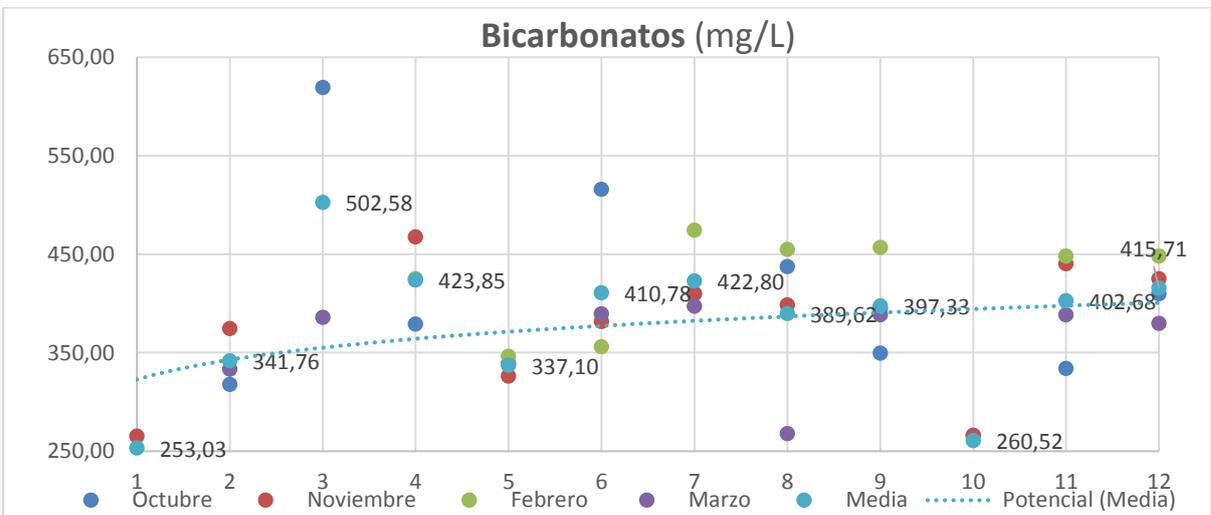
Nombre de estación	Número	Nombre de estación	Número
Bocairente	1	Punto 1	7
Benejama	2	Elche	8
Sax – Santa Eulalia	3	Punto 2	9
Monóvar	4	Azud de los Moros	10
Aspe	5	Punto 3	11
Embalse de Elche	6	Punto 4	12



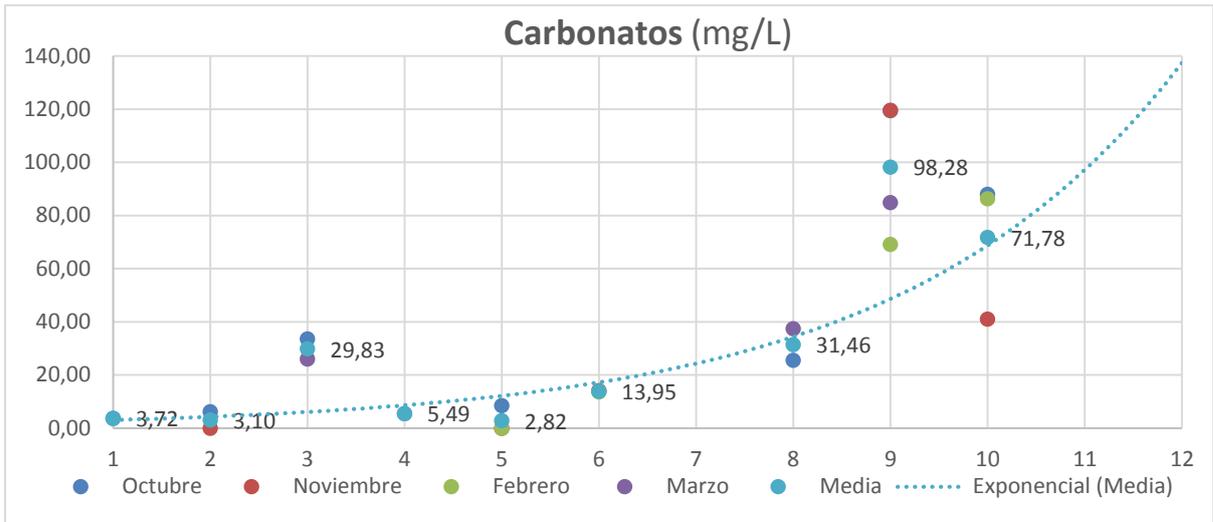
Gráfica 4.8. Variación de pH durante los cuatro meses de muestreo para las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.



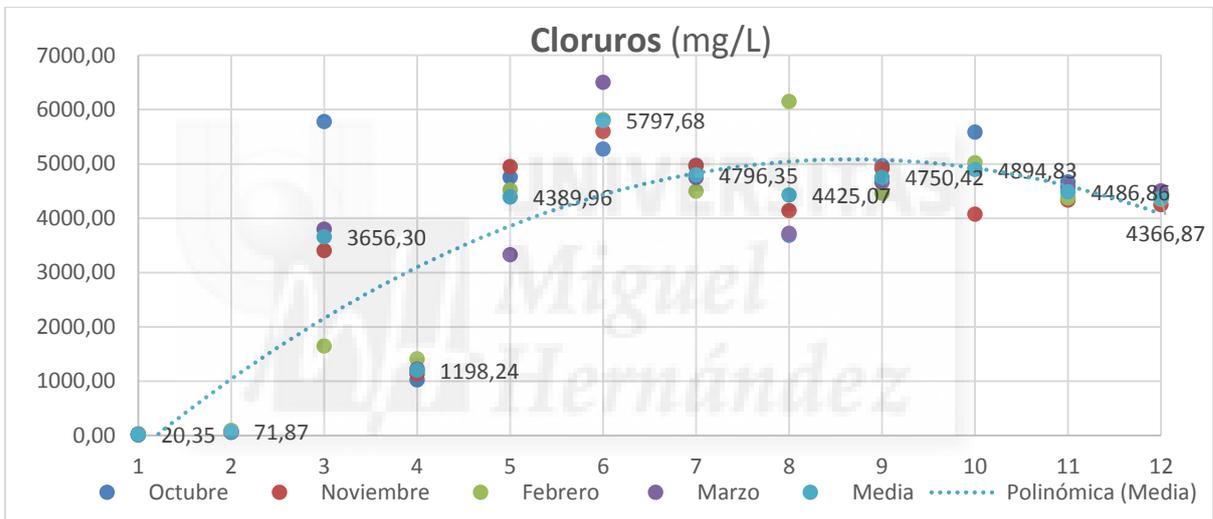
Gráfica 4.9. Variación conductividad eléctrica durante los cuatro meses de muestreo para las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.



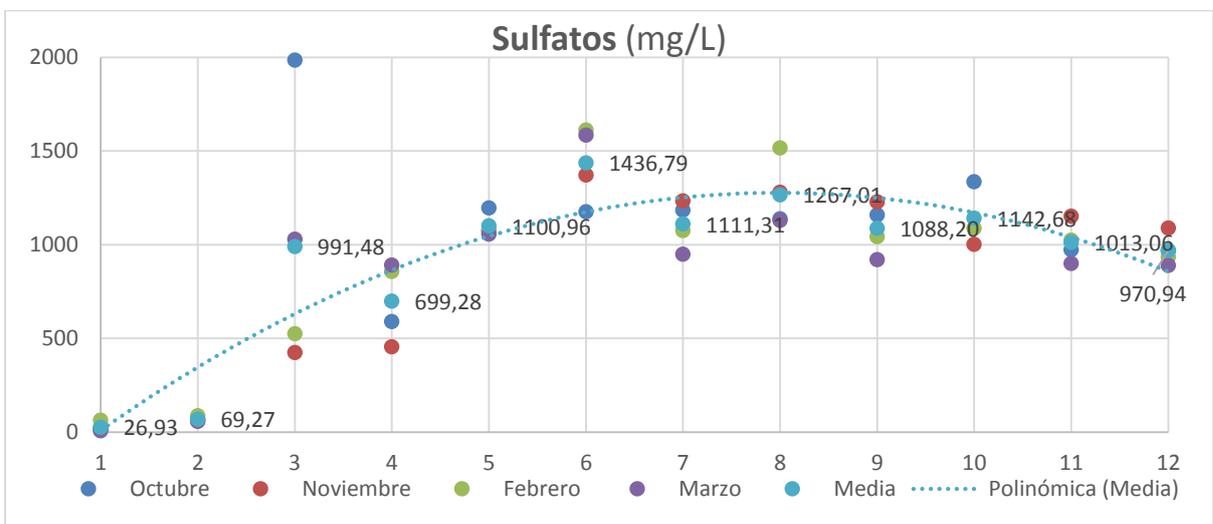
Gráfica 4.10. Variación de bicarbonatos durante los cuatro meses de muestreo para las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.



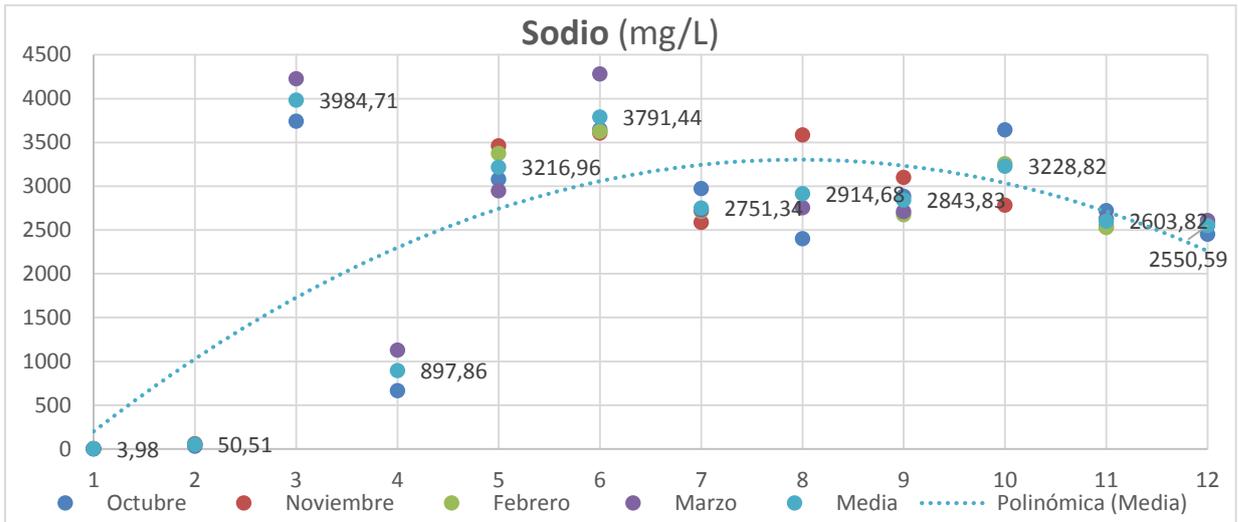
Gráfica 4.11. Variación de carbonatos durante los cuatro meses de muestreo para las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.



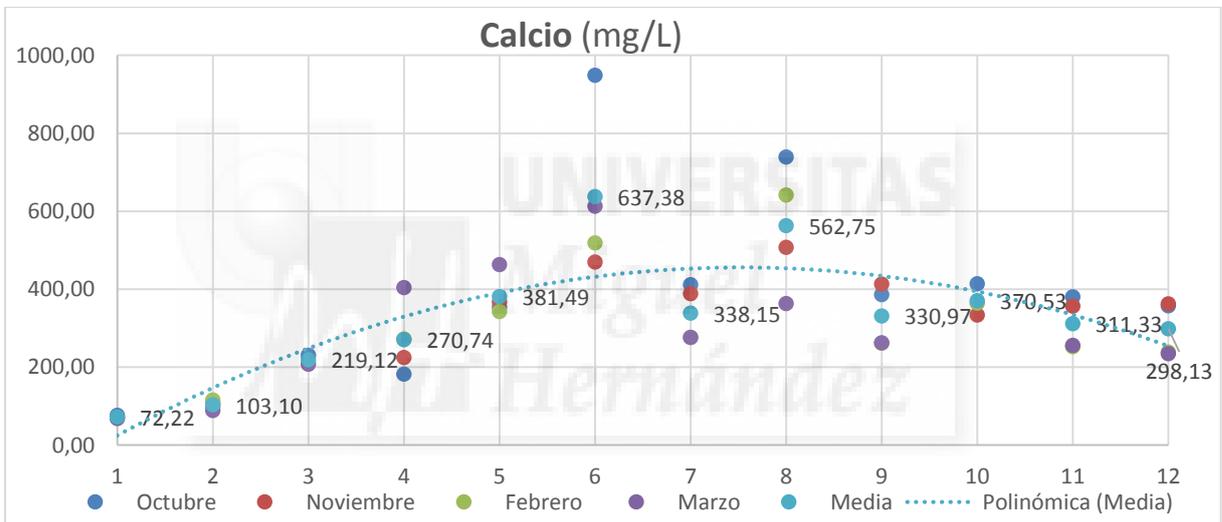
Gráfica 4.12. Variación de cloruros durante los cuatro meses de muestreo para las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.



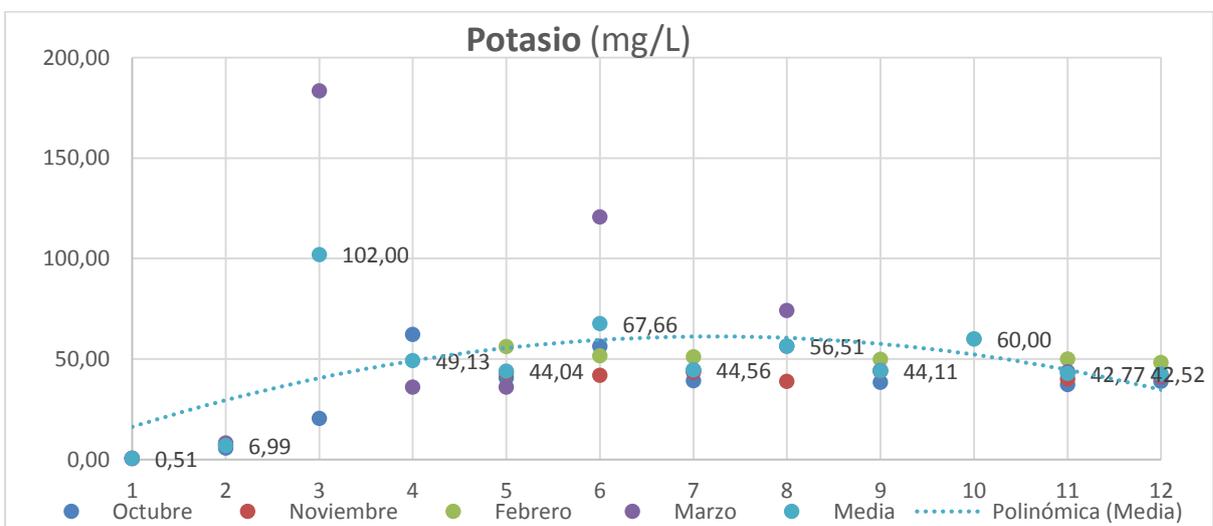
Gráfica 4.13. Variación de sulfatos durante los cuatro meses de muestreo para las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.



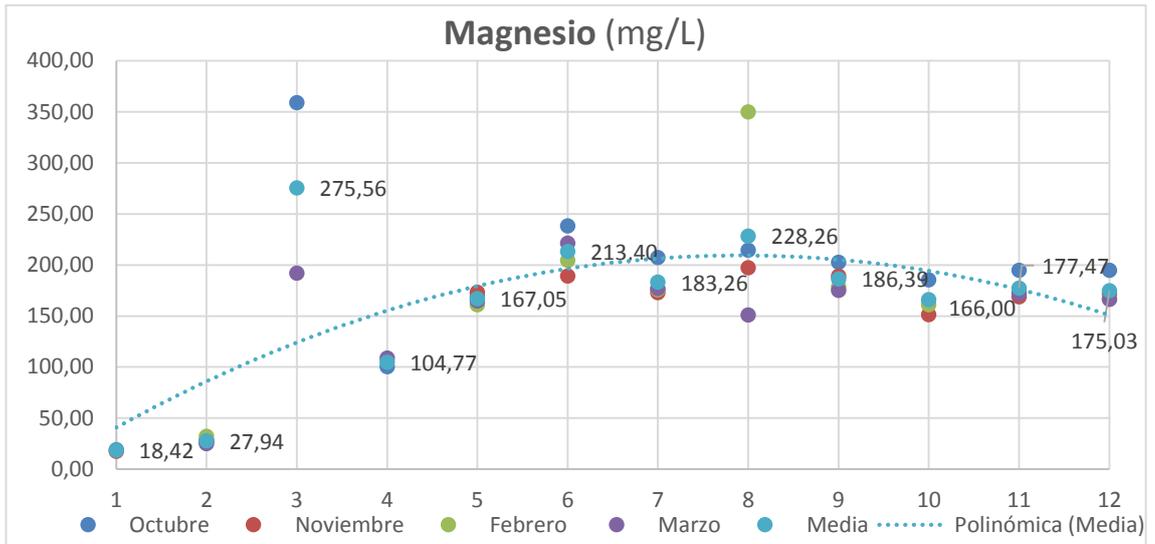
Gráfica 4.14. Variación de sodio durante los cuatro meses de muestreo para las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.



Gráfica 4.15. Variación de calcio durante los cuatro meses de muestreo para las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.



Gráfica 4.16. Variación de potasio durante los cuatro meses de muestreo para las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.



Gráfica 4.17. Variación de magnesio durante los cuatro meses de muestreo para las estaciones de CHJ y los puntos de muestreo.



5. Conclusiones

Las conclusiones más importantes derivadas de este trabajo son las siguientes:

En relación a los datos analizados de la Confederación Hidrográfica del Júcar:

- a) La subida de parámetros como la conductividad eléctrica u otros relacionados con la salinidad como el sodio, sulfatos, cloruros o potasio. Los aportes de agua provenientes de la Acequia del Rey (Villena) y la Laguna de Salinas confieren el carácter salobre de las aguas. Más adelante, el curso fluvial atraviesa zonas con materiales del triásico ricos en yesos y otras rocas evaporíticas.
- b) Además de los aportes naturales, también recibe agua de la industria de corte de piedra y del hormigón, que aumentan los valores de carbonatos y bicarbonatos, y numerosos municipios vierten sus aguas residuales directa o indirectamente al cauce del río. Todo esto conlleva a unos cambios de salinidad y dureza del agua, por lo que su calidad es variable en el tramo medio. A lo largo del río se observan un punto a partir del cual hay una disminución de todos los parámetros en general. Está situado al pasar Monóvar, que sufre una drástica bajada que contrasta fuertemente con el súbito aumento de la estación de Sax. El motivo puede ser porque recibirá aguas con menor salinidad que el propio río y por la atenuación natural del río al no estar encauzado en ese tramo.

Respecto a los puntos de muestreo en el tramo final del Vinalopó:

- a) Es importante destacar la influencia de un cauce natural sobre características como la salinidad. Desde su paso por la ciudad de Elche, que cuenta con un cauce de hormigón de aproximadamente 3 km de longitud, hasta la desembocadura el río discurre por su cauce natural con vegetación de ribera, y esto provoca una disminución en parámetros como el pH y el sodio.

Para concluir, de forma general el agua del Vinalopó es un agua salobre y de pobre calidad para el riego y otros usos exosomáticos. Así se desprende del estudio de los datos de CHJ como los datos analíticos obtenidos en este trabajo.

6. Bibliografía

6.1. Bibliografía

- APHA American Public Health Association (2005). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21ª Edición, Centennial Edition. APHA, Washington DC.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W. (1985). La calidad agronómica de las aguas de riego. Ed. FAO, Roma.
- Balairón, L. (2002). Gestión de recursos hídricos. Ediciones UPC, Barcelona.
- Cánovas, J. (1.986), Calidad agronómica de las aguas de riego. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Consejo de Europa (1968). Carta europea del agua. Estrasburgo.
- FAO (2002). Agua y cultivos. Ed. FAO, Roma.
- Franco, F. (2000). Avenidas fluviales e inundaciones de los ríos Vinalopó y Segura en época islámica y sus consecuencias en el poblamiento. Alquibla 6:157-184.
- García, S. (1964). Evolución agraria de Villena hasta fines del s. XIX. Seminario de Geografía 1964:179-202, Universidad de Valencia.
- Giner, F. (2009). Carbonatación vs. Aluminosis. Comunicación al Congreso CONTART, 15pp., Albacete.
- Gómez, I., Navarro-Pedreño, J., Mataix, J. (1992). Aguas de riego: análisis e interpretación- Ed. CAM, Alicante.
- Hermosilla, J. (director) (2007). Catálogo e inventario de los regadíos históricos: sistemas y elementos del patrimonio hidráulico del Alto y Medio Vinalopó. Ed. CHJ, Valencia.
- Hernando M. D., Mezcuca M., Fernández-Alba A. R., Barceló D (2006). Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments. Talanta 69: 234-42.
- Jimeno, A. (2009). Calentamiento global: verdades y especulaciones. Dimensión empresarial 7(2): 33-39.
- Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. (Vigente hasta el 25 de julio de 2001)
- Martínez, J. (2015). Planetas y lunas: vitalidad geológica y búsqueda de vida extraterrestre. Investigación y Ciencia, Mayo-2015.
- MINAM (2000). Libro blanco del agua en España. Ed. Ministerio de Medio Ambiente (MINAM), Madrid.

- Polo, S., Navarro-Pedreño, J., Meléndez, I., Gómez, I., Mataix, J. (2014). El canal del desvío del Pantano de Elche. Ed. Comunidad de Propietarios de la AMP y de Marchena, Elche.
- Rodier, J. (1981). Análisis de las aguas. Ed. Omega, Barcelona.
- Sogorb, M.A., Vilanova, E. (2004). Técnicas analíticas de contaminantes químicos. Editorial Díaz de Santos.
- Vandas S.J., Winter T.C., Battaglin W.A. (2002). Water and the environment. Ed. American Geological Institute, Alexandria, EEUU.
- WWAP (2015). Water for a sustainable world. The United Nations World water report 2015. UNESCO, Paris.

6.2. Recursos de Internet

- Alfaro, P. (coordinador) (2009). Geología. Sierra de Aitana.
http://www.sociedadgeologica.es/archivos_pdf/geologia_aitana_alicante.pdf
- Andrés, L. (2003). Río Vinalopó. <http://www.monover.com/guia/vinalopo.htm>
- Barceló, D., López de Alda, M. (2013). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes.
<http://www.zaragoza.mobi/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/contaminantesemergentes/barcelo.pdf>
- CHJ (2004). Informe para la Comisión Europea sobre la conducción Júcar-Vinalopó, Comunidad Valenciana (España). www.chj.es
- Fundación CEMEX (2007). El ciclo del agua en la Comunitat Valenciana.
http://www.citma.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/index.html
- Retorna (2011). Basura en los océanos.
<http://www.retorna.org/mm/file/Documentacion/BasuraOceanos.pdf>
- USGS y FAO (2013). The water cycle.
http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/watercooperation2013/Campaign_mtrl/watercycle-kids-english.pdf
- Mahmoud, T.I. (2009). Evaluación de la degradación de prefabricados de hormigón sometidos a ambientes marinos mediante técnicas no destructivas y análisis físico-químico.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14412/la%20tesina%20del%20m%C3%A1ster%20de%20Tarek%20Ibrahim%20Mahmoud.pdf?sequence=1>

ANEXO I

Métodos de análisis

- pH

El pH se midió con un pH-metro CRISON modelo GLP 21 a 20°C siguiendo el método electrométrico establecido habitualmente, utilizando un electrodo de vidrio con sonda compensadora de temperatura (APHA, 2005). Para contener la muestra se emplea un vaso de precipitados

- Conductividad eléctrica y Sólidos Solubles Totales

Para la conductividad eléctrica se usa el conductímetro CRISON GLP 31 a 25°C y su unidad de medida habitual es el $\mu\text{S/cm}$ o, en su defecto si el contenido salino es muy elevado se emplean mS/cm (APHA, 2005).

Se empleó la temperatura de 25°C como referencia porque permite obtener los sólidos solubles totales (SST) a través de la siguiente fórmula empírica (Ayers y Westcot, 1985):

$$SST = 0,64 * CE (25^{\circ}C)$$

- Sólidos en suspensión

La determinación de éstos se realizó mediante el método de filtración de la muestra con un kitasato y una bomba de vacío (Rodier, 1981). El filtro usado está compuesto por fibra de vidrio sin ligantes GF 52 110 de 110mm de diámetro. El volumen de muestra empleado fue de 250 mL. Los sólidos retenidos en el filtro se obtuvieron por diferencia de pesada entre el filtro y el filtro conteniéndolos, tras secado en estufa a 105°C durante aproximadamente 40-60 minutos, una vez llevados a temperatura ambiente en el interior de un desecador. Los resultados del peso se obtienen a partir de la siguiente fórmula:

$$SS = \frac{M_1 - M_0}{V} * 1000$$

Siendo SS el resultado de sólidos en suspensión en mg/L , M_1 es el peso del filtro después del filtrado y secado en mg , M_0 es el peso previo al filtrado en mg y V es el volumen empleado en la muestra.

- Cloruros

En éste caso, se ha usado el método de valoración argentométrico (Rodier, 1981), en el cual se utiliza nitrato de plata como disolución valorante (aproximadamente 0,05N) en una bureta y un par de gotas de cromato potásico como indicador. Es importante factorizar el valorante y homogeneizar la bureta previamente.

Al reaccionar los cloruros va apareciendo un precipitado de color blanquecino que, al consumirse todos los cloruros, se torna de un color rojo ladrillo por la presencia de indicador K_2CrO_4 . Se emplean 20 mL de muestra filtrada en un matraz Erlenmeyer durante la valoración.

La fórmula a partir del cual obtenemos los cloruros es:

$$[Cl^-] = \frac{V_{AgNO_3} * N_{AgNO_3} * 1000 * 35,45}{V_{muestra}}$$

Los cloruros así calculados se dan en mg/L y el 35,45 se refiere al peso molecular de éstos.

- Bicarbonatos y carbonatos

Se sigue el método volumétrico de la determinación de alcalinidad, es decir, la capacidad del agua para neutralizar ácidos (Rodier, 1981). Para ambos parámetros se usa una disolución valorante de HCl en una bureta para la valoración y 20 mL de muestra. Es importante factorizar el valorante previamente, determinando su normalidad de forma precisa (estandarizada con Na_2CO_3 como patrón primario previamente a su uso, de calidad para análisis, secado en estufa y enfriado y mantenido seco en desecador), para después utilizarla en los cálculos. Como en todas las valoraciones, la limpieza y la homogeneización de la bureta son factores críticos para obtener un buen resultado.

Se determina por este método los bicarbonatos (HCO_3^-) y carbonatos (CO_3^{2-}) en disolución, sea cual sea la sal de origen y dependiendo del pH, predominará una u otra especie química. A su vez, el equilibrio químico entre ellos implica al CO_2 en disolución. A un $pH < 6$, CO_2 es la especie dominante. A valores de pH entre 7 y 9, HCO_3^- predomina, mientras que CO_3^{2-} comienza a aumentar su concentración significativamente a valores de $pH > 9$. En las aguas suele determinar casi siempre la alcalinidad la presencia de bicarbonato.

En el caso de los bicarbonatos, el indicador a utilizar es naranja de metilo, que se torna de un color rosado-rojizo al alcanzar el punto final de la valoración. Para la obtención de los resultados se usa la siguiente fórmula:

$$[HCO_3^-] = \frac{V_{HCl} * N_{HCl} * 1000 * 61}{V_{muestra}}$$

El resultado de bicarbonatos se obtiene en mg/L, y el 61 corresponde con el peso molecular de los bicarbonatos.

Para los carbonatos se debe tener en cuenta que aparecen en pH superior a 8,3 y que el indicador es diferente, en cuyo caso es fenolftaleína. El cambio de color es de rosa intenso a transparente. Para estas valoraciones con cambios de color se aconseja, como para cualquier otra, valerse de un papel blanco debajo del matraz Erlenmeyer, no sólo para evitar ensuciar el material de laboratorio, sino también para apreciar con mayor precisión el viraje que se debe obtener.

La medida de los carbonatos es consiguen a partir de la siguiente fórmula:

$$[CO_3^{2-}] = \frac{V_{HCl} * N_{HCl} * 1000 * 60}{V_{muestra}}$$

El resultado se expresa en mg/L y el 60 corresponde con el peso molecular de los carbonatos.

- Sulfatos

El método escogido es el de turbidimetría o nefelométría (Gómez et al., 1992). En él se realiza una recta patrón con HCl y BaCl₂ y un espectrofotómetro a una longitud de onda de 650 nm. Este método utiliza 39 mL de muestra y se preparan adecuadamente los patrones siguiendo el procedimiento previsto en la bibliografía. La siguiente tabla corresponde a las medidas exactas para prepararlos:

Tabla I.1: Recta patrón de sulfatos.

mg/L	mL patrón	mL H ₂ O	mL HCl 1:10	mL BaCl ₂
0	0	39	1	5
3	1	38	1	5
9	3	36	1	5
15	5	34	1	5
21	7	32	1	5
27	9	30	1	5
30	10	29	1	5

Tras la finalización de la recta y la preparación se debe dejar reposar durante 15 minutos antes de empezar la lectura con el espectrofotómetro. Para una muestra de 39

mL, la curva da directamente el contenido de sulfatos expresado en miligramos de SO_4^{2-} por litro de agua.

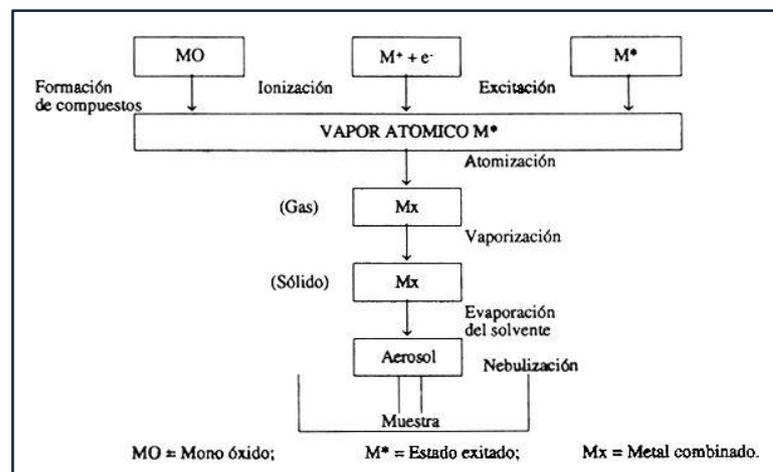
$$\text{Concentración} = \text{lectura en la recta de calibrado} * \text{dilución}$$

La dilución que se haga de la muestra dependerá del valor obtenido en la conductividad eléctrica. Cuando mayor es ese valor, mayor dilución se debe hacer en la muestra y por tanto los 39 mL implicados en el procedimiento corresponden a muestra diluida.

- Na, K, Ca y Mg

Estos cuatro cationes han sido determinados por el método de espectrometría de emisión atómica en el caso del Na y K, de absorción atómica para el Ca y Mg. Este método utiliza un aparato que nebuliza la muestra y la atomiza mediante una llama para descomponer las moléculas en átomos. Se fundamenta en que cada uno de los elementos emite energía por excitación que es detectada por un sensor o absorbe energía a una determinada longitud de onda (usando en este último caso lámparas de cátodo hueco que emite unas longitudes de onda específicas para cada elemento). En el caso de la absorción atómica, una vez descompuesta la muestra, la niebla se expone a la luz emitida y absorbe parte de ésta. Al sensor le llega menos energía radiante, éste cuantifica la absorción a fin de determinar la concentración del analito. Todos los elementos precisan de una recta patrón cada vez que se vaya a analizar una serie de muestras (Sogorb y Vilanova, 2004). El gas que se utiliza para la llama está, en nuestro caso, compuesto por una mezcla de aire-acetileno para Na, K y Mg y de acetileno-óxido nítrico para la cuantificación de Ca.

En la imagen siguiente se muestra el proceso de atomización de la muestra en la llama.



Gráfica I.1: Proceso de atomización para la espectroscopía de absorción atómica de llama, FAO (1994)

A partir de los datos analíticos de las aguas que se han analizado, podemos obtener índices derivados de estos valores que vienen a indicar características que ayudan a interpretar la calidad de las aguas de riego (Gómez *et al.*, 1992). Los que se han considerado en este trabajo son los siguientes:

- RAS (SAR)

La razón de adsorción de sodio es una forma de medir la proporción del ión sodio a partir de la concentración de otros cationes y se mide en meq/L. Se dice que si el RAS es superior a 10 el agua es alcalinizante. (Cánovas, 1986).

$$RAS = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])}{2}}}$$

- Grados Franceses

Es una forma de medir la dureza del agua (Gómez *et al.*, 1992), que permite indicar la posibilidad de precipitación de formas carbonatadas e incluso relacionarla con la posible obstrucción de poros y problemas por precipitación de cal en sistemas de riego.

$$\text{Grados hidrotimétricos franceses} = \frac{([Ca^{2+}] * 2,5) + ([Mg^{2+}] * 4,12)}{10}$$

Tabla I.2: Relación entre la calidad del agua y su dureza expresada en grados franceses.

Valoración	Grados hidrotimétricos franceses
Muy dulce	<7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	>54

- Grados Scott

Este índice se define como la altura de agua en pulgadas que al evaporarse dejaría un terreno vegetal de 4 pies de espesor álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más sensibles. (Cánovas Cuenca, J., 1986)

Según el caso se calcula de una forma u otra, pero si $[Na^+] - (0,65 * [Cl^-]) \leq 0$ se utiliza:

$$K = \frac{2049}{[Cl^-]}$$



ANEXO II

Resultados de los datos de la CHJ por meses. Las tablas aparecerán cortadas y continuaran en la página siguiente dada su longitud.

Tabla II.1: Resultados por meses para pH y conductividad eléctrica a 20°C

Estación	pH			Conductividad eléctrica		
	mes	media	SD	mes	media	SD
Bocairént	Octubre	8,08	0,17	Octubre	472,32	50,90
	Noviembre	8,12	0,12	Noviembre	475,00	29,26
	Diciembre	8,12	8,12	Diciembre	479,00	479,00
	Enero	8,13	8,13	Enero	476,86	476,86
	Febrero	8,17	0,10	Febrero	468,38	45,42
	Marzo	8,18	0,09	Marzo	439,55	44,96
	Abril	8,12	8,12	Abril	461,59	461,59
	Mayo	8,11	8,11	Mayo	471,29	471,29
	Junio	8,10	8,10	Junio	538,50	538,50
	Julio	8,04	8,04	Julio	505,95	505,95
	Agosto	8,06	8,06	Agosto	468,19	468,19
	Septiembre	8,06	8,06	Septiembre	465,46	465,46
Benejama	Octubre	7,87	0,26	Octubre	837,95	200,90
	Noviembre	7,69	0,31	Noviembre	882,58	208,78
	Diciembre	7,84	0,33	Diciembre	826,55	164,42
	Enero	7,87	0,36	Enero	781,14	129,50
	Febrero	7,78	0,34	Febrero	879,70	168,54
	Marzo	7,84	0,26	Marzo	766,75	230,85
	Abril	7,92	0,25	Abril	707,29	148,36
	Mayo	7,74	0,18	Mayo	845,38	155,21
	Junio	7,68	0,33	Junio	1054,00	327,61
	Julio	7,71	0,35	Julio	943,80	262,88
	Agosto	7,72	0,29	Agosto	932,08	219,70
	Septiembre	7,70	0,26	Septiembre	962,38	225,66
Sax	Octubre	7,93	0,38	Octubre	19147,77	19608,56
	Noviembre	7,93	0,29	Noviembre	17877,50	18270,25
	Diciembre	7,85	0,22	Diciembre	14925,28	12777,57
	Enero	7,98	0,28	Enero	11199,64	9602,46
	Febrero	7,94	0,27	Febrero	9420,50	4798,57
	Marzo	7,91	0,34	Marzo	14026,11	12504,88
	Abril	8,21	0,37	Abril	19928,00	16283,69
	Mayo	8,04	0,42	Mayo	14692,20	14356,29
	Junio	7,85	0,38	Junio	15680,90	12123,74
	Julio	7,91	0,37	Julio	16030,00	9404,22

	Agosto	8,09	0,35	Agosto	10842,86	8679,75
	Septiembre	7,85	0,32	Septiembre	17192,50	16174,15
Monóvar	Octubre	8,33	0,22	Octubre	4765,28	1644,16
	Noviembre	8,16	0,17	Noviembre	4077,00	2057,33
	Diciembre	8,33	0,28	Diciembre	3700,00	1223,99
	Enero	8,15	0,19	Enero	4408,80	2310,22
	Febrero	8,23	0,26	Febrero	4230,00	1356,12
	Marzo	8,31	0,32	Marzo	4342,83	1529,84
	Abril	8,40	0,28	Abril	5582,67	3095,46
	Mayo	9,23	1,95	Mayo	4469,09	2087,77
	Junio	8,30	0,27	Junio	5673,36	2708,80
	Julio	8,35	0,39	Julio	5545,79	1605,84
	Agosto	8,50	0,28	Agosto	5262,50	662,82
	Septiembre	8,29	0,25	Septiembre	4117,50	1436,41
Aspe	Octubre	7,78	0,21	Octubre	14870,59	3699,54
	Noviembre	7,73	0,20	Noviembre	14265,91	3046,35
	Diciembre	7,79	0,21	Diciembre	13520,00	2730,47
	Enero	7,84	0,22	Enero	12989,63	3491,09
	Febrero	7,75	0,17	Febrero	15206,19	4854,63
	Marzo	7,68	0,17	Marzo	14175,71	5069,63
	Abril	7,75	0,28	Abril	15834,67	5348,99
	Mayo	7,85	0,69	Mayo	13979,63	3936,66
	Junio	7,72	0,20	Junio	17090,63	4169,65
	Julio	7,75	0,25	Julio	17781,88	4039,04
	Agosto	7,80	0,27	Agosto	17285,71	3725,71
	Septiembre	7,71	0,25	Septiembre	16335,71	3935,11
Embalse	Octubre	7,67	0,31	Octubre	18443,64	4444,98
	Noviembre	7,85	0,23	Noviembre	16750,00	2687,80
	Diciembre	7,84	0,30	Diciembre	16242,00	3264,05
	Enero	7,85	0,26	Enero	17616,36	2723,37
	Febrero	7,92	0,43	Febrero	18333,57	4560,71
	Marzo	7,71	0,27	Marzo	17237,80	7836,72
	Abril	7,68	0,27	Abril	19155,00	6348,88
	Mayo	7,89	0,46	Mayo	16837,50	5178,98
	Junio	7,56	0,31	Junio	22470,00	3812,72
	Julio	7,53	0,26	Julio	24079,09	3675,68
	Agosto	7,80	0,40	Agosto	21891,33	4924,58
	Septiembre	7,57	0,32	Septiembre	22283,40	3550,55
Elche	Octubre	8,33	0,22	Octubre	12712,25	8109,98
	Noviembre	8,16	0,17	Noviembre	12619,00	6643,01
	Diciembre	8,33	0,28	Diciembre	13121,33	5635,81
	Enero	8,15	0,19	Enero	11331,00	7488,72
	Febrero	8,23	0,26	Febrero	9117,00	6909,29
	Marzo	8,31	0,32	Marzo	12721,30	6554,34
	Abril	8,40	0,28	Abril	11165,80	9958,38

	Mayo	9,23	1,95	Mayo	12481,57	5720,42
	Junio	8,30	0,27	Junio	15658,00	6377,91
	Julio	8,35	0,39	Julio	13067,57	9370,96
	Agosto	8,50	0,28	Agosto	10135,33	8696,60
	Septiembre	8,29	0,25	Septiembre	14099,94	6870,59
Azud Moros	Octubre	8,40	0,32	Octubre	16580,00	1603,52
	Noviembre	8,40	0,18	Noviembre	13427,50	4028,98
	Diciembre			Diciembre		
	Enero			Enero		
	Febrero	8,64	0,23	Febrero	15543,75	1679,68
	Marzo			Marzo		
	Abril			Abril		
	Mayo	8,41	0,25	Mayo	15484,44	1916,10
	Junio			Junio		
	Julio			Julio		
	Agosto	8,53	0,31	Agosto	17190,00	3452,25
	Septiembre			Septiembre		

Tabla II.2: Resultados por meses para bicarbonatos y carbonatos.

Estación	Bicarbonatos			Carbonatos		
	mes	media	SD	mes	media	SD
Bocairent	Octubre	222,75	67,97	Octubre	3,72	10,09
	Noviembre	265,00	12,73	Noviembre		
	Diciembre	278,67	24,83	Diciembre		
	Enero	249,27	22,53	Enero	3,43	9,07
	Febrero			Febrero		
	Marzo			Marzo		
	Abril	250,48	26,14	Abril	2,26	5,97
	Mayo	228,12	42,13	Mayo	0,00	0,00
	Junio	255,60	26,48	Junio		
	Julio	254,90	14,56	Julio	3,33	8,16
	Agosto	251,83	10,72	Agosto	0,00	
Septiembre	260,33	2,31	Septiembre			
Benejama	Octubre	293,48	117,37	Octubre	6,20	12,37
	Noviembre	374,28	94,90	Noviembre	0,00	0,00
	Diciembre	406,00	52,33	Diciembre		
	Enero	276,85	97,09	Enero	4,30	12,58
	Febrero			Febrero		
	Marzo	333,30	109,99	Marzo		
	Abril	284,55	56,21	Abril	9,64	27,26
	Mayo	350,93	123,95	Mayo	0,00	0,00
	Junio	403,67	151,26	Junio	0,00	
Julio	331,91	77,29	Julio	2,33	7,00	

	Agosto	346,83	92,97	Agosto		
	Septiembre	435,50	177,48	Septiembre	0,00	
Sax	Octubre	311,15	435,79	Octubre	33,65	43,35
	Noviembre			Noviembre		
	Diciembre	401,33	89,21	Diciembre	0,00	0,00
	Enero			Enero		
	Febrero			Febrero		
	Marzo	385,86	88,67	Marzo	26,00	42,22
	Abril	284,00		Abril	116,60	
	Mayo	537,00		Mayo	0,00	
	Junio	467,83	60,57	Junio	0,00	0,00
	Julio			Julio		
	Agosto			Agosto		
	Septiembre	405,00	32,99	Septiembre	0,00	0,00
Monóvar	Octubre	332,04	143,15	Octubre	5,49	14,35
	Noviembre	467,50		Noviembre		
	Diciembre			Diciembre		
	Enero	475,63	89,66	Enero	0,00	0,00
	Febrero	425,00		Febrero		
	Marzo			Marzo		
	Abril	401,14	76,14	Abril	20,70	35,85
	Mayo			Mayo		
	Junio	329,58	21,82	Junio		
	Julio	334,14	79,53	Julio	0,00	0,00
	Agosto	360,30		Agosto		
	Septiembre	378,00		Septiembre		
Aspe	Octubre	301,60	116,87	Octubre	8,45	14,83
	Noviembre	326,00	26,47	Noviembre	0,00	0,00
	Diciembre			Diciembre		
	Enero	397,96	358,99	Enero	17,60	27,93
	Febrero	346,38	39,90	Febrero	0,00	0,00
	Marzo			Marzo		
	Abril	277,83	139,96	Abril	0,00	0,00
	Mayo	426,83	328,44	Mayo	0,00	0,00
	Junio	377,57	27,19	Junio	0,00	
	Julio	345,53	29,80	Julio	11,15	15,77
	Agosto	318,83	24,00	Agosto	0,00	0,00
	Septiembre	341,00		Septiembre	0,00	
Embalse	Octubre	516,00	246,07	Octubre		
	Noviembre	381,70	95,97	Noviembre	14,18	33,19
	Diciembre	356,67	90,29	Diciembre	41,00	
	Enero	400,50	159,88	Enero		
	Febrero	356,00	85,59	Febrero	13,71	25,18
	Marzo	389,40	76,87	Marzo		
	Abril	384,67	68,98	Abril	0,00	0,00

	Mayo	415,11	218,76	Mayo	9,89	20,31
	Junio	470,00	75,06	Junio	0,00	
	Julio	349,00	83,44	Julio	13,00	
	Agosto	391,95	107,99	Agosto	13,00	20,62
	Septiembre	586,00	162,63	Septiembre	0,00	
Elche	Octubre	328,68	282,37	Octubre	25,50	31,82
	Noviembre	398,47	74,15	Noviembre		
	Diciembre	296,56	56,99	Diciembre	43,13	37,06
	Enero	318,22	201,65	Enero	26,30	32,95
	Febrero	455,00		Febrero		
	Marzo	267,79	94,49	Marzo	37,43	48,73
	Abril	356,50	85,56	Abril		
	Mayo	717,50	348,60	Mayo	0,00	0,00
	Junio	336,79	115,00	Junio	47,50	46,45
	Julio	296,40	108,54	Julio	65,00	73,54
	Agosto	489,15	104,44	Agosto		
	Septiembre	316,93	130,40	Septiembre	50,63	38,03
Azud Moros	Octubre	266,25	107,81	Octubre	88,00	-
	Noviembre	265,50	0,71	Noviembre	41,00	57,98
	Diciembre			Diciembre		
	Enero			Enero		
	Febrero	249,80	61,93	Febrero	86,33	38,42
	Marzo			Marzo		
	Abril			Abril		
	Mayo	292,50	64,59	Mayo	69,00	16,97
	Junio			Junio		
	Julio			Julio		
	Agosto	190,20	108,69	Agosto	103,50	22,28
	Septiembre			Septiembre		

Tabla II.3: Resultados por meses para cloruros y sulfatos.

Estación	Cloruros			Sulfatos		
	mes	media	SD	mes	media	SD
Bocairent	Octubre	9,63	1,53	Octubre	18,79	20,98
	Noviembre	18,55	16,01	Noviembre	15,68	5,17
	Diciembre	16,38	10,6170617	Diciembre		
	Enero	13,75	7,64565963	Enero		
	Febrero	28,00		Febrero	64,90	63,78
	Marzo	25,23	23,20	Marzo	8,33	2,89
	Abril	12,81	8,90	Abril		
	Mayo	13,69	11,13	Mayo		
	Junio	118,01	230,31	Junio		

	Julio	12,62	4,69	Julio		
	Agosto	10,34	4,04	Agosto		
	Septiembre	21,42	16,74	Septiembre		
Benejama	Octubre	71,17	69,71	Octubre	70,45	58,27
	Noviembre	59,88	24,05	Noviembre	58,60	19,47
	Diciembre	67,57	14,19	Diciembre	75,60	38,52
	Enero	46,55	21,70	Enero	92,94	147,80
	Febrero	96,38	39,39	Febrero	88,80	42,69
	Marzo	60,04	34,88	Marzo	59,21	16,57
	Abril	43,89	23,24	Abril	68,09	58,44
	Mayo	53,84	12,93	Mayo	87,50	59,88
	Junio	83,50	37,40	Junio	78,15	58,51
	Julio	64,51	24,35	Julio	65,51	43,74
	Agosto	105,04	48,26	Agosto	96,81	67,61
Septiembre	74,13	3,07	Septiembre	108,56	87,30	
Sax	Octubre	10952,10	14777,25	Octubre	1985,10	2373,18
	Noviembre	3404,00		Noviembre	425,00	
	Diciembre	5594,22	5630,50	Diciembre	1540,00	1467,07
	Enero	4109,00	2169,34	Enero	985,71	698,63
	Febrero	1645,00		Febrero	525,00	
	Marzo	3798,76	3053,40	Marzo	1030,83	1016,01
	Abril	4975,49	5638,95	Abril	1374,10	990,83
	Mayo	3053,67	2422,47	Mayo	1123,33	735,48
	Junio	3716,14	3023,17	Junio	1135,07	832,49
	Julio	4549,50	3225,11	Julio	1191,50	1142,08
	Agosto	2280,55	978,00	Agosto	829,50	465,98
Septiembre	5583,84	5220,77	Septiembre	1730,50	1306,20	
Monóvar	Octubre	1025,27	537,22	Octubre	591,30	220,84
	Noviembre	1135,00		Noviembre	455,30	184,27
	Diciembre	993,00		Diciembre	675,00	
	Enero	1308,81	599,04	Enero	641,00	202,79
	Febrero	1410,60	229,95	Febrero	858,85	47,87
	Marzo	1222,08	253,71	Marzo	891,67	317,54
	Abril	1140,29	585,36	Abril	851,21	732,99
	Mayo	1355,00	352,14	Mayo	960,00	367,70
	Junio	1289,22	762,28	Junio	982,32	354,47
	Julio	1487,31	478,02	Julio	826,61	267,98
	Agosto	1356,75	3,89	Agosto	806,65	115,47
Septiembre	869,70	675,00	Septiembre	348,15	179,39	
Aspe	Octubre	4757,27	2443,04	Octubre	1196,99	368,43
	Noviembre	4951,53	1169,73	Noviembre	1075,50	174,09
	Diciembre	3838,25	309,36	Diciembre	1051,45	104,02
	Enero	4359,69	503,55	Enero	1152,86	272,33
	Febrero	4522,76	2603,22	Febrero	1074,35	266,88
	Marzo	3328,26	2275,05	Marzo	1057,00	485,08

	Abril	4753,30	1619,26	Abril	1455,42	989,57
	Mayo	4248,63	1535,25	Mayo	1061,15	358,50
	Junio	5657,10	1306,08	Junio	1104,59	399,92
	Julio	5818,13	1224,27	Julio	1191,61	278,12
	Agosto	6167,66	1695,01	Agosto	1213,10	163,56
	Septiembre	6787,55	731,78	Septiembre	997,50	420,73
Embalse	Octubre	5275,50	1895,03	Octubre	1176,25	452,94
	Noviembre	5594,33	913,49	Noviembre	1373,21	297,20
	Diciembre	5667,18	1344,26	Diciembre		
	Enero	4231,60	2534,81	Enero		
	Febrero	5816,35	1718,48	Febrero	1612,29	522,71
	Marzo	6504,54	2035,51	Marzo	1585,43	781,91
	Abril	6524,70	1824,01	Abril		
	Mayo	4991,90	1567,06	Mayo		
	Junio	7150,98	1614,25	Junio		
	Julio	8358,20	1586,29	Julio		
	Agosto	7579,96	2052,09	Agosto		
	Septiembre	7940,40	1863,13	Septiembre		
Elche	Octubre	3687,73	3066,64	Octubre	1138,42	355,94
	Noviembre	4139,45	2930,42	Noviembre	1281,33	398,09
	Diciembre	4561,99	1719,15	Diciembre		
	Enero	3698,98	2630,27	Enero		
	Febrero	6151,00	2199,10	Febrero	1517,00	519,02
	Marzo	3722,08	2427,43	Marzo	1131,28	699,65
	Abril	3743,20	4316,19	Abril		
	Mayo	2065,23	3569,56	Mayo		
	Junio	5270,00	2672,03	Junio		
	Julio	4261,68	3910,63	Julio		
	Agosto	5803,26	8197,84	Agosto		
	Septiembre	4988,11	2932,31	Septiembre		
Azud Moros	Octubre	5586,75	594,48	Octubre	1337,50	154,72
	Noviembre	4077,00	1315,61	Noviembre	1002,40	222,58
	Diciembre			Diciembre		
	Enero			Enero	1075,00	21,21
	Febrero	5020,75	576,86	Febrero	1088,13	184,82
	Marzo			Marzo		
	Abril			Abril		
	Mayo	4578,00	1308,70	Mayo	1045,70	330,16
	Junio			Junio	1120,00	
	Julio			Julio	1425,00	91,92
	Agosto	5857,14	1597,92	Agosto	1276,50	133,85
	Septiembre			Septiembre		

Tabla II.4: Resultados por meses para sodio y calcio.

Estación	Na			Ca		
	mes	media	SD	mes	media	SD
Bocairent	Octubre	4,05	0,77	Octubre	76,75	8,75
	Noviembre	3,90	0,14	Noviembre	71,40	3,39
	Diciembre	4,60	0,52	Diciembre	76,80	4,85
	Enero	4,17	0,64	Enero	82,59	7,53
	Febrero			Febrero		
	Marzo	4,00		Marzo	68,50	
	Abril	4,29	1,24	Abril	74,68	8,89
	Mayo	4,21	0,85	Mayo	79,21	10,23
	Junio	4,19	0,41	Junio	155,00	136,90
	Julio	3,89	0,46	Julio	82,96	10,41
	Agosto	2,40	1,96	Agosto	77,10	12,72
	Septiembre	29,13	21,07	Septiembre	66,27	10,85
Benejama	Octubre	32,68	19,39	Octubre	99,17	20,49
	Noviembre	51,12	23,32	Noviembre	108,55	21,19
	Diciembre	77,20	24,32	Diciembre	132,50	16,26
	Enero	30,45	15,23	Enero	95,62	8,57
	Febrero	61,82	36,13	Febrero	115,96	17,92
	Marzo	56,42	34,38	Marzo	88,72	23,83
	Abril	25,58	15,42	Abril	93,72	13,66
	Mayo	46,79	12,10	Mayo	110,33	21,47
	Junio	83,37	51,45	Junio	112,32	25,24
	Julio	41,95	18,13	Julio	97,11	14,45
	Agosto	83,60	46,61	Agosto	98,25	8,92
	Septiembre	58,05	63,43	Septiembre	93,40	9,33
Sax	Octubre	7065,17	9472,14	Octubre	230,53	228,77
	Noviembre			Noviembre		
	Diciembre	4280,17	4436,14	Diciembre	214,57	208,77
	Enero	2822,50	632,84	Enero	270,75	171,79
	Febrero			Febrero		
	Marzo	4226,71	3584,14	Marzo	207,71	121,69
	Abril	3813,70	4240,94	Abril	245,90	115,12
	Mayo	2510,00	1400,07	Mayo	260,00	183,85
	Junio	2896,00	1365,52	Junio	256,50	114,14
	Julio	4550,00		Julio	428,00	
	Agosto			Agosto		
	Septiembre	3344,14	3148,68	Septiembre	264,25	142,17
Monóvar	Octubre	665,72	370,33	Octubre	182,04	67,23
	Noviembre			Noviembre	224,40	
	Diciembre			Diciembre	304,60	
	Enero	879,73	421,96	Enero	211,68	63,72
	Febrero			Febrero	272,50	
	Marzo	1130,00		Marzo	404,00	

	Abril	1068,70	1178,45	Abril	224,02	70,09
	Mayo	1323,00		Mayo	330,00	
	Junio	841,36	385,65	Junio	271,89	39,25
	Julio	940,22	303,30	Julio	276,46	122,87
	Agosto			Agosto	264,50	
	Septiembre	280,00		Septiembre	89,20	
Aspe	Octubre	3080,20	1581,95	Octubre	353,76	85,96
	Noviembre	3462,83	857,11	Noviembre	366,86	40,94
	Diciembre	2500,00		Diciembre	305,50	
	Enero	2112,64	969,02	Enero	348,96	34,55
	Febrero	3374,81	1235,71	Febrero	342,34	57,55
	Marzo	2950,00		Marzo	463,00	
	Abril	2880,75	1391,39	Abril	360,83	45,55
	Mayo	2761,66	1061,85	Mayo	358,82	53,44
	Junio	3675,71	1118,86	Junio	342,90	96,83
	Julio	3918,07	2429,02	Julio	411,38	107,84
	Agosto	4151,00	1003,90	Agosto	388,71	25,68
	Septiembre	3950,00		Septiembre	386,10	
Embalse	Octubre	3650,00	1272,79	Octubre	948,75	452,65
	Noviembre	3606,50	472,02	Noviembre	469,73	92,26
	Diciembre	3820,00	780,83	Diciembre	652,68	264,21
	Enero	3200,00	453,10	Enero	611,03	37,49
	Febrero	3626,88	1247,76	Febrero	518,33	199,98
	Marzo	4282,40	1435,42	Marzo	612,72	247,21
	Abril	4659,67	850,13	Abril	673,17	533,76
	Mayo	3268,22	785,62	Mayo	415,67	128,10
	Junio	4882,50	969,73	Junio	707,60	328,95
	Julio	4901,86	872,80	Julio	785,25	233,93
	Agosto	4590,58	1164,75	Agosto	610,19	215,57
	Septiembre	3475,00	2227,39	Septiembre	648,95	125,79
Elche	Octubre	2402,50	1870,76	Octubre	739,37	477,65
	Noviembre	3585,40	387,22	Noviembre	506,92	105,43
	Diciembre	3309,44	408,65	Diciembre	430,41	196,88
	Enero	2393,90	1421,02	Enero	547,63	120,45
	Febrero			Febrero	641,30	
	Marzo	2756,15	1621,31	Marzo	363,42	153,54
	Abril	3288,03	2869,24	Abril	801,67	848,48
	Mayo	1676,45	2366,76	Mayo	465,00	247,49
	Junio	4023,12	958,97	Junio	502,24	205,21
	Julio	5368,73	2612,29	Julio	652,18	320,25
	Agosto	6100,00	-	Agosto	630,50	183,14
	Septiembre	3571,36	946,28	Septiembre	474,69	144,11
Azud Moros	Octubre	3643,25	484,35	Octubre	413,75	53,14
	Noviembre	2786,00	1398,66	Noviembre	334,00	62,23
	Diciembre			Diciembre		

	Enero	3257,20	308,74	Enero	363,83	33,31
	Febrero			Febrero		
	Marzo			Marzo		
	Abril	2831,50	1210,47	Abril	374,50	73,30
	Mayo			Mayo		
	Junio			Junio		
	Julio	4312,40	1005,29	Julio	393,40	57,05
	Agosto			Agosto		
	Septiembre			Septiembre		

Tabla II.5: Resultados por meses para potasio y magnesio.

Estación	K			Mg		
	mes	media	SD	mes	media	SD
Bocairent	Octubre	0,63	0,84	Octubre	19,24	1,60
	Noviembre	0,59		Noviembre	17,60	0,14
	Diciembre	0,36	0,31	Diciembre	23,97	4,39
	Enero	0,60	0,56	Enero	19,09	1,49
	Febrero			Febrero		
	Marzo	0,52		Marzo		
	Abril	0,65	0,53	Abril	18,73	3,38
	Mayo	0,52	0,76	Mayo	19,03	1,49
	Junio	4,12	8,32	Junio	36,14	41,32
	Julio	0,30	0,29	Julio	19,71	2,63
	Agosto	0,65	0,00	Agosto	18,85	1,78
	Septiembre	0,41	0,35	Septiembre	18,33	0,58
Benejama	Octubre	5,69	4,25	Octubre	26,36	3,90
	Noviembre	7,07	2,98	Noviembre	28,18	4,27
	Diciembre	12,95	5,02	Diciembre	41,60	19,66
	Enero	4,51	2,54	Enero	27,93	2,97
	Febrero			Febrero	32,16	2,97
	Marzo	8,22	3,63	Marzo	25,06	8,12
	Abril	5,16	4,69	Abril	24,29	5,18
	Mayo	8,79	9,26	Mayo	29,41	4,12
	Junio	10,32	6,48	Junio	27,96	4,33
	Julio	7,68	4,01	Julio	27,59	2,93
	Agosto	12,33	6,37	Agosto	26,50	1,57
	Septiembre	13,10	0,71	Septiembre	26,65	1,91
Sax	Octubre	11,75	12,37	Octubre	358,97	416,18
	Noviembre			Noviembre		
	Diciembre	292,00	334,22	Diciembre	236,00	279,13
	Enero			Enero	40,25	39,87
	Febrero			Febrero		

	Marzo	183,50	82,52	Marzo	192,14	132,53
	Abril			Abril	269,68	162,76
	Mayo	53,10		Mayo	227,50	130,81
	Junio	168,00		Junio	246,38	150,92
	Julio			Julio	480,00	
	Agosto			Agosto		
	Septiembre	107,00		Septiembre	248,28	205,74
Monóvar	Octubre	52,38	40,76	Octubre	100,54	39,09
	Noviembre			Noviembre		
	Diciembre			Diciembre	175,00	
	Enero	68,24	22,87	Enero	108,92	30,43
	Febrero			Febrero		
	Marzo	36,00		Marzo	109,00	
	Abril	9,00		Abril	116,75	42,29
	Mayo			Mayo	150,00	
	Junio	29,70	19,83	Junio	159,92	51,30
	Julio	51,55	4,93	Julio	128,68	39,19
	Agosto			Agosto	160,50	
	Septiembre	21,60		Septiembre	47,80	
Aspe	Octubre	36,47	14,17	Octubre	168,83	66,25
	Noviembre	43,25	5,74	Noviembre	173,29	17,63
	Diciembre			Diciembre	138,40	
	Enero	41,80	0,00	Enero	167,51	29,14
	Febrero	56,24	32,55	Febrero	161,09	28,42
	Marzo	36,00		Marzo	165,00	
	Abril	37,41	6,29	Abril		
	Mayo	35,25	4,33	Mayo		
	Junio	38,50	7,34	Junio		
	Julio	45,60	3,12	Julio		
	Agosto			Agosto		
	Septiembre	37,80		Septiembre		
Embalse	Octubre	56,33	3,06	Octubre	238,48	35,11
	Noviembre	41,94	6,47	Noviembre	189,22	27,98
	Diciembre	47,93	7,04	Diciembre	252,48	84,90
	Enero	33,67	25,25	Enero	202,78	31,89
	Febrero	51,61	18,46	Febrero	204,52	59,42
	Marzo	120,73	180,95	Marzo	221,40	51,76
	Abril	48,64	5,04	Abril	197,79	58,16
	Mayo	43,52	7,82	Mayo	191,54	57,30
	Junio	48,50	3,91	Junio	201,22	70,82
	Julio	57,10	6,93	Julio	263,18	46,96
	Agosto	84,84	149,80	Agosto	239,69	33,70
	Septiembre	55,65	7,42	Septiembre	254,80	35,64
Eliche	Octubre	45,72	23,98	Octubre	214,68	52,18
	Noviembre	38,94	4,99	Noviembre	197,33	34,67

	Diciembre	50,13	11,80	Diciembre	190,14	69,54
	Enero	33,60	25,19	Enero	174,28	62,37
	Febrero			Febrero	350,00	
	Marzo	74,18	125,52	Marzo	151,02	65,94
	Abril	50,23	5,19	Abril	188,33	90,88
	Mayo	46,35	1,91	Mayo	227,00	25,46
	Junio	43,35	9,07	Junio	184,07	44,72
	Julio	57,10	6,93	Julio	247,36	75,99
	Agosto	560,00		Agosto	289,60	14,71
	Septiembre	43,94	8,01	Septiembre	207,09	44,80
Azud Moros	Octubre			Octubre	185,50	29,33
	Noviembre			Noviembre	151,50	53,03
	Diciembre			Diciembre		
	Enero			Enero		
	Febrero	60,00		Febrero	161,00	14,93
	Marzo			Marzo		
	Abril			Abril		
	Mayo			Mayo	173,00	43,34
	Junio			Junio		
	Julio			Julio		
	Agosto	48,00		Agosto	188,80	19,59
	Septiembre			Septiembre		