

# AOBH\_nº8

*Aguas de los manantiales y fuentes de la Serranía*

Ángel Morales-Rubio, Agustín Pastor, Antonio López, Alberto Pla y Pablo Camisa

Cuadernos de Ciencia Abierta  
"Aras de los Olmos Big History"  
Open Science Working Papers

Centro de Divulgación Científica y Medioambiental Big History



VNIVERSITAT DE VALÈNCIA  
Vicerectorat de Projecció Territorial i Societat



BIGHISTORY  
Aras de los Olmos



Aras de los Olmos  
ayuntamiento

El Centro de Divulgación Científica y Medioambiental *Big History* nace en 2015 fruto de un convenio entre la Universidad de Valencia y el Ayuntamiento de Aras de los Olmos. En este pequeño municipio de la serranía valenciana se puede rastrear la historia del universo desde sus orígenes hasta el presente gracias a las aportaciones científicas de distintas áreas del conocimiento: el *big bang* y la evolución del universo, la Astronomía; la formación y los cambios geomorfológicos de la Tierra, la Geología; el nacimiento y la expansión de la vida, la Botánica y la Zoología; la época de los dinosaurios, la Paleontología; los primeros seres humanos, la Arqueología; el surgimiento de la civilización, la Historia; y –sobre todo- la respuesta a los nuevos retos, a través de la Electrónica, la Informática, la Robótica, el Diseño, la Ingeniería de Energías, la Comunicación, el Trabajo Social, la Sociología, la Economía y tantas otras áreas de conocimiento.

*AOBH*, Cuadernos de Ciencia Abierta *Aras de los Olmos Big History*, es una de las publicaciones que el Centro edita tras el correspondiente informe de su comité científico. Está especializada en todas aquellas *investigaciones en elaboración* que se realizan en o sobre Aras de los Olmos, en cualquier temática y desde cualquiera de las ramas del saber universitario, con el objeto de facilitar su divulgación y discusión científica.

La inclusión de los textos en esta colección no impide la posterior publicación del autor que mantiene en todo momento la integridad de la propiedad de sus derechos.

Estos trabajos no pueden ser reproducidos sin el permiso de su autor.

*AOBH*, Cuadernos de Ciencia Abierta *Aras de los Olmos Big History*

Director: Joaquín Martín Cubas

Edición: Fundación *El Olmo*

Año: 2021

Dirección: Plaza Plazeta, 7 46179 Aras de los Olmos (València)

Colaboran: Universitat de València y Ayuntamiento de Aras de los Olmos

Contacto: Joaquin.martin@uv.es

© Autor/a/es

ISSN: 2792-8659

## ***Aguas de los manantiales y fuentes de la Serranía***

**Ángel Morales-Rubio, Agustín Pastor, Antonio López, Alberto Pla y Pablo Camisa**

Departamento de Química Analítica, Facultat de Química, Universitat de València.

C./ Dr. Moliner 50, 46100-Burjassot, Valencia. [angel.morales@uv.es](mailto:angel.morales@uv.es)

---

**RESUMEN:** Para visualizar el estado de salud de las aguas de manantiales, fuentes o ríos se puede hacer uso de la información proporcionada por diferentes parámetros fisicoquímicos. La toma de muestras puntuales proporciona información de un momento determinado de las características del agua que se analiza. Entre febrero y mayo, durante las campañas del 2013 al 2015, se analizaron aguas de 78 puntos entre fuentes, manantiales y el río Turia y sus afluentes, de la Comarca de La Serranía en la provincia de Valencia. Se determinaron parámetros usuales en el análisis de aguas naturales, como pH, conductividad, temperatura, potencial redox, aniones y metales, siendo la información obtenida un indicador de la calidad de estas.

**Palabras clave:** Análisis de aguas naturales, parámetros fisicoquímicos, aniones, cationes.

**Forma de citar:** Morales-Rubio, A.; Pastor, A.; López, A.; Pla, A.; y Camisa, P. (2023) “*Aguas de los manantiales y fuentes de la Serranía*”, *AOBH*, 8.

---

Índice: 1.- Introducción. 2.- Análisis de aguas: Localización de los puntos de muestreo. 3.- Parámetros a determinar “in situ”: Temperatura, pH, conductividad, potencial redox. 3.1.- Temperatura (°C). 3.2.- pH-Alcalinidad. 3.3.- Conductividad del agua ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). 3.4.- Potencial redox (mV). 4.- Medidas en el laboratorio: Aniones, cationes. 4.1.- Determinación de aniones: bicarbonato, cloruro, nitrato, sulfato. 4.2.- Determinación de cationes. 4.2.1.- Determinación de cationes mayoritarios: calcio, magnesio, sodio, potasio. 4.2.2.- Determinación de elementos traza. 5.- Conclusiones. 6.- Bibliografía y fuentes documentales.

## **1.- Introducción**

El Alto Turia es una región montañosa bañada por el río Turia, el eje fluvial principal de la provincia de Valencia. A su paso por la ciudad de Teruel, tras unirse con los ríos Alfambra y Guadalaviar, toma su nombre y continúa su curso pasando por los términos municipales de Castielfabib y Torrebaja de la comarca El Rincón de Ademuz y continúa por la comarca de La Serranía desde el noroeste hasta el sureste. El río Turia en la provincia de Teruel, también conocido como río Blanco o Guadalaviar, recibe las aguas de numerosos afluentes, ramblas y barrancos, que desembocan en valles excavados perpendicularmente en las sierras que dominan este tramo inicial. Entre estos afluentes destacan los ríos Ebrón, Boílgues, Riodeva y la rambla de la Val de la Sabina. El cauce del río Turia en esta comarca es poco profundo, lo que favorece las crecidas debido a la influencia de una climatología continental. El río se encaja en el municipio de Casas Bajas, y fluye durante algunos kilómetros por el territorio de Santa Cruz de Moya, en la provincia de Cuenca, y después de recibir las aguas del río Arcos, regresa a territorio valenciano en el municipio de Aras de los Olmos.

A excepción de una pequeña porción del término de Andilla que vierte sobre el río Palancia, toda La Serranía vierte sus aguas finalmente a la cuenca del río Turia, que serpentea encajado entre gargantas y estrechos debido a la erosión de los materiales principalmente calizos de su lecho, si bien su cauce también se ensancha cuando la composición de las rocas es diferente. Esta alternancia entre gargantas y valles presenta las condiciones adecuadas para la construcción de embalses y en las décadas de los años 50 y 60 del siglo XX se inauguraron dos grandes embalses, los embalses de Benagéber y Loriguilla. Desde el embalse de Benagéber, el Turia acoge al río Regajo; en término de Domeño acoge a su principal tributario, el río Tuéjar-Chelva, que nace al norte de Alpuente, y posteriormente aúna las aguas del río Sot en Chulilla antes de abandonar la comarca por Pedralba. La diferencia de la composición del lecho de los ríos y del suelo por donde emanan las fuentes se verá reflejada también en la diferente composición de los minerales disueltos en las aguas.

## **2.- Análisis de aguas: localización de los puntos de muestreo.**

El río Turia, sus afluentes, fuentes y manantiales, son esenciales para el equilibrio ecológico de esta comarca y poseen un alto valor debido a su riqueza faunística, diversidad vegetal y calidad paisajística. Estos cuerpos de agua actúan como corredores naturales continuos que favorecen la movilidad de la fauna y la migración de diversas especies. Es fundamental asegurar la buena calidad de las aguas en manantiales, fuentes y ríos, ya que esto es vital para mantener la viabilidad de los ecosistemas y promover el desarrollo económico y social del territorio donde se encuentran. Para evaluar la calidad del agua, se utilizan diversos parámetros físicoquímicos. Por un lado, se pueden obtener muestras puntuales que proporcionan información sobre la calidad del agua en un momento específico. Por otro lado, el uso de sistemas continuos de monitorización permitiría obtener resultados en tiempo real, lo que facilitaría una supervisión más efectiva y proactiva de la calidad de las aguas.

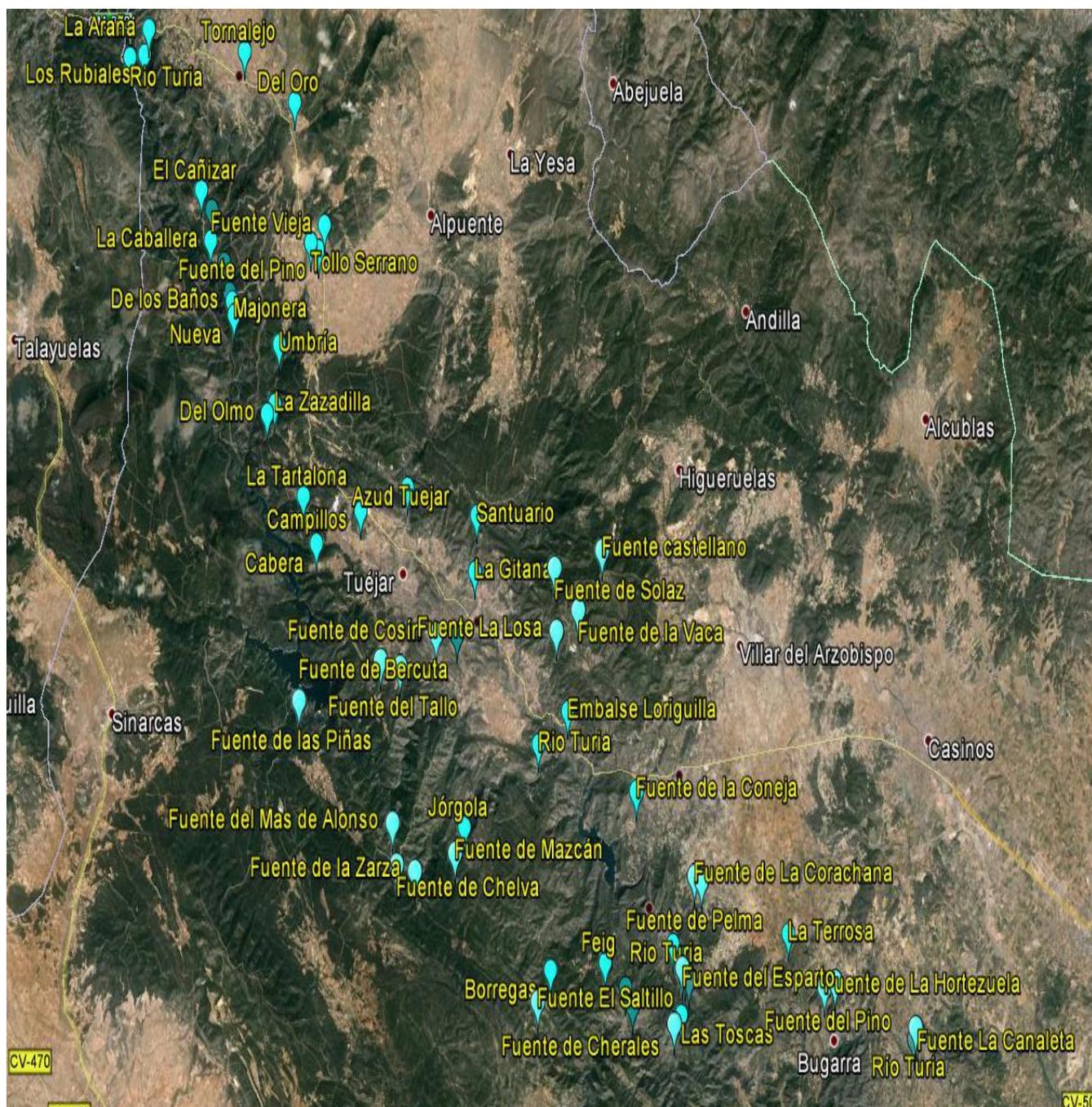
Entre los meses de febrero a junio de los años 2013 a 2015 se realizaron tres campañas de recogida de muestras de aguas en 78 puntos, entre fuentes, manantiales y el propio río Túría y sus afluentes, de la Comarca de la Serranía. Los nombres y coordenadas de los puntos de muestreo, así como el municipio donde se encuentran, se indican en la Tabla 1, y la mayor parte de ellos se muestran en la Figura 1.

Tabla 1: Localización de los puntos de muestreo.

	Coordenadas		Municipio	
1	1º12'17,1"O	39º55'31,9"N	ARAS DE LOS OLMOS	Fuente los Mangranos
2	1º12'17,4"O	39º55'31,1"N	ARAS DE LOS OLMOS	Río Túría
3	1º11'42,1"O	39º55'32,7"N	ARAS DE LOS OLMOS	Fuente Los Rubiales
4	1º11'27,5"O	39º55'57,4"N	ARAS DE LOS OLMOS	Fuente La Araña
5	1º9'56,3"O	39º56'29,5"N	ARAS DE LOS OLMOS	Fuente del Pozo
6	1º7'46,9"O	39º55'23,3"N	ARAS DE LOS OLMOS	Fuente del Tornalejo
7	0º58'25"O	39º53'49"N	LA YESA	Fuente Somera
8	0º57'9"O	39º55'15"N	LA YESA	Fuente del Palacio
9	1º2'11"O	39º52'44"N	ALPUENTE	Fuente del Pinar Verde
10	1º1'42"O	39º53'38"N	ALPUENTE	Fuente de San Roque
11	1º3'13"O	39º53'6"N	ALPUENTE	Fuente del Barajuelo
12	1º0'58"O	39º54'21"N	ALPUENTE	Fuente de la Tejería
13	1º0'59"O	39º54'5"N	ALPUENTE	Fuente del Pino
14	1º3'13"O	39º58'8"N	ALPUENTE	Barranco Casas Blancas
15	1º9'8,7"O	39º52'5,9"	TITAGUAS	Área Molino Quemado
16	1º8'42"O	39º50'49"N	TITAGUAS	Fuente de los Baños
17	1º8'47"O	39º50'59"N	TITAGUAS	Fuente de la Tosquilla
18	1º8'57"O	39º51'33"N	TITAGUAS	Fuente de la Juncanilla
19	1º5'16" O	39º51'36" N	TITAGUAS	Fuente del Pino
20	1º5'33" O	39º51'45" N	TITAGUAS	Fuente del Tollo-Serrano
21	1º9'27"O	39º51'59"N	TITAGUAS	Fuente de la Caballera
22	1º4'59" O	39º52'03"N	TITAGUAS	Fuente Vieja
23	1º9'22"O	39º52'33"N	TITAGUAS	Fuente del Molinillo
24	1º9'44"O	39º52'56"N	TITAGUAS	Fuente del Cañizar
25	1º4'8"O	39º53'4"N	TITAGUAS	Fuente de la Hoya del Hacha
26	1º5'56"O	39º54'21"N	TITAGUAS	Fuente del Oro
27	1º8'45,2"O	39º50'15,0"N	TITAGUAS	Río Turia
28	1º5'48"O	39º46'11"N	TUEJAR	Fuente Cabera
29	1º7'29" O	39º46'40" N	TUEJAR	Fuente del Olmo
30	1º4'03" O	39º46'43"N	TUEJAR	Fuente Campillos
31	1º2'12"O	39º47'03"N	TUEJAR	Azud del Tuejar
32	1º6'13"O	39º47'05"N	TUEJAR	Fuente La Tartalona
33	1º7'11" O	39º48'50"N	TUEJAR	Fuente de la Zasadilla
34	1º6'56" O	39º49'56" N	TUEJAR	Fuente de la Umbría
35	1º8'46" O	39º50'16"N	TUEJAR	Río Túría
36	1º8'39" O	39º50'34" N	TUEJAR	Fuente Nueva
37	1º8'39" O	39º50'49"N	TUEJAR	Fuente de la Mojonera
38	1º8'42,1" O	39º50'49,1"N	TUEJAR	Fuente de los Baños

39	1°0'33"O	39°44'14"N	CHELVA	Fuente Berra
40	0°59'46" O	39°45'23" N	CHELVA	Fuente la Gitana
41	0°59'35" O	39°46'25"N	CHELVA	Santuario del Remedio
42	1°3'8,5"O	39°40'1,8"N	CHELVA	Fuente de Chelva
43	1°3'29,7"O	39°43'51,4"N	CHELVA	Fuente de Bercuta
44	1°2'8,0"O	39°44'13,6"N	CHELVA	Fuente El Piejo
45	1°1'10,3"O	39°44'7,7"N	CHELVA	Barranco de la puerca
46	0°56'25,1"O	39°42'37,0"N	DOMEÑO	Embalse Loriguilla
47	1°0'54,7"O	39°40'9,4"N	DOMEÑO	Fuente de Mascán
48	1°0'32" O	39°40'40" N	DOMEÑO	Fuente Jógola
49	0°57'34" O	39°42'04" N	DOMEÑO	Río Turia (Cruce puente)
50	0°56'25" O	39°42'27"N	DOMEÑO	Río Tuejar
51	0°56'41,9"O	39°44'4,2"N	CALLES	Fuente la Losa
52	0°56'36,6"O	39°45'17,1"N	CALLES	Fuente de Solaz
53	0°54'48,2"O	39°45'28,8"N	CALLES	Fuente Mas de Castellano
54	1°6'10,8"O	39°42'35,2"N	BENAGEBER	Fuente San Isidro Labrador
55	0°52'31" O	39°36'45" N	CHULILLA	Río Sot de Chera
56	0°52'22.3"O	39°37'35.5"N	CHULILLA	Fuente del Garbanzo
57	0°52'19" O	39°37'33"N	CHULILLA	Balneario de Fuencaliente
58	0°52'28" O	39°37'53" N	CHULILLA	Fuente la Rinconà
59	0°48'14"O	39°38'05"N	CHULILLA	Fuente de La Terrosa
60	0°52'42"O	39°38'6" N	CHULILLA	Río Turia (Central Eléctrica)
61	0°51'46"O	39°39'17"N	CHULILLA	Fuente de La Corachana
62	0°51'36.0"O	39°39'10.3"N	CHULILLA	Fuente de Pelma
63	0°52'8.3"O	39°37'22.3"N	CHULILLA	Fuente del Esparto
64	0°52'30" O	39°36'46" N	SOT DE CHERA	Fuente Las Toscas
65	0°52'30.3"O	39°36'45.3"N	SOT DE CHERA	Río Sot de Chera
66	0°52'46.3"O	39°36'33.8"N	SOT DE CHERA	Fuente de Cherales
67	0°54'34"O	39°37'33"N	SOT DE CHERA	Fuente Masalucas
68	0°57'25"O	39°37'52"N	SOT DE CHERA	Fuente Borregas
69	0°54'25"O	39°37'52"N	SOT DE CHERA	Fuente Santa María
70	0°55'19"O	39°37'54"N	SOT DE CHERA	Fuente del Feig
71	0°55'18" O	39°37'54"N	SOT DE CHERA	Abrevadero (Fuente del Feig)
72	0°43'32"O	39°35'49"N	PEDRALBA	Barranco de Chiva
73	0°43'28"O	39°36'1"N	PEDRALBA	Río Turia
74	0°43'24.0"O	39°35'57.1"N	PEDRALBA	Fuente La Canaleta
75	0°57'57.1"O	39°37'15.8"N	CHERA	Fuente El Saltillo
76	0°46'33"O	39°37'02"N	BUGARRA	Fuente del Pino
77	0°46'56.2"O	39°36'57.2"N	BUGARRA	Fuente de La Hortezuela
78	0°50'57,6"	39°41'49,7"	LOSA DEL OBISPO	Mina de la Chupadilla

**Figura 1:** Localización de los puntos de muestreo.



En los siguientes apartados se presentan los resultados obtenidos de los parámetros indicadores de la calidad de las aguas en las tres campañas de medida; temperatura, pH, conductividad, potencial redox, cationes y aniones. Estos resultados dieron origen a tres trabajos de final de grado del grado en Química (López, 2013; Pla, 2014; Camisa, 2015).

### 3.- Parámetros a determinar “in situ”: Temperatura, pH, conductividad, potencial redox.

Estos parámetros fisicoquímicos se miden *in situ* con sondas portátiles que se dejan un tiempo sumergidos en el agua para que los sensores se atemperen y a continuación se anota la lectura. En la Imagen 1 se muestra la sonda empleada para la determinación de la conductividad y del pH, y cinco de los puntos de muestreo.

**Imagen 1:** Sonda portátil y puntos de muestreo: 1) Fuente de los Baños (Titaguas), 2) Fuente Somera (La Yesa), 3) Fuente del Pino (Alpuente), 4) Fuente de la Hoya del Hacha (Titaguas), 5) Fuente del Tollo-Serrano (Titaguas). (Morales-Rubio y Pastor, 2016).



### 3.1.- Temperatura (°C).

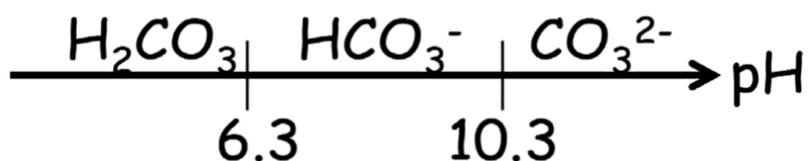
La temperatura del agua en un río es claramente dependiente de la estación del año y la hora del día en la que se toma la lectura. Sin embargo, en el caso de las aguas de manantiales y fuentes, esta dependencia de las condiciones atmosféricas externas es menos marcada, lo que resulta en una variabilidad más estable a lo largo de las estaciones. De hecho, en un 90% de las aguas estudiadas las temperaturas, medidas entre las 9:30 y las 13:30 horas, se mantuvieron en un intervalo de 10 a 17°C, siendo la temperatura más alta registrada en el Balneario de Fuencaliente en Chulilla, donde alcanzó los 23°C.

### 3.2.- pH-Alcalinidad.

El parámetro alcalinidad se refiere a la capacidad del agua para aceptar protones y, en general, cuando el agua es altamente alcalina, su pH tiende a ser elevado y suele contener niveles considerablemente altos de sólidos disueltos. La alcalinidad juega un papel esencial como tampón de pH y también como una reserva de carbono inorgánico, lo cual influye directamente en la capacidad del agua para sustentar el crecimiento de algas y otras formas de vida acuática. El equilibrio ácido-base entre el ácido carbónico, bicarbonato y carbonato determina la concentración de estas tres especies químicas en el medio, y esto depende del pH del agua.

La Figura 2 muestra claramente el diagrama de predominio de las diferentes especies químicas del ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) en función del pH del medio. A pH inferiores a 6,3, el ácido carbónico predomina en el medio, mientras que, la especie bicarbonato se vuelve predominante a un pH de 8,3. Finalmente, a valores de pH superiores a 10,3, la especie más básica, el carbonato, es la que prevalece en el medio. Este equilibrio es crucial para mantener un ambiente acuático adecuado para diversas formas de vida.

**Figura 2:** Diagrama de predominio de las especies del sistema ácido carbónico/carbonato



En la Figura 3 se presentan los valores de pH medidos *in situ* en los puntos de muestreo del río Turia, fuentes y manantiales durante las tres campañas de medida. Todos ellos son ligeramente alcalinos, y se encuentran dentro del intervalo considerado correcto en aguas naturales, entre 6,7 y 8,7. Además, el valor promedio del pH del agua de los 78 puntos de muestreo es de  $7,7 \pm 0,4$ , lo cual es característico de aguas con un contenido elevado de bicarbonato (ver punto 4.1).

### 3.3.- Conductividad del agua ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

La conductividad del agua es una medida indirecta que nos brinda información sobre la presencia de iones disueltos. Estos iones están compuestos principalmente por cationes como el sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ), y aniones como el cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), hidrogenofosfato ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ).

En entornos naturales, el agua de lluvia exhibe la menor conductividad, con valores que oscilan entre 20 y 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , debido a su baja concentración en iones disueltos. En el otro extremo, el agua de mar presenta una conductividad mucho más alta, con un valor promedio de alrededor de 50000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los vertidos de aguas residuales suelen incrementar la conductividad debido al aumento de la concentración de cloruro, nitrato/amonio y sulfato. Sin embargo, los derrames de compuestos orgánicos como aceites, hidrocarburos y otros compuestos no ionizables, aunque contaminantes, no tienen un impacto significativo en la conductividad. En el caso específico de las aguas analizadas en la Serranía, sus valores de conductividad se mantienen dentro de los límites normales para aguas continentales de origen calcáreo, que generalmente son inferiores a 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En la Figura 4 se presentan los valores de conductividad medidos *in situ* en las tres campañas de medida. Estas aguas se caracterizan por presentar elevadas concentraciones de calcio, sulfato, cloruro y bicarbonato, lo cual es característico en este tipo de entornos geológicos.

### 3.4.- Potencial redox (mV).

El potencial redox de un cuerpo de agua determina las especies químicas predominantes en él, y afectará a la movilidad y disponibilidad de elementos esenciales, como metales, nitrógeno, carbono, fósforo o azufre, para los seres vivos. Cuando el agua está bien oxigenada y tiene poca carga orgánica, su potencial redox suele ser superior a 300 mV. En estas condiciones, las especies químicas que predominan están en su estado de oxidación más elevado ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_2$ ). Sin embargo, si la presencia de materia orgánica, vegetal o animal, es considerable o se produce un vertido masivo de materia orgánica oxidable, como en el caso de descargas de aguas fecales con un aumento brusco en la densidad de bacterias y de la actividad respiratoria, provocará el consumo del oxígeno disuelto y una disminución del potencial redox; que puede llegar incluso a valores negativos. En estas condiciones, las especies químicas presentes podrían encontrarse también en su estado de oxidación más reducido ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ).

En la Figura 5 se muestran los valores del potencial medidos *in situ* en las tres campañas de medida. Como se puede observar, tan sólo se obtuvieron cuatro valores negativos, dos en la campaña del año 2013, en el río Turia en Pedralba y en la Fuente del Tollo-Serrano en Titaguas; y dos en la campaña de 2014, en la Fuente del Pino en Titaguas y en fuente del Mas de Castellano en Calles; presumiblemente consecuencia de algún vertido de aguas fecales o con una elevada carga de materia orgánica.

**Figura 3:** valores de pH en los puntos de muestreo.



**Figura 4:** valores de conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en los puntos de muestreo.

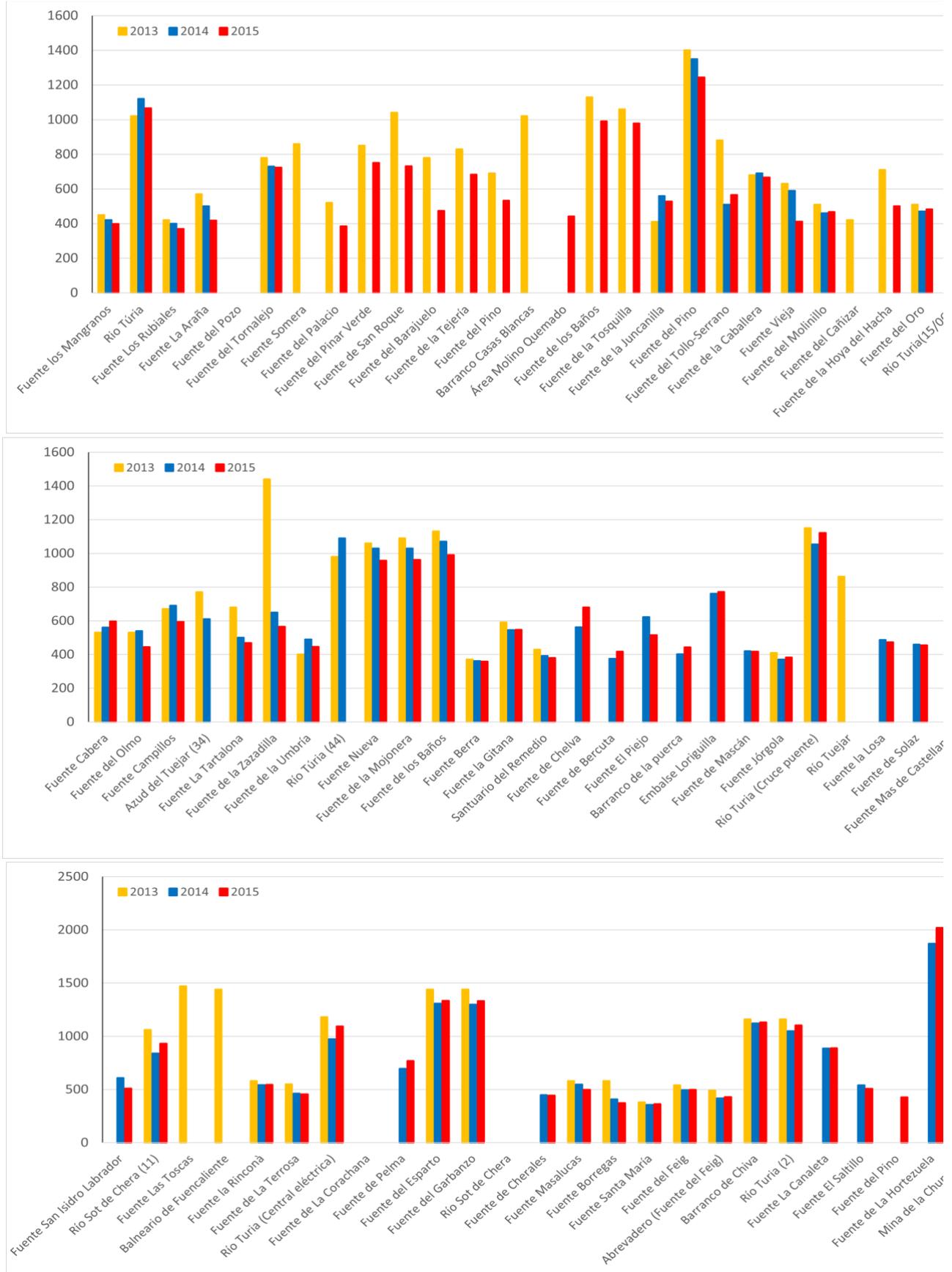


Figura 5: Valores de potencial (mV) en los puntos de muestreo.



#### **4.- Medidas en el laboratorio: Cationes, aniones.**

Para la determinación de los cationes y aniones presentes en las muestras de agua se ha empleado una instrumentación más sensible. Tras las medidas *in situ* de los parámetros indicados anteriormente en cada punto de muestreo, se recolectan volúmenes adecuados de las muestras de agua y se transportan al laboratorio en una nevera portátil. En el laboratorio las muestras se almacenan a 4°C hasta su análisis, y se tratan de la manera adecuada para determinar los compuestos de interés, cationes o aniones, mediante la instrumentación específica para cada una de las familias de compuestos.

##### **4.1.- Determinación de aniones: bicarbonato, cloruro, nitrato, sulfato.**

Los aniones mayoritarios presentes en las aguas analizadas son fundamentalmente cuatro: bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Su determinación se realiza por inyección directa de 20  $\mu\text{L}$  de la muestra de agua en un cromatógrafo iónico. Previamente a la inyección, las muestras de agua almacenadas se deben filtrar a través de una membrana de nylon de 0,22  $\mu\text{m}$ , para eliminar cualquier resto de materia en suspensión que puedan contener. Al pasar la muestra a través de la columna cromatográfica, los diferentes aniones se separan y llegan al detector en tiempos diferentes. Para cada muestra, en unos 20 minutos se tienen los datos para los aniones, cloruro, nitrato y sulfato. La identificación de los aniones se efectúa comparando con los tiempos de retención de patrones de cada anión, y se puede cuantificar inyectando patrones de concentraciones diferentes y representando las señales obtenidas en función de la concentración. Sin embargo, las condiciones empleadas en el análisis cromatográfico, con una disolución portadora mezcla de bicarbonato/carbonato, imposibilitan la determinación del bicarbonato por cromatografía iónica; y, por ello, se determina mediante una volumetría clásica ácido-base.

En las Figuras 6 a 9 se presentan las concentraciones obtenidas en los puntos de muestreo en las tres campañas de medida para los aniones bicarbonato, cloruro, sulfato y nitrato, respectivamente.

Como se observa en la Figura 6, en todos los puntos de muestreo los valores de bicarbonato son elevados, entre 170 y 485 mg/L, y se mantienen relativamente estables entre los diferentes años de medida. Este es el anión predominante en la regulación del pH de las aguas de esta cuenca y es el responsable principal en que se mantenga próximo a 7,7 unidades de pH. Hay que indicar que no es un anión tóxico, y por este motivo, en el Real Decreto 3/2023 no se indican valores máximos para la concentración del bicarbonato.

En la Figura 7 se presentan los valores del ion cloruro (mg/L), y si bien en ninguno de los puntos de muestreo se supera el valor máximo autorizado de 250 mg/L (Real Decreto 3/2023), sí que se observa una gran disparidad de valores, entre 2 y 170 mg/L. En el caso del ión sulfato también se observa una gran disparidad de valores (Figura 8), y además en 37 de las muestras analizadas se supera el valor de calidad establecido en el Real Decreto 3/2023 (250 mg/L), si bien es cierto que en 10 casos sobrepasa por muy poco este valor, pero en 16 de los puntos de muestreo se sobrepasan los 300 mg/L. Destacan la Fuente del Esparto y la Fuente del Garbanzo en Chulilla, con valores de 642 y 605 mg/L respectivamente; y la Fuente de La Hortezueta en Bugarra, que en las campañas 2014 y 2015 alcanzaron valores de 1495 y 1465 mg/L; superando con creces los 750 mg/L del valor de no aptitud indicado en el Real Decreto 3/2023.

En el caso del nitrato (Figura 9), los valores encontrados se sitúan por debajo de 20 mg/L; pero en 9 ocasiones se supera el valor máximo autorizado de 50 mg/L (Real decreto 3/2023). Las aguas del barranco de Chiva superaron en las tres campañas de medida los 80 mg/L, y si bien la Fuente del Pino en Titaguas y la Fuente de la Tejería en Alpuente superaron el valor máximo autorizado en tan solo una ocasión, el resto de las concentraciones encontradas no fueron menores a 35 mg/L.

Figura 6: Valores de concentración de bicarbonato (mg/L) en los puntos de muestreo.

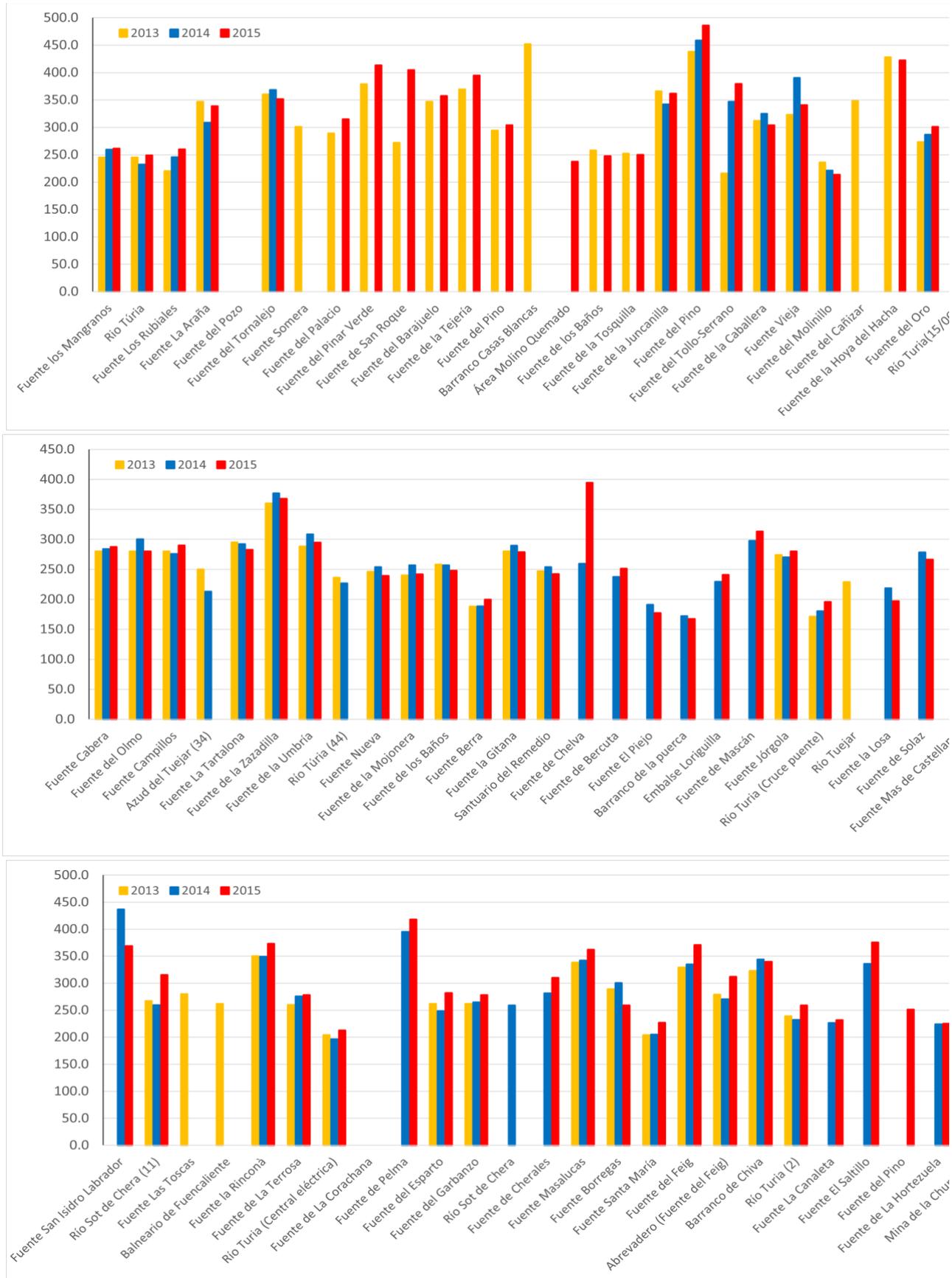


Figura 7: Valores de concentración de cloruro (mg/L) en los puntos de muestreo.



Figura 8: Valores de concentración de sulfato (mg/L) en los puntos de muestreo.

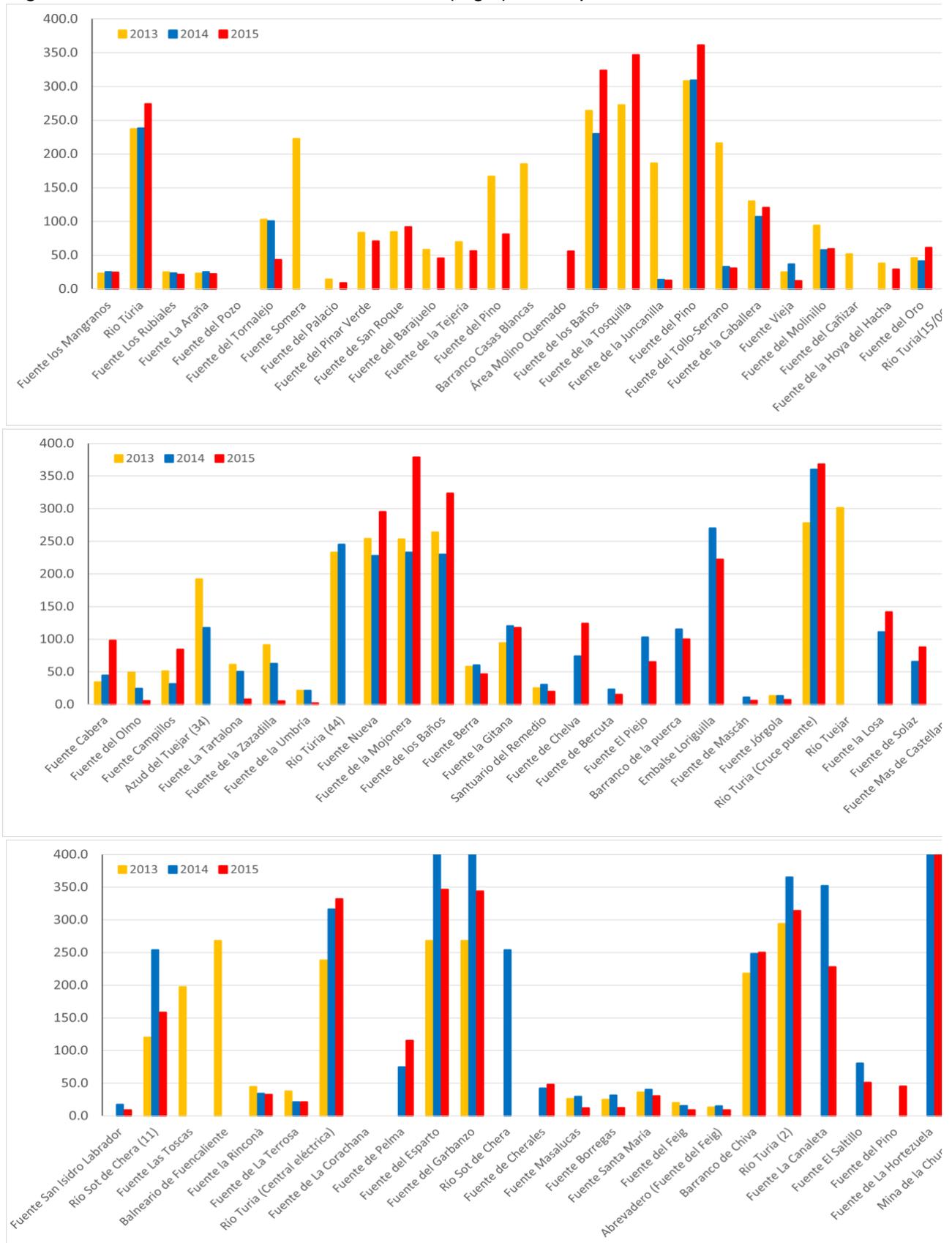


Figura 9: Valores de concentración de nitrato (mg/L) en los puntos de muestreo.



## 4.2.- Determinación de cationes.

En función de la concentración en que se encuentren en el medio, los metales se pueden clasificar como esenciales para el metabolismo de los seres vivos, o tóxicos, los cuales de momento no se han encontrado que sean necesarios para la vida. En el medio acuoso los metales se encuentran en una u otra forma química en función de los equilibrios químicos con el entorno que los rodea; equilibrios ácido-base, de precipitación, de formación de complejos o de oxidación-reducción, que harán que predominen unas especies químicas respecto de otras. Por otra parte, en función de la concentración presente en las aguas se pueden clasificar en elementos mayoritarios o elementos traza.

En cada una de las aguas analizadas se han determinado 24 elementos metálicos, por las técnicas atómicas multielementales de plasma acoplado inductivamente en sus dos versiones, detección por espectroscopía de emisión atómica (ICP-OES), o detección por espectrometría de masas (ICP-MS)

### 4.2.1.- Determinación de cationes mayoritarios: calcio, magnesio, sodio, potasio.

Los valores de referencia en las aguas, indicados en el Real Decreto 3/2023, establecen unas concentraciones de 100 mg/L, 30 mg/L y 10 mg/L para el calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), respectivamente. Estos elementos no son tóxicos y en la legislación no se indican valores máximos permitidos. Si bien es cierto que, concentraciones elevadas de Ca y Mg hacen que las aguas sean muy duras y presenten inconvenientes para las instalaciones y canalizaciones de distribución. El cuarto elemento mayoritario presente en las aguas es el sodio (Na), y en este caso, sí se establece un índice de calidad para las aguas dulces de 200 mg/L, con un valor de no aptitud si se alcanzan los 600 mg/L.

En la Figura 10 se presentan los valores de concentración del ion calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) de las tres campañas en los puntos de muestreo. Se puede observar que todas las aguas tienen una mineralización importante de calcio ( $> 40$  mg/L) y muchos de los puntos de muestreo sobrepasan el nivel de referencia de 100 mg/L, llegando incluso a triplicar en 2014 (365 mg/L) y quintuplicar en 2015 (510 mg/L) este nivel en la Fuente de la Hortezueta (Bugarra).

Los valores de concentración del ion magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) se muestran en la Figura 11. Como es habitual en las aguas continentales, la concentración de magnesio es menor a la del calcio, encontrándose los valores entre 2 y 112 mg/L. Como se puede observar en la Figura 11, también en muchos de los puntos de muestreo las concentraciones encontradas sobrepasan el nivel de referencia de 30 mg/L. Son de destacar los valores muy altos, en la Fuente del Pino en Titaguas en las tres campañas de medida (alrededor de 110 mg/L), y de nuevo en la Fuente de Hortezueta en Bugarra en 2014 (102 mg/L) y en 2015 (111 mg/L).

El tercer elemento mayoritario presente en las aguas es el ion potasio ( $\text{K}^+$ ). En la Figura 12 se presentan los resultados obtenidos del análisis de las aguas. Como se puede observar, a excepción de la Fuente del Tornalejo en Aras de los Olmos, y la Fuente del Pino en Titaguas, en las tres campañas de medida, que tuvieron niveles próximos a 14 mg/L y 21 mg/L respectivamente, en el resto de los puntos de muestreo no se alcanza el nivel de referencia de 10 mg/L, encontrándose la mayoría de los puntos de medida entre 2 y 5 mg/L de potasio.

El último de los cationes mayoritarios estudiados es el sodio ( $\text{Na}^+$ ), y si bien no se considera un elemento tóxico, puede alterar la vida acuática si se encuentra en niveles elevados. Como se observa en la Figura 13 en ningún momento se ha superado el valor indicador de calidad de las aguas, establecido en 200 mg/L. En la mayor parte de los puntos de muestreo los niveles de sodio encontrados están por debajo de 20 mg/L, y las concentraciones más altas se obtuvieron en las fuentes del Esparto (86 mg/L), del Garbanzo (90 mg/L) y de las Toscas (109 mg/L).

Figura 10: Valores de concentración de calcio (mg/L) en los puntos de muestreo.



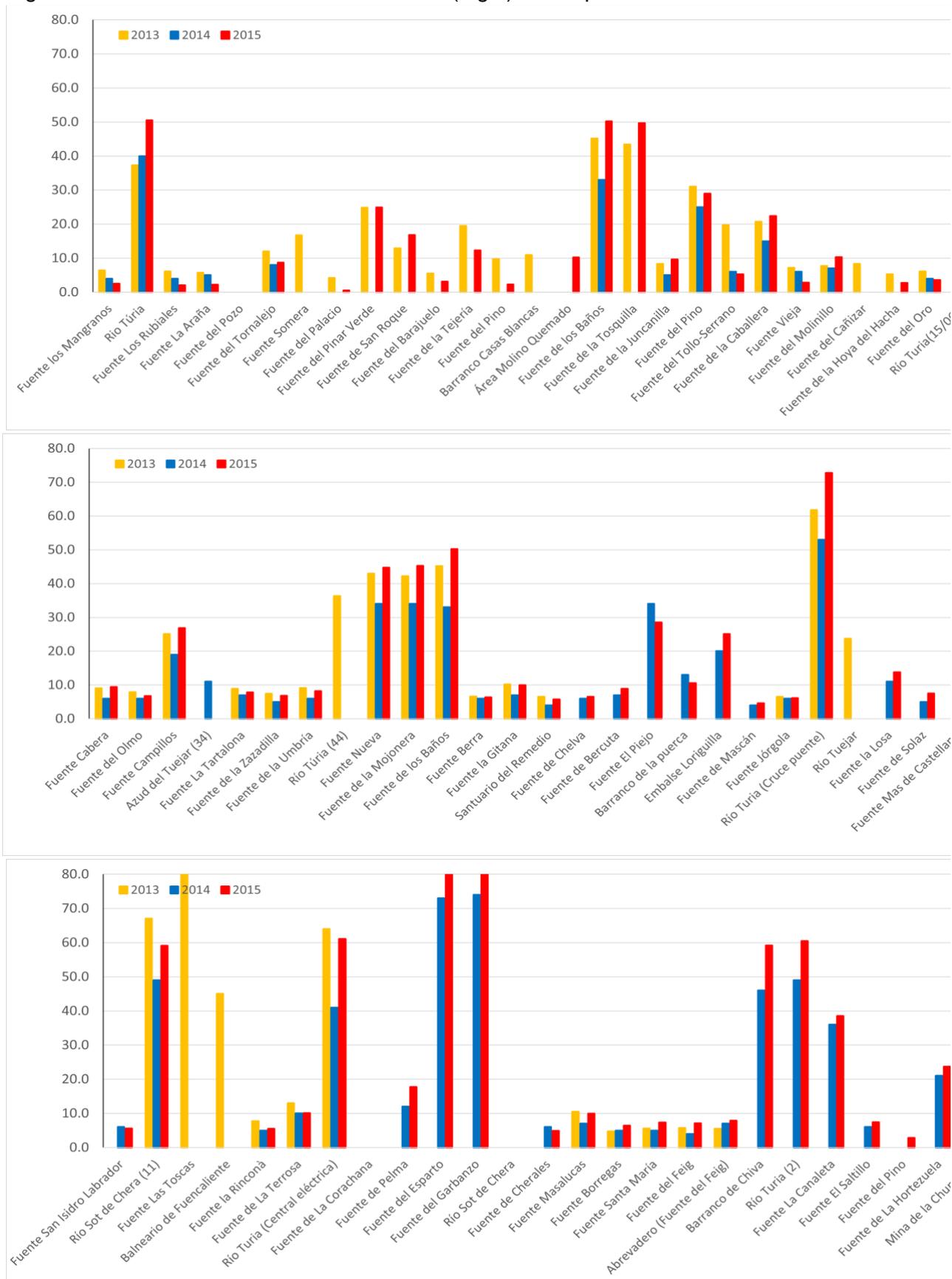
Figura 11: Valores de concentración de magnesio (mg/L) en los puntos de muestreo.



Figura 12: Valores de concentración de potasio (mg/L) en los puntos de muestreo.



Figura 13: Valores de concentración de sodio (mg/L) en los puntos de muestreo.



#### **4.2.2.- Determinación de elementos traza.**

En cada una de las aguas analizadas se han determinado además otros 20 elementos metálicos. Las concentraciones obtenidas de arsénico, cobre, bismuto, cadmio y mercurio en todas las muestras de agua analizadas han sido inferiores al límite de detección de la técnica instrumental utilizada. En cuanto al resto de elementos determinados (aluminio, boro, bario, berilio, cobalto, cromo, hierro, litio, manganeso, molibdeno, níquel, plomo, estroncio, titanio, vanadio), todos se encuentran por debajo de los límites establecidos (Real Decreto 140/2003, Real Decreto 3/2023). Tan sólo una consideración en la muestra de agua del río Turia a su paso por Tuéjar en la que se obtuvo un contenido en Pb de 13 µg/L en la campaña del 2013. En aquel momento el valor era inferior valor límite establecido de 25 µg/L en el Real Decreto 140/2003; pero con la legislación actual superaría el límite establecido de 5 µg/L.

#### **5.- Conclusiones.**

Como se ha podido observar, la concentración de los cationes y aniones mayoritarios encontrados en las tres campañas puede ser muy variable en función de la localización del punto de muestreo, pero prácticamente en la mayoría de los puntos individuales no cambian y permanecen en el mismo orden; en los que predomina claramente el bicarbonato y el calcio procedentes de la geología de los suelos y rocas por donde discurren estas aguas. Sólo en algunos parámetros y localizaciones se ha observado una diferencia apreciable en los tres años.

Tanto las concentraciones de estos compuestos, como los parámetros fisicoquímicos de pH, potencial o conductividad son los esperados, y si bien algunos resultados de potencial y de concentración de nitrato han sido anómalos, se puede considerar en general que la calidad de las aguas cumple con los requisitos establecidos en la legislación.

## 6.- Bibliografía y fuentes documentales

BOE 45 del 21 de febrero de 2003, Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

BOE 19 de 22 de enero de 2011, Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.

BOE 9 del miércoles 11 de enero de 2023, Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.

Camisa P., “Caracterización de las aguas de naturales de la Comunidad valenciana”, Trabajo Final de Grado en Química, Curso 2014-2015. Directores A. Morales-Rubio y A. Pastor.

López Tobaruela A., “Análisis de las aguas de los manantiales de la cuenca del Turia”, Trabajo Final de Grado en Química, Curso 2012-2013. Directores A. Morales-Rubio y A. Pastor.

López A., Serrano A., Pastor A., Morales-Rubio A., “Composición de las aguas de la cuenca del Turia en la provincia de Valencia”, 9th Iberian and 6th Iberoamerican Congress on Environmental Contamination Toxicology, Julio 2013, Valencia.

Morales-Rubio A., Pastor A., “Las aguas de los manantiales del Turia”, en “La Universitat de València i els seus entorns comarcals: La comarca de La Safor, La comarca de la Vall d’Albaida i L’alt Túria Valencià”, 2016, pp.204-207.

Pla López A., “Calidad de las aguas de la Comunidad Valenciana”, Trabajo Final de Grado en Química, Curso 2013-2014. Directores A. Morales-Rubio y A. Pastor, Valencia, Universitat de València.



VNIVERSITAT ID VALÈNCIA  
Vicerectorat de Projecció Territorial i Societat



BIGHISTORY  
Aras de los Olmos



Aras de los Olmos  
ayuntamiento