



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



CIENCIAS AMBIENTALES
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

FACULTAD CIENCIAS EXPERIMENTALES

GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

CURSO 2023-2024

VALORACIÓN TOXICOLÓGICA DE LA CALIDAD DE AGUAS DE CONSUMO HUMANO EN MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE ALICANTE

Autora: Miriam Gomis Valero

Tutora: Carmen Estevan Martínez

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA APLICADA

ÁREA DE TOXICOLOGÍA

COIR: TFG.GCA.CEM.MGV.231119

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 AGUA DE CONSUMO	3
1.2 NORMATIVAS AGUAS DE CONSUMO.....	5
1.3 SINAC.....	7
1.4 TOXICIDAD DE LOS COMPUESTOS	9
2 OBJETIVOS	14
3 MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 MATERIALES.....	15
3.2 MÉTODOS	16
4 RESULTADOS Y DISCUSIONES	18
4.1 PRESENCIA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN LAS AGUAS DE CONSUMO EN MUNICIPIOS DE ALICANTE.....	18
4.2 PERSISTENCIA DE LAS SUSTANCIAS EN EL TIEMPO	21
4.3 PRESENCIA DE PLAGUICIDAS EN CALPE, ALTEA, BENISA Y OLTA.	26
4.4 DISCUSIONES	27
5 CONCLUSIÓN Y PROYECCIÓN FUTURA	30
5.1 CONCLUSIÓN	30
5.2 PROYECCIÓN FUTURA.....	30
6 REFERENCIAS	31

RESUMEN

El agua dulce es un bien escaso y necesario, con un papel importante para la vida de todos los seres vivos. Sin embargo, en la actualidad encontramos grandes problemas asociados a este bien tan fundamental debido a diferentes factores como son la contaminación o la escasez de estas aguas. Por ello, es necesario llevar a cabo una buena gestión y control de ellas, garantizando así su acceso y una buena calidad.

En este TFG se analiza la información disponible sobre análisis de la calidad de las aguas de consumo humano en diferentes municipios de la provincia de Alicante y se determina la seguridad de las mismas atendiendo a parámetros físico-químicos. Esto se lleva a cabo utilizando la nueva normativa establecida en el Real Decreto 3/2023 sobre aguas de consumo, destacando algunos de los nuevos parámetros de control disponibles en los datos proporcionados por el Sistema de Información Nacional de Calidad de Agua de Consumo Humano (SINAC).

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que los parámetros analizados se mantienen estables en los puntos de muestreo y cumpliendo con la normativa, reflejando así que las aguas de consumo en estos municipios son de buena calidad y seguras para el consumo humano.

Palabras Clave: agua de consumo, sustancia, SINAC, calidad, parámetros, análisis.

Abstract

Fresh water is a scarce and necessary commodity, with an important role for the life of all living organisms. However, there are currently major problems associated with this fundamental good due to different factors such as contamination or scarcity of these waters. Therefore, it is necessary to carry out a good management and control of them, thus guaranteeing their access and a good quality.

This TFG analyses the available information on the analysis of the quality of water for human consumption in different municipalities of the province of Alicante and determines its safety according to physicochemical parameters. This is carried out using the new regulations established in Royal Decree 3/2023 on drinking water, highlighting some of the new control parameters available in the data provided by the National Information System for the Quality of Water for Human Consumption (SINAC, acronym in Spanish).

The results obtained in this study indicate that the analysed parameters remain stable at the sampling points and comply with the regulations reflecting that the drinking water in these municipalities is of good quality and safe for human consumption.

Keywords: drinking water, substance, SINAC, quality, parameters, analysis.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 AGUA DE CONSUMO

El agua dulce es un recurso limitado y su calidad está bajo presión constante. Por ello, preservar la calidad del agua dulce es importante para el abastecimiento de agua potable, la producción de alimentos y el uso de aguas recreativas (OMS, 2024).

El agua es una fuente indispensable para la vida y la salud de todos los seres vivos, por lo que su calidad está directamente relacionada con los niveles tanto de vida como sanitarios de un país. Es importante que se pueda tener acceso a agua en buenas condiciones y de forma fácil, para sus diferentes usos.

Sin embargo, pese a los avances de la sociedad, en la actualidad encontramos grandes problemas en cuanto al acceso a aguas potable en buen estado. En los países en desarrollo es una gran preocupación ya que, al no tener facilidades para obtener agua en buenas condiciones, la población puede contraer enfermedades graves como el cólera u otras enfermedades diarreicas, entre otras (OMS, 2024).

No solo encontramos estos problemas en los países en desarrollo, sino que la gran necesidad de agua y su escasez por el aumento de las poblaciones, la urbanización y los usos de ésta en sectores agrícolas, energéticos e industriales, es otra gran preocupación. Esto produce que por lo menos un mes al año, la mitad de la población mundial pase por escasez de agua y se prevé que estas situaciones aumenten ya que el cambio climático produce un aumento significativo de las temperaturas globales del planeta.

Por todo ello, las Naciones Unidas reconocieron en la Asamblea del 28 de julio de 2010 el derecho humano al abastecimiento de agua y al saneamiento. Por tanto, todas las personas tienen derecho a tener cantidades suficientes de agua salubre, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable para el uso personal y doméstico (Naciones Unidas, 2014).

La gestión del agua presenta gran complejidad, por lo que normalmente intervienen diversos agentes, como los municipios, las empresas abastecedoras, los laboratorios de control y las administraciones sanitarias. Todos ellos velan para que el suministro de agua de consumo humano sea buena calidad, sin riesgos para la salud, fácilmente accesible y en la cantidad requerida (Ministerio de Sanidad, 2024).

Consideramos como agua de consumo el agua de buena calidad salubre y limpia; es decir, cuando no contiene microorganismos patógenos ni contaminantes a niveles capaces de afectar adversamente la salud de los consumidores.

Una mala gestión de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas, puede conllevar que cientos de millones de personas beban agua contaminada por agentes biológicos o químicos.

Esta contaminación se puede producir por la incorporación de materias como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales, produciendo un deterioro en la calidad del agua y haciéndola inútil para los usos pretendidos.

El agua para consumo humano, sobre todo si procede del subsuelo, puede contener productos químicos, por el uso de plaguicidas en los campos de cultivo y cantidades elevadas de metales, como el cobre, a causa de la migración desde las tuberías de distribución.

Para que se dé la contaminación de estas aguas subterráneas, previamente se produce la contaminación de las aguas superficiales. Esta se puede deber al vertido de aguas residuales, tanto de industrias como de aguas de uso doméstico en ríos, lagos o embalses, incluso de la escorrentía de materiales contaminantes producida por las lluvias.

Para conseguir una buena calidad en las aguas de consumo, el agua pasa por una serie de tratamientos de potabilización y diversos controles sanitarios antes de ser suministrada a la población.

En la actualidad existen graves problemas con el acceso y la calidad de estas aguas, por lo que los estados miembros de las Naciones Unidas decidieron desarrollar un Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) a este respecto que se incluyó en la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Este objetivo es el número 6 titulado Agua limpia y saneamiento, en el cual el acceso al agua potable, el saneamiento y la higiene representa la necesidad humana más básica para el cuidado de la salud y el bienestar (Naciones Unidas, 2024).

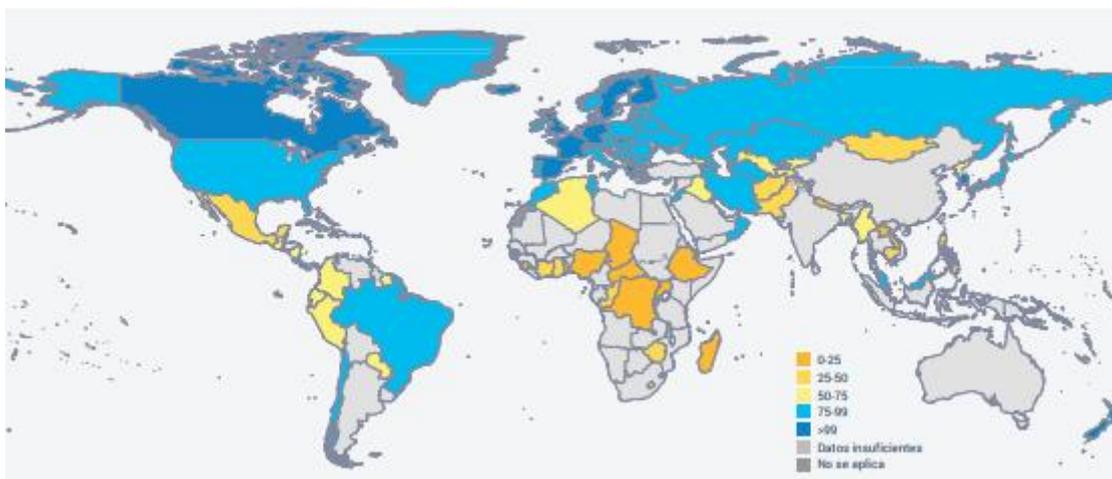


Figura 1. Proporción de la población que utilizó servicios de agua potable gestionados sin riesgos en 2020 en porcentaje (ONU-Agua, 2021).

1.2 NORMATIVAS AGUAS DE CONSUMO

La primera directiva europea sobre aguas de consumo humano con un conjunto de normas que estaban obligados a cumplir los Estados Miembros fue la Directiva 80/778/CEE. Esta Directiva produjo un gran cambio con el objetivo de mejorar la calidad de agua potable entre los países de Europa. Posteriormente se actualizó mediante la Directiva 98/83/CEE, que estuvo vigente desde el 3 de noviembre de 1998 hasta 2020.

La Directiva que se encuentra en vigor en la actualidad desde el 16 de diciembre de 2020 es la Directiva 2020/2184/UE. Esta Directiva tiene por objetivo principal proteger la salud humana mejorando la gestión del agua y reduciendo las enfermedades relacionadas con el agua. (Directiva 2020/2184 UE).

La Directiva 2020/2184/UE es un documento en el cual se plasman los requerimientos mínimos a los que tienen que ceñirse las aguas de consumo a nivel de la Unión Europea. Además, sirve de orientación para los Estados Miembros en cuanto a las medidas de actuación frente al acceso y calidad de las aguas, ya que este protocolo es el punto de partida para las elaboraciones de las leyes necesarias para cada país perteneciente de la Unión Europea.

A diferencia de la directiva europea anterior, el nuevo reglamento excluye otros tipos de aguas como las aguas minerales y las destinadas a medicamento, que se han incorporado a otra directiva diferente. Además, tiene como objetivo intentar solucionar el problema de acceso a aguas de consumo de los grupos marginados y revisar los listados de valores paramétricos entre otros cambios. También se proporciona una mayor información sobre las aguas de consumo a los consumidores. En el caso de que hubiera un incumplimiento de la normativa, tiene una mayor flexibilidad ante la reparación de incumplimientos.

Siguiendo las directrices de esta Directiva y considerando las adaptaciones necesarias en cada país, en el caso de España, se publicó en el Boletín Oficial del Estado el Real Decreto 3/2023 del 10 de enero de 2023 por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.

Esta normativa establece el marco jurídico para proteger la salud humana de los efectos adversos de cualquier contaminación del agua de consumo al garantizar que sea salubre y limpia (Real Decreto 3/2023).

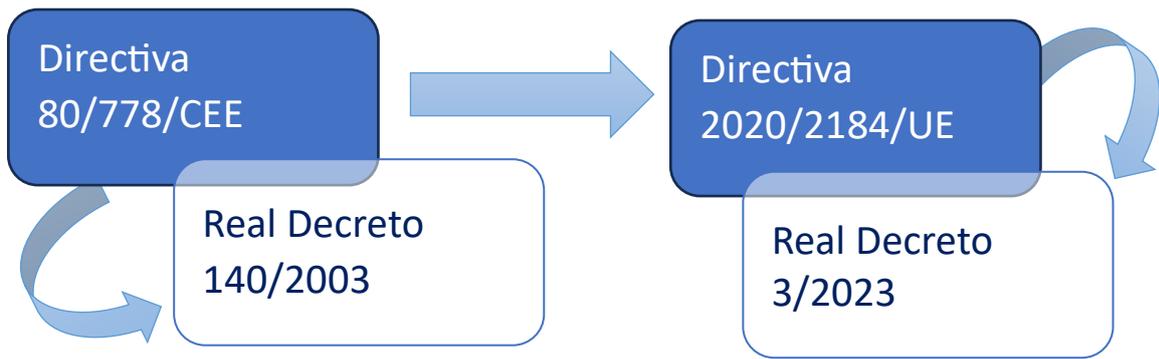


Figura 2. Esquema de las Directivas y de los Reales Decretos sobre las aguas de consumo.

Como se puede observar en la Figura 2, mientras que se encontraba vigente la Directiva 98/83/CE para la Unión Europea, en España se desarrolló el Real Decreto 140/2003. La entrada en vigor en la Unión Europea la de Directiva 2020/2184/UE y en España del actual Real Decreto 3/2023 derogaron la normativa previa sobre aguas de consumo.



1.3 SINAC

Uno de los objetivos del RD 3/2023 es el incremento de transparencia y de información al ciudadano sobre las aguas de consumo. Para la concienciación sobre el uso y la calidad de las aguas, siguiendo lo estipulado en la Directiva 2020/ 2184 sobre acercar al ciudadano a la información sobre las aguas de consumo, el Ministerio de Sanidad elaboró el Sistema de Información Nacional de Calidad de Agua de Consumo Humano (SINAC, 2024).

Este sistema se estableció en 2003 y desde entonces se gestiona por el Ministerio de Sanidad. Al comienzo se basaba en los requerimientos del Real Decreto 140/2003 y en la Orden SCO/1591/2005, de 30 de mayo sobre el SINAC, mantenido así informados a los consumidores con datos actualizados sobre la calidad del agua de cada localidad.

Tras la entrada en vigor del actual Real Decreto 3/2023 se realizaron importantes cambios en el acceso a la Información al ciudadano que permiten ver o descargar boletines analíticos oficiales notificados por los diferentes operadores y/o administraciones públicas responsables del agua suministrada a la población en el punto de entrega al usuario (red de distribución de agua) (SINAC, 2024).

Pese a que la página web está gestionada por el Ministerio de Sanidad, la responsabilidad de la carga de la información en el SINAC compete a los municipios, tanto si realizan gestión directa o a través de empresas concesionarias. La vigilancia sanitaria de que se cumpla correctamente la carga de información en el SINAC es competencia de las Comunidades Autónomas (SINAC, 2024).

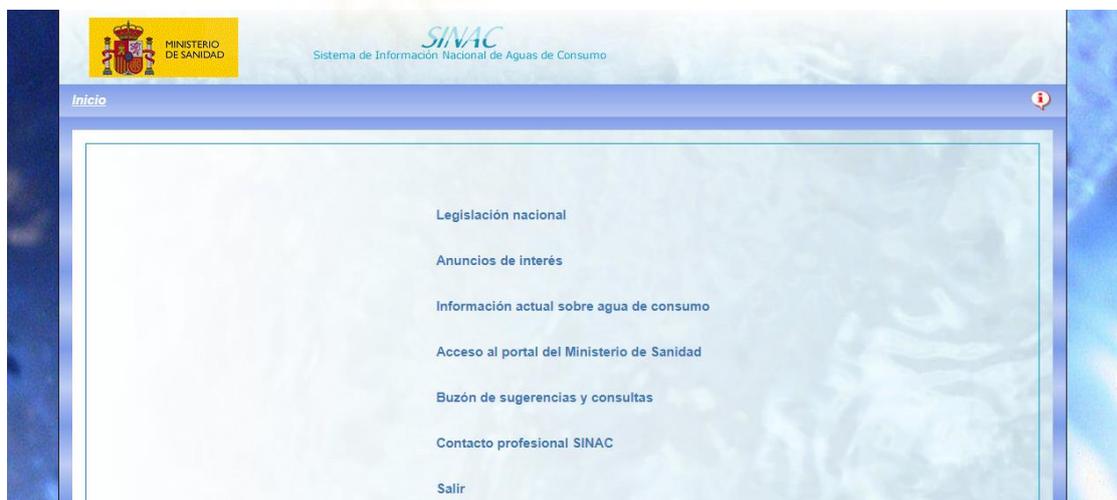


Figura 3. Pestaña de inicio del SINAC.

Como se puede observar en la figura 3, al acceder como ciudadanos a esta página existe diferentes apartados en función de la información a la que deseemos acceder, pudiendo acceder directamente a la legislación actual o a la web del ministerio, hasta acceder a los datos actuales sobre las aguas de consumo de cada zona o poder contactar con profesionales.

Dentro de esta web, encontramos diferentes análisis en los cuales se analizan distintas sustancias físicas, químicas y biológicas escogidas por la aparición de ellas tanto en la Directiva de la UE como en el Real Decreto 3/2023.



1.4 TOXICIDAD DE LOS COMPUESTOS

En este trabajo se han escogido tanto sustancias que aparecen en anteriores ediciones de la normativa de aguas de consumo y siguen apareciendo, como sustancias que se han incorporado nuevas en el Real Decreto 3/2023 vigente en la actualidad.

Las sustancias que hemos seleccionado para nuestro análisis son una pequeña parte de todas las indicadas en la normativa.

- **Cianuro:**

El cianuro es un compuesto que puede estar presente en el planeta tanto en forma gaseosa como líquida siendo producido por algunas bacterias, hongos y algas, además de por algunos alimentos. Además, es un compuesto químico utilizado por los humanos en procesos de minería, fumigación de barcos y de algunos alimentos en cámaras de vacío, entre otros.

Al ser un compuesto tan corriente en la naturaleza, puede producirse exposición humana a éste. Los efectos a la exposición aguda de altos niveles de cianuro pueden producir daños en los sistemas cardiovascular, respiratorio, nervioso central y endocrino, siendo los más afectados el sistema nervioso central y el corazón.

Como se ha mencionado anteriormente es una sustancia cuya exposición en altas dosis supone un riesgo para la salud por lo que su valor paramétrico límite en aguas de consumo indicado en la legislación es de 50 µg/L.

- **Plomo:**

El plomo es un metal utilizado comúnmente para soldar tuberías de agua por lo que se pueden encontrar disoluciones de este metal en las aguas de consumo. Este no es su único uso, ya que es muy empleado en la industria para la soldadura o la fabricación de baterías, cubiertas de cable, tuberías y municiones, entre otros.

Este compuesto es tóxico por ingesta e inhalación de polvo o humo, por lo que su exposición crónica ocasiona daños permanentes en el cerebro y el sistema nervioso en adultos, mientras que en niños afecta al sistema nervioso en desarrollo. Esta sustancia no solo afecta a los humanos, sino que también se considera una sustancia tóxica para los organismos acuáticos.

Por todo ello, el valor límite en aguas de consumo establecido es de 5 µg/L.

- **Hierro:**

El hierro es un metal presente en ciertos minerales, en la mayoría de los suelos y las aguas minerales. Su exposición en cantidades elevadas puede causar efectos negativos a la salud, a pesar de ser fundamental para la producción de hemoglobina en nuestro organismo. Por tanto, esta sustancia no solo puede producir daños a la salud por un consumo en exceso, si no que su déficit también puede desencadenar otros efectos.

La sobreexposición al hierro por vía oral puede producir daño hepático, mientras que la exposición por vía respiratoria de hierro en polvo, puede producir asma ocupacional.

Por todo ello, es necesario tener un control de su exposición y en el caso de las aguas de consumo, su valor límite es de 200 µg/L.

- **Cobre:**

Naturalmente el cobre es un metal presente en el medio ambiente y necesario para las funciones biológicas de animales y plantas. Habitualmente es utilizado en la fabricación de alambre, tuberías y grifos, láminas de metal.

Además, es un compuesto utilizado en agricultura para la producción de plaguicidas y para tratar enfermedades en diferentes plantas, como el mildiú en las parras de uva. También es utilizado como conservante para materiales como la madera, cuero y telas, a la vez que para el tratamiento de aguas.

Al ser un compuesto que encontramos en la naturaleza se puede encontrar a altas concentraciones en aguas potables u otras fuentes ambientales. La ingesta también puede producirse al cocinar alimentos en utensilios de cocina que contienen cobre. Esto puede conllevar a una exposición elevada provocando daños en el hígado y en los riñones.

En el caso del cobre, su valor límite en aguas de consumo es de 2 mg/L.

- **Bisfenol A:**

El bisfenol A es un sólido incoloro que se utiliza en la síntesis de plásticos comerciales de uso cotidiano, incluidos policarbonatos y resinas epoxi utilizadas en el revestimiento de las latas de alimentos. Además, se utiliza como retardante de llama en los incendios y anteriormente se utilizaba como fungicida.

Esta sustancia tiene una toxicidad aguda baja. Su toxicidad fundamental se debe a su potencial de imitar a las hormonas del propio cuerpo, siendo un disruptor endocrino. Además, se relaciona con incrementos en la incidencia del cáncer de mama y ovarios.

Por ello, su valor límite en aguas de consumo es de 2,5 µg/L.

- **PFAS:**

Las sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS) son un grupo de productos químicos fabricados por el ser humano que contienen enlaces carbono-fluor con una gran resistencia a la degradación. Por ello, son altamente persistentes en el medio ambiente y en el cuerpo humano ya que pueden acumularse con el paso del tiempo. Además, tienen una gran facilidad para moverse por el medio ambiente.

En la actualidad, estas sustancias son muy utilizadas por lo que se pueden encontrar en múltiples sectores como el procesado alimentario, la industria textil o la fabricación de material sanitario. Los productos en los que más se utilizan son plaguicidas, pinturas, champús, sartenes, envases de plástico y espumas antiincendios.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) ha determinado que hay evidencia de que son potencialmente carcinógenos en los seres humanos y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha clasificado al ácido perfluorooctanoico (PFOA) como posible carcinógeno en los seres humanos. Las personas con mayor exposición a elevados niveles de éstos podrían tener mayor riesgo de cáncer de riñón o de testículos.

Al considerarse como contaminantes de preocupación emergente, el control de la presencia de estas sustancias en el agua de consumo se ha introducido recientemente en los análisis de aguas de consumo. La presencia de 4 PFAS se debe controlar desde el 2 de enero de 2024 con un valor paramétrico límite de 0.07 µg/L para cada uno de ellos. Este valor se deberá cumplir no más tarde del 2 de enero de 2025. Por sus características y los problemas que conllevan, los análisis de control de las aguas de consumo van a ir incorporando más sustancias pertenecientes a este grupo en los próximos años.

- **Plaguicidas:**

Se considera como plaguicida a todo insecticida orgánico; herbicida orgánico; fungicida orgánico; nematocida orgánico; acaricida orgánico; algicida orgánico; rodenticida orgánico; slimicida orgánico; productos relacionados y sus metabolitos (Real Decreto 3/2023).

En la actualidad el uso de plaguicidas es muy común, ya que se utilizan en agricultura para prevenir enfermedades e infecciones, es decir, para mantener los cultivos en buen estado. Además, también se utilizan para el control de plagas no vegetales como insectos y ratones.

Por todos sus usos, estos plaguicidas pueden llegar hasta las aguas de consumo mediante escorrentía, filtración o lixiviación de fuentes puntuales o difusas contaminando así los acuíferos. Su consumo por la contaminación del agua podría producir efectos adversos para la salud de las personas por lo que es necesario el control de estos y su valor límite es de 0,10 µg/L en el caso de plaguicidas individuales o 0,50 µg/L en el caso de la suma de todos los plaguicidas.

- **Nitrito**

El nitrito es una especie iónica natural que forma parte del ciclo de nitrógeno de la tierra (Resumen de Salud Pública: Nitrato y Nitrito (Nitrate/Nitrite) | PHS | ATSDR, s. f.-b). Por lo general se encuentra en el medio ambiente de forma soluble en agua, junto con otros iones. En la naturaleza, se produce por la descomposición de plantas y heces de animales, además de producirse por algunas bacterias. Esta especie iónica tiene la capacidad de disolverse en ambientes acuáticos.

La exposición a esta especie iónica se da principalmente por la ingesta de agua contaminada a través del uso de fertilizantes en la agricultura y la ingesta de alimentos que lo contienen, por ejemplo, las lechugas o las espinacas. Esta contaminación se da por la escorrentía de las aguas de lluvia en las zonas agrícolas.

En cuanto a los efectos adversos que produce la exposición a nitrito en los alimentos, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) tiene evidencia limitada de carcinogenicidad con un aumento en el cáncer de estómago, mientras que su efecto principal al medioambiente es la eutrofización en el medio acuático.

En el caso del nitrito el valor límite en aguas de consumo es de 0,50 mg/L.

- **Dureza:**

Se considera dureza en el agua de consumo la concentración de minerales presentes en una determinada cantidad de agua, especialmente sales de magnesio y calcio. Dependiendo de la zona en la que nos encontramos se pueden dar cuatro tipos de agua en función de la dureza. Según la OMS, estas son: agua blanda si la concentración de CaCO₃ es entre 0 y 60 mg/L, agua moderadamente dura la comprendida entre 61 y 120 mg/L, agua dura entre 121 y 180 mg/L y finalmente, agua muy dura a partir de 180 mg/L.

Las aguas con una mayor dureza no tienen efectos adversos para el cuerpo humano. Sin embargo, pueden dar lugar al deterioro de tuberías o incrustaciones en las redes de distribución de aguas y en las plantas de tratamiento de aguas. Además, pueden provocar daños en algunos electrodomésticos de los hogares que utilicen esas aguas.

Pese a ello, su valor límite en aguas de consumo es de 500 mg/L.

- **Magnesio:**

Este elemento se encuentra en gran cantidad en la hidrosfera, formando parte de algunos minerales como es el caso de la dolomita. El magnesio se incorpora a los organismos por una gran variedad de alimentos cotidianos como algunas frutas, verdura y frutos secos.

Este metal juega un papel importante en nuestro organismo ya que es un cofactor enzimático de gran relevancia en algunos procesos metabólicos y es un sintetizador de ARN, ADN y proteína, entre otras. Al igual que el hierro, su presencia debe ser controlada, ya que su déficit y su exceso pueden desencadenar daños en la salud.

En el ámbito de las aguas de consumo, es necesario su control ya que, junto al calcio, tienen la capacidad de cambiar la dureza del agua. Además, el exceso en gran medida de magnesio en el organismo puede llegar a provocar un aumento en el ritmo cardíaco irregular hasta un paro cardíaco. Su valor límite en aguas de consumo es de 30 mg/L.



2 OBJETIVOS

- Objetivo general

Analizar la calidad de las aguas de consumo humano en diferentes puntos de muestreo de la provincia de Alicante. Para ello, se identifican los análisis disponibles en el Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo y se realiza una valoración toxicológica de los mismos.

- Objetivos específicos

- Comparación de los análisis de control y completos disponibles en municipios de la provincia de Alicante con la nueva normativa del Real Decreto 3/2023.
- Comprobar el cumplimiento de la normativa sobre el control de dos sustancias incorporadas en 2024 al listado de parámetros de evaluación, siendo estas el Bisfenol A y los PFAS.
- Realizar un análisis temporal de la presencia de plaguicidas en las aguas de consumo de municipios específicos.



3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

El Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo (SINAC) es un sistema de información sanitario que recoge datos sobre las características de los abastecimientos y la calidad del agua de consumo humano que se suministra a la población residente en España (Ministerio de Sanidad, 2024).

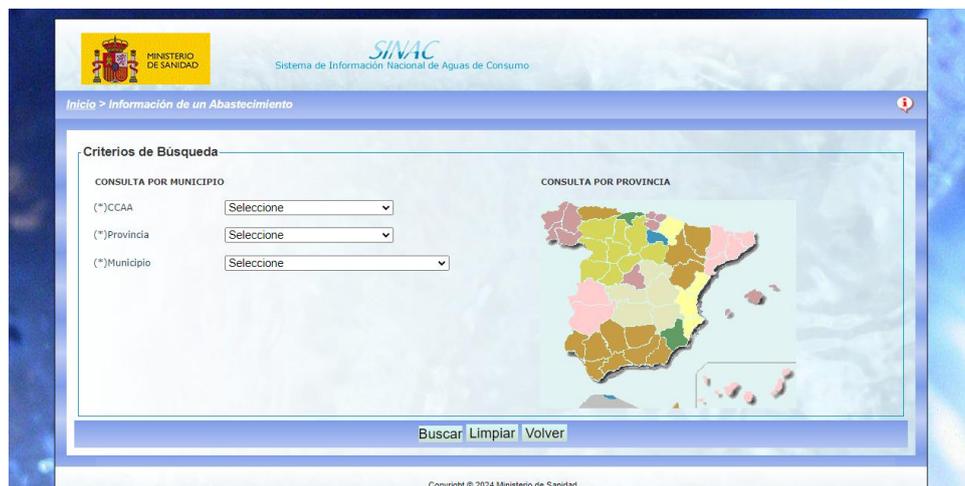


Figura 4. Criterios de búsqueda sobre las zonas de abastecimiento.

En él se plasman diferentes tipos de análisis que determinan la calidad del agua de abastecimiento. Estos análisis son los análisis de control, análisis completos y análisis de radiactividad. Junto a las características de abastecimiento, toda esta información se encuentra en la aplicación web del SINAC a la que el ciudadano tiene acceso y puede acceder libremente.

La información que podemos encontrar en los análisis se actualiza a lo largo del año y dependiendo del tipo de análisis se muestran una mayor o menor cantidad de estos. En el caso de los tipos de análisis en los que se centra este trabajo, están publicados los últimos cinco boletines de análisis completo de la red de distribución, mientras que para los análisis de control se publican los diez últimos boletines de la red de distribución, ya que estos se realizan con mayor frecuencia que los análisis de control.

El análisis de control tiene por objeto facilitar al operador y a la autoridad sanitaria información sobre la calidad organoléptica y microbiológica del agua de consumo, así como información sobre la eficacia del tratamiento de potabilización (Real Decreto 3/2023).

En este caso, los puntos de muestreo para realizar estos análisis son la salida de ETAP o salida del depósito de cabecera, la salida de depósito de regulación o distribución, la red de distribución y la salida de la cisterna.

El análisis completo tiene por objeto facilitar al operador y a la autoridad sanitaria la información necesaria para determinar el cumplimiento de los valores paramétricos de todos los indicadores de esta normativa (Real Decreto 3/2023).

Este tipo de análisis toma como punto de muestreo los mismos lugares que para los análisis de control exceptuando en la salida de la cisterna, de los que solo se toman muestras en los análisis completos.

El SINAC permite encontrar toda esta información con facilidad ya que está separada entre las diferentes provincias del país y dentro de ello, entre los diferentes municipios.

3.2 MÉTODOS

Las localidades seleccionadas para analizar la información de los análisis de calidad de aguas para el consumo se han seleccionado en función de diferentes parámetros.

Estos parámetros son principalmente la localización, el número de habitantes suministrados, proximidad a otros municipios y si se trata de una zona industrial o agrícola. Además, se encuentran en ellos los diferentes campus de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

En el caso de la localización podemos diferenciar las zonas costeras o zonas de montaña. Las zonas próximas al mar elegidas son los municipios de Jávea, Calpe, Benidorm, Altea y San Juan. Por otro lado, como zonas de montaña se han elegido Banyeres de Mariola y Alcoy.

Como grandes ciudades de la provincia se han seleccionado los municipios de Alicante y Elche, también catalogadas como zonas industriales, como Banyeres de Mariola y Alcoy. En cuanto a las zonas con gran influencia agrícola, se han seleccionado Catral, Orihuela y Benisa.

Por otro lado, se han elegido las localidades de Benisa y Altea por su cercanía a la zona de Calpe, ya que los análisis completos de esta localización muestran la presencia de plaguicidas. Esto permitió realizar una comprobación de se trataba de presencia en una zona puntual o también se encontraban en otros municipios cercanos.

El SINAC divide los municipios en función de la población abastecida, agrupando a los municipios de más de 5000 habitantes y, por otro lado, los menores de 5000 habitantes como se muestra en la figura 5. En este trabajo, se han elegido municipios con más de 5000 habitantes porque en éstos se realizan análisis con mayor frecuencia que en el caso de los municipios con menos habitantes.



Figura 5. División de los municipios en el SINAC.

Por otro lado, las sustancias de estudio en este TFG se han seleccionado en función de diferentes características. En el RD 3/2023 se han incorporado nuevas una gran variedad de sustancias físicas, químicas, biológicas y radioactivas al listado de parámetros a evaluar. En este trabajo se han escogido dos sustancias químicas recién incorporadas a la normativa, siendo estas el Bisfenol A y los PFAS.

El cobre, el hierro y el plomo son metales que pueden estar presentes en las tuberías de los hogares y por tanto son objeto de interés.

La presencia de nitrito en el agua es indicadora de contaminación de carácter fecal reciente. Además, los plaguicidas se seleccionaron ya se ha estudiado la calidad de las aguas en zonas agrícolas y estos se utilizados, pudiendo pasar a los acuíferos. El cianuro se ha escogido ya que, durante la asignatura de calidad y seguridad de aguas, se realizó un trabajo sobre esta sustancia y se ha querido profundizar en su conocimiento.

En cuanto a la dureza y el magnesio, son parámetros de caracterización de las aguas, por lo que, a diferencia de otras sustancias, no se han seleccionado por su toxicidad, sino para determinar la calidad general del agua de consumo.

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 PRESENCIA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN LAS AGUAS DE CONSUMO EN MUNICIPIOS DE ALICANTE.

En las tablas siguientes, se observan los datos recogidos de diferentes municipios seleccionados de la provincia de Alicante. En la tabla 1 se encuentran los valores de diversas sustancias que están directamente relacionados con la caracterización de las aguas, es decir, las sustancias que facilitan las características generales del agua. Mientras, en la tabla 2 se muestran las sustancias químicas que establecen los valores límites con criterios toxicológicos. Además, en el municipio de Benisa se han recogido los datos de dos localizaciones, una siendo el núcleo urbano y la otra correspondiente a la partida Olta de este municipio.

La tabla 1 muestra algunos de los parámetros que caracterizan el agua. Se puede destacar la presencia de nitritos tanto en Calpe y Altea como en la partida Olta de Benisa, con valores lejanos a los valores límites permitidos. Respecto al parámetro de dureza, Catral y Benidorm tienen los valores más alto. En el caso de Benidorm es el que se encuentra más próximo al valor límite. También destaca el caso de San Juan, que muestra el valor más bajo en cuanto a dureza.

El magnesio se ha detectado en varias localidades, cerca del límite, pero sin sobrepasarlo, siendo estas Altea y Elche. El lugar donde se encuentra el valor más elevado es en Catral, donde se supera el valor límite. La zona con menor cantidad de magnesio es San Juan, con un valor nulo.

Además, cabe destacar que en esta primera tabla se presentan diferentes fechas de análisis de dureza, magnesio y nitritos. Esta última sustancia se encuentra en los análisis completos mientras que la dureza y el magnesio aparecen en un apartado independiente destinado a las características del agua.

Tabla 1. Parámetros que caracterizan el agua en los últimos análisis realizados en diferentes municipios de la provincia de Alicante.

	Valor límite del RD	Alicante	Elche	Orihuela	San Juan	Banyeres de Mariola	Alcoy	Calpe	Jávea	Pego	Catral	Benidorm	Benisa Olta	Altea
		22/11/ 2023	25/07/ 2023	19/12/ 2023	12/03/ 2024	03/04/2024	13/11/ 2023	05/09 /2023	15/02/ 2023	18/04/ 2023	07/11/ 2023	06/09/ 2023	20/04/ 2023	07/11/ 2023
Nitritos (mg/L)	0,50	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0,03	0,02
		07/05/ 2024	06/05/ 2024	10/10/ 2023	12/03/ 2023	21/02/ 2024	04/03/ 2024	02/04 /2024	04/03/ 2024	05/03/ 2024	07/11/ 2023	03/04/ 2024	20/04/ 2023	04/12/ 2023
Dureza (mg/L)	500	141	259	93	43	170	233	170	193	195	314	354	170	160
Magnesio (mg/L)	30	12	24	9	0	2	23	10	8	13	37	16	5	7

Tabla 2. Presencia de sustancias químicas en las aguas de consumo en los municipios seleccionados de la provincia de Alicante.

	Valor límite del RD	Alicante	Elche	Orihuela	San Juan	Banyeres de Mariola	Alcoy	Calpe	Jávea	Pego	Catral	Benidorm	Benisa Ota	Altea
Plaguicidas totales (µg/L)	0,50	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0,37	0,02
Cianuro (µg/L)	50	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	5
Plomo (µg/L)	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Hierro (µg/L)	200	7	0	0	15	0	0	20	0	0	0	0	20	13
Cobre (mg/L)	2	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1
Bisfenol A (µg/L)	2,5	0	Sin datos	0	0	0	Sin datos	0,03	0	0,1	0	0	Sin datos	Sin datos
PFAS totales (µg/L)	0,10	0	0	0	0	0	Sin datos	0,0015	0	0	0	0	Sin datos	Sin datos

La tabla 2 muestra las localizaciones y las sustancias, seleccionadas anteriormente, pertenecientes a los últimos análisis completos de cada municipio publicados en el SINAC junto a los valores límites permitidos para las aguas de consumo. Esta tabla muestra las sustancias químicas que, si su valor supera al valor límite, pueden ser perjudiciales para la salud. Cabe destacar que en la mayoría de análisis estas sustancias no se han detectado en el agua o no hay datos de ellas, como es en el caso del Bisfenol A y los PFAS, exceptuando el caso de Calpe donde se observa la presencia de ambas y Pego donde destaca la presencia de Bisfenol A.

Tanto los PFAS como el Bisfenol A, son sustancias que se han añadido en el RD publicado en 2023 y que recoge la obligación de controlar estas sustancias como muy tarde en enero de 2024. Los PFAS son una gran familia de sustancias incorporadas recientemente en los listados de las sustancias químicas que deben ser analizadas. Actualmente se analizan cuatro de ellas, el ácido perfluorooctanoico (PFOA), el ácido perfluorooctanosulfónico (PFOS), el ácido perfluorononanoico (PFNA) y el ácido perfluorohexanosulfónico (PFHxS). A partir de enero de 2025 se tendrá que controlar la presencia de 20 sustancias de esta familia.

En cuanto a las localizaciones a destacar, tanto en la partida de Olta perteneciente a Benisa como en Calpe, se ha detectado en los últimos análisis completos realizados la presencia de todas las sustancias objeto de estudio, exceptuando el Bisfenol A y PFAS en la partida Olta.

Por otro lado, en Calpe, Altea y partida Olta se ha detectado la presencia de plaguicidas, siendo en este último lugar donde se ha registrado el valor más próximo al límite, de 0,50 µg/L, con una concentración de 0,37 µg/L. Cabe destacar que se trata de la suma total de los plaguicidas, es decir, de todos los plaguicidas individuales que están presentes en las aguas de consumo, independientemente de si su uso está permitido o no en la Unión Europea.

4.2 PERSISTENCIA DE LAS SUSTANCIAS EN EL TIEMPO

Para comprobar si la presencia de las diferentes sustancias químicas fue puntual o se repite en el tiempo, se han comprobado los 6 últimos análisis completos publicados de los lugares en las que están más presentes todas ellas, siendo estos los municipios de Calpe, Altea y Benisa.

Tabla 3. Presencia de sustancias químicas en las aguas de consumo en Calpe.

		CALPE						
	Valor límite del RD	01/09/2020	06/04/2021	06/09/2022	07/12/2022	04/04/2023	05/09/2023	02/04/2024
Plaguicidas totales (µg/L)	0,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Cianuro (µg/L)	50	5	5	5	5	5	5	5
Plomo (µg/L)	5	1	1	1	1	1	1	1
Hierro (µg/L)	200	7	4	13	4	4	4	20
Cobre (mg/L)	2	0,118	0,0080	0,108	0,0020	0,1	0,1	0,1
Bisfenol A (µg/L)	2,5	Sin datos	0,03					
PFAS totales (µg/L)	0,10	Sin datos	0,0015					

En Calpe el análisis más antiguo corresponde a septiembre de 2020, siendo este el año en el que se recogió el valor más alto de cobre en sus aguas de consumo con un valor de 0,118 mg/L sin superar el valor límite permitido, que es de 2 mg/L. Por lo contrario, el valor más bajo que se registró de cobre, fue a finales de 2022 con un valor de 0,002 mg/L. Además, en los últimos análisis se observa la presencia tanto de Bisfenol A como de PFAS con valores que no superan los límites permitidos. Cabe destacar que en los últimos análisis se han analizado 20 PFAS, no solo los 4 que se han analizado en el resto de municipios.

Pese a que las cantidades tanto de cianuro, plomo y la suma de los plaguicidas se han mantenido a lo largo del tiempo en las mismas concentraciones, se han encontrado otras sustancias como el cobre y el hierro cuyas concentraciones han sufrido variaciones en el periodo de tiempo analizado. En el caso del hierro, se observan dos ligeros aumentos, pero lejos del valor límite.

Tabla 4. Presencia de sustancias químicas en las aguas de consumo en Altea.

		ALTEA					
	Valor límite del RD	06/11/2018	05/11/2019	03/11/2020	02/11/2021	02/11/2022	07/11/2023
Plaguicidas totales (µg/L)	0,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Cianuro (µg/L)	50	5	5	5	5	5	5
Plomo (µg/L)	5	1	1	1	1	1	1
Hierro (µg/L)	200	12	2	10	9	13	13
Cobre (mg/L)	2	0,006	0,005	0,004	0,005	0,007	0,1
Bisfenol A (µg/L)	2,5	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
PFAS totales (µg/L)	0,10	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Los análisis en la zona de Altea se realizan una vez al año en el mes de noviembre por lo que se encuentran disponibles los análisis desde 2018. Lo que se observa en ellos es que se repite el mismo patrón que en Calpe, en el que no se encuentra ningún cambio en los valores de cianuro, plomo y la suma total de los plaguicidas. En cambio, sí que se observa aumentos y disminuciones en los valores de hierro y cobre, pero estos valores no se aproximan a los límites correspondientes a cada uno.

La tabla 5 corresponde al casco urbano de Benisa, donde hay análisis disponibles desde 2020. Los dos últimos análisis pertenecientes a 2023 aparecen sin datos. Es posible que se haya producido una equivocación al colocar los datos en el SINAC y que se introdujeran los resultados de los análisis de control en el lugar de los análisis completos. Por tanto, los datos de las sustancias químicas de nuestro interés no se encuentran disponibles para este periodo de tiempo.

Tabla 5. Presencia de sustancias químicas en las aguas de consumo en Benisa.

		BENISA					
	Valor límite del RD	17/04/2020	23/04/2021	29/10/2021	20/04/2023	19/09/2023	20/11/2023
Plaguicidas totales (µg/L)	0,50	0,0	0,023	0,0	0,37	Sin datos	Sin datos
Cianuro (µg/L)	50	0	0	0	5	Sin datos	Sin datos
Plomo (µg/L)	5	0	0	0	1	Sin datos	Sin datos
Hierro (µg/L)	200	80	0	0	20	Sin datos	Sin datos
Cobre (mg/L)	2	0,012	0,004	0,012	0,1	Sin datos	Sin datos
Bisfenol A (µg/L)	2,5	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
PFAS totales (µg/L)	0,10	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

En cuanto a las concentraciones de las sustancias químicas, podemos observar que, en el caso del cobre, ha aumentado su presencia en las aguas, al igual que la presencia de cianuro y plomo que anteriormente no se habían encontrado. El hierro estuvo presente en las mediciones de 2020 pero en los años posteriores no hubo presencia hasta 2023 en el que se volvió a encontrar, aunque en menor medida.

Para los plaguicidas totales se observa que en el primer análisis en 2020 no hay presencia de ningún plaguicida. El año siguiente se detectó un valor de 0,023 µg/L. Sin embargo, en un segundo análisis del mismo año, esta concentración disminuyó de nuevo hasta cero. Dos años después, se observó un aumento de la presencia de plaguicidas hasta 0,37 µg/L, siendo un valor próximo a los 0,5 µg/L permitidos. Estos cambios en los valores de los plaguicidas se ven reflejados en la Figura 6.

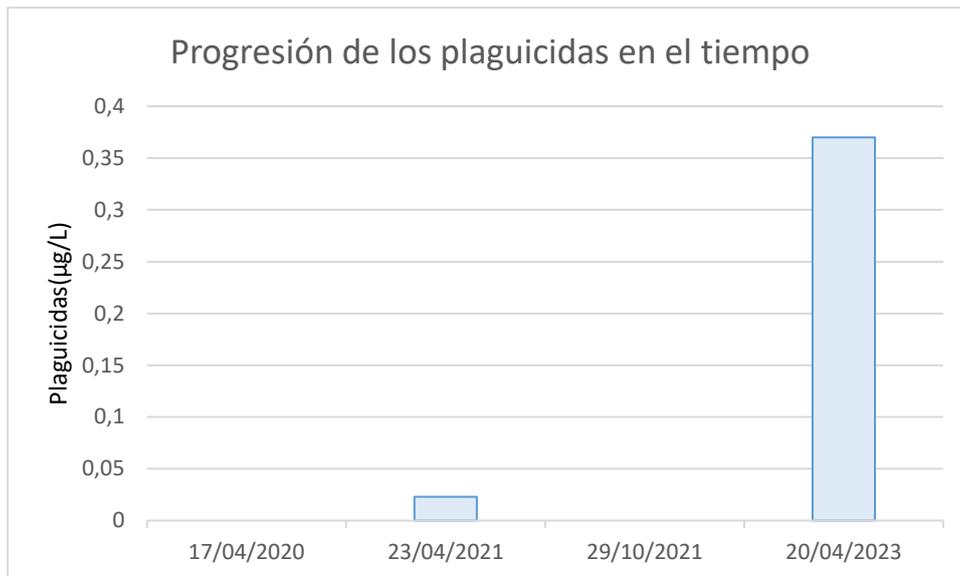


Figura 6. Progresión de los valores pertenecientes a los plaguicidas de la zona de Benisa.

Al contrario que en el casco urbano, en la Partida Olta no se detecta la inconsistencia de datos identificada en Benisa. Existen análisis disponibles desde 2018 y estos se realizan cada año. En ellos se observa que todas las sustancias químicas aparecen en diferentes periodos de tiempo, exceptuando el cobre que en los primeros análisis no aparecía, y en el análisis de 2023 llegó al valor de 0,1 µg/L.

El plomo se ha mantenido estable en 1 µg/L a lo largo de los años, al igual que el hierro que en 2018 tuvo un valor de 170 µg/L, valor muy próximo a los 200 µg/L permitido, pero en el año siguiente se redujo a 20 µg/L y se ha mantenido así hasta la actualidad.

El cianuro, pese a que en el primer análisis tenía un valor de 5 µg/L, se redujo en los años siguientes y volvió a aumentar a 5 µg/L en los últimos datos publicados. Al contrario del resto de las sustancias, la presencia de plaguicidas solo se ha registrado en los datos de 2018 y de 2023 en los cuales tenía un valor de 0,05 µg/L y de 0,37 µg/L, siendo este último un valor significativo.

Tabla 6. Presencia de sustancias químicas en las aguas de consumo en la partida Olta.

BENISA - PARTIDA OLTA							
	Valor límite del RD	12/09/2018	04/09/2019	27/10/2020	20/10/2021	19/04/2022	20/04/2023
Plaguicidas totales (µg/L)	0,50	0,05	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	0,37
Cianuro (µg/L)	50	5	2	2	2	5	5
Plomo (µg/L)	5	1	1	1	1	1	1
Hierro (µg/L)	200	170	20	20	20	20	20
Cobre (mg/L)	2	0,0	0,004	0,001	0,015	0,013	0,1
Bisfenol A (µg/L)	2,5	Sin datos					
PFAS totales (µg/L)	0,10	Sin datos					

Estos tres municipios tienen en común la ausencia de análisis de los PFAS y el Bisfenol A. Estas son sustancias químicas incorporadas en el Real Decreto 3/2023 y todavía no se han publicado análisis en 2024 para la detección de estas sustancias en las aguas de consumo. Esto cambiará a lo largo del tiempo cuando los plazos indicados en la normativa entren en vigor, lo que ocurrirá a lo largo del 2025 y 2026.

4.3 PRESENCIA DE PLAGUICIDAS EN CALPE, ALTEA, BENISA Y OLTA.

Los análisis completos registran la presencia de plaguicidas tanto de forma individual como su suma total, estando ambas limitadas por valores máximos. Los plaguicidas analizados de forma individual tienen valores máximos diferentes si su uso está o no permitido por la UE. Por ello, la tabla 7 presenta dos valores límites, siendo 0,10 µg/L el valor para los plaguicidas que se pueden utilizar, y 0,03 µg/L el valor para los plaguicidas cuyo uso no está permitido su, bien porque se encuentra prohibido o no autorizado. Además, en el caso de que estas sustancias fueran detectadas se debe avisar a la autoridad sanitaria y a la Confederación Hidrográfica correspondiente.

Tabla 7. Algunos plaguicidas encontrados en los diferentes municipios.

	Valor límite del RD	Calpe		Altea		Benisa - Olta		Benisa	
		2022	2023	2022	2023	2022	2023	2021	2023
Clorotoluron (µg/L)	0,10	0,025	0,025	0,025	0,025	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Malation (µg/L)	0,10	0,02	0,02	0,02	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Linuron (µg/L)	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Bromacilo (µg/L)	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Considerando la gran variedad de plaguicidas plasmados en los análisis completos, en este trabajo se han seleccionado clorotoluron, bromacilo, linuron y malatión. El clorotoluron y el malatión son plaguicidas cuyo uso y comercialización está aprobada en la Unión Europea, por lo que tienen como valor límite 0,10 µg/L.

A diferencia de los dos plaguicidas anteriores, el uso de linuron y el bromacilo no están permitidos, ya que no están aprobados por la Unión Europea y no se comercializan. Pese a ello, estos plaguicidas siguen presentes en las aguas de consumo, con un valor límite de 0,03 µg/L. La presencia de estos plaguicidas puede deberse a diferentes motivos, como su persistencia en el agua o en el suelo después de su uso o por el uso no autorizado de estos.

En los análisis completos más recientes tanto de Benisa como de Olta, no se han registrado datos de estos plaguicidas, con la excepción del linuron y del bromacilo en la paartida Olta. Por el contrario, en Calpe y Altea sí que se han registrado los datos de estos plaguicidas sin apreciar ningún aumento ni disminución de estas concentraciones.

4.4 DISCUSIONES

Teniendo en cuenta la actual normativa sobre el agua de consumo, el Real Decreto 3/2023 y su reciente entrada en vigor, cabe poner gran hincapié en las modificaciones y en las incorporaciones que se han realizado respecto a la anterior normativa.

El Bisfenol A y los PFAS son sustancias nuevas incorporadas en el listado de valores paramétricos químicos destinado al control de calidad de las aguas de consumo humano plasmados en la actual normativa. Por ello, se están incorporando en los últimos análisis completos ya que estas deben controlarse en el agua de consumo a partir de 2024. Como se puede observar en las tablas anteriores, en la mayoría de los municipios analizados tanto el Bisfenol A como los PFAS ya se están controlando e

incorporando datos al SINAC. Todavía se encuentran zonas de muestreo como Altea, partida Olta, Alcoy y Elche, en las que no hay datos sobre una o ambas sustancias nuevas. Es posible que la falta de datos en estas localidades se deba a que todavía no se han llevado a cabo los análisis pertinentes en el año 2024, siendo los últimos realizados en 2023. Es de esperar que en los próximos análisis completos que se realicen este año, estas sustancias sean analizadas y sus datos actualizados en el SINAC.

En el caso de los PFAS, en todas las zonas en las que hay análisis, hasta ahora se han controlado 4 sustancias de este grupo, tal como se indica en la normativa, exceptuando en Calpe donde se han analizado 20 sustancias del grupo tal como exige la normativa a partir del año 2025. Además, el valor límite establecido para ellos, deberá cumplirse a partir de 2026. Por tanto, en lo referente a estas sustancias de alta preocupación actualmente se está cumpliendo la normativa estipulada en aguas de consumo.

Por otro lado, los plaguicidas son sustancias que pueden provocar daños severos tanto a los humanos como al medioambiente, por lo que su control es muy necesario. No solo es necesario observar si estos superan o no el valor límite, si no analizar si su presencia se mantiene, reduce o aumenta en función del tiempo. La falta de datos sobre estos plaguicidas concretos en algunos municipios indica que no se sabe si hay o no en esas zonas. A diferencia de los PFAS, no hay un listado concreto de plaguicidas de los cuales se deban realizar un control, sino que se controlan los plaguicidas que se sospecha que puedan estar presentes en el agua de consumo, mediante listados de plaguicidas establecidos anualmente por las autoridades sanitarias.

En cuanto al resto de sustancias químicas presentes en el agua de consumo su presencia es en todos los casos, exceptuando en la medida de magnesio en Catral, es muy inferior al límite establecido. Un exceso de magnesio en las aguas de consumo debe ser controlado y reducido ya que una exposición prolongada en el tiempo puede producir daños a la salud. A pesar de ello, en este caso concreto la superación de su valor límite no es muy elevada por lo que su corrección se puede dar con mayor facilidad mediante un ablandamiento de las aguas por un intercambio iónico.

Además, cabe tener en cuenta que en esa zona se encuentra agua con dureza muy alta, es decir con alto contenido en calcio y magnesio, ya que estos parámetros están relacionados. Por otro lado, la presencia de magnesio es un parámetro que caracteriza el agua de consumo por lo que su exceso no implica que el agua sea calificada como no apta para el consumo humano.

La valoración toxicológica de los datos obtenidos, considerando los valores máximos permitidos en la normativa de agua de consumo humano, indica que las aguas de los municipios de la provincia de Alicante objeto de nuestro análisis son seguras para el consumo humano. En la gran mayoría de casos cumplen con la nueva normativa de aguas de consumo humano, es decir, no se superan los límites de

presencia de sustancias químicas en agua de consumo establecidos principalmente con criterios sanitarios e higiénicos. Este trabajo concluye que estas aguas son aptas para el consumo humano por el cumplimiento de los parámetros establecidos, considerando que se trata de agua salubre y limpia, permitiendo así el consumo del agua del grifo de los hogares de esta zona sin suponer un riesgo para la salud.



5 CONCLUSIÓN Y PROYECCIÓN FUTURA

5.1 CONCLUSIÓN

- Las sustancias nuevas incluidas en el Real Decreto 3/2023, PFAS y Bisfenol A, ya han empezado a controlarse en las aguas de consumo y su análisis está sujeto a un mayor control a partir de 2024.
- En el caso de los PFAS, su monitorización en aguas de consumo irá en aumento en los próximos años, incorporándose progresivamente nuevas sustancias de esa familia a los análisis de control.
- La mayoría de los niveles de los parámetros químicos estudiados en este trabajo son estables y con valores bajos siendo muy parecidos en gran parte de los municipios.
- La valoración toxicológica realizada en este trabajo indica que las aguas de consumo humano objeto de análisis son apta para el consumo humano, sin riesgo para la salud.

5.2 PROYECCIÓN FUTURA

- Revisar si se cumple con la nueva normativa respecto a los plazos de control y la incorporación de los valores obtenidos de las sustancias nuevas en aquellos municipios que todavía no han incorporado la información en el SINAC.
- En el caso de los PFAS, comprobar si en 2025 el listado de sustancias a controlar en esta familia aumenta a 20.
- Continuar con el análisis temporal de la presencia de todas las sustancias objeto de este estudio.
- Comprobar la persistencia en el agua de consumo de los plaguicidas cuyo uso ya no está autorizado en los municipios en los que se han analizado.
- Evaluar la incorporación de otras sustancias químicas, biológicas y radiactivos incorporadas al Real Decreto 3/2023.

6 REFERENCIAS

Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. (2023, 9 noviembre). *Plaguicidas*. <https://www.efsa.europa.eu/es/topics/topic/pesticides>

BOE.es - DOUE-L-1998-82174 Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. (s. f.). <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1998-82174>

BOE.es - DOUE-L-2020-81947 Directiva (UE) 2020/2184 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2020 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (versión refundida). (s. f.). <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2020-81947>

BOE-A-2003-3596 Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. (s. f.). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-3596>

BOE-A-2023-628 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. (2023, 10 enero). <https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/01/10/3/con>

EU Pesticides Database. (s. f.). Food Safety. https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en

Impacto de los nitratos y pesticidas en el uso y calidad de las aguas. (s. f.). Ministerio Para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-nitratos-pesticidas/impacto-calidad-agua.html#:~:text=Llegan%20al%20medio%20acu%C3%A1tico%20a,de%20fuentes%20puntuales%20o%20difusas>.

Información básica sobre PFAS | US EPA. (2024, 13 marzo). US EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-pfas>

Julián-Soto, F. (2010). La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 11(2), 167-177. Recuperado en 29 de mayo de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432010000200004&lng=es&tlng=es.

Ministerio de Sanidad - Profesionales - Salud ambiental y laboral - Calidad de las aguas - Agua de consumo humano. (s. f.).

<https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/consumoHumano.htm>

Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social - Profesionales - Salud Pública - Sanidad ambiental y laboral - Calidad de las Aguas. (s. f.).

https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/Info_SINAC.htm#:~:text=El%20Sistema%20de%20Informaci%C3%B3n%20Nacional,la%20poblaci%C3%B3n%20residente%20en%20Espa%C3%B1a.

Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social - Profesionales - Salud ambiental y laboral - Calidad de las aguas - Agua de consumo humano - Preguntas más frecuentes. (s. f.).

<https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/preguntasFrec.htm>

Moran, M. (2023, 13 septiembre). *La Agenda para el Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>

Moran, M. (2024, 26 enero). *Agua y saneamiento - Desarrollo Sostenible*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for CID 768, *Hydrogen Cyanide*. Retrieved April 22, 2024 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hydrogen-Cyanide>.

National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for CID 5352425, *Lead*. Retrieved April 22, 2024 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lead>.

National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for CID 23925, *Iron*. Retrieved April 22, 2024 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Iron>.

National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for CID 23978, *Copper*. Retrieved April 22, 2024 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Copper>.

National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for CID 6623, *Bisphenol A*. Retrieved April 22, 2024 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bisphenol-A>.

National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for CID 5462224, *Magnesium*. Retrieved May 6, 2024 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Magnesium>.

Office of Dietary Supplements - *Magnesio*. (s. f.). <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Magnesium-DatosEnEspanol/#:~:text=El%20alto%20consumo%20de%20magnesio,card%C3%ADaco%20irregular%20y%20paro%20card%C3%ADaco>.

OMS. *Folleto informativo n°35: El derecho al agua*. ISSN 1014-5613. <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>

ONU-Agua, 2021: *Resumen actualizado de 2021 sobre los progresos en el ODS 6: agua y saneamiento para todos*. Versión: julio de 2021. Ginebra, Suiza. https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021_SP.pdf

Resumen de Salud Pública: Nitrato y nitrito (Nitrate/Nitrite) | PHS | ATSDR. (s. f.). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs204.html#bookmark1

SINAC - *Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo*. (s. f.-b). <https://sinac.sanidad.gob.es/CiudadanoWeb/ciudadano/inicioCiudadanoAction.do>

World Health Organization: WHO. (2023, 13 septiembre). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Zamora, J. R. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Pensamiento Actual*, 9(12), 125-134. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5897932>