

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

NIVELES DE PLOMO Y OTROS METALES EN AGUA DE CONSUMO EN LAS INSTALACIONES INTERIORES DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS EN LA CIUDAD DE ZARAGOZA

Elisa Paúl Fantova

Licenciada en Veterinaria

**Máster en Salud Pública
Diciembre 2014**

**Directora: M^a Carmen Olalla Ginovés
Farmacéutica de Administración Sanitaria**

**Sección de Sanidad Ambiental
Servicio de Seguridad Alimentaria, Salud Ambiental y Coordinación
Dirección General de Salud Pública**

AGRADECIMIENTOS

A Carmen Olalla por su apoyo, orientación y ayuda durante la realización de este trabajo. A Luisa Gavín y el Instituto Aragonés de Estadística por la información facilitada en cuanto a la antigüedad de los edificios en la ciudad de Zaragoza.

ÍNDICE

1. Resumen.....	5
2. Introducción.....	6
2.1. Metales en agua de consumo: Niveles permitidos y efectos para la salud	
2.1.1. Cobre	
2.1.2. Cromo	
2.1.3. Hierro	
2.1.4. Níquel	
2.1.5. Plomo	
2.2. Antecedentes y justificación	
2.3. Objetivos	
3. Material y Método.....	22
3.1. Fuentes de datos	
3.2. Ámbito geográfico del estudio	
3.3. Tamaño de la muestra y criterios de exclusión	
3.4. Método	
3.5. Análisis estadístico	
3.6. Consideraciones éticas	
4. Resultados.....	37
4.1. Niveles de cobre, cromo, hierro, níquel y plomo	
4.2. Distritos	
4.3. Década de construcción de los edificios	
4.4. Tipo de punto de muestreo y Uso de la instalación	
4.5. Diferencias en los niveles de metales según Distrito, Década de Construcción, Uso de la instalación y Tipo de punto de muestreo	
5. Discusión.....	53
6. Conclusiones.....	57
7. Bibliografía.....	58
8. Anexos.....	60

ABREVIATURAS:

ADHD: Trastorno por déficit de atención con hiperactividad

ASPB: Agencia de Salud Pública de Barcelona

ATSDR: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, Estados Unidos

EFSA: Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria

EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

ETAP: Estación de tratamiento de agua potable

IAEST: Instituto Aragonés de Estadística

IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer

IPCS: Programa Internacional de Seguridad Química, OMS

JECFA: Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios

LC: Límite de Cuantificación

MIDTP: Máxima Ingesta Diaria Tolerable Provisional

NOEL: Niveles Sin Efecto Observable

OMS: Organización Mundial de la Salud

PTWI: (ISTP) Ingesta Semanal Tolerable Provisional

RDT: Random Day Time

SINAC: Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo

UE: Unión Europea

1. RESUMEN

INTRODUCCIÓN:

Hasta los años 70, era común utilizar tuberías de plomo en instalaciones interiores y conexiones de las líneas de servicio (acometidas) que llevaban el agua desde las instalaciones públicas de agua a las viviendas. El mal estado o deficiente mantenimiento de las instalaciones interiores puede dar lugar a la cesión de plomo y otros metales al agua de consumo. Desde el punto de vista de protección de la salud, el plomo es una sustancia tóxica y el agua del grifo se encuentra entre los productos más contaminados por el plomo en Europa.

El objetivo principal de este estudio es analizar los niveles de plomo, cobre, cromo, níquel y hierro en agua de consumo, que puedan proceder de la cesión de las instalaciones interiores de edificios y viviendas en la ciudad de Zaragoza, así como valorar si existe relación entre los niveles de metales con la antigüedad de los edificios y otras variables como el tipo de punto de muestreo, uso de la instalación y distrito de la ciudad en el que se toma la muestra.

MATERIAL Y MÉTODO:

Se realiza un estudio observacional descriptivo de los niveles de plomo, cobre, cromo, níquel y hierro en el agua de consumo de Instalaciones Interiores en la ciudad de Zaragoza en los últimos tres años (2012-2014), a partir de los resultados de las muestras tomadas en el control del agua en el grifo del consumidor. Además, se incluyen otras variables como son década de construcción de la instalación, uso de la Instalación y tipo de punto de muestreo.

RESULTADOS:

Se incluyeron en el estudio un total de 400 Boletines Analíticos correspondientes al control del agua en grifo en la ciudad de Zaragoza. No se ha superado el valor paramétrico (nivel máximo permitido) en ningún caso para los niveles de cobre, cromo, hierro, níquel y plomo. Más del 65% de los Boletines Analíticos corresponden a muestras que fueron tomadas en 4 de los 10 distritos de Zaragoza incluidos en el estudio. El 60,3% (184) de los Boletines Analíticos corresponden a muestras que fueron tomadas en edificios construidos a partir de 1970.

No se puede afirmar que los niveles de cobre, cromo, hierro, níquel o plomo sean diferentes entre los distintos distritos del estudio ($p>0,05$). Los niveles de plomo y níquel presentan diferencias estadísticamente significativas entre las muestras que proceden de grifo y las que proceden de grifo de depósito/aljibe ($p<0,05$). Encontramos una intensidad débil en la asociación entre los niveles de níquel y la década de construcción de los edificios estadísticamente significativa ($p<0,05$), en cuanto al cobre, cromo, hierro y plomo no se ha encontrado asociación estadísticamente significativa entre los niveles de metales y la década de construcción del edificio.

CONCLUSIONES:

Ninguna muestra de cobre, cromo, hierro, níquel o plomo supera el valor paramétrico. El problema de la existencia de tuberías de plomo y la cesión de plomo y otros metales al agua de consumo en los edificios de la ciudad de Zaragoza aparentemente es residual. Sin embargo, sería interesante llevar a cabo un estudio con muestreo selectivo en edificios más antiguos y/o con mayor presencia de muestras procedentes de distritos más desfavorecidos para poder valorar esta problemática.

Palabras clave: AGUA, METALES, PLOMO, INSTALACIONES INTERIORES, ZARAGOZA.

2. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la inmensa mayoría de actividades económicas: es irreemplazable, no ampliable por la mera voluntad del hombre, irregular en su forma de presentarse en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos. En España, las necesidades biológicas y domésticas en las poblaciones se satisfacen conjuntamente por medio de la red de abastecimiento público. Estas necesidades se plantean en el doble aspecto de cantidad y calidad del agua.

El agua puede suponer una fuente de exposición a contaminantes tanto físicos como microbiológicos que se puedan encontrar en la misma.

Las redes de distribución son las conducciones encargadas de llevar el agua de consumo humano desde las estaciones de tratamiento y potabilización del agua o los depósitos donde esta se almacena tras su potabilización hasta las acometidas de las casas o edificios. Entendemos por instalación interior el conjunto de tuberías, depósitos, conexiones y aparatos instalados tras la acometida y la llave de paso correspondiente que enlaza con la red de distribución. El control de la calidad del agua en España viene regulado por el Real Decreto 140/2003, en el cual se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.¹ El control de la calidad del agua de consumo engloba los siguientes aspectos:

- Autocontrol del agua de consumo humano, que corresponde a la empresa u organismo abastecedor. Deben efectuar los siguientes tipos de análisis:
 - Examen organoléptico: consiste en la valoración de las características organolépticas del agua de consumo humano en base al olor, sabor, color y turbidez.
 - Análisis de control: tiene por objeto facilitar al gestor y a la autoridad sanitaria la información sobre la calidad organoléptica y microbiológica del agua de consumo humano, así como la información sobre la eficacia del tratamiento de potabilización.
 - Análisis completo: tiene como objeto facilitar al gestor y a la autoridad sanitaria la información para determinar si el agua de consumo humano distribuida respeta o no los valores paramétricos definidos en el Real Decreto 140/2003.¹
- Vigilancia sanitaria, que debe ser efectuada por las autoridades sanitarias de la Comunidad Autónoma.
- Control del agua en el grifo del consumidor, que es responsabilidad de las autoridades municipales, en nuestro estudio el Ayuntamiento de Zaragoza. Debe tomar las medidas necesarias para garantizar la realización del control de agua en grifo del consumidor. De cualquier forma, aunque el control del agua de grifo lo realice la autoridad municipal, los propietarios de los inmuebles son responsables de mantener la instalación interior a efectos de evitar

modificaciones de la calidad del agua desde la acometida hasta el grifo. Los parámetros a controlar en grifo del consumidor son:

- Olor, sabor, color, turbidez, conductividad, pH, amonio.
- Bacterias coliformes y E. coli.
- Cobre, níquel, cromo, hierro, plomo u otro parámetro cuando se sospeche que la instalación tiene este tipo de material instalado.
- Cloro libre residual y/o cloro combinado residual.

Los materiales en contacto con agua de consumo humano incluyen todo producto de construcción, de revestimiento o utilizado en los procesos de montaje de las captaciones, conducciones, ETAPs (Estación de tratamiento de agua potable), redes de abastecimiento y distribución, depósitos, cisternas e instalaciones interiores que estén situadas desde la captación al grifo del consumidor. Estos materiales no deben transmitir al agua sustancias o propiedades que contaminen o empeoren la calidad del agua procedente de la captación¹. Sin embargo, estos materiales, bien por ellos mismos o por el desgaste, mal mantenimiento o las prácticas de la instalación, pueden llegar a transmitir al agua sustancias o propiedades que contaminen o empeoren su calidad, así un agua apta para el consumo en la acometida de la red puede que al salir por nuestros grifos constituya un riesgo para nuestra salud.

En el muestreo de las instalaciones interiores que realizan los ayuntamientos en campañas periódicas, se debe priorizar a aquellos edificios construidos con anterioridad a 1980, con especial atención a la determinación de aquellos parámetros relacionados con materiales instalados en las instalaciones interiores y aquellos relacionados con su mal mantenimiento que puedan suponer un riesgo para la salud².

Hasta los años 70, era común utilizar tuberías de plomo en el interior de las casas y en las conexiones de las líneas de servicio (acometidas) que llevaban el agua desde las instalaciones públicas de agua a las viviendas. Más tarde, las tuberías de hierro y cobre reemplazaron a las de plomo en la mayoría de las zonas residenciales. En instalaciones antiguas se encuentran todavía hoy tuberías de plomo o tramos de las mismas que no han sido sustituidos, material que actualmente está prohibido utilizar debido a la problemática que presenta en cuanto a la cesión de metal al agua.

2.1. METALES EN AGUA DE CONSUMO: NIVELES PERMITIDOS Y EFECTOS PARA LA SALUD

La contaminación del agua potable por metales y metaloides puede producirse a lo largo de la cadena de suministro desde la 'fuente hasta el grifo' debido a las aguas residuales industriales, fuentes naturales, tratamientos químicos del agua, tuberías de agua de la red de abastecimiento y las tuberías domésticas.

Todos los sistemas de abastecimiento de agua en el mundo son susceptibles de padecer problemas derivados de la cesión de uno más metales o metaloides, muchos de los cuales tienen efectos negativos para la salud. El problema radica en las deficiencias de control y monitoreo.²

A continuación se detallan para cinco de los metales de mayor relevancia analizados en los análisis de "control del agua en el grifo del consumidor" (cobre, cromo, hierro, níquel y plomo), los niveles permitidos en el agua de consumo en España, así como los efectos para la salud.

2.1.1. COBRE:

El cobre es un nutriente esencial y, al mismo tiempo, un contaminante del agua de consumo. Tiene muchos usos comerciales: se utiliza para fabricar tuberías, válvulas y accesorios de fontanería, así como en aleaciones y revestimientos. En ocasiones se añade sulfato de cobre pentahidratado a las aguas superficiales para el control de algas. Las concentraciones de cobre en el agua de consumo varían mucho, y la fuente principal más frecuente es la corrosión de tuberías de cobre interiores. Las concentraciones suelen ser bajas en muestras de agua corriente o que se ha dejado correr prolongadamente, mientras que en muestras de agua retenida o que se ha dejado correr poco tiempo son más variables y suelen ser considerablemente más altas (con frecuencia >1 mg/l). La concentración de cobre en el agua tratada suele aumentar durante su distribución, sobre todo en sistemas con pH ácido o en aguas con concentración alta de carbonato, con pH alcalino. Las fuentes principales de exposición al cobre en los países desarrollados son los alimentos y el agua. El consumo de agua retenida o que se ha dejado correr poco tiempo de sistemas de distribución con tuberías o accesorios de cobre puede hacer aumentar considerablemente la exposición diaria total al cobre, especialmente en lactantes alimentados con leche maternizada en polvo reconstituida con agua de grifo. El Cobre es un elemento esencial para la salud humana.³

El valor guía de la OMS en su última revisión para agua de consumo humano es de 2 mg/L.³

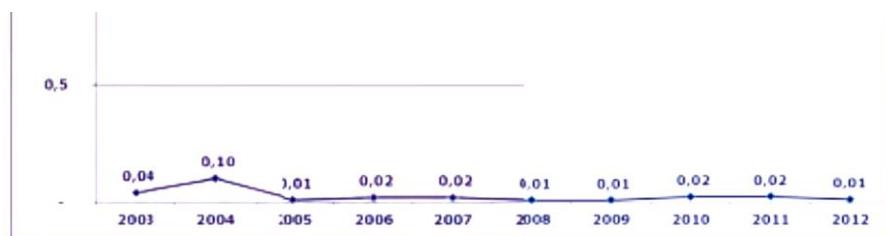
En la legislación vigente pertenece al grupo de los parámetros químicos. Es obligatorio su control en los análisis completos y de control de grifo. El valor

paramétrico (el nivel máximo o mínimo fijado para cada uno de los parámetros a controlar) es de 2 mg/L.¹

Los alimentos y el agua son las principales fuentes de exposición al cobre en los países desarrollados. En los casos de exposición a largo plazo en adultos sanos en la dieta a dosis de 1-10 mg /día no se detectaron efectos adversos aparentes.⁴

En España, de acuerdo con el último “Informe técnico de calidad del agua de consumo humano”,⁴ en el año 2012 el porcentaje de determinaciones conformes con la legislación vigente fue del 99,98%(Anexo I). Los valores cuantificados han oscilado entre 0 y 23,8 mg/L, con una media nacional de 0,01 mg/L.⁴

Se observa una tendencia descendente de la media del valor cuantificado de cobre en agua en España en los últimos años.⁴



Efectos del cobre para la salud:

Todo el mundo debe absorber pequeñas cantidades de cobre diariamente debido a que el cobre es esencial para la salud. Los niveles altos de cobre pueden ser dañinos. La inhalación de niveles altos de cobre puede producir irritación de la nariz y la garganta. La ingestión de niveles altos de cobre puede producir náuseas, vómitos y diarrea. Cantidades muy altas de cobre pueden dañar el hígado y los riñones y pueden aun causar la muerte⁵.

El IPCS (Programa Internacional de Seguridad Química de la OMS) concluyó que el límite máximo aceptable de ingesta por vía oral para adultos resulta dudoso, pero es probable que sea del orden de varios miligramos al día (más de 2 ó 3, pero no muchos). Esta evaluación se basó únicamente en estudios sobre los efectos gastrointestinales del agua de consumo contaminada con cobre. Se consideró que los datos disponibles de toxicidad en animales no eran de utilidad para establecer el límite máximo aceptable de ingesta por vía oral, debido a la incertidumbre sobre el modelo adecuado para el ser humano, aunque se tuvieron en cuenta para determinar un modo de acción de la respuesta. Los datos sobre los efectos gastrointestinales del cobre deben emplearse con precaución, ya que la concentración del cobre ingerido influye más en los efectos observados que la masa total o dosis ingerida durante 24 horas. En estudios recientes se ha definido el umbral de concentración de cobre en el agua de consumo que produce efectos sobre el aparato digestivo, pero todavía hay ciertas dudas respecto a los efectos del cobre a largo plazo en poblaciones sensibles, como los portadores del gen de la enfermedad de Wilson o los afectados por otros trastornos metabólicos de la homeostasis del cobre.³

2.1.2. CROMO:

El Cromo es una sustancia muy extendida por la corteza terrestre, se presenta con valencias desde +2 hasta +6. Es potencialmente peligroso para la salud el cromo hexavalente.⁴

El valor guía provisional de la OMS en su última revisión para agua de consumo humano es de 50 µg/L, el valor es provisional debido a incertidumbres sobre conclusiones toxicológicas.³

En la legislación vigente pertenece al grupo de los parámetros químicos. Su control es obligatorio en el análisis completo y está recomendado en el control en grifo por la presencia de cromados en la grifería.⁴ El valor paramétrico es de 50 µg/L.¹

Al igual que para el cobre, se observa una tendencia decreciente del valor medio cuantificado en agua en España en el año 2012.⁴

En España, de acuerdo con el último “Informe técnico de calidad del agua de consumo humano”, en el año 2012 el porcentaje de determinaciones conformes con la legislación vigente fue del 100% (Anexo I). Los valores cuantificados han oscilado entre 0 y 50 µg/L, con una media nacional de 0,41 µg/L.⁴

Efectos del cromo para la salud:

En un estudio de carcinogenia a largo plazo en ratas a las que se suministró cromo (III) por vía oral no se observó ningún aumento de la incidencia de tumores. En ratas, el cromo (VI) es cancerígeno por inhalación, pero los escasos datos disponibles no son indicativos de capacidad cancerígena por vía oral.³

En estudios epidemiológicos se ha determinado una asociación entre la exposición por inhalación al cromo (VI) y el cáncer de pulmón. La IARC ha clasificado el cromo (VI) en el Grupo 1 (cancerígeno para el ser humano) y el cromo (III) en el Grupo 3. Los compuestos de cromo (VI) muestran actividad en una amplia diversidad de pruebas de genotoxicidad in vitro e in vivo, pero los compuestos de cromo (III) no muestran dicha actividad.^{3,6}

Antecedentes de la determinación del valor de referencia de la OMS:

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 recomendaron una concentración máxima admisible de cromo (hexavalente) de 0,05 mg/l, basándose en los posibles efectos perjudiciales para la salud. Este valor se mantuvo en las Normas internacionales de 1963. El cromo no se evaluó en las Normas internacionales de 1971. En la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, se mantuvo el valor de referencia de 0,05 mg/l, y se especificó que se refería al cromo total debido a la dificultad de analizar únicamente la forma hexavalente. Las Guías de 1993 pusieron en duda el valor de referencia de 0,05 mg/l debido a la capacidad cancerígena del cromo hexavalente por inhalación y a su genotoxicidad, pero los datos toxicológicos disponibles no justificaban la determinación

de un nuevo valor de referencia. Como medida práctica se mantuvo como valor de referencia provisional 0,05 mg/l —una concentración que se considera que es poco probable que implique riesgos significativos para la salud— hasta que se disponga de información nueva y el cromo pueda ser evaluado de nuevo.³

2.1.3. HIERRO:

El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0,5 a 50 mg/l. También puede haber hierro en el agua de consumo debido a la utilización de coagulantes de hierro o a la corrosión de tuberías de acero o hierro colado durante la distribución del agua.³

El hierro es un elemento esencial en la nutrición humana. Las necesidades diarias mínimas de este elemento varían en función de la edad, el sexo, el estado físico y la biodisponibilidad del hierro, y oscilan entre 10 y 50 mg/día.³

En 1983, el JECFA estableció una MIDTP de 0,8 mg/kg de peso corporal para prevenir la acumulación excesiva de hierro en el organismo, aplicable al hierro de todas las fuentes excepto a los óxidos de hierro utilizados como colorantes y a los complementos de hierro que se toman durante el embarazo y la lactancia o por necesidades clínicas concretas. Si se asigna un 10% de la MIDTP al agua de consumo, se obtiene un valor de unos 2 mg/l, que no supone un peligro para la salud. A concentraciones inferiores se verán afectados generalmente el sabor y aspecto del agua de consumo.³

Desde la OMS, no se propone ningún valor de referencia para el hierro en el agua de consumo.³

El Hierro es un parámetro del grupo de los indicadores. Su control es obligatorio en el análisis completo. También en el análisis de control si se utiliza como floculante en el tratamiento de potabilización y en el análisis de grifo si se sospecha que las tuberías de la instalación interior son de este material.¹

En España, el valor paramétrico es de 200 µg/L.¹ El valor recomendado para calificar un agua como no apta para el consumo humano es de 600,0 µg/L. Durante el año 2012, el porcentaje de determinaciones conformes con la legislación vigente fue del 99,24%. Los valores cuantificados han oscilado entre 0 y 6.795 µg/L con una media nacional de 16,91 µg/L.⁴

Efectos del hierro para la salud:

En las Guías de la OMS de 1993 no se propuso ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el hierro en el agua de consumo, pero se mencionó que puede calcularse un valor de unos 2 mg/l a partir de la MIDTP establecida por la JECFA en 1983 para prevenir la acumulación excesiva de hierro en el organismo.³

2.1.4. NIQUEL:

El níquel se utiliza principalmente en la producción de acero inoxidable y de aleaciones de níquel. Los alimentos son la principal fuente de exposición al níquel en personas no fumadoras y no expuestas al níquel por motivos laborales; la contribución del agua a la ingesta diaria total por vía oral es poco importante. No obstante, en lugares con gran contaminación, en zonas con movilización de níquel de origen natural en aguas subterráneas o donde se utilizan ciertos tipos de recipientes para hervir agua, materiales no resistentes en pozos o agua que haya estado en contacto con grifos recubiertos de níquel o cromo, la contribución del agua a la ingesta de níquel podría ser significativa.³

El valor guía de la OMS en su última revisión para agua de consumo humano es de 70 µg/L.⁴

En la legislación vigente pertenece al grupo de los parámetros químicos. Es obligatorio su control en los análisis completos y de grifo. El valor paramétrico es de 20 µg/L.¹

En España, de acuerdo con el último “Informe técnico de calidad del agua de consumo humano”, en el año 2012 el porcentaje de determinaciones conformes con la legislación vigente fue del 99,92% (Anexo I). Los valores cuantificados han oscilado entre 0 y 351 µg/L, con una media nacional de 0,59 µg/L.⁴

Efectos del níquel para la salud:

La IARC concluyó que la inhalación de compuestos de níquel es cancerígena para el ser humano (Grupo 1) y que el níquel metálico es posiblemente cancerígeno (Grupo 2B). Sin embargo, no hay pruebas sobre el riesgo de carcinogenia derivado de la exposición al níquel por vía oral.³

En un estudio de toxicidad para la función reproductora bien realizado en dos generaciones de ratas a las que se administró níquel mediante alimentación forzada, se observó una NOEL evidente en las ratas adultas y sus crías para todos los criterios de valoración analizados, incluidas la integridad y la actividad del aparato reproductor de machos y hembras, el crecimiento y desarrollo de las crías y la mortalidad embrionaria y perinatal. Se pudo determinar un valor de toxicidad general de 130 µg/l a partir de dicho. No obstante, este valor de toxicidad general podría no ofrecer la suficiente protección a las personas sensibles al níquel, en las que una provocación oral con una dosis suficientemente alta de níquel produce una reacción eccematosa.³

La dermatitis alérgica de contacto es el efecto más frecuente de la exposición al níquel en la población general. Por contacto, el níquel es un alérgeno importante, y se cree que una elevada ingesta de níquel podría agravar la clínica dermatológica en personas previamente sensibilizadas. El efecto adverso más común de la exposición al níquel en seres humanos es una reacción alérgica. Aproximadamente entre un 10% y 15% de la población es sensible al níquel. Las personas pueden sensibilizarse al

níquel cuando hay contacto directo prolongado de la piel con joyas u otros artículos que contienen níquel.^{3,7}

2.1.5. PLOMO:

El plomo se utiliza principalmente en soldaduras, aleaciones y baterías de plomo. Además, los compuestos de plomo orgánicos tetraetilo y tetrametilo de plomo se han utilizado también mucho como agentes lubricantes y antidetonantes en la gasolina, aunque en muchos países se está abandonando su uso para estos fines. Debido a la disminución del uso de aditivos con plomo en la gasolina y de soldaduras con plomo en la industria alimentaria sus concentraciones en el aire y los alimentos están disminuyendo, y es mayor la proporción de la ingesta por el agua de consumo respecto de la ingesta total.³

El plomo que se encuentra en el agua de grifo rara vez procede de la disolución de fuentes naturales, sino que proviene principalmente de instalaciones de fontanería domésticas que contienen plomo en las tuberías, las soldaduras, los accesorios o las conexiones de servicio a las casas. La cantidad de plomo que se disuelve de las instalaciones de fontanería depende de varios factores como el pH, la temperatura, la dureza del agua y el tiempo de permanencia del agua en la instalación. El plomo es más soluble en aguas blandas y ácidas.³

El valor guía de la OMS en su última revisión para agua de consumo humano es de 10 µg/L.³

En la legislación vigente pertenece al grupo de los parámetros químicos. Es obligatorio su control en los análisis completos y de control de grifo.¹

El valor paramétrico era de 25 µg/L hasta final de diciembre de 2013. En el año 2014 pasó a tener un valor de 10 µg/L.¹ En los últimos 15 años el valor paramétrico ha sido reducido de 50 µg/l a 10 µg/l, se definió un periodo de transición de 15 años para permitir la sustitución de las redes de distribución construidas en plomo.

En España, durante el año 2012, el porcentaje de determinaciones conformes con la legislación vigente fue del 99,90%. (Anexo I) Sin embargo, este dato se ha tomado teniendo en cuenta la legislación vigente que había en el año 2012. A partir del 1 de Enero de 2014 el valor paramétrico del plomo pasó de 25 µg/L a 10 µg/L. Teniendo en cuenta este límite, el porcentaje de determinaciones conformes habría sido de 97,92%. Los valores cuantificados han oscilado entre 0 y 151 µg/L, con una media nacional de 0,7 µg/L.⁴

Efectos del plomo para la salud:

En el ser humano, puede producirse transferencia de plomo a través de la placenta ya desde la duodécima semana de gestación y continuar durante todo el desarrollo. Los niños de corta edad absorben 4 o 5 veces más plomo que los adultos y

la semivida biológica del plomo puede ser considerablemente más alta en los niños que en los adultos.^{3,8}

El plomo es una sustancia tóxica general que se acumula en el esqueleto. Los lactantes, los niños de hasta 6 años y las mujeres embarazadas son las personas más vulnerables a sus efectos adversos para la salud. En niños con concentraciones sanguíneas de plomo de tan sólo 5 µg/dl se ha observado inhibición de la actividad de la δ-aminolevulínico-deshidratasa (porfobilinógeno-sintasa, una de las enzimas principales que intervienen en la biosíntesis del grupo hemo), aunque no se ha asociado ningún efecto adverso a su inhibición en estas concentraciones.³

El plomo también interfiere con el metabolismo del calcio, tanto directamente como por interferencia con el metabolismo de la vitamina D. Estos efectos se han observado en niños con concentraciones sanguíneas de plomo de 12 a 120 µg/dl y no hay pruebas de que exista un umbral.³

El plomo es tóxico tanto para el sistema nervioso central como para el periférico e induce efectos neurológicos extraencefálicos y efectos conductuales. Se han comprobado mediante métodos electrofisiológicos efectos sobre el sistema nervioso central en niños con concentraciones sanguíneas de plomo mucho menores que 30 µg/dl. En conjunto, las pruebas obtenidas en estudios epidemiológicos transversales indican que hay asociaciones estadísticamente significativas entre concentraciones sanguíneas de plomo de 30 µg/dl o mayores y una disminución de unos cuatro puntos en el cociente intelectual de los niños.³

Los resultados de estudios epidemiológicos prospectivos (longitudinales) sugieren que la exposición prenatal al plomo puede tener efectos precoces en el desarrollo mental que no persisten hasta los cuatro años de edad. Investigaciones realizadas en primates apoyan los resultados de los estudios epidemiológicos, ya que se han observado efectos significativos conductuales y cognitivos tras exposiciones posnatales que ocasionaron concentraciones sanguíneas de plomo de 11 a 33 µg/dl.³

En el caso de los niños, existe una gran evidencia que asocia un decremento en el desempeño del coeficiente intelectual y otros efectos neuropsicológicos con la exposición al plomo. Existe también evidencia de que el desorden de déficit de atención e hiperactividad (ADHD) y la discapacidad auditiva en los niños aumenta al subir los niveles de plomo en sangre, y de que la exposición al plomo puede desequilibrar y dañar la función de los nervios periféricos. Algunos de los efectos neurológicos del plomo pueden persistir en adultos.⁸

En animales de experimentación expuestos a concentraciones altas de compuestos de plomo en los alimentos se han desarrollado tumores renales, y la IARC ha clasificado el plomo y los compuestos inorgánicos de plomo en el Grupo 2B (posiblemente cancerígenos para el ser humano). No obstante, hay pruebas de estudios en personas de que pueden producirse efectos neurotóxicos adversos distintos del cáncer con concentraciones de plomo muy bajas, y un valor de referencia basado en estos otros efectos también protegerá de los efectos cancerígenos.^{3,8}

Antecedentes de la determinación del valor de referencia

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 recomendaron una concentración máxima admisible de plomo de 0,1 mg/l basándose en sus posibles efectos perjudiciales para la salud. En las Normas internacionales de 1963 este valor se redujo a 0,05 mg/l. El límite superior provisional de concentración se aumentó a 0,1 mg/l en las Normas Internacionales de 1971 porque esta era una concentración aceptada en muchos países y se había consumido agua durante muchos años sin que se produjeran efectos adversos aparentes; además, era difícil alcanzar una concentración más baja en los países donde se usaban tuberías de plomo. La primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, recomendó un valor de referencia basado en efectos sobre la salud de 0,05 mg/l.³

En las Guías de 1993 se propuso un valor de referencia basado en efectos sobre la salud de 0,01 mg/l a partir de la ISTP establecida por el JECFA para lactantes y niños, basándose en que el plomo es una sustancia tóxica acumulativa y en que no debe acumularse plomo en el organismo. Dado que los lactantes se consideran el subgrupo de población más sensible, este valor de referencia también protegerá al resto de los grupos de edad.³

En las Guías se reconoció también que **el caso del plomo es excepcional, ya que la mayoría del plomo del agua de consumo proviene de las tuberías y la solución principal es eliminar todas las tuberías y accesorios que contengan plomo**. Dado que esto exige mucho tiempo y dinero, se reconoce que no toda el agua alcanzará este valor inmediatamente. Mientras tanto, deben aplicarse todas las demás medidas prácticas que puedan reducir la exposición total al plomo, incluido el control de la corrosión. El JECFA ha examinado nuevamente el plomo y ha confirmado la PTWI calculada con anterioridad.³

METALES	Valores referencia OMS	Valores EPA	Valores paramétricos RD 140/2003
COBRE	2 mg/l	1,3 mg/l	2 mg/l
CROMO	0,05 mg/l	0,1 mg/l	0,05 mg/l
HIERRO	--	--	0,2 mg/l
NIQUEL	0,07 mg/l	0,1 mg/l	0,02 mg/l
PLOMO	0,01 mg/l	0,015 mg/l	0,01 mg/l

Tabla resumen: Valores de referencia de la OMS, niveles máximos de la EPA y valores paramétricos según Real Decreto 140/2003 para los cinco metales del estudio.

2.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Dado que las instalaciones interiores pueden ser un punto de contaminación del agua suponiendo un riesgo para la salud, en este trabajo nos vamos a centrar en el estudio de los niveles de metales en el grifo del consumidor, concretamente los que establece la legislación: el cobre, cromo, hierro, níquel y plomo.

Se entiende por instalación interior el conjunto de tuberías, depósitos, conexiones y aparatos instalados tras la acometida y la llave de paso correspondiente que enlaza con la red de distribución¹.

El plomo posee una mayor importancia en nuestro estudio debido a los antecedentes y la problemática existente que se detalla a continuación. Además, en este año 2014 el Valor Paramétrico del plomo ha pasado de 25 µg/L a 10 µg/L². Este cambio ha dado lugar a que el porcentaje de determinaciones conformes pase de un 99,90% a un 97,92% en el año 2012 (último informe técnico publicado)⁴, mientras que para el cobre, cromo y níquel es superior al 99,9% y superior al 99,2% para el hierro.

A **nivel Europeo** y en términos generales, gracias a la Directiva sobre el agua potable⁹, adoptada en 1980 y revisada en 1998, se pretende que toda la UE disponga de agua potable de calidad. Los esfuerzos conjuntos de las instituciones de la UE, los Estados miembros y los proveedores de servicios se han traducido en unas tasas elevadas de cumplimiento de las normas relativas al agua potable, y, por tanto, la Directiva es uno de los éxitos, aunque no muy conocido, de la legislación de la UE en el ámbito del medio ambiente y la salud pública.¹⁰

La calidad del agua potable y el nivel de tratamiento exigido están muy relacionados con la calidad de las fuentes de agua potable. El nivel de protección de los recursos hídricos, en particular las aguas subterráneas y superficiales es, por tanto, crucial para la Directiva sobre el agua potable, ya que repercute en los costes de tratamiento.¹⁰

A fin de garantizar que el agua potable sea segura para el consumo humano, la Directiva sobre el agua potable establece requisitos mínimos de calidad del agua. Los datos comunicados sobre esos parámetros indican que la calidad del agua potable en la UE es, en general, muy buena. La tendencia general también es positiva. Por lo que respecta a los grandes suministros (como sería el caso de la ciudad de Zaragoza), en la gran mayoría de los Estados miembros se observan tasas de cumplimiento de los parámetros microbiológicos y químicos de entre el 99 % y el 100 %.¹⁰

El plomo rara vez está presente en el agua del grifo como resultado de su disolución a partir de fuentes naturales; en muchas ocasiones, su presencia se debe principalmente a las instalaciones interiores del hogar que contienen plomo en las tuberías, soldadura, accesorios o las conexiones de servicio a los hogares.¹¹

Las tasas de cumplimiento en cuanto a los parámetros químicos son elevadas en la UE, sin embargo para el plomo puede estar subestimada la magnitud del incumplimiento de la norma debido a deficiencias de muestreo. El método de muestreo adecuado para determinar el alcance de los problemas con el plomo en el agua potable es “cualquier momento del día y sin dejar correr el agua” (Random Day Time, RDT), y el número de muestras tomadas debe ser mucho mayor que las frecuencias de muestreo mínimos exigidos por la UE.¹²

Estudios recientes sugieren que muchos suministros de agua de la UE todavía tienen un problema de plomo y que alrededor del 65% de las viviendas que posean tuberías de plomo es probable que excedan el valor de 10 µg/L de la UE. Las tuberías de plomo son comunes en toda la UE, una estimación inicial es que alrededor del 25% de las viviendas en la UE tienen tuberías de plomo, pero en algunas ciudades el porcentaje de viviendas afectadas puede ser incluso mayor, de modo que unos 120 millones de personas en la UE pueden estar en riesgo potencial de ingesta de plomo en el agua potable.¹²

La Autoridad Europea en Salud Alimentaria (EFSA) en su informe¹³ acerca de la toxicidad del plomo y los niveles de exposición aceptados como seguros, afirma que no es posible excluir el riesgo para el feto en desarrollo cuando sus madres entran en contacto con este metal pesado y que los límites de consumo establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) "ya no son apropiados". Los cereales -salvo al arroz-, las patatas, los vegetales de hoja verde y el **agua del grifo** son los productos de consumo más contaminados por el plomo en Europa. A pesar de los esfuerzos acometidos desde la década de los 70 para reducir este metal en cualquier elemento al que estuvieran expuestas las personas (pinturas, latas de conserva, combustible, tuberías), su presencia sigue siendo una amenaza.¹³

Estudios en **otras Comunidades Autónomas** como son Madrid, País Vasco o Cataluña han encontrado mayores niveles de metales, más concretamente de plomo, en edificios de mayor antigüedad. Esto es debido a que para el suministro de agua a viviendas se han utilizado hasta hace pocos años principalmente tuberías metálicas.

- Comunidad de Madrid:

Desde el Departamento de Inspección Central, Aguas de Consumo y Transporte Alimentario de Madrid Salud se controlan sus niveles mediante un Programa específico de toma de muestras en grifo del consumidor y su análisis, basada en las exigencias del R.D. 140/2003. En colaboración con las Juntas municipales de Distrito, se realizó un muestreo en las edificaciones públicas y privadas anteriores al año 1980 con el fin de llevar a cabo muestreos selectivos en estos barrios.

La campaña de análisis de muestras de 2005-2010 obtuvo los siguientes resultados:

AÑO	Nº de muestras analizadas de plomo	Resultados analíticos conformes	Resultados analíticos no conformes plomo
2005	245	239	6
2006	359	349	10
2007	343	343	0
2008	321	319	2
2009	261	253	8
2010	129	116	13
TOTAL	1.658	1.619	39

Los resultados no conformes hacen referencia a valores que superan el Valor Paramétrico de 25 µg/L, vigente hasta el pasado año 2013 según RD 140/2003.

Además, se realizó una campaña mediante un "folleto divulgativo en forma de tríptico" "EL PLOMO EN EL AGUA DE CONSUMO" a la población residente en barrios o distritos con edificaciones antiguas que tienen tuberías de plomo o de cualquier otro material que pueda ser perjudicial para la salud humana, de la necesidad de que las sustituyan por otras de material autorizado.

Se comprobó que la mayoría de las actuaciones en viviendas, se debieron fundamentalmente al mal estado de conservación de las redes de distribución de agua en instalaciones interiores (tuberías, soldaduras y depósitos) notificándolo a los distintos interesados junto al informe técnico de los análisis, con el fin de que tomaran las acciones correctoras oportunas, como sustituir las tuberías de plomo por otras de materiales autorizados.¹⁴

- Cataluña:

De acuerdo con el informe "La qualitat sanitària de l'aigua de consum humà a Barcelona"¹⁵, publicado en el 2012 por la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB), las cañerías de plomo en fincas antiguas provoca que el 8,1 % de las muestras tomadas en grifos de agua para el consumo humano por la ASPB tengan una concentración superior al nuevo límite fijado por la normativa europea que entró en vigor este año.

La ASPB indica que el 3,1 % de los controles realizados presentan concentraciones de este metal por encima de los 25 µg/L y un porcentaje que se incrementaría al 8,1 % si se toma como límite los 10 µg/litro actuales.

No obstante, estos datos no son extrapolables al conjunto de la capital debido a que las muestras fueron tomadas sobre todo en los distritos de la ciudad con mayor número de fincas antiguas (Eixample, Ciutat Vella y Gracia), en las que aún son habituales las cañerías de plomo, y en muchos casos se hicieron a petición de los propietarios, quienes sospechaban que las canalizaciones no estaban en buen estado.

A pesar de ello, los autores recogen en el informe que este porcentaje "no es menosciable" y que refleja la importancia de este problema en la capital catalana, aunque no existe un registro sobre el número exacto de fincas que se encuentran en esta situación.

El informe señala que la causa más frecuente de incidencias en la calidad del agua de los grifos barceloneses es la existencia de cañerías y otros elementos de plomo en las instalaciones interiores que producen una cesión al agua de este metal y generan concentraciones que superan el límite permitido.¹⁵

- País Vasco:

Hasta 1950, la práctica de construcción habitual en el País Vasco fue la de utilizar tuberías de plomo desde la acometida de la red general hasta el grifo del consumidor. Desde 1950 hasta 1970-75 únicamente se empleó plomo en el ramalillo final (40-50 cm.), utilizando para el resto de las conducciones hierro dulce. A partir de 1975 se desechó la utilización del plomo debido a su mayor valor de mercado frente a otros materiales alternativos como cobre o PVC.^{16, 17}

El estudio de los Niveles de Plomo en el Agua de Consumo de las Viviendas de la Comarca del Gran Bilbao (mayo 1.995) afirmaba que el 16% de la viviendas construidas antes del año 1.950 recibían a primera hora de la mañana, agua con niveles de plomo superiores a 10 µg/litro. En el caso de las viviendas construidas entre el año 1.951 y 1.975 solamente el 1% recibían agua de primera extracción con niveles superiores a 10 µg/litro.

Según el estudio de la problemática derivada de la cesión de metales de las instalaciones de fontanería al agua de consumo en el País Vasco¹⁷, se supera el valor de referencia de 10 µg/L de plomo en agua de consumo en el grifo del 1,83% de las viviendas de Araba, del 2,18% de las de Bizkaia y del 1,02% de las de Gipuzkoa. En cuanto a hierro, se supera el valor paramétrico en el 0,95% de las viviendas de Araba, del 1,12% de Bizkaia y del 4,49% de Gipuzkoa. De manera global en el País Vasco, las viviendas en las que se supera el valor paramétrico de plomo representan el 1,75% y las que superan el de hierro el 2,21%.

En dicho estudio, concluyen que el problema de la existencia de tuberías de plomo en las viviendas del País Vasco es residual. Los niveles de plomo en agua se encuentran, en la gran mayoría de los casos, por debajo de 10 µg/L. Los resultados de plomo no indican que sea necesario tomar medidas de carácter general, sin embargo, debe continuarse con la actual estrategia de actuación del Departamento de Sanidad y Consumo: información general sobre el problema y asesoramiento a los residentes en viviendas con sospecha de tuberías de plomo.¹⁷

A pesar de que las tasas de cumplimiento en cuanto a los parámetros químicos son elevadas en la UE y en España, hay bibliografía y estudios que contemplan que en el caso del plomo puede estar subestimada la magnitud del incumplimiento de la norma por diferentes motivos como podría ser el método de toma de muestras o el número de muestras tomadas. Así mismo, los resultados obtenidos en estudios en otras ciudades como Madrid o Barcelona^{14,15} en los que se concluye que una de las causas frecuentes de incidencias en la calidad del agua de los grifos es la existencia de cañerías y otros elementos de plomo en las instalaciones interiores que producen una cesión al agua de este metal y generan concentraciones que superan el límite permitido, nos llevan a contemplar la posibilidad de que pudiera darse la misma problemática en Zaragoza (nuestro ámbito geográfico del estudio), de la cual no hemos encontrado estudios al respecto.

El plomo es una sustancia tóxica general que se acumula en el esqueleto. Es tóxico tanto para el sistema nervioso central como para el periférico e induce efectos neurológicos y conductuales. Como ya se ha indicado anteriormente, en el año 2014 el valor paramétrico en el agua de consumo se ha visto reducido de 25 µg/L a 10 µg/L.¹ Además, hay otros organismos internacionales que empiezan a sostener que dichos límites fijados por la OMS, ya no son apropiados para mantener un adecuado estado de salud en la población con respecto a la Ingesta de plomo a través de la dieta incluido el aporte producido en la misma por agua de consumo.

2.3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Estudio niveles de plomo, cobre, cromo, níquel y hierro en agua de consumo que puedan proceder de las instalaciones interiores de los edificios y viviendas en la ciudad de Zaragoza.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Conocer si los edificios cuya construcción es anterior a 1970/1980, década en la que dejó de emplearse plomo como material para la construcción de tuberías para el transporte del agua, bien sólo o en aleaciones con cobre y/o zinc, la presencia de este metal se refleja en el agua de consumo en el grifo del consumidor.
- Dado que a lo largo de los años los materiales empleados en la construcción de tuberías han ido variando, analizar si los resultados de las analíticas de estos cinco metales en el agua del grifo del consumidor presentan alguna relación con la década de construcción de los edificios.
- Analizar si en distritos de la ciudad con mayor número de edificios antiguos, en los que aún son habituales las tuberías de plomo, se observan diferentes niveles de metales en agua de consumo del grifo del consumidor.
- Detectar si existen diferencias entre los niveles de metales en edificios públicos de uso público, privados de uso público y particulares.

3. MATERIAL Y MÉTODO

Estudio epidemiológico observacional y descriptivo (retrospectivo). Se realiza un estudio descriptivo de los niveles de plomo y otros metales en el agua de consumo de la ciudad de Zaragoza en los últimos tres años (2012-2014), a partir de los resultados de las muestras tomadas para el control de agua en grifo del consumidor llevadas a cabo por el Ayuntamiento de Zaragoza.

3.1. FUENTES DE DATOS

Los datos se obtuvieron de las siguientes fuentes:

- **SINAC (Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo).**

El Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo o 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 española.

La unidad de información del SINAC es la **Zona de Abastecimiento**, definida como un área geográficamente definida y censada por la autoridad sanitaria a propuesta del gestor del abastecimiento o partes de este, no superior al ámbito provincial, en la que el agua de consumo humano provenga de una o varias captaciones y cuya calidad de las aguas distribuidas en las redes de distribución o cisternas pueda considerarse homogénea en la mayor parte del año.

La información que recoge el SINAC es la siguiente:

- Zonas de abastecimiento
- Infraestructuras
 - Captaciones / Presiones o focos de contaminación
 - Conducciones
 - Plantas de tratamiento de potabilización
 - Depósitos de almacenamiento y regulación de agua
 - Cisternas de transporte de agua
 - Redes de distribución
 - Instalaciones interiores con actividad pública o comercial
 - Puntos de muestreo
- Control de la calidad:
 - Laboratorios de control de la calidad del agua de consumo
 - Métodos de análisis
 - **Boletines de análisis de la calidad del agua de consumo**
 - Situaciones de incidencias, alarmas e incumplimientos
- Autorizaciones de excepciones
- Inspecciones sanitarias

En nuestro caso, extraemos los Boletines de análisis de calidad del agua de consumo correspondientes a “**Instalaciones interiores**” de la ciudad de Zaragoza (**Zona de Abastecimiento: “Ayuntamiento de Zaragoza”**), para los metales **cobre, cromo, hierro, níquel y plomo**.

El periodo de tiempo seleccionado corresponde al año 2012, 2013 y 2014. Contamos con los boletines analíticos correspondientes a esos 3 años que había en la base de datos del SINAC a día 03-11-2014.

Los filtros aplicados para la extracción de datos del SINAC son los siguientes:

Petición de solicitud cursada
Filtro Aplicado: Boletín
Tipo PM: Instalación Interior.
Código Zona: 1172.
Zona Abastecimiento: AYTO ZARAGOZA.
Fecha toma de muestra: 01/01/2012 entre 03/11/2014.
Parámetros: = Cobre Cromo Hierro Níquel Plomo .
Filtro Aplicado: Instalación Interior
Zona Abastecimiento: AYTO ZARAGOZA .

- **Número de edificios y número medio de viviendas según año de construcción (anterior a 1980), según el Censo de Población 2001, en Zaragoza capital.**

La fuente de esta base de datos es el Censo de Población y Viviendas, año 2001.¹⁸

El “Censo de población” es un conjunto de actividades estadísticas de recopilación exhaustiva, ordenación, validación, análisis y publicación de resultados, referidos a la población en un momento dado. Constituye una de las principales fuentes de información estadística para el conocimiento de la población y sus características. Sirve de base para estudios demográficos y sociales, así como para la elaboración de otras estadísticas por muestreo. Se realiza cada diez años, dado el carácter intensivo y costoso de la obtención de datos primarios, ya que requiere la recogida de información específica de todas las personas residentes mediante cuestionarios. El Censo de 2001 toma como fecha de referencia el 1 de noviembre de dicho año, e investiga la población residente en el territorio en ese momento.

Este informe forma parte de un ambicioso programa de explotación y difusión de los datos censales. Está producido por el Instituto Aragonés de Estadística, en desarrollo de un convenio suscrito con el Instituto Nacional de Estadística para explotar y difundir el Censo.

El censo de Población y Viviendas se encuentra disponible en la página web del IAEST. Sin embargo, estos datos no se encuentran disponibles en la página web. Nos han sido facilitados directamente desde el Instituto Aragonés de Estadística.

Mediante esta base de datos hemos podido conocer el distrito al que pertenece la instalación interior en la que se ha tomado la muestra de agua y la década de construcción del edificio en cuestión. Más adelante se detalla el procedimiento llevado a cabo.

Ver Anexo II: fragmento del censo de edificios “Número de edificios y número medio de viviendas según año de construcción (anterior a 1980)”.

Se han seleccionado edificios y viviendas anteriores a 1980 debido a que el uso de plomo y otros metales era frecuente hasta finales de la década de los 70. Su utilización fue disminuyendo gradualmente hasta que se abandonó su uso.

- **Listado de Centros Educativos**

Exportado desde el Buscador de Centros del “Portal de Centros del Gobierno de Aragón”¹⁹, hemos obtenido un listado con los centros de enseñanza en la ciudad de Zaragoza. En este listado consta la dirección/localización de los colegios que aparecen como infraestructuras muestreadas. En el SINAC sólo se indica el nombre del Centro y para nuestro estudio nos interesa conocer la dirección del centro y si se trata de un centro privado o público.

3.2. ÁMBITO GEOGRÁFICO DEL ESTUDIO

El hecho de que todos los puntos de muestreo pertenezcan a la misma Zona de Abastecimiento (Zaragoza), nos permite controlar mejor los factores externos que pueden condicionar distintos niveles de estos metales. Se entiende que la calidad del agua distribuida en la Zona de Abastecimiento del Ayuntamiento de Zaragoza es homogénea en la mayor parte del año.



Figura 1. Abastecimiento de Agua de Zaragoza, Esquema General. Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza.

La ciudad de Zaragoza cuenta con una red de distribución de agua potable de unos 1.288 Km. de longitud, constituida por conductos de materiales diversos construidos a lo largo de casi 90 años. La red de distribución de Zaragoza es mallada, con ramificaciones en los extremos hacia polígonos industriales o barrios periféricos. (Ayuntamiento de Zaragoza)



Figura 2. Grandes Arterias correspondientes a la Red de Distribución de Zaragoza. Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza, Servicio de Explotación de Redes y Cartografía.

No tendría el mismo sentido comparar niveles de metales en agua de grifo procedente de distintas zonas de abastecimiento, ya que en esos casos, los distintos resultados podrían deberse a metales presentes de forma natural en el agua debido a las características geológicas del terreno. En Salamanca encontraron que las aguas de dicha provincia presentan de forma natural altos contenidos de cadmio y plomo, probablemente debido a las características del terreno.²⁰

Los resultados también podrían verse afectados por los tratamientos realizados en la “Estación de tratamiento de agua potable” (ETAP), en la que se pueden utilizar sales de aluminio o hierro como floculantes. Se entiende por ETAP el conjunto de procesos de tratamiento de potabilización situados antes de la red de distribución y/o depósito, que contenga más unidades que la desinfección.¹ Al trabajar únicamente con la zona de abastecimiento de Zaragoza, toda el agua ha recibido el mismo tratamiento y eliminamos este problema.

Estudiaremos si hay diferencias en cuanto a los niveles de metales en los distintos distritos de la ciudad debido a la distinta proporción de edificios antiguos de los mismos. Para ello hemos tenido en cuenta los distritos que había en Zaragoza en el año 2001, esto se debe a que el censo de edificios de Zaragoza que nos han proporcionado desde el IAEST está confeccionado teniendo en cuenta estos distritos y no los que encontramos actualmente. No hemos tenido en cuenta para el estudio los barrios rurales.

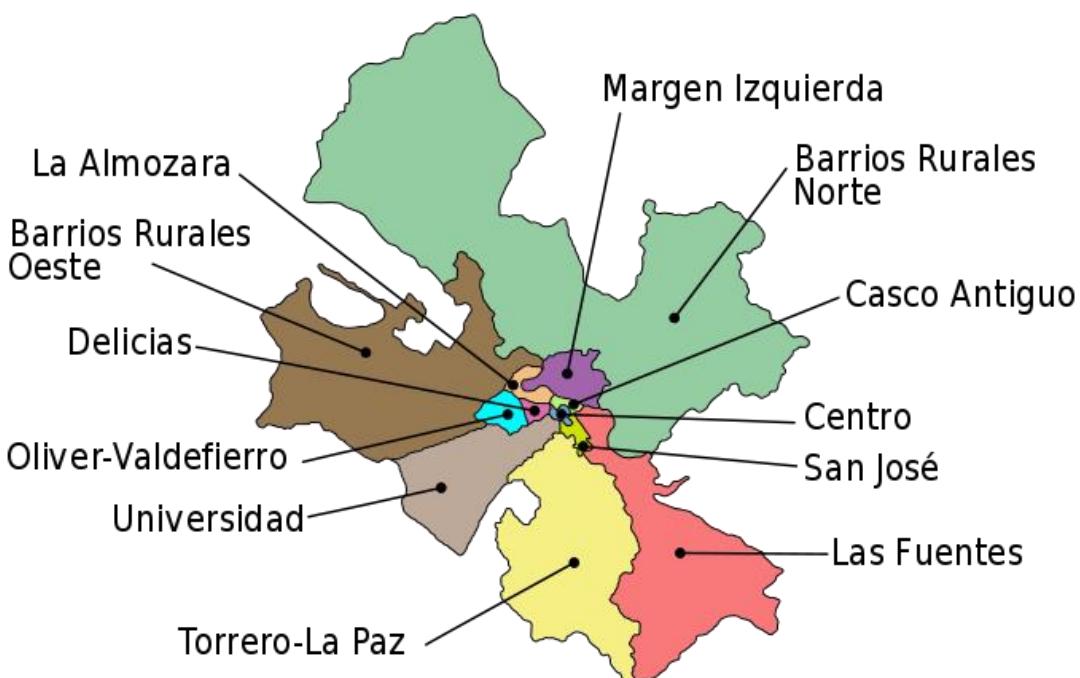


Figura 3: Distritos de Zaragoza Año 2001.

3.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA Y CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Desconocemos el criterio de muestreo que sigue el Ayuntamiento de Zaragoza para realizar sus Análisis de Control en grifo del consumidor. En función de los puntos de muestreo escogidos por el Ayuntamiento de Zaragoza, que es el gestor de dicha zona de abastecimiento, hemos realizado nuestra propia base de datos para el estudio.

Se han extraído los boletines del SINAC con los filtros de búsqueda comentados anteriormente:

Tipo Punto Muestreo: Instalación Interior
Zona Abastecimiento: AYTO ZARAGOZA
Fecha toma de muestra: 01/01/2012 entre 03/11/2014
Parámetros: = Cobre|Cromo|Hierro|Níquel|Plomo|.

Con estos filtros hemos obtenido un total de **696 Boletines Analíticos correspondientes a Instalaciones Interiores** muestreadas durante los años 2012, 2013 y parte de 2014.

Sin embargo el **número final de Boletines Analíticos incluidos** en el estudio ha sido **400**.

Criterios de exclusión:

Si sólo hubiéramos querido analizar los resultados de las analíticas de metales en instalaciones interiores, habríamos tenido en cuenta TODOS los boletines extraídos del SINAC que obteníamos con el filtro de búsqueda aplicado.

Sin embargo, realizamos un estudio de dichos niveles teniendo en cuenta la antigüedad de los edificios y el distrito en el que se encuentra localizada dicha la instalación donde se toma la muestra. Por este motivo, ha sido necesario establecer unos criterios a la hora de realizar la selección las boletines analíticos incluidos en el estudio.

- **Distrito**

Sólo se han tenido en cuenta los boletines analíticos extraídos del SINAC cuyo edificio en el que se ha tomado la muestra aparezca en el censo de edificios facilitado por el IAEST, es decir, situados en alguno de los 10 distritos urbanos en los que estaba dividida Zaragoza en el año 2001:

- Casco Histórico
- Centro
- Delicias
- Universidad
- San José

- Las Fuentes
- La Almozara
- Oliver-Valdefierro
- Torrero
- Margen Izquierda

No hemos tenido en cuenta la distribución actual de Zaragoza en función de los distritos debido a que el censo de edificios de Zaragoza, que nos ha sido facilitado para el estudio, corresponde al año 2001.

No se han tenido en cuenta instalaciones de los Barrios Rurales Norte y Barrios Rurales Oeste por no contar con datos acerca de la antigüedad de los edificios.

- **Duplicidad de Instalación en la que se toma la muestra**

Debido a que la selección de los puntos de muestreo no depende de nosotros, al estudiar los boletines extraídos del SINAC observamos que en algunos casos se muestreaba en varias ocasiones una misma instalación. Podían darse las siguientes situaciones:

- Misma instalación/infraestructura y mismo tipo de punto de muestreo (por ejemplo “grifo”), con **distinta fecha de toma de muestra**. En estos casos, sólo **se tuvo en cuenta la muestra más reciente** en el tiempo porque la consideramos de mayor relevancia en nuestro estudio. Se adjunta ejemplo para facilitar la comprensión (en verde la analítica incluida en nuestra base de datos):

Dirección PM	Infraestructura	Punto Muestreo	Parámetro	Valor Cuantificado	Fecha toma de muestra
PABLO RUIZ PICASSO 2	CDM ACTUR	GRIFO LAVADERO	Cobre	0,05	23/06/2014
PABLO RUIZ PICASSO 2	CDM ACTUR	GRIFO LAVADERO	Cromo	5	23/06/2014
PABLO RUIZ PICASSO 2	CDM ACTUR	GRIFO LAVADERO	Hierro	10	23/06/2014
PABLO RUIZ PICASSO 2	CDM ACTUR	GRIFO LAVADERO	Níquel	2	23/06/2014
PABLO RUIZ PICASSO 2	CDM ACTUR	GRIFO LAVADERO	Plomo	2	23/06/2014
	CDM ACTUR	Grifo cocina bar CDM ACTUR	Cobre	0,05	19/06/2013
	CDM ACTUR	Grifo cocina bar CDM ACTUR	Cromo	5	19/06/2013
	CDM ACTUR	Grifo cocina bar CDM ACTUR	Hierro	13	19/06/2013
	CDM ACTUR	Grifo cocina bar CDM ACTUR	Níquel	2	19/06/2013
	CDM ACTUR	Grifo cocina bar CDM ACTUR	Plomo	2	19/06/2013

- Misma instalación/infraestructura y mismo tipo de punto de muestreo (“grifo”), con **la misma fecha de toma de muestra**. En este caso, no hay diferencia en cuanto a fecha y lo que hacemos es realizar la **media de los resultados obtenidos para los cinco metales**. En un edificio podemos encontrar diferentes niveles de metales en función de donde se tome la muestra, por ello consideramos la media como valor representativo.

Dirección PM	Infraestructura	Punto Muestreo	Parámetro	Valor Cuantificado	Fecha toma de muestra
Guardería Chicos	grifo cocina	Cobre	0,05	18/06/2013	
	grifo cocina	Cromo	5	18/06/2013	
	grifo cocina	Hierro	10	18/06/2013	
	grifo cocina	Níquel	2	18/06/2013	
	grifo cocina	Plomo	2	18/06/2013	
Guardería Chicos	grifo aseos	Cobre	0,05	18/06/2013	
	grifo aseos	Cromo	5	18/06/2013	
	grifo aseos	Hierro	86	18/06/2013	
	grifo aseos	Níquel	3	18/06/2013	
	grifo aseos	Plomo	2	18/06/2013	

- Misma instalación/infraestructura, distinto tipo de punto de muestreo (entrada aljibe/grifo), **independientemente de la fecha de toma de muestra**. En este caso hemos incluido ambos resultados en el estudio debido a que consideramos interesante conocer si hay diferencias entre los niveles de metales en la entrada del aljibe y los niveles en grifo.

Dirección PM	Infraestructura	Punto Muestreo	Parámetro	Valor Cuantificado	Fecha toma de muestra
Guardería Delegación de Hacienda de Aragón	grifo de cocina	Guardería Delegación de Hacienda	Cobre	0,05	28/05/2013
	grifo de cocina	Guardería Delegación de Hacienda	Cromo	5	28/05/2013
	grifo de cocina	Guardería Delegación de Hacienda	Hierro	10	28/05/2013
	grifo de cocina	Guardería Delegación de Hacienda	Níquel	8	28/05/2013
	grifo de cocina	Guardería Delegación de Hacienda	Plomo	2	28/05/2013
Guardería Delegación de Hacienda de Aragón	entrada aljibe		Cobre	0,05	28/05/2013
	entrada aljibe		Cromo	5	28/05/2013
	entrada aljibe		Hierro	10	28/05/2013
	entrada aljibe		Níquel	2	28/05/2013
	entrada aljibe		Plomo	2	28/05/2013

- **Otros criterios de exclusión:**

- Se han excluido los boletines analíticos correspondientes a **“Hidrantes”** y **“Bocas de riego”** por no tratarse de instalaciones interiores ni poder localizarlos.

Dirección PM	Infraestructura	Punto Muestreo	Parámetro	Valor Cuantificado	Fecha toma de muestra
	hidrante zona de Ruiñores	hidrante	Cobre	0	27/03/2013
	hidrante zona de Ruiñores	hidrante	Cromo	0	27/03/2013
	hidrante zona de Ruiñores	hidrante	Hierro	13	27/03/2013
	hidrante zona de Ruiñores	hidrante	Níquel	0	27/03/2013
	hidrante zona de Ruiñores	hidrante	Plomo	0	27/03/2013

- Se han excluido los boletines cuyo **nombre de infraestructura no permite obtener datos** en cuanto a localización y antigüedad de la infraestructura.

Dirección PM	Infraestructura	Punto Muestreo	Parámetro	Valor Cuantificado	Fecha toma de muestra
	Conchita Gutierrez	grifo cocina	Cobre	0,05	03/01/2013
	Conchita Gutierrez	grifo cocina	Cromo	5	03/01/2013
	Conchita Gutierrez	grifo cocina	Hierro	10	03/01/2013
	Conchita Gutierrez	grifo cocina	Níquel	2	03/01/2013
	Conchita Gutierrez	grifo cocina	Plomo	2	03/01/2013

3.4. MÉTODO

Inicialmente, cuando planteamos la elaboración de esta base de datos y la introducción de la variable “Edad del edificio”, pensamos que determinar la edad sería algo menos costoso de lo que realmente ha sido. Se podría decir que para cada Infraestructura muestreada por el Ayuntamiento de Zaragoza se ha realizado una pequeña “investigación”.

El procedimiento de construcción de dicha base de datos ha sido “manual”, se detalla a continuación las distintas variables y el procedimiento seguido para cada una de ellas.

VARIABLES:

Para este estudio descriptivo hemos tenido en cuenta y creado las siguientes variables:

- **Uso de la instalación (Uso):**

Variable cualitativa no dicotómica:

- Público de uso público (0): colegios públicos, centros deportivos municipales, centros cívicos, centros para mayores...
- Privado de uso público (1): colegios privados/concertados, hoteles/hostales, guarderías privadas, centros de día/residencias privados, centros comerciales...
- Particulares (2): viviendas.

Para determinar esta variable referida a centros educativos se ha consultado el listado de centros extraído del “Buscador de centros” del Portal de Centros del Gobierno de Aragón. En el caso de residencias o centros de día se ha realizado una búsqueda en la red para determinar si eran públicos o privados.

- **Tipo de punto de muestreo (PM):**

Variable cualitativa no dicotómica:

- Grifo (0)
- Entrada depósito/aljibe (1)
- Posterior a algún tipo de tratamiento (2): grifo descalcificador, grifo salida filtro, grifo salida refuerzo de cloración, grifo posterior descalcificación.

- **Fecha de toma de muestra:**

Con el formato 30.09.2014.

- **Cobre, Cromo, Hierro, Níquel y Plomo:**

Variables cuantitativas continuas.

Valor numérico de los niveles de cobre, cromo, hierro, níquel y plomo extraídos de los Boletines Analíticos del SINAC.

En el SINAC, en los boletines analíticos del año 2012 y parte del 2013, cuando el resultado de la analítica era menor al límite de cuantificación el valor resultante que constaba en el SINAC era “0”.

Posteriormente, debido al cambio de versión del SINAC, cuando el resultado de la analítica era menor al límite de cuantificación el valor resultante que constaba en el SINAC se correspondía con el Límite de Cuantificación de las técnicas empleadas por cada laboratorio.

Para unificar el criterio, en el caso de los resultados de 2012 y 2013 con resultado “0” se les ha dado los mismos valores que en parte de 2013 y 2014 en los que se indica como resultado el Límite de Cuantificación.

El Ayuntamiento de Zaragoza realiza las analíticas en el Instituto Municipal de Salud Pública, cuyos Límites de Cuantificación para los distintos metales son:

Metal	Límite de Cuantificación
Cobre	0,05 mg/L
Cromo	5 µg/L
Hierro	10 µg/L
Níquel	2 µg/L
Plomo	2 µg/L

- **Década de construcción (Dec):**

Variable cuantitativa

Esta variable ha sido la más laboriosa de realizar y determinar. Se ha llevado a cabo de la siguiente forma:

- 1) Exportación de los datos procedentes del SINAC en una tabla Excel.

Como se puede observar, en muchos casos no disponemos de los datos de la dirección del punto de muestreo. Así que hemos tenido que realizar una búsqueda en la red para obtener la dirección de dicho punto de muestreo (colejos, centros deportivos

Dirección PM	Infraestructura	Pu
PDM ACTUR V	ASEO CAE	
PDM ACTUR V	ASEO CAE	
PDM ACTUR V	ASEO CAE	
PDM ACTUR V	ASEO CAE	
PDM ACTUR V	ASEO CAE	
PDM CIUDAD DE ZARAGOZA	VE	
PDM CIUDAD DE ZARAGOZA	VE	

municipales, hoteles...).

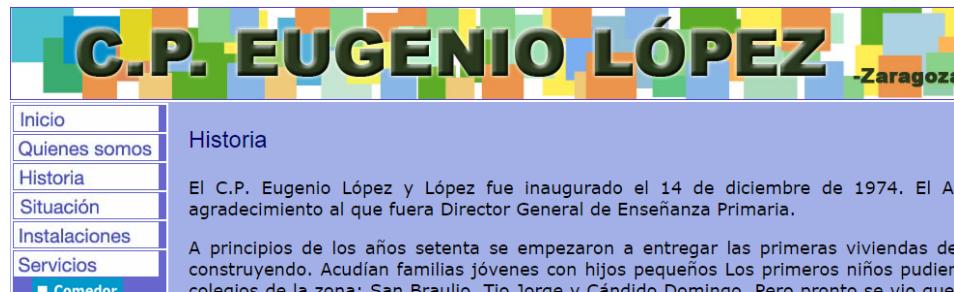
- 2) Una vez determinada la dirección pasamos a buscarla en el censo de viviendas facilitado desde el IAEST. En el censo se realiza la búsqueda de dicha calle, a continuación se busca el número y se determina la década de construcción. Ver **Anexo II** en el que se adjunta un fragmento del censo.

Para agilizar el trabajo manual de búsqueda en el censo y determinación de la década de construcción, se ha asignado un código de colores a los distritos y años de construcción (por ejemplo, columna azul construcción 1951-1960).

Dirección postal Distrito número código	Vial código tipo	Vial número ABREN ARRE	Nº	Número de edificios							
				No aplicable	Antes de 1900	1900 - 1920	1921 - 1940	1941 - 1960	1961 - 1980	1981 - 1970	1971 - 1980
1 Gálico Histórico	60 CALLE	ABREN ARRE	6	0	0	1	0	0	0	0	0
			7	0	0	0	0	0	0	1	0
			8	0	0	0	0	0	0	0	0
			9	0	0	0	0	0	0	1	0
			10	0	0	0	0	0	0	0	0
			11	0	0	0	0	0	0	0	0
			12	0	0	0	0	0	0	0	0
			13	0	0	0	0	0	1	0	0
			14	0	0	0	0	0	0	0	0
			15	0	0	0	0	0	0	0	0
			16	0	0	0	0	0	0	0	0
			17	0	0	0	0	0	0	0	0
			18	0	0	0	0	0	0	0	0
			19	0	0	0	0	0	0	0	0
			20	0	0	0	0	0	0	0	0
			21	0	0	0	0	0	0	0	0
			22	0	0	0	0	0	0	0	0
			23	0	0	0	0	0	0	0	0
			24	0	0	0	0	0	0	0	0
			25	0	0	0	0	0	0	0	0
			26	0	0	0	0	0	0	0	0
			27	0	0	0	0	0	0	0	0
			28	0	0	0	0	0	0	0	0
			29	0	0	0	0	0	0	0	0
			30	0	0	0	0	0	0	0	0
			31	0	0	0	0	0	0	0	0
			32	0	0	0	0	0	0	0	0
			33	0	0	0	0	0	0	0	0
			34	0	0	0	0	0	0	0	0
			35	0	0	0	0	0	0	0	0
			36	0	0	0	0	0	0	0	1
			37	0	0	0	0	0	0	0	0
			38	0	0	0	0	0	0	0	0
			39	0	0	0	0	0	0	0	1
			40	0	0	0	0	0	0	0	0
			41	0	0	0	0	0	0	0	0
			42	0	0	0	0	0	0	0	0
			43	0	0	0	0	0	0	0	0
			44	0	0	0	0	0	0	0	0
			45	0	0	0	0	0	0	0	0
			46	0	0	0	0	0	0	0	0
			47	0	0	0	0	0	0	0	0
			48	0	0	0	0	0	0	0	0
			49	0	0	0	0	0	0	0	0
			50	0	0	0	0	0	0	0	0
			51	0	0	0	0	0	0	0	0
			52	0	0	0	0	0	0	0	0
			53	0	0	0	0	0	0	0	0
			54	0	0	0	0	0	0	0	0
			55	0	0	0	0	0	0	0	0
			56	0	0	0	0	0	0	0	0
			57	0	0	0	0	0	0	0	0
			58	0	0	0	0	0	0	0	0
			59	0	0	0	0	0	0	0	0
			60	0	0	0	0	0	0	0	0
			61	0	0	0	0	0	0	0	0
			62	0	0	0	0	0	0	0	0
			63	0	0	0	0	0	0	0	0
			64	0	0	0	0	0	0	0	0
			65	0	0	0	0	0	0	0	0
			66	0	0	0	0	0	0	0	0
			67	0	0	0	0	0	0	0	0
			68	0	0	0	0	0	0	0	0
			69	0	0	0	0	0	0	0	0
			70	0	0	0	0	0	0	0	0
			71	0	0	0	0	0	0	0	0
			72	0	0	0	0	0	0	0	0
			73	0	0	0	0	0	0	0	0
			74	0	0	0	0	0	0	0	0
			75	0	0	0	0	0	0	0	0
			76	0	0	0	0	0	0	0	0
			77	0	0	0	0	0	0	0	0
			78	0	0	0	0	0	0	0	0
			79	0	0	0	0	0	0	0	0
			80	0	0	0	0	0	0	0	0
			81	0	0	0	0	0	0	0	0
			82	0	0	0	0	0	0	0	0
			83	0	0	0	0	0	0	0	0
			84	0	0	0	0	0	0	0	0
			85	0	0	0	0	0	0	0	0
			86	0	0	0	0	0	0	0	0
			87	0	0	0	0	0	0	0	0
			88	0	0	0	0	0	0	0	0
			89	0	0	0	0	0	0	0	0
			90	0	0	0	0	0	0	0	0
			91	0	0	0	0	0	0	0	0
			92	0	0	0	0	0	0	0	0
			93	0	0	0	0	0	0	0	0
			94	0	0	0	0	0	0	0	0
			95	0	0	0	0	0	0	0	0
			96	0	0	0	0	0	0	0	0
			97	0	0	0	0	0	0	0	0
			98	0	0	0	0	0	0	0	0
			99	0	0	0	0	0	0	0	0
			100	0	0	0	0	0	0	0	0
			101	0	0	0	0	0	0	0	0
			102	0	0	0	0	0	0	0	0
			103	0	0	0	0	0	0	0	0
			104	0	0	0	0	0	0	0	0
			105	0	0	0	0	0	0	0	0
			106	0	0	0	0	0	0	0	0
			107	0	0	0	0	0	0	0	0
			108	0	0	0	0	0	0	0	0
			109	0	0	0	0	0	0	0	0
			110	0	0	0	0	0	0	0	0
			111	0	0	0	0	0	0	0	0
			112	0	0	0	0	0	0	0	0
			113	0	0	0	0	0	0	0	0
			114	0	0	0	0	0	0	0	0
			115	0	0	0	0	0	0	0	0
			116	0	0	0	0	0	0	0	0
			117	0	0	0	0	0	0	0	0
			118	0	0	0	0	0	0	0	0
			119	0	0	0	0	0	0	0	0
			120	0	0	0	0	0	0	0	0
			121	0	0	0	0	0	0	0	0
			122	0	0	0	0	0	0	0	0
			123	0	0	0	0	0	0	0	0
			124	0	0	0	0	0	0	0	0
			125	0	0	0	0	0	0	0	0
			126	0	0	0	0	0	0	0	0
			127	0	0	0	0	0	0	0	0
			128	0	0	0	0	0	0	0	0
			129	0	0	0	0	0	0	0	0
			130	0	0	0	0	0	0	0	0
			131	0	0	0	0	0	0	0	0
			132	0	0	0	0	0	0	0	0
			133	0	0	0	0	0	0	0	0
			134	0	0	0	0	0	0	0	0
			135	0	0	0	0	0	0	0	0
			136	0	0	0	0	0	0	0	0
			137	0	0	0	0	0	0	0	0
			138	0	0	0	0	0	0	0	0
			139	0	0	0	0	0	0	0	0
			140	0	0	0	0	0	0	0	0
			141	0	0	0	0	0	0	0	0
			142	0	0	0	0	0	0	0	0
			143	0	0	0	0	0	0	0	0
			144	0	0	0	0	0	0	0	0
			145	0	0	0	0	0	0	0	0
			146	0	0	0	0	0	0	0	0
			147	0	0	0					

Suele suceder con edificios como centros deportivos o colegios, edificios que no contienen viviendas. Únicamente en el caso de colegios y centros deportivos/cívicos/convivencia municipales se ha realizado una búsqueda en la red.

- En el caso de los colegios se ha entrado en la página web del centro. En la historia del centro se ha buscado si indica cuando se construyó el **centro actual** del colegio.



- En el caso de los centros municipales se ha buscado en la página web del Ayuntamiento de Zaragoza o en la página web del centro. No en todos los casos indicaba dicho dato.

En muchos casos no hemos podido determinar el valor para la variable década de construcción.

- **Distrito :**

Variable cualitativa no dicotómica:

Con la dirección de la infraestructura realizamos la búsqueda en el censo de viviendas facilitado desde el IAEST y obtenemos el distrito al que pertenece. (Distritos en Zaragoza en el año 2001).

- Casco Histórico (1)
- Centro (2)
- Delicias (3)
- Universidad (4)
- San José (5)
- Las Fuentes (6)
- La Almozara (7)
- Oliver-Valdefierro (8)
- Torrero (9)
- Margen Izquierda (10)

Una vez que tenemos la base de datos completa, podemos realizar el estudio descriptivo de los niveles de plomo y otros metales.

El estudio también nos permitirá conocer mejor el tipo de toma de muestras que se lleva a cabo por el Ayuntamiento de Zaragoza en cuanto a distritos, tipo de punto de muestreo y edificios antiguos.

Analizaremos si hay alguna relación entre la antigüedad de los edificios con los niveles de metales presentes en el agua y posibles diferencias entre distritos, tipo de punto de muestreo o uso de la instalación.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis descriptivo se han calculado las frecuencias relativas y absolutas en el caso de variables cualitativas y, media e intervalos de confianza al 95%, en el caso de variables cuantitativas.

Para comparar medias entre grupos independientes, según criterios de normalidad (Test de Komolgorov-Smirnov), se utiliza el test T de Student o test U Mann-Whitney para 2 grupos y Kruskall Wallis o ANOVA para k grupos.

Para mostrar la relación entre dos variables continuas, se aplica el coeficiente de correlación de Pearson, o el coeficiente de correlación de Spearman, según criterios de normalidad (Test de Komolgorov-Smirnov).

Se aplica el test de Chi-Cuadrado para mostrar la relación entre variables cualitativas.

El nivel de significación estadística se estableció para un valor de p menor de 0,05.

Los análisis se han llevado a cabo mediante el paquete estadístico SPSS versión 19 (Licencia Universidad de Zaragoza).

3.5. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El estudio realizado es de carácter descriptivo, únicamente se ha recopilado y analizado la información existente. Su ámbito es exclusivamente académico.

4. RESULTADOS

Se exportaron del SINAC un total de 696 Boletines Analíticos correspondientes a 696 infraestructuras/instalaciones interiores de la ciudad de Zaragoza en las que se tomaron muestras para llevar a cabo el control de agua en grifo durante los años 2012, 2013 y 2014.

Han cumplido los criterios de inclusión en nuestro estudio un total de 400 boletines analíticos, un 57,5%.

Conocemos la “**Fecha de toma de muestra**” y los resultados de las analíticas de **Cobre, Cromo, Hierro, Níquel y Plomo** para el 100% de los boletines analíticos. Además, se ha clasificado el “**Tipo de punto de muestreo**” (Grifo/entrada aljibe/ posterior a tratamiento) en todos los casos.

En cuanto a las nuevas variables introducidas (no obtenidas de forma directa a partir de los Boletines Analíticos), se ha determinado el “**Distrito**” en el que se encuentra la infraestructura en la que se ha tomado la muestra y el “**Uso de la infraestructura**” (público de uso público/ privado de uso público/ particular) en todos los casos.

La “**Década de construcción**” se ha conseguido determinar en un total de 305 infraestructuras, lo que supone un 76,25% del total de infraestructuras.

Del total de 400 Boletines Analíticos cuyos datos hemos incluido en el estudio, 143 corresponden al año 2012, 118 al año 2013 y 139 al año 2014:

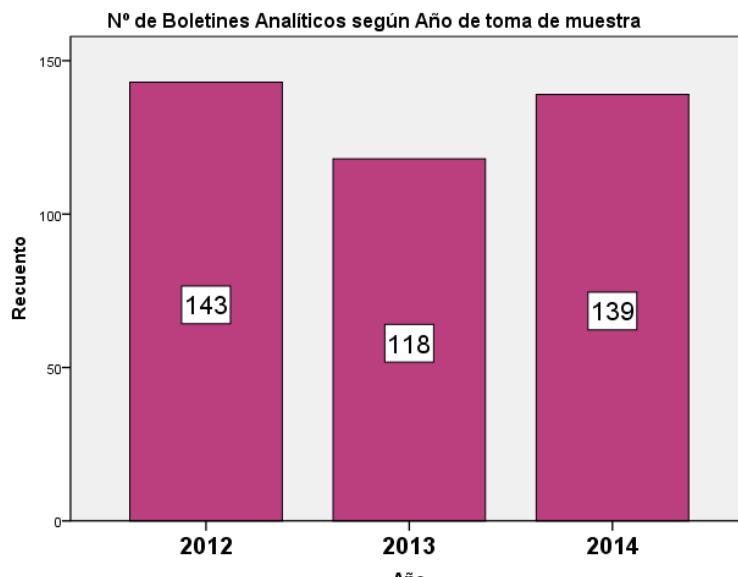


Gráfico 1. Nº de Boletines analíticos según año de toma de muestra

4.1. NIVELES DE METALES

4.1.1. COBRE

El **valor paramétrico** del cobre establecido en el Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo es de **2 mg/L**.

Del total de 400 boletines analíticos con los niveles de cobre, no se ha superado el valor paramétrico en ningún caso.

En los 400 casos el valor obtenido para el cobre se corresponde con el Límite de Cuantificación (LC). El LC para el cobre es de **0,05 mg/L**. En estos casos la cantidad de cobre es menor a 0,05 mg/L pero desconocemos dicho valor.

Cobre		
Nivel de Cobre	Frecuencia	Porcentaje
Válidos ,05	400	100,0

Los 400 resultados de los niveles de cobre son 0,05 mg/L (inferiores al LC)

4.1.2. CROMO

El valor paramétrico del cromo establecido en el Real Decreto 140/2003 es de **50 µg/L**.

Del total de 400 boletines analíticos con los niveles de cromo, no se ha superado el valor paramétrico en ningún caso.

En 398 (99,5%) casos el valor obtenido para el cromo se corresponde con el Límite de Cuantificación (LC). El LC para el cromo es de **5 µg/L**. En estos casos la cantidad de cromo es menor a 5 µg/L pero desconocemos dicho valor.

Tan sólo en **dos casos** hemos obtenido valores distintos del LC: 7 µg/L y 8 µg/L (ver tabla a continuación). Se trata de valores que no se aproximan al valor paramétrico.

Cromo			
Nivel de Cromo	Frecuencia	Porcentaje	
Válidos 5,00	398	99,5	
7,00	1	,3	
8,00	1	,3	
Total	400	100,0	

4.1.4. HIERRO

El valor paramétrico del hierro establecido en el Real Decreto 140/2003 es de **200 µg/L**.

Del total de 400 boletines analíticos con los niveles de hierro, no se ha superado el valor paramétrico en ningún caso.

En 252 (63%) casos el valor obtenido para el hierro se corresponde con el Límite de Cuantificación (LC). El LC para el hierro es de **10 µg/L**. En estos casos la cantidad de hierro es menor a 10 µg/L pero desconocemos dicho valor.

En el 90% de los casos el nivel de hierro obtenido ha sido inferior a 25 µg/L. El valor medio es de 16,45 µg/L y el valor máximo obtenido 166 µg/L.

4.1.4. NÍQUEL

El valor paramétrico del níquel establecido en el Real Decreto 140/2003 es de **20 µg/L**.

Del total de 400 boletines analíticos con los niveles de níquel, no se ha superado el valor paramétrico en ningún caso.

En 363 (90,8%) casos el valor obtenido para el níquel se corresponde con el LC. El LC para el níquel es de **2 µg/L**. En estos casos la cantidad de níquel es menor a 2 µg/L pero desconocemos dicho valor.

En el 97,8% de los casos el nivel de níquel obtenido ha sido inferior a 5 µg/L. Tan sólo hay dos casos con nivel igual o superior a 10 µg/L. La media es de 2,24 µg/L y el valor máximo es de 14 µg/L.

4.1.5. PLOMO

El valor paramétrico del plomo establecido en el Real Decreto 140/2003 es de **10 µg/L**.

Del total de 400 boletines analíticos con los niveles de plomo, no se ha superado el valor paramétrico en ningún caso.

En 391 (97,8%) casos el valor obtenido para el plomo se corresponde con el LC. El LC para el plomo es de **2 µg/L**. En estos casos la cantidad de plomo es menor a 2 µg/L pero desconocemos dicho valor.

En el 98,8% de los casos el nivel de plomo obtenido ha sido inferior a 5 µg/L. Tan sólo hay 5 casos con nivel igual o superior a 5 µg/L. La media es de 2,07 µg/L y el valor máximo es de 8 µg/L.

4.1.6. TABLA RESUMEN DE LOS NIVELES DE METALES

Metal	Nº de muestras	Valor paramétrico (máximo permitido)	Nº de muestras que superan el valor paramétrico	Límite Cuantificación	Nº de muestras < Límite de cuantificación	% de muestras < Límite de cuantificación	Valor máximo obtenido
Cobre	400	2 mg/L	0	0,05 mg/L	400	100	0,05 mg/L
Cromo	400	50 µg/L	0	5 µg/L	398	99,5	8 µg/L
Hierro	400	200 µg/L	0	10 µg/L	252	63	166 µg/L
Níquel	400	20 µg/L	0	2 µg/L	363	90,8	14 µg/L
Plomo	400	10 µg/L	0	2 µg/L	391	97,8	8 µg/L

4.2. DISTRITOS

En función de los distritos en los que aparecía dividida la ciudad de Zaragoza en el año 2001, excluyendo los barrios rurales norte y oeste, encontramos la siguiente distribución de las infraestructuras en las que se han tomado las muestras de los boletines analíticos incluidos en el estudio:

Distribución de Boletines Analíticos según Distritos

Distritos	Frecuencia	Porcentaje
Casco Histórico	69	17,3
Centro	34	8,5
Delicias	53	13,3
Universidad	60	15,0
San José	22	5,5
Las Fuentes	14	3,5
La Almozara	13	3,3
Oliver-Valdefierro	31	7,8
Torrero	20	5,0
Margen Izquierda	84	21,0
Total	400	100,0

Se conoce el distrito para las 400 infraestructuras en las que se han tomado muestras.

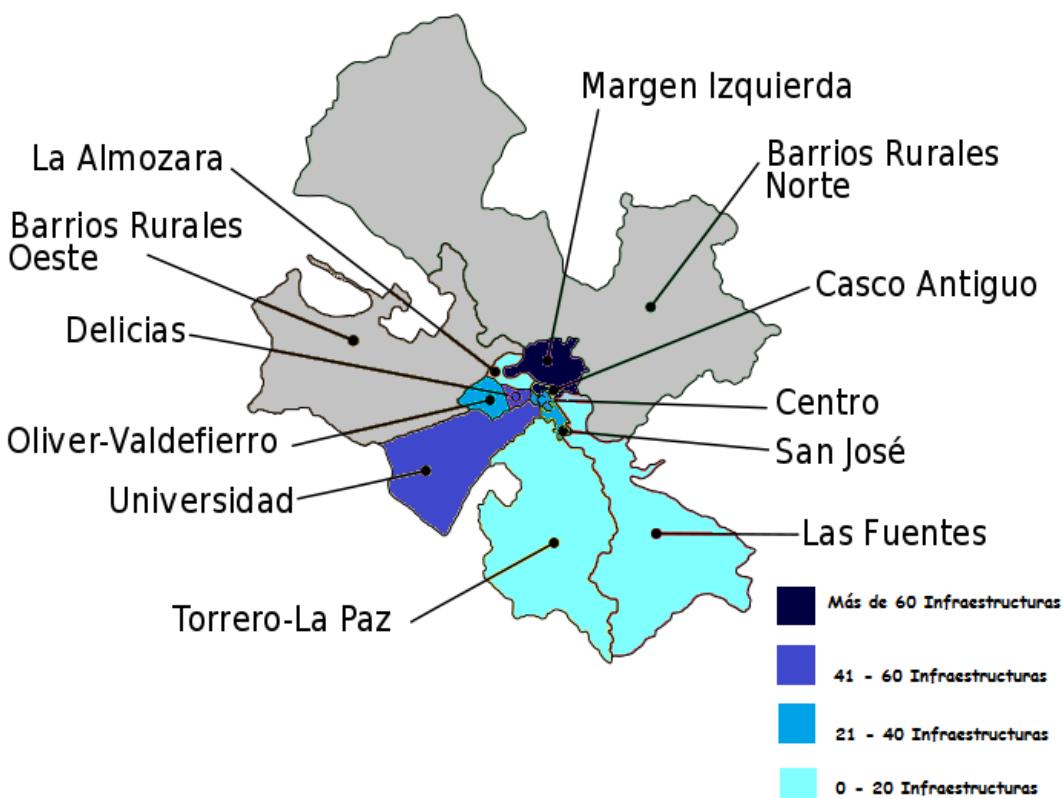


Figura 4: Distritos de Zaragoza. En azul oscuro distritos con mayor cantidad de infraestructuras en los que se han tomado muestras (Casco Antiguo y Margen Izquierda).

En términos absolutos, encontramos que en el Casco Histórico y en la Margen Izquierda se encuentran 69 y 84 infraestructuras en las que se han tomado muestras, respectivamente. Por el contrario, en los distritos de Las Fuentes y la Almozara se tomaron muestras en 14 y 13 infraestructuras respectivamente.

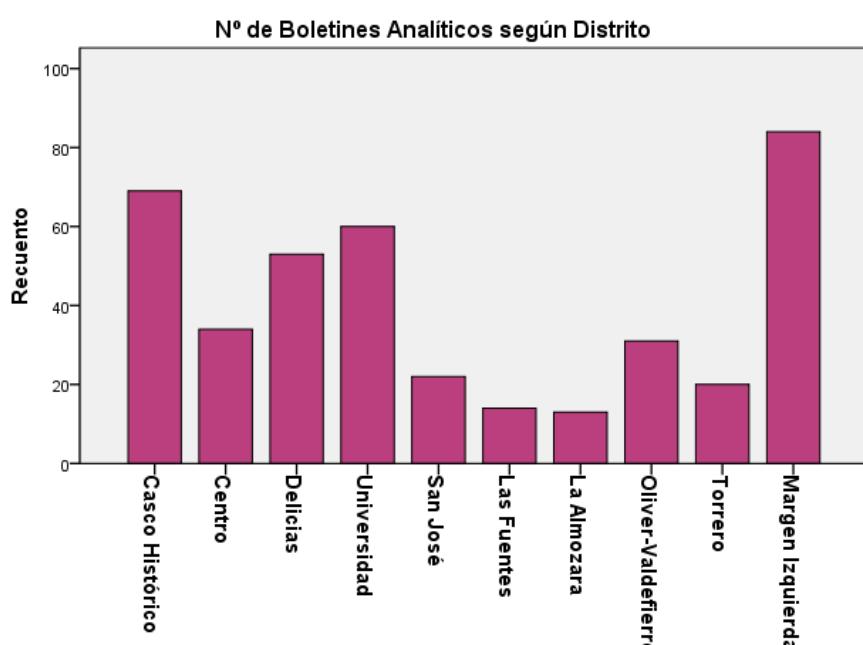


Gráfico 2. Nº de Boletines analíticos según distrito

En términos de porcentajes, más del 66% de las infraestructuras en las que se han tomado muestra las encontramos entre los distritos Margen Izquierda, Casco Histórico, Universidad y Delicias.

Las muestras tomadas en los distritos de La Almozara, Las Fuentes, Torrero, San José, Oliver-Valdefierro y Centro sólo suponen el 33% del total.

% de Boletines Analíticos según Distrito

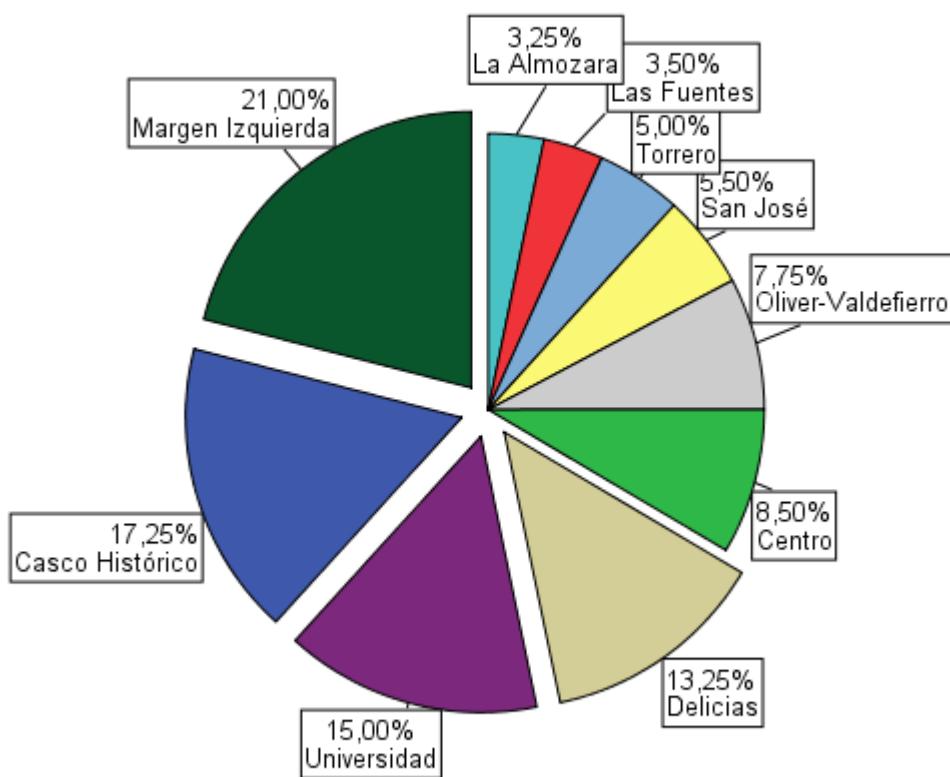


Gráfico 3. % de Boletines analíticos según distrito

4.3. DÉCADA DE CONSTRUCCIÓN DE LOS EDIFICIOS

Hemos conseguido determinar la década de construcción de 305 infraestructuras de las 400 incluidas en el estudio en las que se han tomado muestras, un 76,3%. El porcentaje de casos perdidos es de 23,8%.

Gran parte de las infraestructuras incluidas en el estudio, un 34,8%, son infraestructuras construidas con posterioridad a 1981. La década media de construcción de las infraestructuras del estudio es 1961.

La distribución de los boletines analíticos teniendo en cuenta la década de construcción de las infraestructuras en las que se han tomado muestras es la siguiente:

Década de Construcción	Nº Infraestructuras	Porcentaje
1900: construidos antes de 1900.	18	5,9
1901: construidos entre 1900 y 1920.	8	2,6
1921: construidos entre 1921 y 1940.	13	4,3
1941: construidos entre 1941 y 1950.	19	6,2
1951: construidos entre 1951 y 1960.	26	8,5
1961: construidos entre 1961 y 1970	37	12,1
1971: construidos entre 1971 y 1980.	78	25,6
1981: construidos con posterioridad a 1980	106	34,8
TOTAL	305	100

Nº de Boletines Analíticos según Década de construcción de la Infraestructura

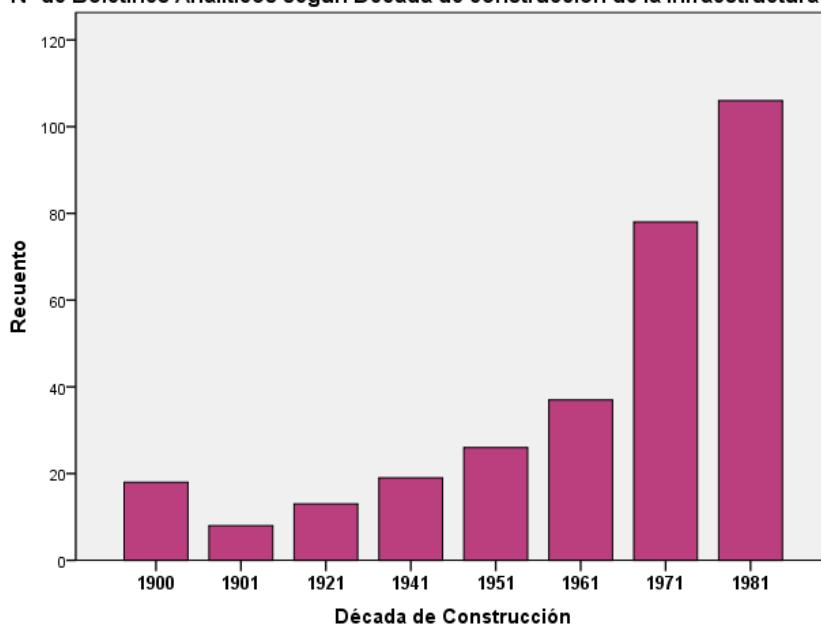


Gráfico 4. Nº de Boletines analíticos según década de construcción de la infraestructura. No aparecen valores en las décadas de 1910 y 1930 debido a que las infraestructuras construidas en estas décadas aparecen agrupadas con la década anterior.

DETERMINACIÓN DE LA DÉCADA DE CONSTRUCCIÓN POR DISTRITOS:

Por distritos, se ha determinado la “Década de construcción” en el 70-80% de las infraestructuras en la mayoría de los distritos.

Distrito	% de Infraestructuras en las que se ha determinado la Década de cons.
Casco Histórico	69,6%
Centro	76,5%
Delicias	77,4%
Universidad	81,7%
San José	72,7%
Las Fuentes	85,7%
La Almozara	76,9%
Oliver-Valdefierro	74,2%
Torrero	70,0%
Margen Izquierda	78,6%

ANTERIORES A 1981:

Si consideramos como “edificios antiguos” los construidos antes de 1980, encontramos un 65,2% de infraestructuras antiguas en el estudio en las que se han tomado muestras.

Anterior 1980			
Infraestructuras		Frecuencia	Porcentaje válido
Válidos	Anteriores 1980	199	65,2
	Posteriores 1980	106	34,8
	Total	305	100,0
Perdidos	Sistema	95	
	Total	400	

ANTERIORES A 1971:

En cambio, si consideramos como “edificios antiguos” los construidos antes de 1970, encontramos tan sólo un 39,7% de infraestructuras antiguas en el estudio en las que se han tomado muestras.

Anterior 1970

		Frecuencia	Porcentaje válido
Válidos	Anteriores 1970	121	39,7
	Posteriores 1970	184	60,3
	Total	305	100,0
Perdidos	Sistema	95	
Total		400	

ANTERIORES A 1961:

Este porcentaje disminuye aún más si consideramos como “edificios antiguos” los construidos antes de 1960, encontramos tan sólo un 27,5% de infraestructuras antiguas en el estudio en las que se han tomado muestras.

Anteriores 1960

		Frecuencia	Porcentaje válido
Válidos	Anteriores 1960	84	27,5
	Posteriores 1960	221	72,5
	Total	305	100,0
Perdidos	Sistema	95	
Total		400	

4.4. TIPO DE PUNTO DE MUESTREO Y USO DE LA INSTALACIÓN

En cuanto al “Tipo de punto de muestreo” y el “Uso del edificio” conocemos los datos para las 400 instalaciones, no hay valores perdidos.

El “**Tipo de punto de muestreo**” mayoritario es el “Grifo” en un 93,5% de los casos. Únicamente contamos con 5 muestras tomadas en “Grifos posteriores a tratamiento” y 21 muestras en “Entrada a Depósito/Aljibe”.

Tipo de Punto de Muestreo

	Frecuencia	Porcentaje válido
Grifo	374	93,5
Depósito/Aljibe	21	5,3
Tratamiento	5	1,3
Total	400	100,0

Nº de Boletines Analíticos según Tipo de Punto de Muestreo

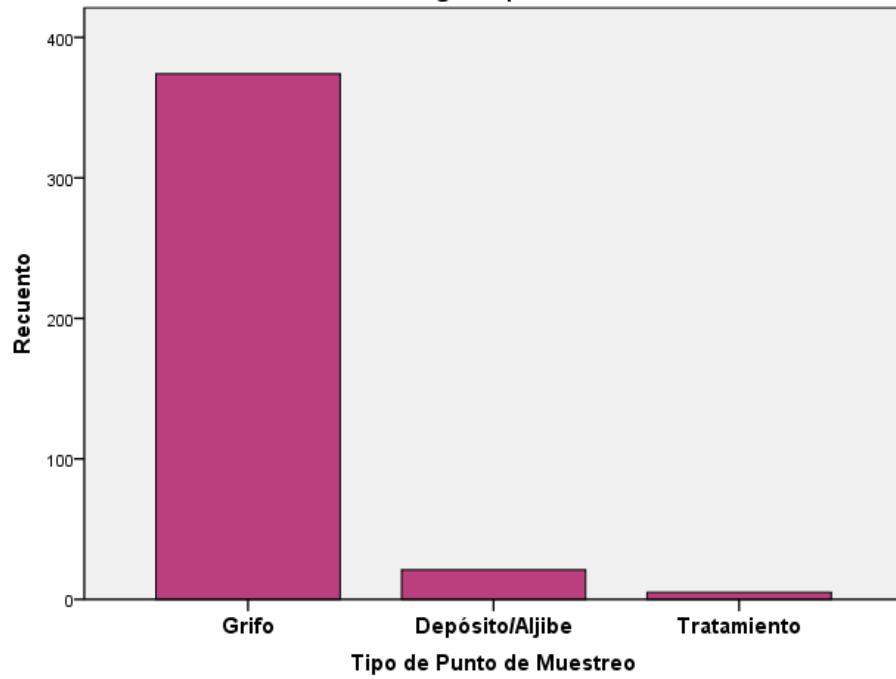


Gráfico 5. Nº de Boletines analíticos según tipo de punto de muestreo

El “Uso del Edificio” es en un 53,3% de los casos “Público de Titularidad Privada” (colegios privados/concertados, hoteles, hostales, guarderías privadas, centros comerciales...). Un 42,8% son “Públicos de Titularidad Pública” (colegios públicos, centros deportivos, centros cívicos, residencias públicas...).

Tan sólo encontramos 16 Infraestructuras de uso “Particular” (viviendas), lo que supone un 4% de las infraestructuras.

Uso Edificio		Frecuencia	Porcentaje válido
Público Titularidad Pública	171	42,8	
Público Titularidad Privada	213	53,3	
Particular	16	4,0	
Total	400	100,0	

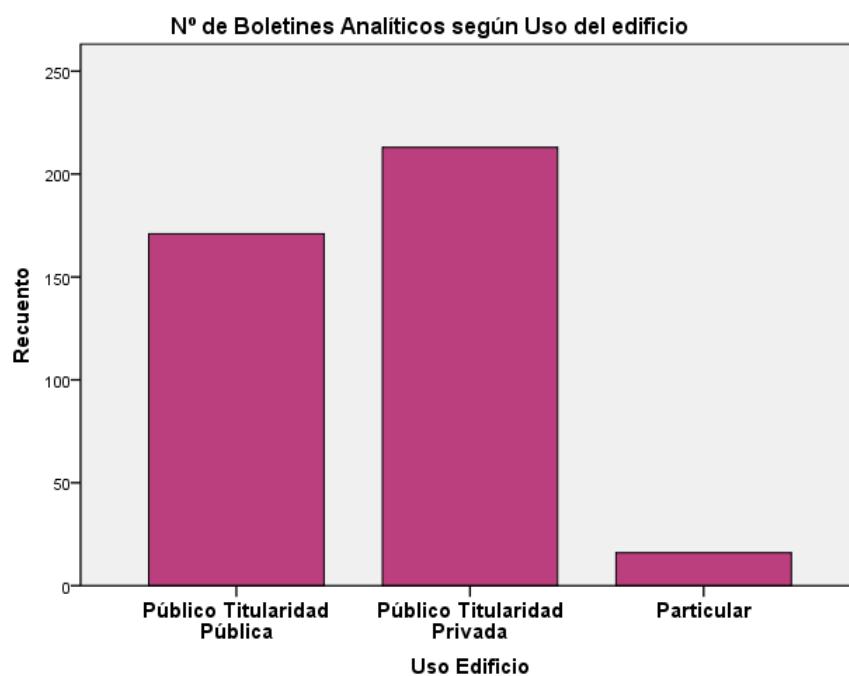


Gráfico 6. Nº de Boletines analíticos según uso del edificio

4.5. DIFERENCIAS EN LOS NIVELES DE METALES SEGÚN DISTRITO, DÉCADA DE CONSTRUCCIÓN, USO DE LA INSTALACIÓN Y TIPO DE PUNTO DE MUESTREO

DIFERENCIAS EN LOS NIVELES DE METALES ENTRE DISTRITOS:

No se puede afirmar que los niveles de cobre, cromo, hierro, níquel o plomo sean diferentes entre los distintos distritos del estudio, para un nivel de significación del 5% (Valor sig > 0,05, test de Kruskal-Wallis).

Estadísticos de contraste ^{a,b}					
	Cobre	Cromo	Hierro	Niquel	Plomo
Chi-cuadrado	,000	6,870	12,647	8,375	7,204
gl	9	9	9	9	9
Sig. asintót.	1,000	,651	,179	,497	,616

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Distrito

DIFERENCIAS EN LOS NIVELES DE METALES SEGÚN USO DEL EDIFICIO:

No se puede afirmar que los niveles de cobre, cromo, hierro, níquel o plomo sean diferentes entre los edificios públicos de uso público, privados de uso público y particulares, para un nivel de significación del 5% (Valor sig > 0,05, test de Kruskal-Wallis).

Estadísticos de contraste ^{a,b}					
	Cobre	Cromo	Hierro	Niquel	Plomo
Chi-cuadrado	,000	1,760	1,275	1,715	,878
gl	2	2	2	2	2
Sig. asintót.	1,000	,415	,529	,424	,645

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Uso Edificio

DIFERENCIAS EN LOS NIVELES DE METALES SEGÚN TIPO DE PUNTO DE MUESTREO:

No se puede afirmar que los niveles de cobre, cromo y hierro sean diferentes entre las muestras que proceden del grifo, de entrada depósito/almiбibe o del grifo posterior a tratamiento, para un nivel de significación del 5% (Valor sig > 0,05, test de Kruskal-Wallis).

Estadísticos de contraste ^{a,b}					
	Cobre	Cromo	Hierro	Níquel	Plomo
Chi-cuadrado	,000	,139	1,003	10,879	28,519
gl	2	2	2	2	2
Sig. asintót.	1,000	,933	,606	,004	,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Tipo de Punto de Muestreo

Por el contrario, podemos afirmar que los niveles de níquel y plomo son diferentes entre las muestras que provienen de grifo y las que provienen de entrada depósito/almiбibe, para un nivel de significación del 5% (Valor sig< 0,05 test de Kruskal-Wallis tabla anterior y U de Mann-Whitney a continuación).

Rangos			
Tipo de Punto de Muestreo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Níquel	Grifo	374	195,80
	Depósito/Almíbibe	21	237,24
	Total	395	
Plomo	Grifo	374	196,14
	Depósito/Almíbibe	21	231,19
	Total	395	

Estadísticos de contraste ^a		
	Níquel	Plomo
U de Mann-Whitney	3103,000	3230,000
W de Wilcoxon	73228,000	73355,000
Z	-3,203	-5,297
Sig. asintót. (bilateral)	,001	,000

a. Variable de agrupación: Tipo de Punto de Muestreo

No se puede afirmar que los niveles de níquel y plomo sean diferentes entre las muestras tomadas en grifo y en grifo tras tratamiento, ni entre las de grifo depósito/almíbibe y grifo tras tratamiento, para un nivel de significación del 5%. (Valor sig> 0,05 U de Mann-Whitney)

Rangos			
Tipo de Punto de Muestreo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Níquel	Grifo	374	190,21
	Tratamiento	5	174,50
	Total	379	872,50
Plomo	Grifo	374	190,03
	Tratamiento	5	187,50
	Total	379	937,50

Estadísticos de contraste ^a		
	Níquel	Plomo
U de Mann-Whitney	857,500	922,500
W de Wilcoxon	872,500	937,500
Z	-,670	-,260
Sig. asintót. (bilateral)	,503	,795

a. Variable de agrupación: Tipo de Punto de Muestreo

Rangos						Estadísticos de contraste ^b	
Tipo de Punto de Muestreo		N	Rango promedio	Suma de rangos		Níquel	Plomo
Níquel	Depósito/Aljibe	21	14,21	298,50		37,500	42,500
	Tratamiento	5	10,50	52,50		52,500	57,500
	Total	26				-1,322	-1,036
Plomo	Depósito/Aljibe	21	13,98	293,50		,186	,300
	Tratamiento	5	11,50	57,50		,340 ^a	,527 ^a
	Total	26					

a. No corregidos para los empates.

b. Variable de agrupación: Tipo de Punto de Muestreo

DIFERENCIAS EN LOS NIVELES DE METALES ENTRE LOS EDIFICIOS CONSTRUIDOS ANTES Y DESPUÉS DE 1980:

No se puede afirmar que los niveles de cobre, cromo, hierro o plomo sean diferentes entre los edificios construidos antes y después de 1980, para un nivel de significación del 5% (Valor sig > 0,05, U de Mann-Whitney). En el caso del níquel se observan niveles diferentes entre los edificios construidos antes y después de 1980, para un nivel de significación del 5% (Valor sig < 0,05).

Estadísticos de contraste^a

	Níquel	Plomo	Hierro	Cromo	Cobre
U de Mann-Whitney	9616,500	10483,000	9568,000	10447,500	10547,000
W de Wilcoxon	29516,500	16154,000	15239,000	30347,500	16218,000
Z	-2,620	-,336	-1,554	-1,370	,000
Sig. asintót. (bilateral)	,009	,737	,120	,171	1,000

a. Variable de agrupación: Anterior 1980

DIFERENCIAS EN LOS NIVELES DE METALES ENTRE LOS EDIFICIOS CONSTRUIDOS ANTES Y DESPUÉS DE 1970:

No se puede afirmar que los niveles de cobre, cromo, hierro, níquel o plomo sean diferentes entre los edificios construidos antes de 1970 y posteriores a 1970, para un nivel de significación del 5% (Valor sig > 0,05, U de Mann-Whitney).

Estadísticos de contraste^a

	Cobre	Cromo	Hierro	Níquel	Plomo
U de Mann-Whitney	11132,000	11071,500	11128,500	10470,500	10795,000
W de Wilcoxon	28152,000	18452,500	18509,500	17851,500	27815,000
Z	,000	-,811	-,005	-1,813	-1,724
Sig. asintót. (bilateral)	1,000	,417	,996	,070	,085

a. Variable de agrupación: Anterior 1970

CORRELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE METALES Y LA VARIABLE CUANTITATIVA “DÉCADA DE CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO”.

Estudiamos el grado de asociación entre las variables cuantitativas nivel de “cobre”, “cromo”, “hierro”, “níquel” o “plomo” y la “década de construcción del edificio” con el coeficiente de correlación de Spearman como medida de asociación entre ambas variables.

En el caso del níquel, encontramos que el valor del coeficiente de correlación de Spearman es de 0,125 (con un 95% de confianza está comprendido entre 0,013 y 0,234), indicando una intensidad débil en la asociación entre ambas variables, ya que es únicamente el 12,5% del valor máximo posible. De todas formas, dicha asociación es estadísticamente significativa (valor $p < 0,05$ y el intervalo de confianza no contiene el 0).

Correlaciones			Década de Construcción	Níquel
Rho de Spearman	Década de Construcción	Coeficiente de correlación	1,000	,125*
		Sig. (bilateral)	.	,029
		N	305	305
Níquel	Níquel	Coeficiente de correlación	,125*	1,000
		Sig. (bilateral)	,029	.
		N	305	400

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

En cuanto al resto de metales (cobre, cromo, hierro y plomo), no se ha encontrado asociación estadísticamente significativa entre los niveles de cada uno de los metales y la década de construcción ($sig > 0,05$).

Ante la asociación obtenida para el níquel y dado la elevada cantidad de analíticas con un valor de níquel inferior al LC (niveles no detectados), hemos recodificado la variable níquel en una variable cualitativa dicotómica (Detección de Níquel):

- Niveles de níquel cuyo resultado corresponde al LC (no detectado)
- Niveles de níquel mayores al LC (detectado)

Hemos contrastado la asociación entre la variable Detección de Níquel y edificios anteriores/posteriores a 1980 mediante una tabla de contingencia.

Tabla de contingencia Anterior 1980 * Niquel >2

			Detección Niquel		Total	
			Niquel=2	Niquel>2		
Anterior 1980	Anteriores 1980	Recuento	188	11	199	
		Frecuencia esperada	182,0	17,0	199,0	
	Posteriores 1980	Recuento	91	15	106	
		Frecuencia esperada	97,0	9,0	106,0	
Total		Recuento	279	26	305	
		Frecuencia esperada	279,0	26,0	305,0	

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	6,595 ^a	1	,010		
Corrección por continuidad ^b	5,536	1	,019		
Razón de verosimilitudes	6,242	1	,012		
Estadístico exacto de Fisher				,016	,011
Asociación lineal por lineal	6,574	1	,010		
N de casos válidos	305				

a. 0 casillas (,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 9,04.

b. Calculado sólo para una tabla de 2x2.

Como el valor p del contraste de Chi-cuadrado es < 0,05 rechazamos la hipótesis nula de independencia con un nivel de significación de 0,05. Esta asociación es estadísticamente significativa entre la detección de níquel y los edificios anteriores/posteriores 1980.

Cuantificamos dicha asociación mediante el coeficiente Q de Yule. Obtenemos un coeficiente Q de Yule de 0,48 que nos indica una asociación positiva débil entre la detección de níquel y edificios anteriores/posteriores a 1980:

- Los edificios anteriores a 1980 presentan niveles de níquel no detectados (teniendo en cuenta LC Instituto Municipal de Salud Pública).
- Los edificios posteriores a 1980 presentan niveles de níquel detectados (teniendo en cuenta LC Instituto Municipal de Salud Pública).

5. DISCUSIÓN

No se ha superado el valor paramétrico en ningún caso para los cinco metales estudiados: cobre, cromo, hierro, níquel y plomo.

- **Cobre:** todos los resultados de las analíticas son **menores al límite de cuantificación (0,05 mg/L)**. El porcentaje de cumplimiento en cuanto al valor paramétrico es similar al que encontramos en España, en nuestro estudio es del **100%** y en España es del **99,99%** (valor publicado en el último Informe Técnico de la Calidad del Agua de Consumo en España).⁴
- **Cromo:** el 99,5% de las muestras presentaban niveles inferiores al nivel de cuantificación (5 µg/L), un valor cercano al publicado en el informe técnico en el que el 98,55% de valores cuantificados para este metal son menores a 5 µg. **El 100% de cumplimiento** respecto al valor paramétrico de nuestro estudio **coincide con el 100% del cumplimiento en España**, de acuerdo con el último informe técnico publicado.⁴ Tan sólo hemos obtenido dos resultados con niveles superiores al límite de cuantificación, pero en ningún caso se aproximaban al valor paramétrico de 50 µg/L (7 y 8 µg/L).
- **Hierro:** el porcentaje de resultados de las analíticas cuyo resultado es inferior al límite de cuantificación (10 µg/L) se ve reducido al 63%, el hierro sí que se detecta en más ocasiones en el agua del grifo del consumidor pero sin superar el valor paramétrico de 200 µg/L. **El 100% de cumplimiento** se encuentra próximo al **99,75%** encontrado en España.⁴
- **Níquel:** el 97,5% de las muestras presentaban niveles menores al nivel de cuantificación (2 µg/L), y de las que poseían un valor diferente ninguna se aproximaba al valor paramétrico de 20 µg/L (el valor máximo obtenido es de 14 µg/L). **El 100% de cumplimiento** se encuentra próximo al **99,85%** de cumplimiento en grifo del consumidor en España de acuerdo con el último informe publicado.⁴
- **Plomo:** el 97,8% de las muestras presentaban valores inferiores al límite de cuantificación (2 µg/L), tan sólo hay 9 casos con valores distintos al límite de cuantificación. **El 100% de cumplimiento** del valor paramétrico **contrasta con el 97,92% de cumplimiento** en el año 2012 **en España** teniendo en cuenta el nuevo valor paramétrico.

En nuestro estudio las tasas de cumplimiento obtenidas para el plomo son mayores que las obtenidas en Aragón: En **Aragón, para el mismo periodo de tiempo** del estudio, el cumplimiento del valor paramétrico en los niveles de plomo en agua de **instalaciones interiores** es ligeramente inferior, un **99,6% de cumplimiento** (25 muestras de un total de 6272 superan el valor paramétrico), inferior al 100% de cumplimiento obtenido en nuestro estudio. El porcentaje de muestras con valores por debajo de los 2 µg/L (LC empleado en

nuestro estudio) también es inferior en instalaciones interiores de Aragón para el mismo periodo (80,4% frente al 97,8% obtenido).

Teniendo en cuenta **todas las determinaciones de plomo en Aragón** para el mismo periodo (incluyendo instalaciones interiores, redes de distribución, tratamiento, depósito), el **porcentaje de determinaciones conformes es de 99,6%** (38 muestras de un total de 10404 superan el valor paramétrico), inferior al 100% de cumplimiento obtenido en nuestro estudio.

Comparativa Aragón	Instalaciones Interiores de Zaragoza	Instalaciones Interiores de Aragón	Determinaciones totales en Aragón
% de Determinaciones conformes	100%	99,6%	99,6%
% de muestras con niveles > 2 µg/L (LC estudio)	97,8%	80,4%	83,3%

En cuanto a **toma de muestras por distritos** se observa una distribución **irregular en la toma de muestras**. Se toma gran cantidad de muestras en distritos como Margen Izquierda, Casco Histórico o Universidad. En el caso de Margen Izquierda, que es el distrito en el que más muestras se han tomado, tan sólo un 12,1% de las muestras tomadas en ese distrito proceden de edificios construidos antes de 1970. En distritos como Universidad o el Casco Histórico la cantidad de edificios antiguos es mayor que en el distrito Margen Izquierda, sin embargo, encontramos gran cantidad de mejoras y renovaciones en edificios e infraestructuras, se trata de zonas más céntricas y cuidadas.

Por el contrario, en barrios como Las Fuentes, San José o Torrero se han tomado muy pocas muestras (84 muestras tomadas en Margen Izquierda frente a 14 muestras tomadas en las Fuentes). Estos barrios son barrios más humildes, poseen edificios más antiguos y menor cantidad de edificios renovados, se podría decir que los edificios de estos distritos son más susceptibles de contar con tuberías de plomo. En ciudades como Barcelona se realizó un muestreo selectivo en distritos con mayor número de fincas antiguas¹⁵ y se obtuvieron resultados de incumplimiento del valor paramétrico del 8,1 % lo que supone un 91,9% de cumplimiento del valor paramétrico que contrasta con el 100% obtenido en nuestro estudio.

En algunos casos se ha observado la toma de muestras repetidamente en puntos de muestreo habituales, esto puede conducir a generar información redundante.

Teniendo en cuenta la **Década de Construcción**, considerando como “edificios antiguos” los construidos antes de 1980, encontramos que se han tomado muestras en un 65,2% de edificios antiguos. En cambio, si consideramos “edificios antiguos” los construidos antes de 1970 y 1960, este **porcentaje de muestras de agua procedentes de edificios antiguos se ve reducido** a un 39,7% y a un 27,5% respectivamente. Además, dado que se han eliminado del estudio barrios nuevos

como puede ser Valdespartera, este porcentaje de muestras procedentes de edificios antiguos podría ser incluso menor.

El tipo de muestreo en cuanto a los distritos y la antigüedad de los edificios que se está realizando en la ciudad de Zaragoza para el control de agua en grifo, podría estar enmascarando la problemática de cesión de metales desde **instalaciones antiguas** al agua de consumo. Sería recomendable muestrear una mayor cantidad de edificios antiguos, más susceptibles de contar con instalaciones interiores que pudieran representar un riesgo para la salud.

Del total de 400 analíticas incluidas en el estudio, tan sólo 16 proceden de **viviendas** particulares (un 4%). En cuanto al tipo de punto de muestreo, en un **93,5%** de los casos es el “**grifo**”. Para los intereses de nuestro estudio el grifo es el punto de toma de muestra más indicado, puesto que la cesión de metales puede verse afectada por el tiempo de permanencia en las tuberías y la distancia recorrida a lo largo de ellas. Sin embargo, sólo se ha muestreado un 5,3% en el depósito o aljibe. El depósito o aljibe es un punto crítico en cuanto a contaminación microbiológica se refiere debido a que se puede acumular el agua durante mucho tiempo dando lugar a crecimiento bacteriano. En términos generales de calidad del agua de consumo, sería interesante tener más en cuenta este tipo de punto de muestreo.

En función del **Tipo de punto de Muestreo** (grifo/aljibe/grifo tras tratamiento), únicamente hemos encontrado diferencias significativas en los niveles de plomo y níquel entre las muestras que provienen de grifo y las que provienen de grifo de entrada a depósito/aljibe. Podría ser debido a la influencia del tiempo de permanencia del agua en las tuberías y el recorrido que realiza el agua. Estos factores pueden afectar en la cesión de metales al agua de consumo por parte de las instalaciones interiores.³

En el caso del níquel se observan diferencias significativas entre los niveles de níquel en los edificios construidos antes de 1980 y los construidos posteriormente a 1980. Además, al estudiar la asociación entre la década de construcción del edificio y los niveles de níquel en agua, encontramos una asociación débil pero significativa entre estas variables. Teniendo en cuenta únicamente la detección o no detección del níquel en la analítica (niveles menores o mayores al LC), hemos encontrado una asociación estadísticamente significativa pero débil que nos indica que los edificios posteriores a 1980 presentan niveles de níquel detectados (teniendo en cuenta el LC del Instituto Municipal de Salud Pública), mientras que los edificios anteriores a 1980 presentan niveles de níquel no detectados. Estas diferencias podrían deberse al mayor uso que se realiza en la actualidad de elementos de grifería niquelados. De cualquier forma, el níquel no presenta efectos tan negativos para la salud como el cromo o el plomo,³ y en este caso nos referimos a niveles de níquel muy por debajo del valor paramétrico que no presentan un riesgo para la salud.

Hay un factor que no se ha tenido en cuenta en el estudio y es de gran relevancia. Los edificios antiguos son susceptibles de presentar tuberías de plomo y la cesión de este metal al agua. Para identificar edificios susceptibles hemos trabajado con la década de construcción de los edificios ya que son los datos con los que contamos.

Sin embargo, desconocemos si las instalaciones interiores de agua de los edificios del estudio han sido reparadas o sustituidas. En caso de que las instalaciones interiores hubieran sido reformadas no habríamos considerado estos edificios como susceptibles de dar lugar a la cesión de plomo al agua de consumo desde las instalaciones interiores.

Un segundo aspecto que desconocemos y puede ser importante al estudiar la cesión de plomo y otros metales al agua de consumo, es el método de toma de muestra empleado. Suponemos que los técnicos del Ayuntamiento de Zaragoza seguirán la Norma UNE-EN ISO 5667-3 relativa a la conservación y manipulación de muestras de agua, en la cual se indica que dejar correr el agua antes de la toma de muestra. No obstante, para valorar la problemática de la cesión de plomo desde las tuberías al agua de consumo, el método de muestreo recomendado es Random Day Time (agua retenida, sin dejar correr el agua), ya que tras compararse con otros métodos, ha demostrado ser un buen método de muestreo para determinar el cumplimiento de los niveles establecidos por la normativa.^{12,22}

Para poder valorar mejor esta problemática de la cesión de plomo al agua de consumo sería recomendable realizar un estudio epidemiológico con un muestreo selectivo, escogiendo para la toma de muestras edificios antiguos (como mínimo anteriores a 1970) **que no hayan realizado ninguna reforma de las conducciones** de fontanería del edificio y siguiendo el método de toma de muestras indicado, RDT .¹²

6. CONCLUSIONES

- Los niveles de cobre, cromo, hierro, níquel y plomo no superan el valor paramétrico en ninguna analítica de las 400 incluidas en el estudio. El cumplimiento de la norma es del 100%. Los niveles de cumplimiento para el plomo en instalaciones interiores de la ciudad de Zaragoza son superiores a los obtenidos para instalaciones interiores de Aragón en el mismo periodo (100% de cumplimiento en nuestro estudio frente al 99,6% de Aragón). El problema vinculado a la existencia de tuberías de plomo y la cesión de plomo al agua de consumo en las instalaciones interiores de la ciudad de Zaragoza parece ser residual.
- La problemática de cesión de metales desde las tuberías al agua de consumo está relacionada en muchos casos con instalaciones antiguas. Este estudio contiene las analíticas correspondientes al control en el grifo del consumidor llevadas a cabo por el Ayuntamiento de Zaragoza en la ciudad de Zaragoza. Entre los edificios en los que se toman las muestras, tan sólo encontramos un 39,7% de edificios anteriores a 1970, porcentaje que disminuye hasta el 27,5% si nos referimos a edificios anteriores a 1960. Este porcentaje de edificios antiguos podría ser aún más bajo, ya que no se han tenido en cuenta en el estudio barrios de nueva creación como Valdespartera o Parque Venecia.
- La distribución de la toma de muestras en cuanto a distritos es irregular. Hay distritos en los que se han realizado 84 o 69 tomas de muestras frente a otros distritos en los que sólo se han realizado 13 o 14 tomas de muestras en tres años. Los distritos en los que menos muestras se toman son algunos de los más humildes, como pueden ser Las Fuentes o Torrero.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo. Boletín Oficial del Estado, nº 45, 21 de febrero del 2003. <https://www.boe.es/boe/dias/2003/02/21/pdfs/A07228-07245.pdf>
2. Global Trends & Challenges in Water Science, Research and Management. A compendium of hot topics and features from IWA Specialist Groups. International Water Association, January 2012. http://www.iwahq.org/ContentSuite/upload/iwa/all/Specialist%20groups/members%20only%20resources/IWA_Web.pdf
3. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality – 4th ed. 2011. http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf?ua=1
4. Calidad del agua de consumo humano en España. Informe técnico. Año 2012. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. http://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/docs/Calidad_agua_consumo_INFORME_2012.pdf
5. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2004. Reseña Toxicológica del Cobre. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts132.pdf
6. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2012. Reseña Toxicológica del Cromo. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.pdf
7. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2005. Reseña Toxicológica del Níquel. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts15.pdf
8. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2007. Reseña Toxicológica del Plomo. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.pdf
9. Directiva 98/83/CE, DO L 330 de 5.12.1998. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0083&from=ES>
10. Informe de la Comisión Europea. Informe de síntesis sobre la calidad del agua potable en la UE en el que se examinan los informes de los Estados miembros correspondientes al período 2008-2010 de conformidad con la Directiva 98/83/CE. Bruselas, 2014. http://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/pdf/report2014/1_ES_ACT_part1_v2.pdf
11. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: incorporating 1st and 2nd addenda, Vol.1, Recommendations. – 3rd ed. Geneva 2008. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf?ua=1

12. C. R. Hayes and N. D. Skubala | Lead in drinking water. IWA Publishing 2009
Journal of Water and Health 07/04/2009.
<http://www.iwaponline.com/jwh/007/0569/0070569.pdf>
13. European Food Safety Authority; Lead dietary exposure in the European population. EFSA Journal 2012; 10(7):2831. [59pp.]
doi:10.2903/j.efsa.2012.2831. www.efsa.europa.eu/efsajournal
14. Instituto de Salud Pública, Madrid. Departamento de Inspección Central, Aguas de Consumo y Transporte Alimentario. Control de plomo en aguas de consumo. http://www.madridsalud.es/temas/control_plomo.pdf
15. Agència de Salut Pública de Barcelona. Unitat de Qualitat i Intervenció Ambiental. La qualitat sanitària de l'aigua de consum humà a Barcelona. Julio 2012. http://www.asp.cat/quefem/docs/Aigua_consum_huma.pdf
16. Jose Varela, Koldo Cambra, Conchi Onaindia, Itziar Zaldua. Estudio "Cesión de plomo procedente de instalaciones de fontanería, en centros escolares de la CAPV", 2010. Departamento de Sanidad y Consumo, Gobierno Vasco.
http://www.osakidetza.euskadi.net/r85-cknoti03/es/contenidos/informacion/sanidad_ambiental/es_1249/adjuntos/agua%20-%20documentos%20tecnicos/EstudioPlomoCentrosEscolares_c.pdf
17. Itziar Zaldua, Koldo Cambra, Conchi Onaindia, Jose Varela. Estudio de la problemática derivada de la cesión de plomo y otros metales de las instalaciones de fontanería al agua de consumo en las zonas de abastecimiento de la Comunidad Autónoma del País Vasco, 2010. Departamento de Sanidad y Consumo, Gobierno Vasco.
http://www.osakidetza.euskadi.net/r85-publ01/es/contenidos/informacion/sanidad_ambiental/es_1249/adjuntos/agua%20-%20documentos%20tecnicos/EstudioPlomoViviendas_c.pdf
18. Instituto Aragonés de Estadística. Censo de población y viviendas. Año 2001.
http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Organismos/InstitutoAragonEstadistica/AreasTematicas/02_Demografia_Y_Poblacion/01_CifrasPoblacion_Y_Censos/03_Censos/ci.02_Censo_2001.detalleDepartamento?channelSelected=cb5ca856c66de310VgnVCM2000002f551bacRCD
19. Departamento de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, Gobierno de Aragón. Portal de Centros Educativos.
<http://www.centroseducativosaragon.org/Public/buscadorsimple.aspx>
20. Blanco Hernández, Alonso Gutiérrez, Jiménez de Blas, Santiago Guervós, de Miguel Manzano. Estudio de los niveles de plomo, cadmio, zinc y arsénico, en aguas de la provincia de Salamanca. Rev Esp Salud Pública 1998; 72: 53-65.
<http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v72n1/plomo.pdf>
21. Norma UNE-EN ISO 5667-3 Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Conservación y manipulación de muestras de agua. Mayo 2013.
22. Van de Hoven T.J.L., Buijs P.J., Jackson P.J., Gardner M., Leroy P., Baron J., Boireau A., Cordonnier J., Wagner I., do Mone, H.M., Benoliel M.J., Papadopoulos I., Quevauviller P. Developing a new protocol for the monitoring of lead in drinking water. EUR 19087. Brussels: European Comission;1999.

ANEXO I

Parámetros químicos:

PARAMETRO	Determinaciones		Zonas de abastecimiento		Población censada		
	Notificadas Nº	Conformes %	Conformes %	sobre el control del parámetro %	sin información sobre el control del parámetro %	con el parámetro conforme siempre %	
Antimonio	15.179	99,91	4.501	99,9	85,3	14,7	85,3
Arsénico	15.919	98,64	4.595	98,6	85,4	14,6	85,2
Benceno	14.110	99,99	4.349	99,9	84,1	15,9	84,1
Benzo(α)pireno	14.248	99,99	4.346	99,9	84,0	16,0	84,0
Boro	16.911	99,31	4.531	99,2	85,4	14,6	84,3
Bromato	2.505	99,84	672	99,6	36,1	63,9	36,0
Cadmio	17.720	99,99	4.588	99,9	85,5	14,5	85,5
Cianuro	14.557	100	4.487	100	85,2	14,8	85,2
Cobre	33.550	99,98	5.238	99,9	85,8	14,2	85,8
Cromo	26.536	100	4.684	100	85,5	14,5	85,5
1,2-Dicloroetano	14.404	100	4.319	100	84,8	15,2	84,8
Fluoruro	22.177	97,98	4.723	98,9	86,5	13,5	86,2
HPA	14.019	99,99	4.289	99,9	83,8	16,2	83,8
Mercurio	15.553	100	4.517	100	85,4	14,6	85,4
Microcistina	2.604	100	820	100	36,3	63,7	36,3
Níquel	26.578	99,92	4.664	99,5	85,4	14,6	80,0
Nitrato	33.315	97,61	4.961	96,5	86,5	13,5	85,0
Nitritos	67.296	99,86	4.759	99,6	85,1	14,9	70,2
Total de plaguicidas	14.113	99,99	4.232	99,9	83,0	17,0	83,0
Plaguicida individual	259.608	99,99	3.087	99,6	68,5	31,5	68,4
Pbomo	28.802	99,90	5.177	99,8	85,7	14,3	81,8
Selenio	15.176	99,92	4.499	99,8	85,3	14,7	85,3
Trihalometanos(THMs)	20.235	99,28	4.513	98,1	85,5	14,5	81,7
Tri + Tetracloroeteno	14.226	100,00	4.247	100	84,7	15,3	84,7

Tabla resumen: parámetros químicos. Informe técnico de la Calidad del agua de consumo en España, año 2012.

ANEXO II

Número de edificios y número medio de viviendas según año de construcción (anterior a 1980), según el Censo de Población 2001, en Zaragoza capital.

Fuente: Censo de Población y viviendas 2001. Elaboración IAEST.

Dirección postal				Número de edificios								
Distrito código	Distrito nombre	Vial código	Vial tipo	Vial nombre	Vial nombre	Antes de 1900	1900 - 1920	1921 - 1940	1941 - 1960	1951 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980
1	Casco Histórico	60	CALLE	ABEN AIRE		6	0	1	0	0	0	0
						8	0	0	1	0	0	0
						9	0	0	0	0	1	0
						10	0	0	1	0	0	0
						13	0	0	0	0	0	0
						3	0	0	0	0	0	1
						5	0	0	0	0	0	0
						7	1	0	0	0	0	0
						10	0	0	1	0	0	0
						15	0	1	0	0	0	0
						16	0	0	0	1	0	0
						17	0	1	0	0	0	0
						19	0	0	1	0	0	0
						20	0	0	1	0	0	0
						27	0	0	1	0	0	0
						29	0	0	0	1	0	0
						33	1	0	0	0	0	0
						3	0	0	0	0	1	0
						5	0	0	0	0	0	1
						11	0	0	0	0	0	1
						12	0	1	0	0	0	0
						15	0	0	0	0	0	1
						17	0	0	0	0	0	1
						18	0	0	0	1	0	0
						19	0	0	0	0	0	1

Fragmento del Censo de Población 2001, Número de edificios y número medio de viviendas según año de construcción (anterior a 1980), en Zaragoza capital

