

# Osakidea

OSASUN  
TEKNOLOGIEN  
EBALUAZIOA

EVALUACIÓN DE  
TECNOLOGÍAS  
SANITARIAS



**EUSKO JAURLARITZA**  
**GOBIERNO VASCO**

OSASUN ETA KONTSUMO  
SAILA  
DEPARTAMENTO DE SANIDAD  
Y CONSUMO

## INFORME DE EVALUACIÓN

D-12-01

### **CONTAMINANTES PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DE CONSUMO EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO: EVALUACIÓN DEL RIESGO Y LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO**

Proyecto de Investigación Comisionada

Noviembre 2011



**INFORME DE EVALUACIÓN**

D-12-01

**CONTAMINANTES PROCEDENTES  
DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS  
DE CONSUMO EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA  
DEL PAÍS VASCO: EVALUACIÓN DEL RIESGO  
Y LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO**

**Proyecto de Investigación Comisionada**

Noviembre 2011

Astillero Pinilla, M<sup>a</sup> José  
Cambra Contin, Koldo  
García Vázquez, Raquel  
Onaindia Olalde, Concepción

**EUSKO JAURLARITZA**



**GOBIERNO VASCO**

OSASUN ETA KONTSUMO  
SAILA

DEPARTAMENTO DE SANIDAD  
Y CONSUMO

**Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia**

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2012

Un registro bibliográfico de esta obra puede consultarse en el catálogo de la Biblioteca General del Gobierno Vasco: <<http://www.euskadi.net/ejgvbiblioteca>>

**Financiación:** Beca de Investigación Comisionada 2008 Departamento de Sanidad y Consumo. Gobierno Vasco. Nº Expediente 2008/03.

**Este documento debe ser citado como:**

Astillero MJ, Cambra K, García R, Onaindia C, Varela J y Zaldúa I. *Contaminantes procedentes del tratamiento de las aguas de consumo en la Comunidad Autónoma del País Vasco: Evaluación del riesgo y las alternativas de tratamiento*. Investigación Comisionada. Vitoria-Gasteiz. Departamento de Sanidad y Consumo, Gobierno Vasco, 2012. Informe n.º: Osteba D-12-01.

El contenido de este documento refleja exclusivamente la opinión de las personas investigadoras, y no son necesariamente compartidas en su totalidad por quienes han realizado la revisión externa o por el Departamento de Sanidad y Consumo del Gobierno Vasco.

---

Edición:	1.ª marzo 2012
Tirada:	80 ejemplares
©	Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco Departamento de Sanidad y Consumo
Internet:	<a href="http://www.osakidetza.euskadi.net/osteba">www.osakidetza.euskadi.net/osteba</a>
Edita:	Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco Donostia-San Sebastián, 1 - 01010 Vitoria-Gasteiz
Fotocomposición:	Composiciones RALI, S.A. Costa, 12-14 - 48010 Bilbao
Impresión y encuadernación:	Estudios Gráficos ZURE, S.A. Carretera Lutxana-Asua, 24-A - 48950 Erandio-Goikoa (Bizkaia)
ISBN:	978-84-457-3233-5
D.L.:	VI 157-2012

### **Investigadora principal**

**Concepción Onaindia Olalde.** Subdirección de Salud Pública de Bizkaia. Dpto. Sanidad y Consumo. Gobierno Vasco.

### **Miembros del equipo de investigación**

**María José Astillero Pinilla.** Comarca de Salud Pública de Gernika Lea-Artibai. Bizkaia.

**Koldo Cambra Contín.** Centro de Investigación Biomédica. Fundación Miguel Servet. Pamplona

**Raquel García Vazquez.** Comarca de Salud Pública de Gernika Lea-Artibai. Bizkaia

**Jose Maria Varela Alonso.** Subdirección de Salud Pública de Araba-Álava. Vitoria-Gasteiz.

**Itziar Zaldúa Etxabe.** Subdirección de Salud Pública de Gipuzkoa. Dpto. Sanidad y Consumo. Gobierno Vasco.

### **Becaria**

**Sausan Malla Gutierrez.**

### **Revisores externos**

**Dña. Piedad Martín Olmedo.** Escuela Andaluza de Salud Pública. Junta de Andalucía. Granada.

**D. José M<sup>a</sup> Ordoñez Iriarte.** Dirección General de Ordenación e Inspección de la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid.

### **Coordinación del Proyecto**

**M<sup>a</sup> Asun Gutierrez Iglesias.** Servicio de Evaluación de Tecnologías Sanitarias, Osteba. Departamento de Sanidad y Consumo del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz. Araba-Álava.



# ÍNDICE

RESÚMENES ESTRUCTURADOS .....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. La investigación en Europa .....	20
1.2. Regulaciones y normativas .....	21
1.3. Estudios relacionados publicados en España .....	21
2. OBJETIVOS.....	23
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	27
3.1. Revisión bibliográfica.....	29
3.2. Estudio descriptivo de niveles de trihalometanos.....	29
3.3. Evaluación de riesgos.....	30
3.4. Alternativas al tratamiento y valoración económica.....	33
4. RESULTADOS .....	35
4.1. Revisión bibliográfica. Efectos para la salud relacionados con los SPD .....	37
4.2. Niveles de trihalometanos en la CAPV .....	39
4.3. Evaluación de riesgos para la salud.....	47
4.4. Alternativas de tratamiento.....	52
4.5. Valoración económica .....	59
5. CONCLUSIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS .....	73
Anexo 1. Trihalometanos totales por zona de abastecimiento y territorio.....	75
Anexo 2. Resultados de THM totales y especies por zona de abastecimiento y territorio .....	80
Anexo 3.a. Efecto no cáncer. Índices de riesgo por especie y por vía .....	96
Anexo 3.b. Efecto cáncer. Riesgo por especie, vía y riesgo total.....	100





# RESÚMENES ESTRUCTURADOS

---



## RESUMEN ESTRUCTURADO

**Título:** CONTAMINANTES PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DE CONSUMO EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO: EVALUACIÓN DEL RIESGO Y ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

**Autores:** Astillero M J, Cambra K, García R, Onaindia C.

**Palabras clave:** Agua potable, subproductos de la desinfección, tratamiento del agua, trihalometanos, desinfección del agua, medición de riesgo

**Fecha:** Noviembre 2011

**Páginas:** 104

**Referencias:** 72

**Lenguaje:** Resumen en castellano, euskera e inglés

**ISBN:** 978-84-457-3233-5

### INTRODUCCIÓN

El tratamiento y la desinfección del agua de consumo han permitido controlar adecuadamente los riesgos de tipo microbiológico y ha supuesto una de las mejoras más importantes alcanzadas en materia de salud pública. No obstante, el uso de desinfectantes no está exento de riesgos, entre ellos la formación de sustancias con potencial tóxico, denominados genéricamente Subproductos de la Desinfección (SPD). Relacionados con el uso del cloro, los Trihalometanos (THM) son los SPD que se encuentran en una concentración mayor y han sido los más estudiados.

### OBJETIVOS

Conocer la exposición a subproductos de la desinfección de la población de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) y valorar las posibilidades de actuación en el agua bruta y/o en los tratamientos para reducir las concentraciones de los mismos.

### MÉTODOS

Se ha efectuado una búsqueda bibliográfica sobre la génesis y efectos para la salud de los SPD más importantes en las bases de datos y los portales más usados en la literatura científica. Se ha realizado un análisis estadístico descriptivo y una evaluación del riesgo de los niveles de THM en el periodo 2004-2009 de las Zonas de Abastecimiento (ZA) de la CAPV que abastecen a más de 500 habitantes. Por último, se han identificado algunas alternativas factibles para disminuir la formación de SPD en grupos de trabajo en los que han participado técnicos voluntarios de las unidades de control y vigilancia de los abastecimientos.

**Análisis económico:**

SI

NO

**Opinión de Expertos:**

SI

NO

## RESULTADOS-CONCLUSIONES

El mayor grado de evidencia sobre efectos adversos para la salud asociados a los SPD existe en relación con el cáncer de vejiga. Los resultados en relación con otros tipos de cáncer y con los efectos reproductivos no son concluyentes.

Los niveles medios de THM en las ZA de la CAPV se encuentran por debajo del límite establecido en el RD 140/2003, y cumplen con los valores guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Existen diferencias en los niveles de THM entre Territorios Históricos. Mientras que en Gipuzkoa el 95% de la población se abastece con agua con niveles inferiores a 25 µg/L, en Bizkaia el 85% de los habitantes consumen agua con niveles superiores a 50 µg/L.

La vía inhalatoria puede contribuir significativamente a la exposición total a los SPD presentes en el agua. En las zonas con mayor contenido en cloroformo, la vía inhalatoria es la que mayor peso relativo tiene.

El desplazamiento del punto de precloración y el cambio en el tipo de desinfectantes empleados en el tratamiento han demostrado ser medidas eficaces para la reducción de la concentración final de THM.

Siguiendo lo preconizado en la directiva 98/83 –conseguir los niveles más bajos posibles de SPD sin comprometer la desinfección–, existe margen para la mejora de la calidad del agua en las zonas de abastecimiento de la CAPV con niveles más altos de THM. La reducción de las concentraciones medias de cloroformo a niveles por debajo de 40 µg/L afectaría a 12 ZA y de ello se beneficiarían 900.000 consumidores.

# LABURPEN EGITURATUA

**Izenburua:** EUSKAL AUTONOMIA ERKIDEGOKO KONTSUMORAKO UREN TRATAMENDUTIK DATOZEN POLUITZAILEAK: ARRISKUAREN EBALUAZIOA ETA TRATAMENDU-AUKERAK

**Egileak:** Astillero M. J., Cambra K., García R., Onaindia C.

**Gako-hitzak:** Edateko ura, desinfekzioaren azpiproduktuak, uraren tratamendua, trihalometanoak, uraren desinfekzioa, arrisku-neurketa

**Data:** 2011ko azaroa

**Orrialdeak:** 104

**Erreferentziak:** 72

**Hizkuntza:** Laburpena gaztelania, euskaraz eta ingelesez

**ISBN:** 978-84-457-3233-5

## SARRERA

Kontsumorako urak tratatzeari eta desinfektatzeari esker, arrisku mikrobiologikoak egoki kontrolatu dira, eta hori izan da, hain zuzen ere, osasun publikoaren alorrean egindako hobekuntza garrantzitsuenetako bat. Dena den, desinfektatzaileak erabiltzeak ere baditu bere arriskuak, besteak beste, toxikoak izan litezkeen substantziak, generikoki Desinfekzioaren Azpiproduktu (DAP) deitzen zaienak, eratzea. Kloroaren erabilpenarekin lotuta, Trihalometanoak (THM) dira DAP ugarienak eta gehien aztertutakoak.

## HELBURUAK

Euskal Autonomia Erkidegoko (EAE) biztanleek desinfekzioaren azpiproduktuekiko zer esposizio duten ezagutzeko, eta, desinfekzioaren azpiproduktuen kontzentrazioak gutxitzeko, ur gordinean eta/edo tratamenduetan eragiteko aukerak baloratzea.

## METODOAK

DAP garrantzitsuen genesiari eta osasunean dituzten ondorioei buruzko bilaketa bibliografiko bat egin da, literatura zientifikoa gehien erabiltzen diren datu-baseetan eta atarietan. Bostehun biztanleri baino gehiagori hornidura ematen dieten EAEko hornitze-eremuetako 2004-2009 epealdiko THM mailen analisi estatistiko deskribatzaile bat eta maila horien arriskuaren ebaluazio bat egin dira. Azkenik, DAPen eraketa murrizteko aukera egingarri batzuk identifikatu dira; besteak beste, hornidurak kontrolatzeko eta zaintzeko unitateetako zenbait teknikari boluntariok parte hartu dute lantaldeetan.

**Analisi ekonomikoa:**

BAI

EZ

**Adituen iritzia:**

BAI

EZ

## EMAITZAK-ONDORIOAK

DAPei lotutako osasunerako ondorio kaltegarriei buruzko ebidentzia-maila handiena maskuriko minbiziari dagokiona da. Beste minbizi-mota batzuei eta ugalketako ondorioei buruzko emaitzak ez dira erabakigarriak.

EAEko hornidura-eremuetako batez besteko THM mailak 140/2003 Errege Dekretuan ezarritakoen azpitik daude, eta bat datoz Osasunaren Mundu Erakundeak (OME) gomendatutako gida-balioekin.

THM-mailetan desberdintasunak daude lurralde historikoen artean. Gipuzkoan, 25 µg/L baino maila txikiagoak dituen urarekin hornitzen da populazioaren %95, eta Bizkaian, aldiz, 50 µg/L baino maila handiagoak dituen ura kontsumitzen dute biztanleen %85ek.

Inhalazioaren bideak nabarmen gehitu dezake uretan dauden DAPekiko guztizko esposizioa. Kloroformo-edukia handia den eremuetan, inhalazioaren bidea da pisu erlatibo handienekoa.

Aurreklorazio-puntua lekuz aldatzea eta tratamenduan erabilitako desinfektatzaile-mota aldatzea THMen azken kontzentrazioa gutxitzeko neurri eraginkorrak direla frogatu da.

98/83 Direktiban sustatutakoari (desinfekzioa arriskuan jarri gabe, ahal den DAP mailarik txikienak lortzea) jarraiki, THM-maila handienak dituzten EAEko hornidura eremuetako uraren kalitatea hobetu daiteke. Batez besteko kloroformo-kontzentrazioak 40 µg/L baino maila txikiagoetara jaisteak 12 hornidura-eremuri eragingo lieke, eta 900.000 kontsumitzailearentzat izango litzateke onuragarria.

## STRUCTURED SUMMARY

**Title:** CONTAMINANTS FROM THE TREATMENT OF DRINKING WATER IN THE AUTONOMOUS COMMUNITY OF THE BASQUE COUNTRY ASSESSMENT OF THE RISK AND ALTERNATIVE TREATMENTS

**Authors:** Astillero M J, Cambra K, García R, Onaindia C.

**Keywords:** Drinking water, disinfection sub products, water treatment, trihalomethanes, water disinfection, risk measurement

**Date:** November 2011

**Pages:** 104

**References:** 72

**Language:** Abstracts in Spanish, Basque and English

**ISBN:** 978-84-457-3233-5

### INTRODUCTION

The treatment and disinfection of drinking water has permitted an adequate control of microbiological risks and has been one of the most important improvements achieved in the area of public health. However, the use of disinfectants is not without risk, among these the formation of potentially toxic substances known generically as Disinfection Sub products (DSPs). Associated with the use of chlorine, Trihalomethanes (THM) are the DSPs found in a higher concentration and have been the subject of more studies.

### AIMS

Determine the exposure to disinfection sub products of the Population of the Autonomous Community and assess the possibilities of treating raw water and/or adjusting the treatments to reduce the concentration of disinfection sub products.

### METHODS

A bibliographical survey was made of the origins and effects on health of the most important DSPs in the databases and portals used most widely in the scientific literature. A descriptive statistical analysis has been made as well as an assessment of the risk of THM levels during the period 2004-2009 in the supply areas of the Basque Country that supply more than 500 inhabitants. Lastly, a number of feasible alternatives have been identified to reduce the formation of DSPs by work groups in which volunteer specialists from the control and surveillance units have taken part.

**Economic analysis:**  YES    NO    **Expert opinion:**    YES     NO

## RESULTS-CONCLUSIONS

The greatest amount of evidence of the adverse effects on health associated with DSPs exists with regard to bladder cancer. The results with regard to other kinds of cancer and the reproductive effects are not conclusive.

The average levels of THMs in the supply areas of the Basque Autonomous Community are under the limit established in Royal Decree 140/2003, and comply with the guideline values recommended by the World Health Organisation (WHO).

There are differences in the levels of THMs between Basque Provinces. While in Gipuzkoa, 95% of the population is supplied with water with levels of under 25 µg/L, in Bizkaia, 85% of the inhabitants consume water with the levels of over 50 µg/L.

The inhalatory tract may make a significant contribution to the total exposure to DSPs present in water. In areas with a greater content of chloroform, the inhalatory tract has the greatest relative weight.

The displacement of the pre-chlorination point and the change in the type of disinfectants used in the treatment have been seen to be efficient measures to reduce a final concentration of THM.

Following the recommendations of the 98/83 directive, – to achieve the lowest possible levels of DSPs without compromising disinfection –, there is a margin for improving the quality of water in the supply areas of the Basque Community with the highest levels of THMs. The reduction of the average concentrations of chloroform to levels below 40 µg/L would affect 12 supply areas and 900,000 consumers would benefit.



# 1. INTRODUCCIÓN

---



El consumo de agua de calidad es fundamental para la salud, un derecho básico y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud. Dentro de la vigilancia y control de los riesgos ambientales, los derivados del agua de consumo han sido siempre un área de actuación prioritaria en salud pública ya que son riesgos que afectan a poblaciones enteras con independencia del estado de salud de los individuos.

La desinfección del agua de consumo ha supuesto uno de los mayores avances en materia de salud pública gracias a la reducción de las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua.

Los desinfectantes utilizados en la potabilización del agua son sustancias oxidantes que además de desactivar los microorganismos patógenos reaccionan con la materia orgánica natural presente en el agua generando un tipo de contaminantes químicos llamados Subproductos de la Desinfección (SPD).

Los SPD están presentes en mezclas complejas, la presencia de unos u otros depende de las características del agua bruta y de las condiciones del tratamiento. Se han identificado un elevado número de subproductos y se estima que se desconocen más del 60%. La exposición a estos contaminantes a través del agua tratada durante largos períodos de la vida puede originar efectos adversos sobre la salud. Es por ello que agencias internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) o la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), han establecido regulaciones y documentos de referencia con el objetivo de disminuir la concentración de estos productos sin comprometer la calidad microbiológica del agua de consumo.

Los desinfectantes utilizados predominantemente en la potabilización del agua son el cloro y sus derivados. El cloro reacciona con la materia orgánica natural para formar, entre otros subproductos, Trihalometanos (THM), Ácidos Haloacéticos (HAA), Haloacetoneitrilos (HAN), halocetonas, hidrato de cloral y cloropicrina.

Los Trihalometanos (THM) y los Ácidos Haloacéticos (HAA) son los subproductos de la desinfección que con más frecuencia se encuentran en el agua tratada con cloro. La mayor presencia de una especie u otra y la concentración de éstas depende de varios factores: de la materia orgánica e iones bromuro presentes en el agua bruta, del tipo de tratamiento, del tipo de desinfectante utilizado, del tiempo de residencia en la red de distribución y de la temperatura.

Los Trihalometanos son los SPD que se forman en mayor concentración y se han utilizado tradicionalmente como indicadores de los niveles de éstos en el agua. Se identificaron por primera vez en el agua tratada en los años 70, y en los últimos años se han establecido valores guía y valores paramétricos para controlar las concentraciones de estas sustancias en el agua de consumo. Estos valores paramétricos van sufriendo modificaciones con el paso del tiempo de acuerdo al avance y progreso en el conocimiento sobre los efectos en salud y los avances en los tratamientos para evitar su formación. La OMS publicó en 2005 el documento *Trihalomethanes in drinking-water*,<sup>1</sup> documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Igualmente la USEPA, por medio de su Stage 1 (1998)<sup>2</sup> y Stage 2 (2006)<sup>3</sup> ha establecido regulaciones con el objetivo de mejorar la protección de la Salud Pública reduciendo el riesgo potencial de los efectos adversos asociados con los SPD en los sistemas de distribución de agua para consumo.

En la totalidad de las Zonas de Abastecimiento<sup>a</sup> (ZA) de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) se utiliza cloro, ya sea en el proceso de pre-tratamiento y/o en la desinfección. Existe una gran variabilidad en las concentraciones de THM y HAA de unas zonas a otras lo que es indicativo de que existe dentro de la CAPV variabilidad en los factores que determinan su formación.

<sup>a</sup> Zona de abastecimiento: área geográfica definida en la que la calidad del agua distribuida puede considerarse homogénea.

Los efectos de los SPD en la salud han sido identificados en estudios toxicológicos y epidemiológicos que han relacionado estos productos con algunos tipos de cáncer y efectos adversos en la reproducción y neonatos.

La Agencia Internacional de Investigación sobre el cáncer (IARC/OMS) ha clasificado el cloroformo y el bromodichlorometano como posibles carcinógenos para humanos (grupo 2B).<sup>4,5</sup>

En distintos estudios epidemiológicos se ha asociado la exposición prolongada a SPD, medidos como THM, con un aumento significativo de riesgo cáncer de vejiga. Sin embargo, con los datos disponibles no se puede concluir la existencia de una relación causal.<sup>6</sup>

La evaluación del riesgo es una metodología que ha sido considerada como una interfaz entre epidemiología ambiental y políticas ambientales, entre científicos y gestores. En ella se combina y sintetiza información sobre la toxicidad de los contaminantes y las vías de exposición por las que éstos alcanzan a las personas, con la finalidad de estimar el riesgo o probabilidad de aparición de efectos adversos entre la población expuesta. Más concretamente, en este procedimiento se utiliza información toxicológica y epidemiológica para identificar el peligro, se evalúa la exposición de la población de estudio, se manejan referencias que caracterizan la relación dosis-respuesta de los contaminantes, y finalmente se estima el riesgo de aparición de un efecto adverso. La relevancia de cada una de las vías de exposición (oral, dérmica, respiratoria) depende de propiedades de los contaminantes que determinan su comportamiento en el medio, como son su solubilidad en agua, volatilidad, adsorción a materia orgánica...etc. En el caso de los THM, debido a su elevada volatilidad, la vía inhalatoria tiene un gran peso en la exposición global.

### 1.1. LA INVESTIGACIÓN EN EUROPA

Entre 2006 y 2010 se ha llevado a cabo el proyecto europeo **HIWATE** -Health Impacts of long-term exposure to disinfection by-products in drinking Water in Europe ([www.hiwate.eu](http://www.hiwate.eu)), dentro del Sexto Programa Marco para la Investigación y Desarrollo Tecnológico (FP6) de la Unión Europea. Se pretende que los resultados de este proyecto sirvan como referencia para la elaboración de guías europeas.

Para la Comisión Europea la calidad del agua de bebida es una prioridad y aunque en Canadá y USA se han venido realizando muchos estudios en relación a los riesgos para la salud de los SPD, los resultados no son extrapolables a nuestro territorio ya que los sistemas utilizados en los tratamientos del agua en Europa son diferentes y los niveles y las mezclas de SPD detectados también.

Se parte del hecho de que hay una evidencia epidemiológica que establece una relación entre los subproductos de la cloración, medidos como THM, en agua de bebida y el cáncer de vejiga, pero de que la evidencia para otros cánceres y para problemas en la reproducción y neonatos no es consistente.

Por tanto, el proyecto tiene como objetivo principal el investigar los riesgos para la salud humana asociados con una exposición a largo plazo de bajos niveles de desinfectantes (cloro) y SPD en el agua de consumo humano. Asimismo, en el estudio se realizará un análisis riesgo-beneficio que incluye una valoración cuantitativa del riesgo asociado con la contaminación microbiológica del agua frente a los riesgos químicos y se compararán las distintas alternativas existentes para el tratamiento del agua.

Uno de los aspectos más innovadores de HIWATE es que se incluirán métodos para la valoración de la exposición a subproductos que incluyen además de la ingestión, otras actividades como la ducha, el baño y el uso de piscinas. Así se establecerán unos índices de exposición integrados, particularmente para THM, aunque sin descartar otros SPD relevantes, que incluirán las 3 rutas (oral, inhalatoria y absorción cutánea)

## 1.2. REGULACIONES Y NORMATIVAS

Tanto organismos internacionales como administraciones sanitarias han visto la necesidad de regular la presencia de SPD en el agua de consumo y establecer unas concentraciones máximas admisibles para algunos de ellos.

La Directiva Europea de aguas de consumo 98/83/EC, actualmente en vigor, y transpuesta en el RD 140/2003<sup>7</sup> establece un valor máximo admisible de THM de 100 µg/L. Este parámetro se refiere a la suma de las 4 especies de trihalometanos que están reguladas: cloroformo (CL3CH), dibromoclorometano (DBCM), bromodiclorometano (BDCM) y bromoformo (BR3CH). No se establecen valores paramétricos para las especies por separado.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA),<sup>8</sup> ha establecido un valor máximo admisible para el total de THM de 80 µg/L y niveles objetivo para las especies.

La Organización Mundial para la Salud (OMS)<sup>9</sup> ha establecido valores guía para las cuatro especies de THM. Para el total de THM, establece que la suma de las concentraciones de cada una de las especies divididas por sus respectivos valores guía debe ser menor o igual a 1.

Tabla 1. Valores límite de distintas regulaciones y normativas

	TRIHALOMETANOS µg/L				
	THM	CL3CH	DBCM	BDCM	BR3CH
RD 140/2003	100	–	–	–	–
USEPA	80	70*	60*	0*	0*
OMS	$\sum C_{\text{especie}} / C_{\text{guía}} \leq 1$	200 <sup>b</sup>	100	60	100

\* Nivel objetivo máximo de contaminante. Permiten un margen de seguridad y son objetivos, no son normas.

## 1.3. ESTUDIOS RELACIONADOS PUBLICADOS EN ESPAÑA

En los estudios publicados hasta ahora en los que se han investigado estos compuestos en el agua de consumo, se ha valorado la concentración de THM detectada en un número determinado de muestras durante uno o dos años. En 1998 se analizaron 151 muestras para valorar el agua de la ciudad de Barcelona.<sup>11</sup> En la provincia de Granada se investigó la concentración de THM en agua de consumo y se analizaron 82 muestras obtenidas en el año 2006.<sup>12</sup> En el más recientemente publicado (2010) se analizaron 33 muestras de agua de consumo para determinar la concentración de THM y HAA y estimar su ingesta en una cohorte en Gipuzkoa.<sup>13</sup>

En este estudio se presentan los resultados de los niveles de THM encontrados en el agua de consumo de la CAPV entre los años 2004 y 2009. Se incluye asimismo una recopilación del conocimiento científico actual sobre los efectos en salud de los SPD y una evaluación del riesgo que para la salud de los habitantes de la CAPV supone el uso de un agua con los niveles de THM detectados valorándose la exposición por las vías oral, dérmica e inhalatoria. Por último, se aborda el tema de los factores que influyen en la formación de los SPD y las alternativas a los tratamientos que actualmente se utilizan en la CAPV para disminuir su presencia. Se aporta también la valoración económica que supondría la realización de estos cambios en el tratamiento del agua.

<sup>b</sup> En la 4ª edición de las Guías de calidad para el agua potable de la OMS publicada en 2011, el valor guía para el cloroformo es de 300 µg/L<sup>10</sup>.



## 2. OBJETIVOS

---





## **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar los posibles riesgos para la salud de la población de la CAPV por exposición a THM en el agua de consumo y valorar las posibilidades de actuación en el agua bruta y/o en los tratamientos para reducir las concentraciones de los mismos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Revisar la bibliografía sobre los factores que influyen en la formación de los subproductos derivados de la desinfección y sus efectos en la salud.
2. Valorar el riesgo en la población derivado de la exposición a los niveles de THM encontrados en el agua de consumo de la CAPV.
3. Proponer alternativas de tratamientos de aguas orientadas a reducir los niveles de THM y valorar económicamente su implantación.



### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

---



### 3.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se ha realizado una revisión de la evidencia científica disponible sobre la génesis de los SPD y sus efectos para la salud.

Las bases de datos y portales consultados han sido Pubmed, Toxnet, ISI of Knowledge, Science Direct, y Embase.

Se han estudiado igualmente todos los documentos publicados por la EPA en su Stage 2 *Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule* (2005), así como las guías referidas a desinfectantes alternativos y coagulación mejorada publicadas en el Stage 1 (1999).

Respecto a los documentos publicados por la OMS, se han revisado los publicados o actualizados entre los años 2005 y 2009 utilizando la estrategia «disinfectant by-products», «trihalomethanes» y «drinking water».

Para los efectos en la salud se ha realizado una búsqueda con los términos *chlorination, trihalomethanes, disinfection by-products cancer, bladder cancer, health adverse effects, birth defects, developmental effects, reproductive effects* combinados mediante diferentes operadores. Los límites que se han considerado para las búsquedas han sido los últimos 5 años para los estudios individuales y de los últimos 10 para revisiones y metaanálisis. Se han incluido en los resultados los artículos con datos sobre exposición individual a THM y especialmente aquellos que han valorado todas las rutas de exposición. La búsqueda se cerró el 30 de septiembre de 2010.

### 3.2. ESTUDIO DESCRIPTIVO DE NIVELES DE TRIHALOMETANOS

#### 3.2.1. Ámbito de estudio

Se han estudiado todas las zonas de abastecimiento de la CAPV que abastecen a una población mayor de 500 habitantes y de las que se disponía al menos de 5 muestras de trihalometanos totales en el periodo de estudio. Han sido un total de 89 zonas, 18 de Araba-Álava, 37 de Bizkaia y 34 de Gipuzkoa, las cuales abastecen aproximadamente al 96% de la población total de la CAPV. (92% de Araba-Álava, 97% de Bizkaia y 97% de Gipuzkoa).

Los resultados analíticos han sido obtenidos del sistema de información de las aguas de consumo de la CAPV (EKUIS),<sup>14</sup> e incluyen los análisis realizados en la vigilancia programada por las Unidades de Control y Vigilancia (UCV) y la realizada por el Departamento de Sanidad y Consumo. Se han incluido en el estudio los resultados disponibles en EKUIS a fecha de febrero de 2010 de los análisis realizados durante los últimos 6 años, desde el 2004 al 2009, ambos incluidos.

Los parámetros estudiados han sido trihalometanos totales (TTHM), y las especies cloroformo (CL3CH), bromoformo (BR3CH), bromodiclorometano (BDCM) y dibromoclorometano (DBCM). Han sido un total de 3844 muestras en toda la CAPV, de las cuales en el 96% se dispone de resultados para todos los parámetros (TTHM y especies). En el 4% restante (157 muestras) únicamente se dispone de resultados para el parámetro trihalometanos totales.

Los datos sobre población se han obtenido de EKUIS y de los datos publicados por el Instituto Vasco de Estadística (EUSTAT) en diciembre de 2008.

#### 3.2.2. Técnicas analíticas

La determinación de THM se ha realizado mediante extracción líquido-líquido con pentano y posterior cuantificación por cromatografía de gases y detector de captura de electrones (GC-ECD).<sup>15</sup> El límite de cuantificación para cada uno de los parámetros analizados varía desde 0,4 µg/l a 2 µg/l dependiendo

del laboratorio donde se haya realizado el análisis. Todos los laboratorios cumplen los requisitos establecidos en el Real Decreto 140/2003 para el control de la calidad del agua de consumo y tienen implantado un sistema de aseguramiento de la calidad validado ante una unidad externa acreditada.

### 3.2.3. Análisis estadístico

Como estimador de la exposición de la población a los compuestos analizados se ha empleado la concentración media y su intervalo de confianza al 95%. Las concentraciones de los compuestos analizados no siguen en todas las zonas y territorios una distribución normal por lo que se aportan también los datos de la mediana y el rango intercuartílico.

En los resultados por debajo del límite de determinación, se ha utilizado como valor, la mitad de dicho límite.

Las comparaciones entre medias se han realizado utilizando el procedimiento ANOVA de un factor (Análisis de la varianza) y con la prueba T de comparación de 2 medias. En los casos en los que no se cumplen las condiciones de aplicación de las pruebas anteriores se han utilizado las pruebas no paramétricas U de Mann-Whitney y la prueba de Kruskal-Wallis.

Los análisis de tendencias se han realizado utilizando contrastes polinómicos del procedimiento ANOVA y la prueba no paramétrica de Jonckheere-Terpstra cuando no se cumplen las condiciones de aplicación de la anterior.

Las relaciones entre los parámetros de estudio se han analizado mediante técnicas de correlación estimando el coeficiente de correlación de Pearson o el coeficiente de correlación ordinal de Spearman.

El análisis estadístico se ha realizado con el programa SPSS versión 17.

## 3.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS

La evaluación de riesgos se ha realizado siguiendo la metodología de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los EE.UU (USEPA).<sup>16</sup>

Se ha realizado el análisis en 88 de las 89 zonas objeto de estudio. Una de las zonas se ha excluido por no tener suficientes datos de THM por especies. Para calcular la exposición se han utilizado los valores medios en el periodo de estudio (2004-2009) de cada una de las especies estudiadas.

### 3.3.1. Índices toxicológicos de referencia

La información sobre las dosis de referencia para efecto no cáncer, el factor de pendiente de potencia carcinogénica y el grado de evidencia de carcinogenicidad de los THM se ha obtenido en el banco de datos IRIS (Integrated Risk Information System)<sup>17</sup> y de las evaluaciones (Toxicological Profile) de la Agencia para el Registro de Enfermedades y Sustancias Tóxicas de los EE.UU (ATSDR).<sup>18</sup>

Las dosis de referencia empleadas para efectos distintos al cáncer son los MRL<sup>c</sup> «Minimal Risk Level» y las RfD<sup>d</sup> «Dosis de Referencia». Para la evaluación de la vía oral hemos utilizado las dosis de referencia

<sup>c</sup> «Minimal Risk Level» (MRL): Exposición humana diaria por unidad de peso corporal, que probablemente no represente un riesgo apreciable de efectos adversos diferentes al cáncer, en un tiempo determinado de exposición. Son definidos para exposiciones agudas (1-14 días), subcrónicas (15-365 días) y crónicas (más de 365 años), para vía oral e inhalatoria.<sup>19</sup>

<sup>d</sup> «Dosis de referencia» (RfD): Estimación (con una incertidumbre que puede alcanzar hasta un orden de magnitud o más) del nivel de exposición humana, durante un periodo que puede alcanzar toda la vida, incluyendo subpoblaciones sensibles, para el que es probable que no exista riesgo apreciable de efecto nocivo.<sup>16</sup>

derivadas por la EPA (RfD)<sup>17</sup> por ser las más conservadoras. En el caso de la vía inhalatoria, se ha utilizado el MRL inhalatorio propuesto por la ATSDR. Para la vía dérmica se carece de dosis de referencia específicas, por lo que se han seguido las recomendaciones de la EPA<sup>20</sup> y se han utilizado las dosis orales.

Para el efecto cáncer se ha estimado el incremento de probabilidad de desarrollar cáncer a lo largo de toda la vida por exposición a la suma de THM por todas las vías, utilizando las Unidades de Riesgo de Cáncer (URC)<sup>e</sup> y los Factores de Potencia Carcinogénica (SF)<sup>f</sup> derivados por la EPA.<sup>17</sup>

En la tabla 2 se resumen los índices y dosis de referencia empleados en la evaluación. Para el cloroformo la EPA no ha estimado unidad de riesgo por vía oral, ni factor de potencia carcinogénica, basándose en que la evidencia disponible indica que el efecto cáncer es secundario a la citotoxicidad y la hiperplasia.

Tabla 2. Dosis de referencia (RfD), Unidad de Riesgo de Cáncer (URC) y Factores de Potencia Carcinogénica (SF) utilizados, por vía de exposición y especie de THM

	SF		URC	RfD		
	Oral (mg/kg-día) <sup>-1</sup>	Dérmica (mg/kg-día) <sup>-1</sup>	Inhalatoria (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	Oral (mg/kg-día)	Dérmica (mg/kg-día)	Inhalatoria (ppm) <sup>22</sup>
Cloroformo	No aplicable	No aplicable	2,3x10 <sup>-5</sup>	0,01	0,01	0,02
Bromoformo	7,9x10 <sup>-3</sup>	7,9x10 <sup>-3</sup>	–	0,02	0,02	–
DCBM	6,2x10 <sup>-2</sup>	6,2x10 <sup>-2</sup>	–	0,02	0,02	–
DBCm	8,4x10 <sup>-2</sup>	8,4x10 <sup>-2</sup>	–	0,02	0,02	–

### 3.3.2. Cálculo de la exposición

Se ha estimado la exposición por vía oral y por vía dérmica a través de la ducha o el baño a las 4 especies de THM analizadas en el agua de consumo de la CAPV. La exposición por vía inhalatoria sólo se ha valorado para el cloroformo que es la especie más volátil.

Para los distintos parámetros que intervienen en el cálculo de la dosis de exposición, se han utilizado los valores indicados por defecto por la ATSDR.

La dosis de exposición por **vía oral** (DE<sub>oral</sub>) se ha estimado utilizando las concentraciones medias para los años en estudio, mediante la fórmula siguiente:

$$DE_{oral} = Ca \times IR \times EF \times ED / \text{Peso corporal} \times AT$$

Siendo:

- La concentración en agua (Ca): la concentración media de la sustancia en el agua en el periodo 2004-2009.
- La ingesta diaria de agua por adultos (IR): 2L/día.

<sup>e</sup> Unidad de Riesgo de Cáncer (URC): Estimación del límite superior del incremento de la probabilidad de que un individuo pueda desarrollar cáncer cuando está expuesto a una sustancia a lo largo de la vida a una concentración de 1 µg/L en agua o 1 µg/m<sup>3</sup> en aire.<sup>21</sup>

<sup>f</sup> Factor de Potencia Carcinogénica (SF): es el límite superior del intervalo de confianza de una estimación de la probabilidad de respuesta por unidad de exposición en un período de vida y se emplea para calcular la probabilidad de desarrollar cáncer como resultado de una exposición a una sustancia.<sup>21</sup>

- Frecuencia de exposición (EF): 365 días /año.
- Duración de la exposición (ED): 70 años para cáncer, 30 no cáncer.
- Tiempo para el cual se promedia la dosis en efecto (AT): 70 x 365 días para efecto cáncer, 30 x 365 días para efecto no cáncer.
- Peso Corporal: 70 Kg.

Para estimar la exposición por **vía dérmica** se ha calculado la dosis absorbida por evento, en este caso ducha ( $DAD_{\text{evento}}$ ), teniendo en cuenta el coeficiente de permeabilidad de la piel (especifico para cada compuesto), la concentración de cada compuesto en el agua, y la duración del evento. A partir de esa dosis se obtiene la dosis absorbida por la piel (DAD).<sup>20</sup>

$$DAD = DAD_{\text{evento}} \times EV \times ED \times EF \times SA / \text{Peso} \times AT$$

Se ha considerado:

- Frecuencia del evento-ducha (EV): 1/día
- Superficie de la piel (SA): 18.000 cm<sup>2</sup>

Para estimar la exposición por **vía inhalatoria** se ha calculado primero la concentración máxima en el aire (C air) de cloroformo procedente de la volatilización del agua utilizando el modelo de Andelman.<sup>23</sup>

$$C \text{ air} = (k) (Fw) (ET_{\text{ducha}}) (Cw) / V_a$$

Asumiendo:

- Fracción de químico que se evapora (K)= 0.6
- Caudal de agua en la ducha (Fw) = 8 litros/minuto
- Duración de la ducha (ET) = 10 minutos
- Concentración del químico en el agua (Cw)
- Volumen del baño (Va) = 10.000 litros

A partir de la concentración estimada en el aire, la Concentración de Exposición (CE), se ha calculado siguiendo la metodología utilizada por la EPA para la valoración de riesgos por inhalación:<sup>24</sup>

$$CE = (C \text{ air} \times ET \times EF \times ED) / AT$$

El tiempo de exposición (ET) se ha calculado estimando 10 minutos de ducha y 15 de estancia posterior en el baño.

### 3.3.3. Caracterización del riesgo

La medida del riesgo para la salud humana se expresa como la probabilidad de que el efecto sobre la salud ocurra para los efectos tóxicos sin nivel umbral (cancerígenos), o como índices de riesgo para los efectos tóxicos con nivel umbral (no cancerígenos).

### 3.3.4. Efectos distintos al cáncer

Para evaluar el riesgo de efectos distintos a cáncer se ha estimado la dosis de exposición a cada una de las especies de THM por las distintas vías, y se han comparado con las dosis de referencia establecidas para obtener los Cocientes de Peligro (CP)<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Cociente de Peligro (CP) = dosis de exposición / dosis de referencia.



Se ha evaluado el riesgo de efectos distintos a cáncer por especie química y vía de exposición en todas las zonas de abastecimiento del estudio. Así, se han obtenido Cocientes de Peligro (CP) de cada una de las especies de THM por exposición oral y dérmica, y para el cloroformo, además, por vía inhalatoria.

Asimismo, se ha evaluado el riesgo de cada una de las especies teniendo en cuenta todas las vías de exposición en las que puede estar implicada. Esta evaluación ( $IR_{\text{especie}}$ ) indica cual es la especie que presenta mayor riesgo de efectos adversos de entre todos los THM. De la misma manera, se ha valorado también el riesgo que supone la exposición al agua de consumo por cada una de las vías de exposición. Es decir, una evaluación que indique cual de las 3 vías de exposición (oral, dérmica o inhalatoria) presenta un riesgo más elevado ( $IR_{\text{vía}}$ ).

Por último, se ha calculado la suma de los índices de riesgo para ver el riesgo global de la exposición a los THM del agua de consumo (IR).

### 3.3.5. Efecto cáncer

En ausencia de información adicional sobre las posibles interacciones entre las sustancias, se ha asumido que los riesgos de cáncer provenientes de la exposición a varias sustancias por varias rutas son aditivos. Se ha estimado el incremento de probabilidad de desarrollar cáncer a lo largo de toda la vida por exposición a cada una de las especies de THM y a la suma de todas ellas por todas las vías consideradas (inhalatoria para el cloroformo y oral y dérmica para el resto de especies).

Aunque aisladamente pueda resultar excesivamente simplificador, el uso de puntos de corte o niveles de riesgo de referencia permite distinguir los riesgos altos de los que no lo son y clasificar los peligros ambientales en diferentes categorías de riesgo. Aplicados a las estimaciones de riesgo obtenidas en las ZA, permiten seleccionar y dirigir la atención hacia las zonas de abastecimiento donde intervenir tiene un mayor interés. Hemos utilizado como punto de corte  $10^{-4}$ , valor utilizado por la ATSDR en las evaluaciones (health consultation) realizadas para THM o Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en el agua de consumo.<sup>25,26</sup>

## 3.4. ALTERNATIVAS AL TRATAMIENTO Y VALORACIÓN ECONÓMICA

La información sobre las características del agua y de los tratamientos se obtuvo de EKUIS y de las respuestas a un cuestionario que se remitió a las Unidades de Control y Vigilancia de las zonas de la CAPV mayores de 500 habitantes. En el cuestionario se solicitó información sobre las características del agua bruta, el tratamiento empleado en la potabilización, las sustancias utilizadas, dosis, lugar de dosificación y las variaciones en los tratamientos con el periodo estacional.

El análisis de situación de las características del agua y de los tratamientos empleados actualmente en la CAPV fue contrastado en dos sesiones de trabajo con 6 técnicos representantes de las Unidades de Control y Vigilancia (UCV), entidades reconocidas por el Departamento de Sanidad y Consumo para llevar a cabo el control y vigilancia de los abastecimientos de agua de consumo de la CAPV. Asimismo la estimación de los costes de las alternativas de tratamiento fue contrastada y consensuada en el mismo grupo de trabajo.



## 4. RESULTADOS

---



#### 4.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. EFECTOS PARA LA SALUD RELACIONADOS CON LOS SPD

Desde que en la década de los 70 algunos investigadores pusieron en evidencia la formación de Subproductos de la Desinfección (SPD) como resultado de una reacción entre el agente desinfectante y los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes de manera natural en el agua bruta, se han realizado numerosos estudios tanto para su identificación como para la valoración de sus posibles efectos adversos.

Los SPD están presentes en mezclas complejas y se han identificado más de 600. No obstante, debido a que los agentes desinfectantes más utilizados son el cloro y sus derivados, los subproductos que se detectan en una mayor concentración son los Trihalometanos (THM), concretamente cloroformo, clorodibromometano, bromodiclorometano y bromoformo. Por ello, son los que tradicionalmente se han analizado en el agua de consumo y sobre los que existen más estudios toxicológicos y epidemiológicos. La mayoría de los estudios epidemiológicos realizados han utilizado los niveles de Trihalometanos (THM) como indicadores del total de subproductos. Diversos autores han encontrado una buena correlación entre los niveles de THM y el total de todos los subproductos de la cloración ( $r=0,96$ ).<sup>27,28</sup>

En la revisión bibliográfica se han encontrado más de 200 artículos publicados en revistas. De ellos más de 120 corresponden a los últimos 5 años. Los artículos de publicación más reciente se refieren a estudios en los que se valoran los efectos en la reproducción y neonatos y los referidos a la exposición a THM por distintas vías.

El efecto más uniformemente asociado a la exposición a SPD en el agua de consumo es cáncer de vejiga.

##### 4.1.1. Estudios toxicológicos: genotoxicidad y carcinogenicidad

A todos los trihalometanos regulados (bromodiclorometano, bromoformo, clorodibromometano y cloroformo), excepto al cloroformo, se les atribuye un potencial mutagénico.<sup>29</sup> La toxicidad de los THM se manifiesta previa activación metabólica a intermediarios reactivos. Los THM bromados siguen una vía de metabolización por la que se conjugan con el glutatión y son activados a mutágenos mediante la GSTT1 (Glutathione S-Transferase Theta 1).

En 2010 Kogevinas et al. han encontrado que la exposición a THM bromados en piscinas está asociada a un incremento de biomarcadores de genotoxicidad y que este incremento no se ha asociado en cambio, a la exposición a cloroformo.<sup>30</sup>

El cloroformo y el bromodiclorometano están clasificados por la IARC (International Agency of Research on Cancer) como posibles carcinógenos para humanos (grupo 2B).<sup>4,5</sup>

**Cloroformo.** Los estudios con animales de experimentación indican que los principales órganos destinatarios de la acción tóxica del cloroformo son el hígado y los riñones.<sup>22</sup>

Los estudios reproductivos y del desarrollo realizados en una serie de especies de animales de laboratorio parecen indicar que el cloroformo no es una toxina específica para el desarrollo y que sólo es fetotóxico en dosis que provocan toxicidad materna.

Respecto a su carcinogenicidad se ha comprobado un aumento de tumores de riñón en exposiciones de animales de laboratorio por las vías oral e inhalatoria.<sup>31</sup>

**Bromoformo.** Estudios en animales combinados con limitadas observaciones en humanos indican que los principales efectos observados por inhalación y exposición oral son daños en el sistema nervioso central, hígado y riñón. Aunque los datos toxicológicos existentes sobre vía dérmica son muy limitados, es muy posible que se den estos mismos efectos adversos por esta vía.<sup>32</sup>

Existe suficiente evidencia de la carcinogenicidad del bromoformo en animales.

**Dibromoclorometano (DBCM).** Su toxicidad ha sido estudiada paralelamente a la del bromoformo e igualmente ocasiona daños en el hígado en los animales de experimentación utilizando la vía oral. No se tienen datos válidos sobre su toxicidad por vía inhalatoria.

Los datos disponibles para valorar el potencial del bromoformo y DBCM para inducir efectos en la reproducción y el desarrollo no son concluyentes.<sup>32</sup>

Existe una limitada evidencia de la carcinogenicidad del DBCM en animales.

**Bromodichlorometano (BDCM).** Los datos disponibles que provienen de estudios toxicológicos indican efectos adversos en hígado y riñón por exposición oral.<sup>33</sup>

Experimentos de laboratorio con roedores han puesto de manifiesto que el bromodichlorometano tiene una actividad espermatotóxica.<sup>34</sup>

Los ensayos en animales indican suficiente evidencia de carcinogenicidad, en relación al incremento de la incidencia de tumores de riñón, hígado e intestino grueso.<sup>17</sup>

#### 4.1.2. Estudios epidemiológicos

En la literatura científica se ha encontrado que los dos principales grupos de efectos evaluados con relación a la exposición ambiental de los SPD son cáncer de diversos órganos y efectos en la reproducción y en neonatos de madres expuestas. El cáncer de vejiga es el efecto sobre el que existe una bibliografía más extensa y el más asociado a la exposición a THM.

##### 4.1.2.1. Cáncer de vejiga

Los primeros estudios epidemiológicos realizados se basaban en datos ecológicos o certificados de defunción, con la consiguiente falta de información sobre los niveles de exposición individual y los posibles factores de confusión. Además, en la mayoría de las evaluaciones se contemplaba únicamente la exposición por vía oral. Sin embargo, la elevada volatilidad y permeabilidad dérmica de algunos SPD, sugerían la potencial contribución de otras vías de exposición como la inhalación a través de las vías respiratorias y la absorción dérmica. Nieuwenhuijsen concluyó en un estudio publicado en el año 2000 que la exposición a subproductos volátiles como los THM a través del agua clorada es el resultado de la suma de tres formas de exposición: ingestión por vía oral, absorción cutánea e inhalación a través de las vías respiratorias.<sup>35</sup>

En 2006, Villanueva et al.,<sup>36</sup> evaluaron la exposición a largo plazo a los THM vía ingestión, inhalación y absorción dérmica y se observó que el nivel de exposición individual a THM depende de la ruta de exposición. Las discrepancias entre la importancia de las diferentes rutas de exposición observadas en diversos estudios pueden ser atribuidas no sólo a las variaciones en la concentración y especiación de los THM en las distintas aguas si no también a factores toxicocinéticos, ya que la ruta de exposición se ha asociado en estudios experimentales con sustanciales diferencias en la absorción y distribución interna de estos compuestos.

El primer estudio epidemiológico que ha valorado la exposición individual a THM teniendo en cuenta todas las vías de exposición,<sup>37</sup> ha asociado el uso de piscinas y la duración de la ducha o el baño ponderada por la concentración de THM, con un aumento del riesgo a largo plazo de cáncer de vejiga.

En este estudio también se sugiere que el riesgo de cáncer de vejiga asociado con la exposición a THM (todas las rutas combinadas) podría ser más importante entre los individuos con el gen GSTT1-1 tal y como indican las observaciones realizadas por otros autores.<sup>38</sup>

En 2010 Cantor et al. estudiaron los poliformismos del gen GSTT1 encontrando una fuerte asociación entre exposición a THM y cáncer de vejiga entre individuos con determinados alelos de este gen.<sup>39</sup>

Esto sugiere un mecanismo implicado en la distribución de los THM a la vejiga por exposición dérmica e inhalación y la activación allí de los THM a compuestos mutágenos por la enzima GSTT1-1.<sup>40</sup>

Actualmente se considera que gran parte del riesgo de cáncer de vejiga asociado al agua de consumo depende de tres factores: los niveles de THM en el agua, hábitos individuales relacionados con la exposición por vía dérmica e inhalatoria (ducha, baño, uso de piscinas) y polimorfismos genéticos específicos.<sup>29;39;41</sup>

#### 4.1.2.2. Otros cánceres

Existen pocos estudios que examinan la relación entre otros tipos de cáncer y la exposición a SPD y las evidencias son poco claras.

El cáncer colorectal es el segundo tipo de cáncer más asociado a la exposición a subproductos de la cloración. Sin embargo las evidencias que relacionan los cánceres de colon y recto con el agua clorada no son concluyentes.<sup>42;43</sup>

La asociación entre la exposición a agua clorada y el cáncer de páncreas ha sido evaluada en diversos estudios, con resultados no uniformes.<sup>44;45</sup>

Se ha realizado algún estudio en el que se encuentra una posible asociación entre exposición a SPD y cáncer de riñón, de cerebro y pulmón.<sup>46;47</sup> Sin embargo, son tan pocos los estudios que no se pueden sacar conclusiones definitivas.

Se ha valorado igualmente la hipótesis de que la exposición dérmica a SPD del agua de consumo puede aumentar el riesgo de cáncer de piel. Los resultados no han sido concluyentes.<sup>48</sup>

#### 4.1.2.3. Efectos adversos en la reproducción y neonatos

Distintos autores han estudiado la asociación de la exposición a agua clorada o a subproductos de la cloración durante el periodo de gestación, con efectos adversos en el crecimiento fetal, la viabilidad del feto y malformaciones congénitas. También se ha evaluado su influencia en la calidad del esperma. La investigación de este tipo de efectos es más reciente que las de otro tipo de efectos como cáncer y no se inició hasta los noventa.

Hasta la fecha los resultados obtenidos son contradictorios y no concluyentes debido principalmente a que la mayoría de los estudios realizados presentan grandes limitaciones. Las principales se refieren a tamaño de muestra insuficiente y a la falta de definición de los indicadores utilizados para valorar el retraso en el crecimiento uterino.<sup>49</sup> En el caso de la pérdida temprana de embarazo además, se da como limitación añadida que la pérdida puede ocurrir antes de la inscripción en el estudio o que la pérdida pase inadvertida.<sup>50;51</sup>

En cuanto a la exposición a THM y la calidad del esperma, los resultados son también poco concluyentes. Se han realizado estudios para valorar la exposición a subproductos de la desinfección y concentración y morfología del esperma, pero no se ha encontrado asociación.<sup>52</sup>

## 4.2. NIVELES DE TRIHALOMETANOS EN LA CAPV

La concentración promedio de THM en la CAPV en el periodo 2004-2009 es de 33,34 µg/L, con una gran variación entre territorios y zonas. En Bizkaia la media es de 51,01 µg/L, en Araba-Álava 39,85 µg/L y en Gipuzkoa el promedio encontrado es de 16,74 µg/L (Tabla 3).

Tabla 3. Concentraciones medias de trihalometanos totales ( $\mu\text{g/L}$ ) en el agua de consumo de la CAPV y por territorio histórico, en el periodo 2004-2009

Territorio	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica
			Límite inferior	Límite superior		
Araba-Álava	497	39,85	36,58	43,12	29,70	40,45
Bizkaia	1.527	51,01	49,68	52,34	51,60	43,59
Gipuzkoa	1.820	16,74	16,24	17,25	14,72	13,01
CAPV	3.844	33,34	32,47	34,22	23,12	37,93

Las diferencias entre territorios son de magnitud importante y estadísticamente significativas ( $P < 0,001$ ), siendo Araba-Álava y Bizkaia los que presentan concentraciones medias más elevadas (Tabla 3). Se observan también diferencias intraterritorio en la variación de los niveles medios por zona de abastecimiento. Araba-Álava y Bizkaia presentan rangos intercuartílicos semejantes y notablemente superiores al de Gipuzkoa.

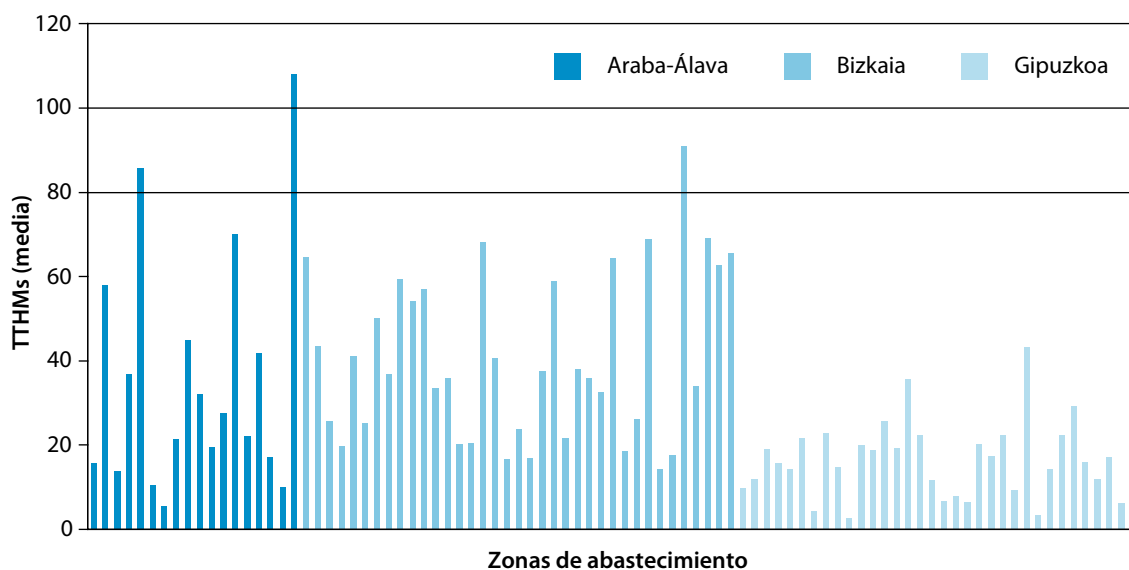
Tabla 4. Diferencias ( $\mu\text{g/L}$ ) en niveles medios de TTHM en aguas de consumo entre territorios históricos de la CAPV, en el periodo 2004-2009

Territorio (A)	Territorio (B)	Diferencia de medias (A-B)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Bizkaia	Araba-Álava	11,16(*)	1,17	0,000	8,36	13,97
	Gipuzkoa	34,27(*)	0,79	0,000	32,39	36,15
Araba-Álava	Gipuzkoa	23,11(*)	1,69	0,000	19,15	27,07

\* La diferencia entre las medias es significativa al nivel de 0,05.

Dentro de los territorios las variaciones entre zonas también son importantes (ver Anexo 1).

Gráfico 1. Medias de TTHM por zona de abastecimiento en la CAPV durante el periodo 2004-2009





Han superado 100 µg/L, límite máximo admisible establecido en el RD 140/2003,<sup>7</sup> 34 (1%) de 3.844 determinaciones de TTHM. Estas superaciones se han dado en 11 de las 89 zonas de abastecimiento estudiadas, todas ellas pertenecientes a los territorios de Araba-Álava y Bizkaia. Zuia, con 10 análisis (38%) por encima de 100 µg/L, es la zona que concentra un número mayor de superaciones.

Se ha superado 80 µg/L, valor fijado por la EPA en 292 ocasiones. En este caso, las zonas que presentan mayor porcentaje de superaciones en Araba-Álava han sido Embalse de Artziniega y Zuia, con un 65 y 46% respectivamente de resultados superiores a 80 µg/L. En Bizkaia la zona de Venta Alta tiene un 30% de resultados que superan este valor (166 muestras de las 545 analizadas). En Gipuzkoa únicamente se han superado los 80 µg/L en 3 de las 1.820 muestras analizadas (ver Anexo 1).

En promedio, sólo 3 zonas de la CAPV han superado el valor máximo admisible establecido por la EPA (80 µg/L); Zuia y Artziniega en Araba-Álava y Monte Berriaga en Bizkaia. De ellas únicamente Zuia supera el valor paramétrico del RD 140/2003 (100 µg/L). En conjunto, la población abastecida por estas zonas representa el 0,2% de la CAPV.

Tabla 5. Nº de Zonas de Abastecimiento (ZA) y población abastecida de la CAPV, en las que los niveles medios de TTHM en 2004-2009 superan en 100 µg/L (valor paramétrico RD 140/2003) y 80 µg/L (valor fijado por la EPA)

	>100 µg/L		>80 µg/L	
	Nº ZA	Nº habitantes (%)	Nº ZA	Nº habitantes (%)
Araba-Álava	1	1.416 (0,5%)	2	2.754 (0,9%)
Bizkaia	-	-	1	1.416 (0,1%)
Gipuzkoa	-	-	-	-
CAPV	1	1.416 (0,1%)	3	4.170 (0,2%)

Con la finalidad de estimar la exposición de la población a distintos niveles de THM, se han categorizado los niveles de TTHM en 4 categorías: ≤25 µg/L, >25-≤50, >50-≤75 y >75 µg/L.

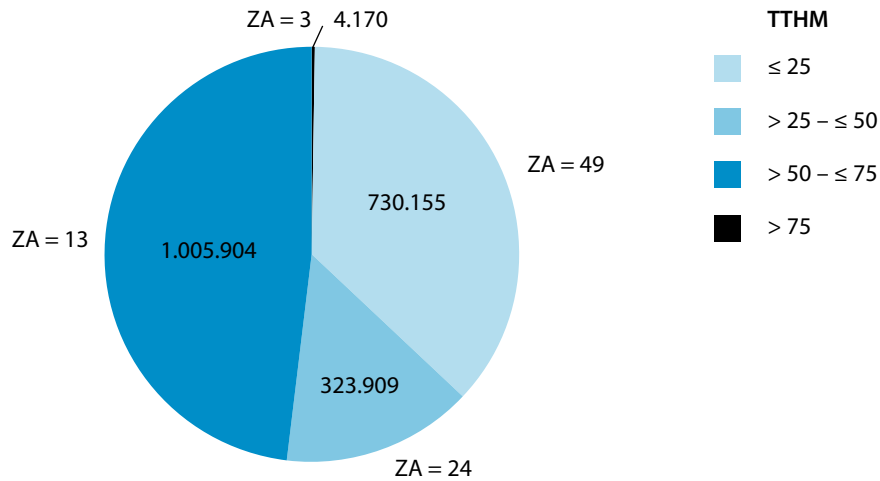
En la tabla 6 se representa el número de zonas de cada categoría así como el número de habitantes que abastecen respecto a la población total de la CAPV y de cada territorio.

Tabla 6. Nº de Zonas de Abastecimiento (ZA) y estimación de población abastecida en la CAPV, según niveles medios de TTHM en 2004-2009

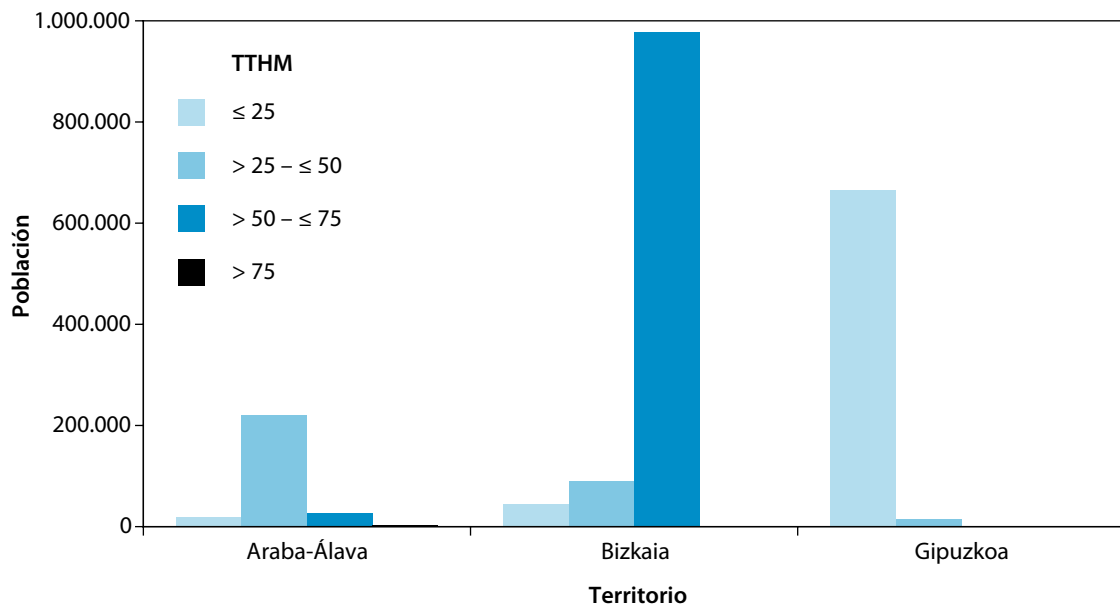
	TTHM (µg/L)								Nº habitantes incluidos en estudio (%)
	≤25 µg/L		>25 - ≤ 50		>50 - ≤75		> 75		
	nº ZA	Nº habitantes (%)	nº ZA	Nº habitantes (%)	nº ZA	Nº habitantes (%)	nº ZA	Nº habitantes (%)	
Araba-Álava	9	19.085 (7%)	5	220.807 (75%)	2	27.194 (9%)	2	2.754 (1%)	269.840 (92%)
Bizkaia	10	44.835 (3,9%)	15	89.356 (8%)	11	978.710 (85%)	1	1.416 (0,1%)	1.114.317 (97%)
Gipuzkoa	30	666.235 (95%)	4	13.746 (2%)	-	-	-	-	679.981 (97%)
CAPV	49	730.155 (34%)	24	323.909 (15%)	13	1.005.904 (47%)	3	4.170 (0,2%)	2.064.139 (96%)

El 47% de la población total de la CAPV consume agua con niveles de THM superiores a 50 µg/L, existiendo diferencias notables entre territorios. Mientras que en Gipuzkoa el 95% de la población se abastece con agua con niveles inferiores a 25 µg/L, en Bizkaia el 85% de los habitantes consumen agua con niveles superiores a 50 µg/L:

**Gráfico 2. Población abastecida por niveles de TTHM en el agua de consumo de la CAPV. Periodo 2004-2009**



**Gráfico 3. Población abastecida por niveles de TTHM en el agua de consumo de los territorios históricos de la CAPV. Periodo 2004-2009**



#### 4.2.1. Evolución de los niveles de TTHM en el periodo 2004-2009

Se ha analizado la tendencia de los niveles de TTHM de los últimos 6 años por territorios y en las zonas que abastecen a más de 25.000 habitantes.

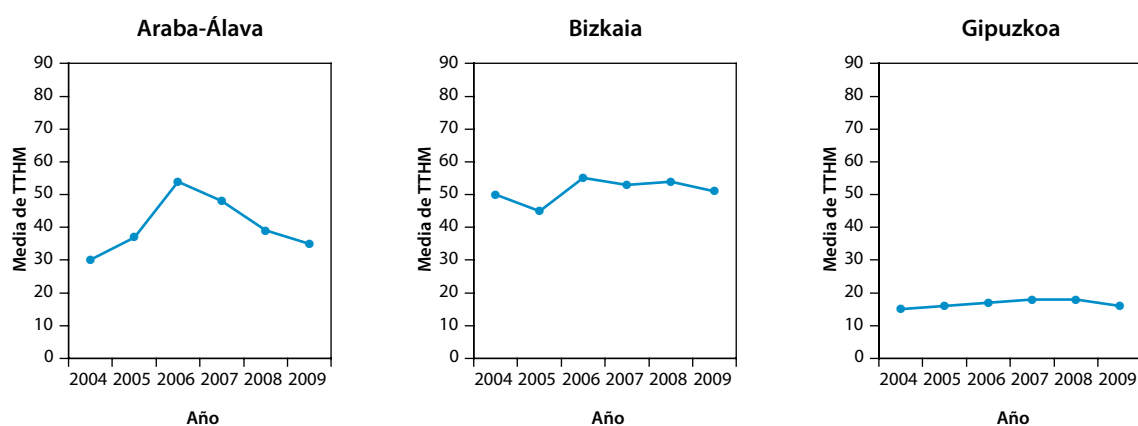
En ninguno de los territorios se observa una tendencia lineal clara en el periodo de estudio.

En Araba-Álava la tendencia es ligeramente decreciente aunque no es significativa ( $p=0,831$ ). Hay un incremento acusado de las concentraciones de THM en el periodo 2004-2006 y a partir de este año los niveles descienden progresivamente.

En Bizkaia la tendencia es creciente ( $p=0,072$ ). Hay un pico inferior en 2005 ( $43 \mu\text{g/L}$ ), pero en el resto de años de estudio los valores se mantienen en el rango de  $50-55 \mu\text{g/L}$ .

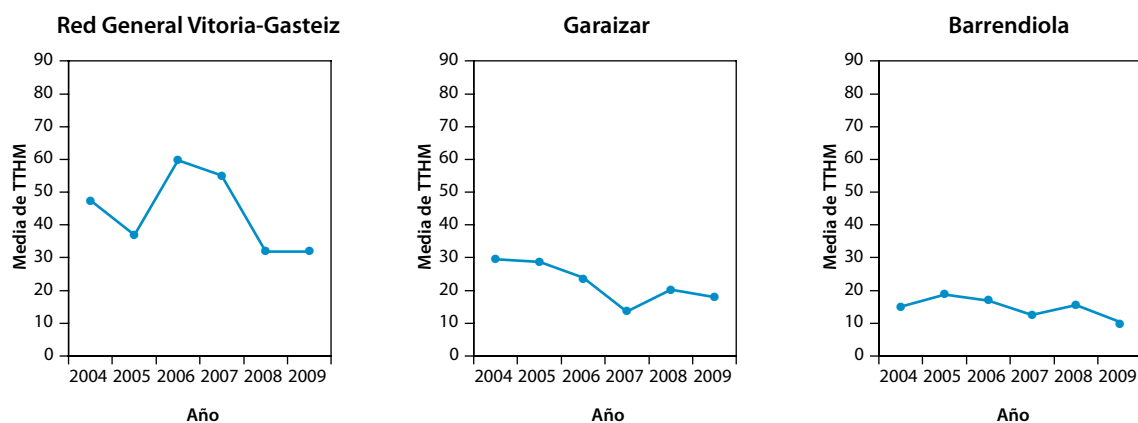
Por último en Gipuzkoa, aunque los valores medios de THM son mucho más bajos y se mantienen en un rango de valores muy estrecho durante todo el periodo de estudio ( $14-19 \mu\text{g/L}$ ), se observa una tendencia ligeramente creciente aunque significativa ( $p=0,031$ ) con un aumento progresivo de los niveles durante el periodo 2004-2008 y un descenso en 2009.

Gráfico 4. Evolución de los valores medios anuales de TTHM en el agua de consumo de los territorios históricos de la CAPV



Dentro de las zonas de abastecimiento (excepto en Barrendiola), hay diferencias significativas entre las medias anuales en el periodo de estudio, pero los patrones de evolución son diferentes. Así, en Sollano (Bizkaia) y Arriaran e Ibaieder (Gipuzkoa), las concentraciones se caracterizan por la presencia de subidas y bajadas (tendencia cuadrática) pero no se aprecia una tendencia lineal significativa. Las zonas Lekue (Bizkaia) y Añarbe (Gipuzkoa) tampoco presentan tendencias claras. En Red General Vitoria-Gasteiz (Araba-Álava) y en Garaizar (Bizkaia) la tendencia es decreciente y significativa ( $p<0,05$ ). En Barrendiola la ten-

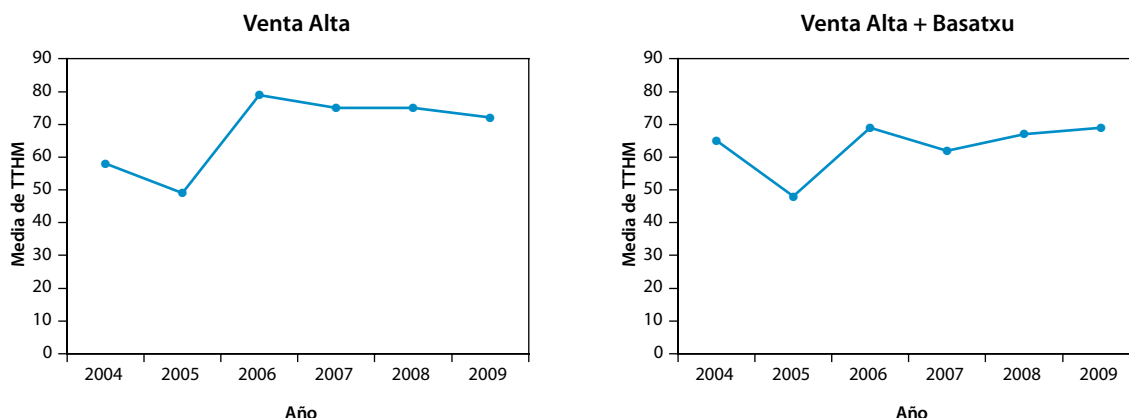
Gráfico 5. Evolución de los valores medios anuales de TTHM en las zonas de abastecimiento de la CAPV mayores de 25.000 habitantes con tendencia decreciente



dencia también es decreciente ( $p=0,082$ ). En este caso los niveles se mantienen constantes dentro de un rango de valores muy estrecho y las diferencias entre los valores promedio anuales no son significativas.

Por el contrario, en Venta Alta y Venta Alta + Basatxu (Bizkaia), la tendencia es creciente ( $p < 0,01$  y  $p = 0,062$  respectivamente). En ambos casos, tras un descenso en 2005, los valores se mantienen constantes y elevados en el periodo 2006-2009. Elordi y Urkulu (Gipuzkoa) también presentan una tendencia ligeramente creciente aunque en la última no es significativa.

Gráfico 6. Evolución de los valores medios anuales de TTHM en las zonas de abastecimiento de la CAPV mayores de 25.000 habitantes con tendencia creciente



#### 4.2.2. Resultados por especies

Por especies el compuesto mayoritario en el total de la CAPV es el cloroformo, que representa aproximadamente el 61% del total de THM, le siguen el BDCM que representa el 23%, el DBCM el 12% y el bromoformo 4%. Estos porcentajes varían notablemente entre territorios y zonas de abastecimiento (Tabla 7).

Tabla 7. Niveles THM, totales y por especie química, en la CAPV y sus territorios históricos. Periodo 2004-2009

Territorio	N	Media µg/L	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana µg/L	Amplitud intercuartil	
			Límite inferior	Límite superior			
Araba-Álava	TTHM	424	42,96	39,37	46,56	35,15	41,50
	CL3CH		33,66	30,22	37,10	24,40	38,18
	BDCM		6,83	6,43	7,22	6,60	5,88
	DBCM		1,58	1,40	1,76	0,83	1,52
	BR3CH		0,86	0,58	1,15	0,50	0,30
Bizkaia	TTHM	1.449	50,99	49,64	52,33	52,90	43,57
	CL3CH		35,08	33,81	36,34	33,00	45,75
	BDCM		10,63	10,36	10,89	10,60	6,20
	DBCM		3,75	3,57	3,93	2,34	4,72
	BR3CH		1,31	1,19	1,43	1,00	0,46

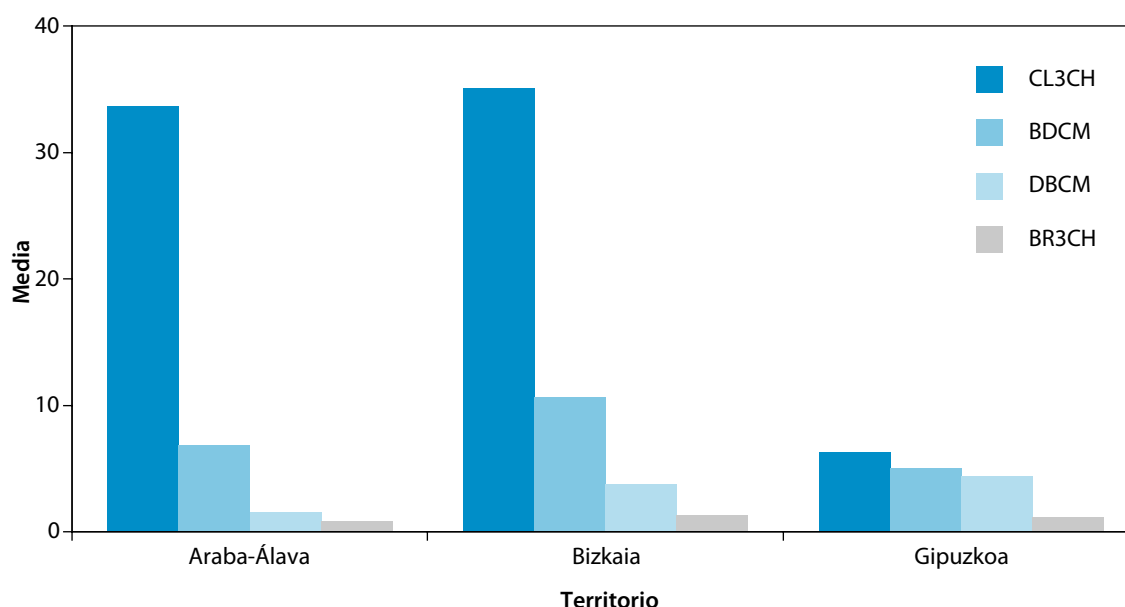
.../...

.../...

Territorio	N	Media µg/L	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana µg/L	Amplitud intercuartil	
			Límite inferior	Límite superior			
Gipuzkoa	TTHM	1.814	16,77	16,27	17,28	14,76	13,02
	CL3CH		6,26	5,95	6,57	3,79	7,76
	BDCM		5,01	4,85	5,16	4,50	4,00
	DBCM		4,41	4,28	4,54	4,00	2,99
	BR3CH		1,09	1,03	1,15	0,87	1,15
CAPV	TTHM	3.687	33,23	32,34	34,12	23,25	37,77
	CL3CH		20,74	19,94	21,54	10,00	29,80
	BDCM		7,43	7,27	7,56	6,50	6,90
	DBCM		3,83	3,73	3,93	3,18	4,20
	BR3CH		1,15	1,09	1,22	1,00	0,91

En Araba-Álava el cloroformo representa el 78% del total de THM y en Bizkaia el 68%. En Gipuzkoa el cloroformo no tiene una presencia tan elevada respecto al resto de especies y representa el 37% del total de THM (ver gráfico 7).

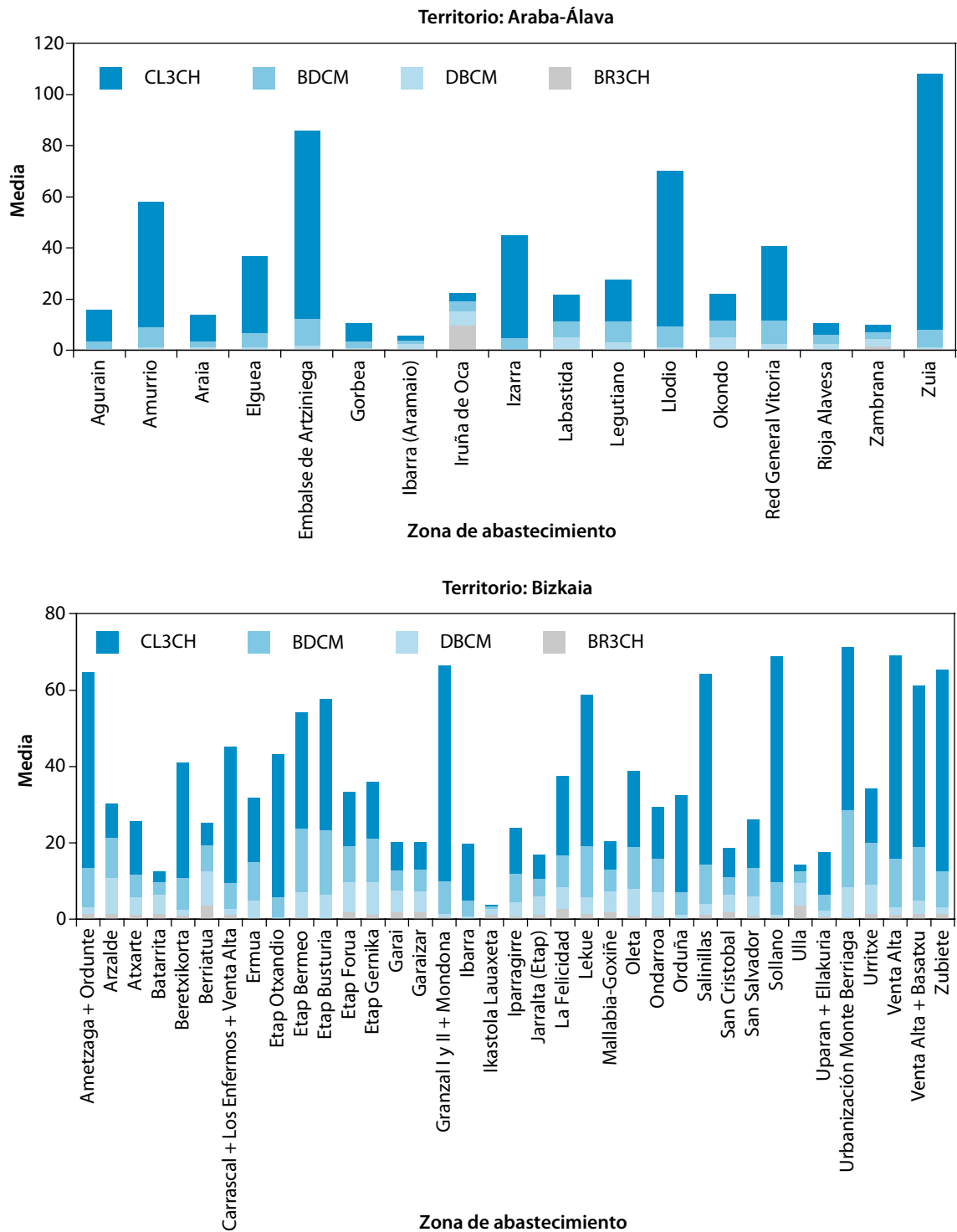
Gráfico 7. Niveles promedio de THM en los territorios históricos de la CAPV, en el periodo 2004-2009

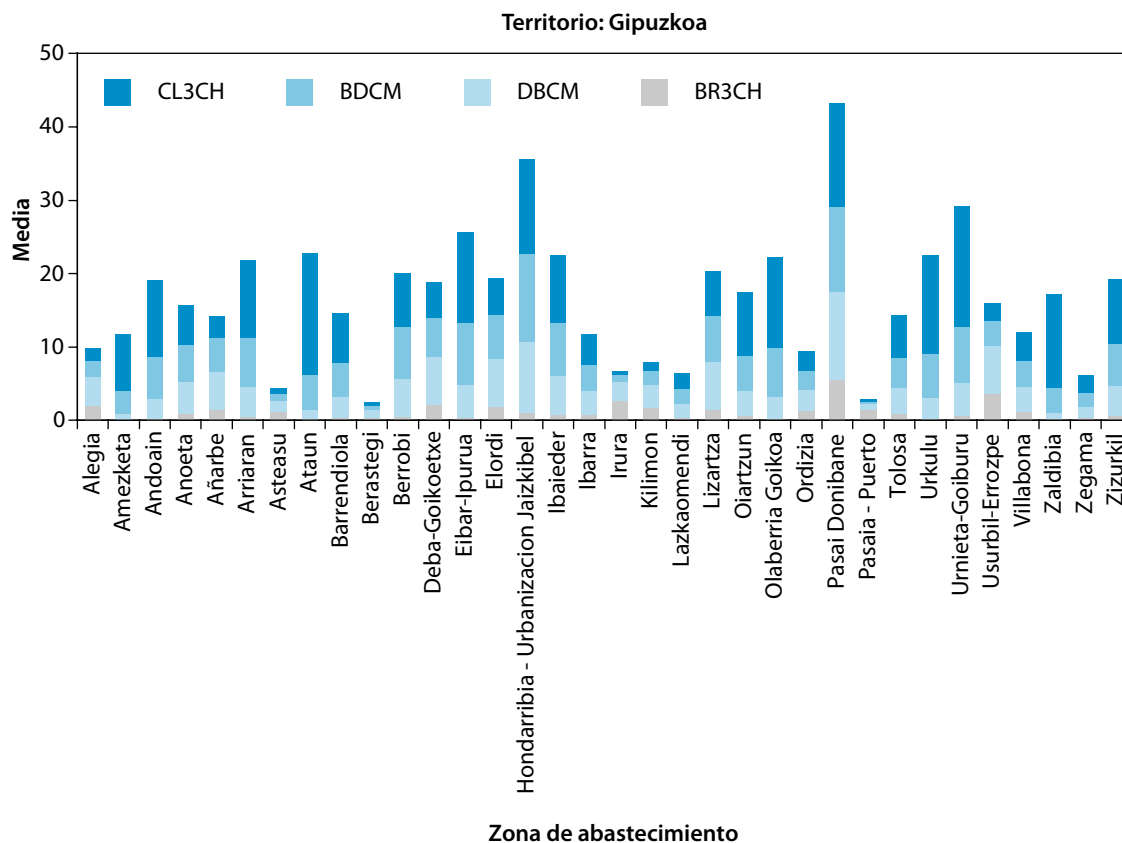


Por zonas de abastecimiento, el porcentaje de cloroformo respecto del total de trihalometanos también es muy variable. En las zonas con niveles más altos de THM el nivel relativo de cloroformo es mayor. En zonas como Zuia o Izarra el cloroformo supone el 90% del total de trihalometanos, en Artziniega, Amurrio o Llodio este compuesto representa el 85% del total. En Iruña de Oca y Kilimon, el cloroformo sólo representa el 14% del total y en Iruña no llega al 7%.

De los valores guía propuestos por la OMS, únicamente se ha superado el establecido para el cloroformo (200 µg/L). Este valor únicamente se ha superado en 2 ocasiones en el periodo de estudio en Zuia. Sin embargo, el valor objetivo para cloroformo de la EPA (70 µg/L) se ha superado en 180 muestras de 15 zonas de abastecimiento pertenecientes a los territorios de Araba-Álava y Bizkaia. En toda la CAPV sólo dos zonas presentan niveles promedio de cloroformo superiores a 70 µg/L (Zuia y Embalse de Artziniega).

**Gráfico 8. Niveles THM, totales y por especie química, THM totales y especies por zona de abastecimiento y territorio**





El valor objetivo propuesto por la EPA para el DBCM (60 µg/L) no se supera en ninguna de las zonas estudiadas. Las medias más altas de este compuesto se dan en Pasai Donibane y Hondarribia de Gipuzkoa con niveles 12 y 10 µg/L respectivamente. Los niveles más altos de bromoformo los presentan Iruña de Oca en Araba-Álava con una media cercana a 10 µg/L (44% del total de THM) y Pasai Donibane de Gipuzkoa con 5,55 µg/L. Las zonas que presentan los valores más elevadas de bromodiclorometano son Monte Berriaga y ETAP Busturia de Bizkaia con niveles medios de 20 y 17 µg/L.

En el anexo 2 se presentan los resultados de trihalometanos totales y por especies de las zonas de abastecimiento estudiadas.

### 4.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD

Los resultados de la evaluación de riesgos se presentan agrupados en «efectos distintos al cáncer» y en «efecto cáncer».

#### 4.3.1. Efectos distintos al cáncer

Los índices de riesgo calculados son muy bajos, con un rango entre  $3,96 \times 10^{-1}$  hasta  $5,02 \times 10^{-3}$  (ver ANEXO 3.a). Esto indica que la exposición total estimada a THM por todas las vías es, en todas las zonas de abastecimiento estudiadas, muy inferior (entre el 0,05 y el 0,39%) de las dosis de referencia consideradas seguras. Por consiguiente, los efectos distintos a cáncer pueden considerarse como descartables.

De las 88 zonas estudiadas, en la mayoría (75), el peso del cloroformo en el índice total de riesgo esta por encima del 50%. Por encima del 25% se encuentra la contribución del DBCM en 9 zonas, y la del bromoformo en 4. La contribución del BDCM se sitúa en todos los casos por debajo del 25%.

En cuanto a las vías de exposición, el peso mayor en el índice total de riesgo corresponde a la exposición por vía oral, seguida de la inhalatoria y la dérmica. La vía oral representa entre el 75 y el 93% del total, la inhalatoria entre el 4 y 22% y la vía dérmica no supera en ninguna zona el 3,6%. En las zonas de abastecimiento en las que la proporción de compuestos bromados respecto al total de THM es mayor, la contribución de la vía oral es más alta.

### 4.3.2. Efecto cáncer

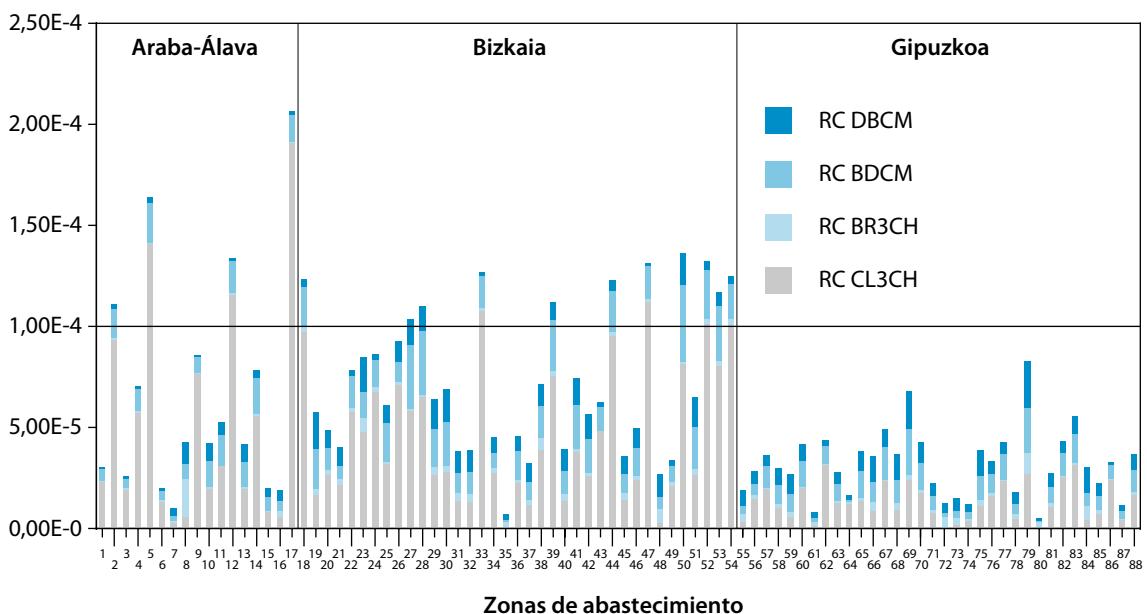
En el Anexo 3.b se presentan las estimaciones de riesgo detalladas por zona de abastecimiento, vía de exposición y especie química de THM.

El riesgo total estimado para todos los THM y todas las vías de exposición oscila entre  $3,3 \times 10^{-6}$  (ZA de Pasaia Puerto) y  $2,1 \times 10^{-4}$  (ZA de Zuia). La mediana y el rango intercuartílico (RI) de los riesgos totales de las 88 ZA estudiadas es  $4,3 \times 10^{-5}$  (RI:  $2,9 \times 10^{-5}$  -  $7,8 \times 10^{-5}$ ).

Se observan diferencias en el riesgo estimado de cáncer por especie de THM entre zonas de abastecimiento. El riesgo para el cloroformo varía entre  $1,9 \times 10^{-4}$  (ZA de Zuia, Alava) y  $6,8 \times 10^{-7}$  (Puerto de Pasaia), el calculado para DBCM entre  $3,0 \times 10^{-5}$  (Pasaia Donibane) y  $8 \times 10^{-7}$  (Izarra), el de BDCM entre  $3,7 \times 10^{-5}$  (ZA de Berreaga) y  $5,5 \times 10^{-7}$  (Pasaia Puerto) y el de bromoformo entre  $2,3 \times 10^{-6}$  (Iruña de Oca) y  $3,3 \times 10^{-8}$  (Izarra). Las medianas (RIs) de los riesgos estimados en las 88 ZA son las siguientes: para el cloroformo  $2,2 \times 10^{-5}$  (RI:  $1,1 \times 10^{-5}$ - $4,9 \times 10^{-5}$ ), para el BDCM  $1,1 \times 10^{-5}$  (RI:  $6,5 \times 10^{-6}$ - $1,6 \times 10^{-5}$ ), para el DBCM  $8,8 \times 10^{-6}$  (RI:  $4,1 \times 10^{-6}$ - $1,3 \times 10^{-5}$ ), y para el bromoformo  $2,1 \times 10^{-7}$  (RI:  $9,9 \times 10^{-8}$ - $3,3 \times 10^{-7}$ ).

En líneas generales, el cloroformo es la especie que más contribuye al riesgo total en Bizkaia y Araba-Álava, mientras que en Gipuzkoa el peso relativo del BDCM y del DBCM es mayor. La contribución del bromoformo al riesgo total de cáncer es prácticamente despreciable en todas las zonas de abastecimiento de la CAPV (gráfico 9).

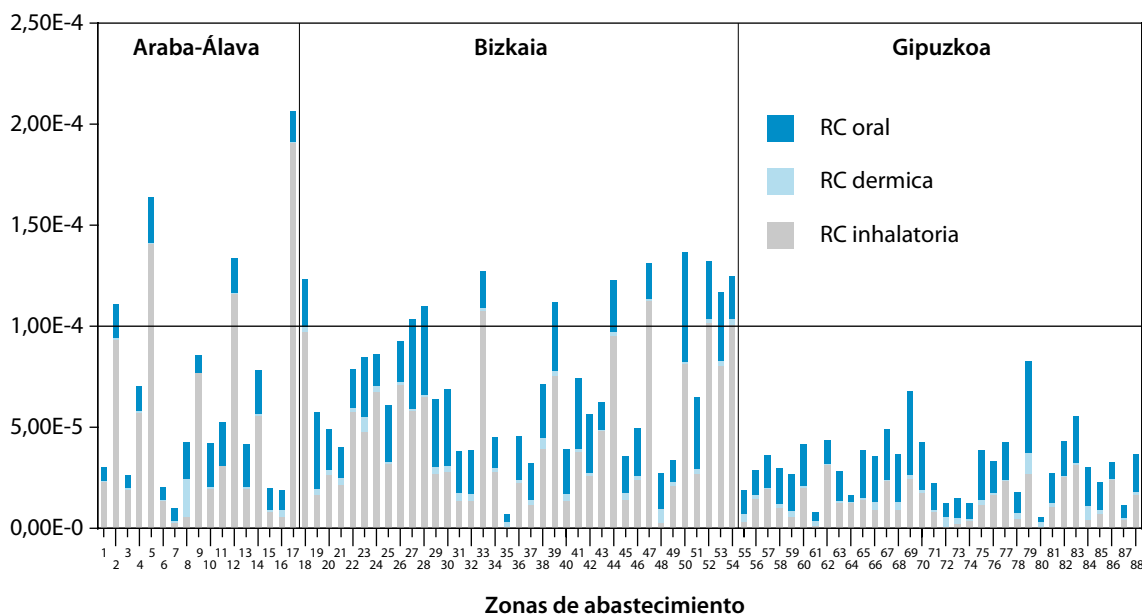
Gráfico 9. Riesgo de cáncer por especie de THM y por zona de abastecimiento en CAPV (periodo 2004-2009)





Existen diferencias en la contribución al riesgo de las vías de exposición (gráfico 10). Sumando los riesgos de las 4 especies de THM, el riesgo acumulado para la vía oral oscila entre  $5,5 \times 10^{-5}$  (Berreaga) y  $2,5 \times 10^{-6}$  (Pasaia puerto), el acumulado para la vía inhalatoria (que coincide con lo estimado para el cloroformo) entre  $1,9 \times 10^{-4}$  (ZA de Zuia) y  $6,8 \times 10^{-7}$  (Pasaia Puerto) y el de la vía dérmica entre  $2,4 \times 10^{-6}$  (Berreaga) y  $1,1 \times 10^{-7}$  (Pasaia Puerto). La mediana y RI de los riesgos estimados son: para la vía oral  $2,0 \times 10^{-5}$  (RI:  $1,3 \times 10^{-5}$ - $2,6 \times 10^{-5}$ ), para la vía inhalatoria  $2,2 \times 10^{-5}$  (RI:  $1,1 \times 10^{-5}$ - $4,9 \times 10^{-5}$ ) y para vía dérmica  $8,6 \times 10^{-7}$  (RI:  $5,8 \times 10^{-7}$ - $1,1 \times 10^{-6}$ ). La contribución de la vía dérmica al total del riesgo resulta despreciable en las 88 zonas de abastecimiento.

Gráfico 10. Riesgo de cáncer por vía de exposición y zona de abastecimiento en la CAPV (periodo 2004-2009)



El peso relativo que las vías de exposición tienen en el riesgo total estimado varía entre zonas de abastecimiento, dependiendo de las concentraciones de cada una de las especies de THM presentes en el agua. Es decir, según sea la concentración de unas especies y otras, el peso relativo de cada una de las vías de exposición será mayor o menor. La vía inhalatoria es la vía de exposición para el cloroformo, y la oral la predominante en el caso de las especies bromadas. Así, la vía oral contribuye con un 87% del total del riesgo estimado en la ZA de Irura y con un 7% en la de Zuia, la vía inhalatoria con el 93% en la ZA de Zuia y un 8% en la de Irura; y la vía dérmica con 3,6% en Irura y 0,3% en la de Zuia.

Una cuestión reseñable de los resultados obtenidos es que las zonas de abastecimiento de la CAPV en las que el riesgo estimado de cáncer es mayor, la inhalación de cloroformo durante la ducha es la ruta de exposición con mayor contribución al riesgo total (gráfico 10). En las 15 zonas de abastecimiento de la CAPV con un riesgo de cáncer por TTHM mayor que  $10^{-4}$ , la contribución de esta ruta al riesgo total estimado supera el 55%, y en 10 de ellas supera el 75%. En las 3 zonas de las 15 con riesgo mayor que  $10^{-4}$  en las que el peso relativo de la inhalación es menor (Berreaga, Busturia y Bermeo), la contribución de la vía oral se sitúa en torno al 40%, principalmente por el contenido en DBCM de sus aguas, más alto que en otras ZA (tabla 8).

La combinación de las estimaciones de riesgo con la información de la población abastecida por cada zona de abastecimiento tiene una doble aplicación. Por una parte, facilita el análisis de situación de la CAPV en relación a los niveles actuales de THM. Por otra, permite evaluar escenarios hipotéticos o futuros y conocer la trascendencia que para la población puede tener el establecimiento de nuevos límites u objetivos de calidad.

Tabla 8. Ordenadas de mayor a menor riesgo, zonas de abastecimiento de la CAPV con riesgo de cáncer estimado total del orden de  $10^{-4}$ . Periodo 2004-2009

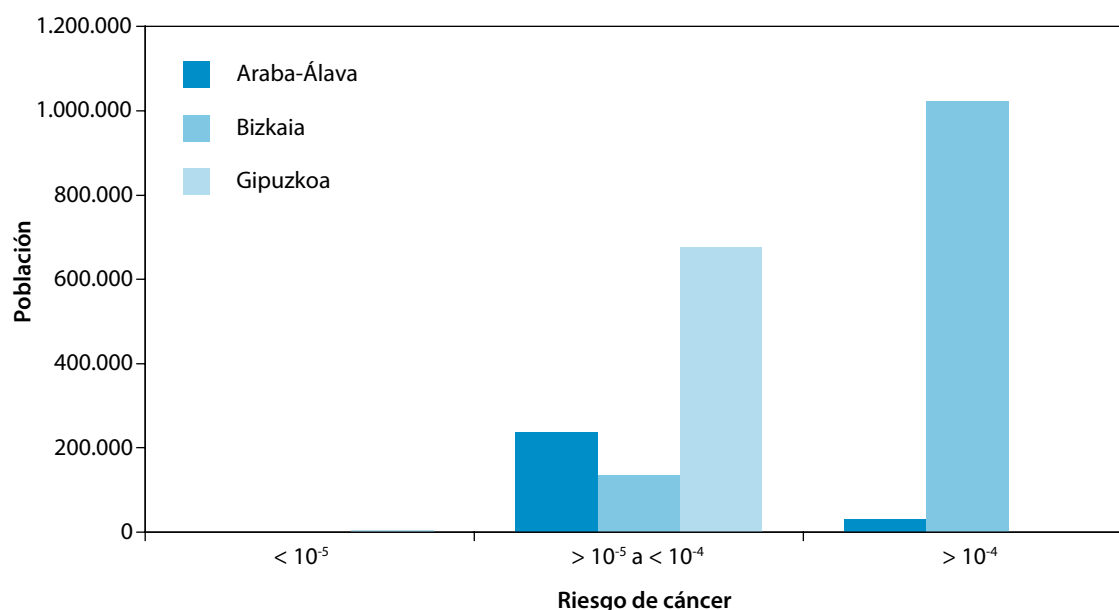
Zona	Población	CL3CH µg/L	BR3CH µg/L	BDCM µg/L	DBCM µg/L	RC THM oral	RC THM inhalatorio	RC THM dérmico	RC THM total
Zuia	1.416	99,81	0,40	6,83	0,93	1,44E-05	1,93E-04	6,29E-07	2,08E-04
E Artzeniega	1.338	73,67	0,40	10,20	1,52	2,18E-05	1,42E-04	9,51E-07	1,65E-04
Urb. Berreaga	1.416	42,70	0,58	20,02	7,98	5,47E-05	8,25E-05	2,36E-06	1,40E-04
Llodio	18.641	60,67	0,39	8,27	0,70	1,64E-05	1,17E-04	7,21E-07	1,34E-04
Sollano	233.000	58,96	0,47	8,57	0,82	1,73E-05	1,14E-04	7,55E-07	1,32E-04
Venta Alta	625.813	53,16	1,18	12,64	2,08	2,76E-05	1,03E-04	1,20E-06	1,32E-04
Granzal	3.975	56,45	0,60	8,57	0,81	1,73E-05	1,09E-04	7,55E-07	1,27E-04
Zubiete	1.243	52,83	1,36	9,31	1,94	2,15E-05	1,02E-04	9,31E-07	1,24E-04
Salinillas	7.106	49,87	1,15	10,5	2,76	2,55E-05	9,63E-05	1,10E-06	1,23E-04
Ametzaga	1.113	51,04	1,29	10,27	1,96	2,32E-05	9,86E-05	1,01E-06	1,23E-04
Va + Basatxu	98.316	42,21	1,39	14,04	3,59	3,38E-05	8,15E-05	1,46E-06	1,17E-04
Etap Busturia	3.716	34,18	0,41	16,71	6,22	4,46E-05	6,60E-05	1,93E-06	1,13E-04
Lekue	30.093	39,44	1,45	13,28	4,48	3,46E-05	7,62E-05	1,48E-06	1,12E-04
Amurrio	8.553	48,84	0,40	7,71	1,02	1,62E-05	9,44E-05	7,07E-07	1,11E-04
Etap Bermeo	16.319	30,45	0,47	16,65	6,69	4,57E-05	5,88E-05	1,97E-06	1,06E-04
	<b>1.052.058</b>								

Como se refleja en la tabla 9 y en gráfico 11, 15 zonas de abastecimiento que abastecen aproximadamente a la mitad de la población de la CAPV presentan un riesgo total de cáncer del orden de  $10^{-4}$ , y 73 ZA que abastecen a la otra mitad de la población presentan un riesgo menor, del orden de  $10^{-5}$ . La situación menos favorable se ha encontrado en Bizkaia, donde el 88,4% de la población recibe agua con una concentración total de THM asociada a un riesgo del orden de  $10^{-4}$ . En Gipuzkoa no existe ninguna zona de abastecimiento por encima de este nivel, mientras que en Araba-Álava la población que recibe agua en este rango no supera el 12% de la población.

Tabla 9. N° de Zonas de Abastecimiento (ZA) y población abastecida según niveles estimados de riesgo para TTHM en la CAPV. Periodo 2004-2009

	Riesgo de cáncer asociado al total de THM					
	<math>10^{-5}</math>		>math>10^{-5}</math> a <math>10^{-4}</math>		>math>1 \times 10^{-4}</math>	
	Poblac.	ZA	Poblac.	ZA	Poblac.	ZA
Araba-Álava	-	-	237.541 (88,8%)	13	29.948 (11,2%)	4
Bizkaia	-	-	133.637 (11,6%)	26	1.022.110 (88,4%)	11
Gipuzkoa	3.979 (0,6%)	3	676.003 (99,4%)	31	-	-
<b>Total CAPV (%)</b>	<b>3.979 (0,2%)</b>	<b>3</b>	<b>1.047.181 (49,8%)</b>	<b>70</b>	<b>1.052.058 (50%)</b>	<b>15</b>

Gráfico 11. Población por territorio y Riesgo de Cáncer asociado a concentración de THM



Una hipotética actuación orientada a reducir el nivel de cloroformo por debajo de 40 µg/l afectaría a 12 de las 15 ZA de la CAPV con un nivel de riesgo por encima de 10<sup>-4</sup> (tabla 8), que abastecen aproximadamente a un millón de consumidores. Asumiendo que las medidas tomadas implicarían una reducción concomitante de la concentración de BDCM a 5 µg/l y de CDBM a 1,5 µg/l, el riesgo total no superaría el orden de 10<sup>-5</sup>. En las 3 zonas de abastecimiento restantes con un riesgo total por encima de 10<sup>-4</sup> sería necesario un control más específico de los niveles de BDCM y DBCM.

#### 4.3.3. Limitaciones de la evaluación de riesgos.

La evaluación de riesgos es un proceso complejo en el que a la luz de la información disponible, se valoran los efectos para la salud producidos por una exposición estimada a ciertos contaminantes. Las fuentes de incertidumbre más importantes derivan, por una parte, del nivel de conocimiento o grado de evidencia científica del momento respecto a los efectos en salud críticos y a las referencias toxicológicas empleadas y, por otra, del escenario bajo el cual se hace la estimación de la exposición, el cual puede llegar a determinar el sentido de la caracterización o valoración final del riesgo.

Así pues, los resultados de la evaluación deben interpretarse sin obviar el nivel de certidumbre/incertidumbre, que es distinto según el contaminante y la vía de exposición implicada. Las limitaciones más reseñables de este estudio son las siguientes:

- Concentración de THM. Al ser la media aritmética de las concentraciones detectadas de THM más alta que la media geométrica, se ha utilizado la primera para dar una aproximación más conservadora al estudio.
- Referencias toxicológicas. No existen dosis de referencia específicas para la vía dérmica, por lo que, para valorar el riesgo distinto a cáncer por esta vía, se han utilizado las dosis de referencia oral.
- Escenario de exposición. A diferencia de la vía oral, en la que el cálculo de la exposición es simple y tiene un amplio consenso, y de la vía dérmica, para la que los riesgos estimados son en todos los casos muy bajos, la estimación del riesgo por vía inhalatoria es sensible a las asunciones realizadas en el cálculo de la exposición durante la ducha. La duración de la misma (70 años, 25 minutos diarios

de estancia en el baño), la concentración de cloroformo en el aire empleada (la máxima alcanzada durante la ducha), el volumen del baño (10.000 L), y la ausencia de ventilación, tienen una relación directamente proporcional con el riesgo calculado. Nuestro objetivo ha sido estimar la exposición en unas condiciones desfavorables, es decir, pensando en los individuos más expuestos, pero evitando caer en escenarios inverosímiles. Aún así, no es descartable cierto grado de sobreestimación en los riesgos calculados para la vía inhalatoria, que en conjunto serían estimaciones más conservadoras que las realizadas para la vía oral.

- Población a estudio. No se ha realizado diferenciación entre características específicas de la población. Se ha considerado por defecto la población adulta.
- Interacción entre compuestos. Tanto para los efectos distintos del cáncer como para el efecto cáncer no existe información sobre posibles interacciones entre los 4 compuestos evaluados por lo que se ha asumido que actúan de forma aditiva.

Por tanto, teniendo en cuenta las limitaciones señaladas, los resultados de la evaluación realizada deben interpretarse con cautela, considerando siempre que todas las asunciones realizadas llevan a una evaluación de los riesgos en la situación más desfavorable.

## 4.4. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

### 4.4.1. Formación de los subproductos de la desinfección

Los Subproductos de la Desinfección (SPD) se originan como resultado de la reacción entre el agente desinfectante con los compuestos orgánicos e inorgánicos (precursores) presentes de manera natural en el agua sin tratar. La concentración y tipo de subproductos generados dependerá de las características del agua bruta y de parámetros relacionados con el tratamiento.

La materia orgánica natural disuelta en el agua bruta es el principal precursor de los SPD. La cantidad y reactividad de ésta es muy variable y depende, entre otros, del origen del agua (superficial o subterránea) y de las características del suelo. Comprende un amplio abanico de compuestos que van desde sustancias de bajo peso molecular como proteínas, carbohidratos y aminoácidos, hasta sustancias de mayor tamaño y carácter hidrófobo como los ácidos húmicos y fúlvicos.

Los indicadores de la presencia de materia orgánica más utilizados son el Carbono Orgánico Total (COT) o el Carbono Orgánico Disuelto (COD) y la absorbancia ultravioleta a 254 nm (UV-254).

Otros factores relacionados con la calidad del agua bruta que influyen en la cantidad y tipo de subproductos generados son la concentración de ión bromuro, la alcalinidad, la presencia de sustancias demandantes de cloro u ozono como el amonio, el pH y la temperatura.

En presencia de precursores el tratamiento al que se somete el agua puede tener un gran impacto en la formación de subproductos.

Además de eliminar microorganismos patógenos, los desinfectantes actúan como potentes agentes oxidantes por lo que también se utilizan para eliminar el sabor y el color, oxidar el Fe y el Mn, mejorar la eficiencia de la coagulación y la filtración, o prevenir el crecimiento de algas en decantadores y filtros. Es por esto por lo que en las plantas de tratamiento convencionales la dosificación del desinfectante se puede realizar en una o varias etapas previas a la desinfección final (pretratamiento, preoxidación o desinfección primaria).

Si la materia orgánica no se elimina antes de entrar en contacto con el desinfectante estará en disposición de reaccionar con él para formar subproductos.

Por tanto, el tipo de tratamiento al que se somete el agua, la dosis y tipo de desinfectante utilizado y otros factores como la existencia de rechloraciones o el tiempo de permanencia del agua en la red de distribución, determinarán la concentración y tipo de SPD generados.<sup>53,54</sup>

En nuestro entorno, los desinfectantes utilizados predominantemente en la potabilización del agua son el cloro y sus derivados. El cloro reacciona con la materia orgánica natural para formar, entre otros subproductos, trihalometanos (THM), ácidos haloacéticos (HAA), haloacetoneitrilos (HAN), halocetonas, hidrato de cloral y cloropicrina. Los trihalometanos son los subproductos de la desinfección que con más frecuencia se encuentran en el agua tratada con cloro.

#### 4.4.2. Estrategias para el control de los SPD

Existen diferentes estrategias para disminuir la presencia de subproductos en el grifo del consumidor. La elección de la técnica o combinación de técnicas más adecuadas dependerá de la cantidad y características químicas de la materia orgánica y deberán determinarse en cada caso.

##### 4.4.2.1. Utilizar como fuente de aprovisionamiento agua de la mejor calidad posible

La concentración de materia orgánica suele ser baja en las aguas subterráneas (alrededor de 1 mg/L de COT) y muy variable en las superficiales (desde unos pocos mg/L hasta 6 mg/L). En embalses con aguas eutrofizadas, los niveles de COT pueden llegar a ser muy elevados.<sup>55</sup>

Reemplazar la fuente de abastecimiento por agua de mejor calidad no es siempre factible, sin embargo una adecuada protección y gestión de los recursos puede contribuir a la disminución de la presencia en el agua bruta de sustancias demandantes de cloro como el amonio o de agentes reductores como el Fe o Mn y disminuir así la dosis de desinfectante necesaria en el tratamiento.

En los embalses, se puede mejorar la calidad del agua captada controlando la altura a la que se sitúa la toma de agua en la torre de captación. En las capas superficiales la concentración de precursores puede ser elevada. Por el contrario, en las capas profundas el agua contiene bajas concentraciones de oxígeno que suelen ir acompañadas de valores elevados de Fe o Mn. Se puede variar la altura de la toma de agua en función de la temperatura y de los fenómenos de estratificación térmica o utilizar tomas a diferentes alturas para conseguir agua con la menor cantidad posible de precursores y concentraciones moderadas de Fe y Mn.<sup>56</sup>

##### 4.4.2.2. Eliminación de los precursores en el tratamiento

Uno de los métodos más efectivos y económicos para el control de los subproductos es reducir la cantidad de materia orgánica utilizando un tratamiento fisicoquímico previo a la desinfección que permita disminuir la dosis necesaria de desinfectante.

Existen varios procedimientos que permiten mejorar la eficiencia de eliminación de la materia orgánica.

- Coagulación mejorada.- Se denomina así a la técnica de tratamiento que utiliza altas dosis de coagulante y bajo pH para mejorar la eliminación de los precursores.<sup>57-59</sup> La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (USEPA) recomienda poner en marcha esta técnica cuando el agua tiene concentraciones de COT superiores a 2 mg/L.<sup>60</sup>
- Filtración con carbón activo.- La principal propiedad del carbón activo es su capacidad de adsorción lo que permite eliminar gran variedad de compuestos orgánicos. Las formas más utilizadas son el carbón activo en polvo y el Carbón Activo Granular (CAG).

Cuando se utiliza en polvo se dosifica junto con los reactivos de coagulación/floculación introduciéndose en los flóculos formados y eliminándose con ellos en la filtración posterior con arena. Se

gún algunos estudios, cuando se combina esta técnica con la coagulación mejorada se incrementa el rendimiento de eliminación de precursores hasta un 76%.<sup>61</sup>

El carbón activo granular se usa en columnas y lechos filtrantes en los que el agua va siendo desprovista de contaminantes progresivamente. Los lechos de CAG ofrecen unas condiciones ideales para la colonización bacteriana permitiendo el desarrollo de un biofilm bacteriano que colabora en la eliminación de la materia orgánica biodegradable del agua combinando los mecanismos de adsorción y biodegradación (carbón activo biológico).

- Filtración biológica (BAC) junto con ozono.- Aunque originariamente el término BAC sólo hace referencia a la actividad biológica que presentan de forma natural los filtros de carbón activo, también se denomina así a la técnica que combina la ozonización con la filtración mediante CAG.

No toda la materia orgánica presente en el agua puede ser utilizada por las bacterias, de hecho, la mayor parte de la MON es difícilmente biodegradable. Diversos estudios indican que la preoxidación con ozono de la MON del agua da lugar a la producción de compuestos más biodegradables.<sup>62,63</sup>

La combinación de ambas técnicas permite eliminar eficazmente el carbono orgánico asimilable<sup>64-66</sup> y presenta otras ventajas adicionales como disminuir el rebrote bacteriano en la red de distribución y reducir la cantidad de cloro necesario como desinfectante residual por lo que la generación final de SPD es menor.

- Filtración a través de membranas.- El uso de membranas filtrantes (ultrafiltración) permite retirar más del 90% de los precursores de los SPD y la mayoría de los patógenos eventualmente presentes en el agua bruta.<sup>67,68</sup>
- Resinas de intercambio iónico.- El pretratamiento del agua con resinas de intercambio iónico es una buena técnica para la eliminación de la materia orgánica disuelta. Diversos estudios realizados con resinas de intercambio iónico magnetizadas (MIEX) demuestran que la combinación de esta técnica con la coagulación mejorada permite reducir el potencial de formación de subproductos en más de un 60% y disminuye sustancialmente la demanda de coagulante.<sup>69,70</sup>

#### 4.4.2.3. Eliminación de los SPD una vez formados

Se han desarrollado diferentes técnicas para eliminar los subproductos una vez formados.

Para eliminar los principales subproductos de la cloración (principalmente THM y HAA) las técnicas más utilizadas son la aireación (air stripping), la adsorción sobre carbón activo granular y la oxidación de los subproductos con ozono.

El principal inconveniente de la aireación es que sólo permite eliminar los subproductos volátiles por lo que no resulta eficaz para eliminar los ácidos haloacéticos. Por el contrario, la adsorción sobre carbón activo presenta bajos rendimientos para los trihalometanos, especialmente para el cloroformo.

#### 4.4.2.4. Mejora de las estrategias de preoxidación y desinfección: desinfectantes alternativos y/o optimización de la operación

Además de la desinfección final, los sistemas de tratamiento convencionales suelen incluir una etapa de pretratamiento (preoxidación o desinfección primaria) en la que se dosifica una agente oxidante a la entrada de la planta.

El cloro es el desinfectante utilizado mayoritariamente tanto en la preoxidación como en la desinfección final. Su uso generalizado no se debe únicamente a su bajo coste sino también a su capacidad oxidante y a la ventaja de dejar un residuo en la red de distribución lo que impide la reaparición de gérmenes patógenos en la misma. Sin embargo genera concentraciones elevadas de THM y HAA.

El uso óptimo de combinaciones de desinfectantes, utilizados como oxidantes en el pretratamiento y desinfectantes secundarios, permitirá controlar la formación de THM y HAA.

#### 4.4.2.5. Oxidantes alternativos al cloro en el pretratamiento

Los más utilizados son el permanganato potásico, el ozono y el dióxido de cloro.

- El **permanganato** es un potente agente oxidante que elimina fácilmente el hierro y el manganeso, es un buen algicida y favorece la coagulación. Oxida la materia orgánica rompiendo las moléculas de gran tamaño en compuestos intermedios reduciendo el COD y los precursores. Además el dióxido de manganeso formado en la reducción del permanganato tiene un cierto poder adsorbente de estas sustancias.

Tiene poco poder desinfectante y si se dosifica en exceso puede dar color al agua.

- **Ozono**.- El **ozono** es un gas muy inestable que se ha de generar en el momento en que se utiliza. Es un excelente agente desinfectante y más efectivo que el cloro, sin embargo no tiene poder residual por lo que no puede usarse como desinfectante residual en la red de distribución. Además de ser un potente agente oxidante, presenta otras ventajas como favorecer la eliminación de materia orgánica en la coagulación,<sup>71</sup> aumentar la biodegradación sobre carbón activo y disminuir la demanda de cloro en la desinfección final.

La preoxidación con ozono genera menos THM que la preoxidación con cloro. Las especies de THM también varían, con ozono se favorecen las especies bromadas.

En presencia de ion bromuro en el agua bruta el ozono genera bromato como subproducto.<sup>63;72</sup> La toxicidad del bromato es mayor que la de los THM (es claramente mutagénico y genotóxico «in vitro» e «in vivo» y es considerado el más potente carcinógeno de los subproductos regulados), por lo que se deberá controlar su formación.

- **Dióxido de cloro**.- Es un gas que se ha de manufacturar «in situ» porque se descompone rápidamente. Se utiliza tanto en la preoxidación como en la desinfección final. Es un oxidante muy fuerte y genera menos THM que el cloro.

Los principales subproductos de dióxido de cloro son el clorito y el clorato. A diferencia de otros SPD, éstos se forman por la degradación del desinfectante por lo que su concentración en el agua dependerá de la dosis de dióxido utilizada. Existen pocos datos sobre la toxicidad de estos compuestos. Algunos estudios indican que el clorato es mutagénico en salmonella y puede inducir tumores en ratas.<sup>29</sup>

#### 4.4.2.6. Desinfectantes alternativos al cloro en la desinfección final

Los más utilizados son el dióxido de cloro y las cloraminas.

- **Cloraminas**.- Presentan menor poder desinfectante que el cloro y son oxidantes débiles por lo que no se usan en la preoxidación. Debido a su persistencia son un desinfectante atractivo para mantener un nivel residual estable en la red de distribución. Generan menos subproductos que el cloro pero puede generar otros SPD como la N-nitrosodimetilamin (NDMA) que es considerada probable carcinógeno en humanos por la EPA (B2).

#### 4.4.2.7. Cambio en el punto de preoxidación

La forma más económica y sencilla de reducir los SPD del cloro en el pretratamiento es cambiar el punto de dosificación a la salida de los decantadores de manera que el primer contacto del agua con el desinfectante se produce después de haber eliminado una parte de la materia orgánica en la coagulación. El principal inconveniente de esta práctica es el aumento de la producción de algas en los decantadores en los meses de verano. Las soluciones a este problema pasan por disponer de decantado-

res cubiertos (no siempre posible), aumentar la frecuencia de limpieza de los decantadores en épocas de máxima insolación, mantener dosis bajas de permanganato en cabecera o realizar periódicamente hipercloraciones controladas durante unas horas en cabecera para eliminar la biomasa.<sup>56</sup>

#### 4.4.2.8. Control de las rechloraciones y del tiempo de permanencia del agua en la red de distribución

La reacción entre los precursores y el desinfectante continua hasta el agotamiento de los reactantes por lo que la desinfección de refuerzo puede mantener altos los niveles de THM y HAA.

Además de la dosis de desinfectante en la red, el tiempo de permanencia del agua en la misma también afecta a la formación de subproductos.

### 4.4.3. Características del agua y tratamientos en la CAPV

En la totalidad de las zonas de abastecimiento de la CAPV se utiliza cloro, ya sea en el proceso de pretratamiento y/o en la desinfección, no obstante las características del agua bruta, el tipo de oxidante utilizado y el lugar de realización de la pre-oxidación presentan variaciones de una zona a otra. Estas variaciones son las que pueden originar la gran variabilidad en las concentraciones por zona de los SPD estudiados.

#### 4.4.3.1. Origen y características del agua bruta

Apenas existen diferencias en cuanto al origen del agua bruta de las zonas estudiadas. En los tres territorios, el agua es mayoritariamente de origen superficial, ya sea de río o de embalse.

Sin embargo, hay diferencias importantes entre territorios en el contenido de materia orgánica del agua bruta medida como Carbono Orgánico Total (COT). Agregando los datos disponibles en EKUIS de COT en el agua bruta por territorios, las medias de COT en Araba-Álava y Bizkaia son 3,83 mg/l y 3,25 mg/l respectivamente, mientras que en Gipuzkoa es 1,05 mg/l. En este territorio, las concentraciones medias de TTHM de las zonas de abastecimiento estudiadas son mucho más bajas que en Araba-Álava y Bizkaia.

Tal y como se indica en la bibliografía, se ha encontrado asociación lineal positiva entre la variable trihalometanos totales y el contenido en carbono orgánico total del agua bruta de las zonas de abastecimiento en estudio de las que se disponía del dato en EKUIS. Según estos resultados, la recta de regresión estimada explicaría el 58% de la variación total de los valores de THM (coeficiente de determinación  $r^2$  0,583). El análisis de la variancia de la regresión es significativo ( $p < 0,001$ ) así como los coeficientes de la recta estimada.

#### 4.4.3.2. Características de los tratamientos

Las etapas de tratamiento a las que se somete el agua bruta son similares en todas las plantas estudiadas: pretratamiento o preoxidación, coagulación-floculación-decantación, filtración por arena y desinfección final.

Las principales diferencias se basan en el tipo de oxidante utilizado en la preoxidación. En Araba-Álava y Bizkaia, la preoxidación se realiza a la entrada de la planta y el oxidante utilizado es cloro. En Gipuzkoa por el contrario, en todas las plantas estudiadas, la preoxidación se realiza con ozono. Aunque la concentración de THM en el agua de estas zonas es mucho más baja que en las zonas de Araba-Álava y Bizkaia, no se ha podido evaluar la influencia del pretratamiento con ozono en la generación de subproductos, ya que en las zonas en las que se utiliza el contenido de COT del agua bruta es muy bajo (alrededor de 1 mg/L).

En todas las plantas estudiadas la desinfección final se realiza con cloro. En las plantas de Bizkaia y Araba-Álava, la desinfección final se realiza en el agua filtrada.



#### 4.4.4. Estudio de alternativas/experiencias en la CAPV

Las características del agua bruta y el tratamiento al que se somete establecen las diferencias en la formación y cantidad de los subproductos, por ello es necesario adecuar cada procedimiento a las necesidades y recursos de cada zona.

Las operaciones de tratamiento avanzado como filtración a través de membranas, filtros de carbón orgánico, air stripping, etc. son muy eficaces para la reducción de la presencia de subproductos en el grifo en aguas con grandes concentraciones de materia orgánica. Sin embargo, estas técnicas aumentan mucho los gastos operacionales y de mantenimiento y requieren cambios estructurales importantes en las plantas de tratamiento por lo que en las plantas en funcionamiento de nuestro estudio, se consideran poco factibles.

Con el fin de valorar las alternativas más adecuadas a los tratamientos que se utilizan en la actualidad y a las características del agua bruta de nuestro entorno, se ha trabajado con las UCV y valorado sus experiencias en ensayos en laboratorio y en planta para disminuir la presencia de SPD en las redes de distribución.

##### 4.4.4.1. Alternativas estudiadas en una planta de tratamiento de tamaño medio (100 l/sg)

El Consorcio de Aguas de Ayala «Kantauriko Urkidetza» inició en 2003 una campaña para el estudio de posibles alternativas que disminuyeran la concentración de THM en el agua de consumo del Valle de Ayala; ya que se alcanzaban en algunas zonas valores superiores a 100 µg/l.

Las alternativas que se estudiaron fueron principalmente dos:

- El cambio del punto de preoxidación.

La preoxidación es una operación que se realiza a la entrada de la planta de tratamiento con el fin de oxidar parte de la materia orgánica presente en el agua bruta y facilitar el tratamiento posterior. Habitualmente en este proceso se utiliza cloro. La alternativa estudiada fue el cambio del lugar donde se realiza esta preoxidación; en lugar de dosificar el cloro en la cámara de mezcla, es decir, a la entrada de la planta, ésta se realiza a la salida de la decantación. De esta forma, gran parte de los precursores que podrían llegar a formar trihalometanos son eliminados en el proceso de coagulación-decantación antes de entrar en contacto con el cloro. Con este cambio se reduce además la cantidad de oxidante necesaria en la preoxidación.

- La sustitución del cloro por dióxido de cloro en el proceso de preoxidación.

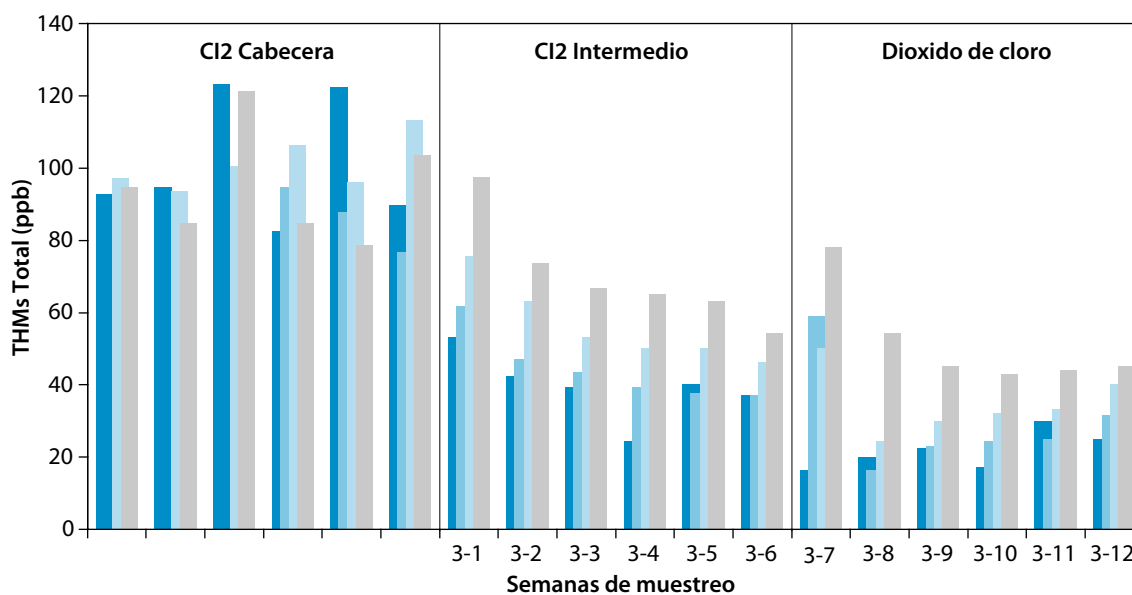
En una primera fase, se aplicaron estas alternativas en una zona de abastecimiento que disponía de una pequeña planta de tratamiento (20 l/s de caudal medio) y varias redes de distribución con reclo-raciones en depósitos intermedios.

En el gráfico 12 se presentan los resultados de THM obtenidos en la salida de la ETAP y en 3 puntos de muestreo utilizando cloro en cabecera (tratamiento convencional), el cloro después de la decantación y sustituyendo el cloro en la preoxidación por dióxido de cloro. Para el estudio de cada alternativa se recogieron 6 muestras semanales consecutivas (controlando las características del agua bruta).

Se comprobó que la concentración total de THM disminuye con las dos alternativas estudiadas. El dióxido de cloro es la alternativa que da mejores resultados.

Utilizando como base este estudio, Kantauriko Urkidetza viene realizando estudios similares en las otras plantas que gestiona. Se trata de plantas pequeñas siendo la de mayor caudal de tratamiento de 70 l/s.

Gráfico 12. Concentración de THM en 4 puntos de muestreo según la alternativa de tratamiento utilizada (los colores de las barras representan puntos de muestreo)



Se siguen obteniendo resultados satisfactorios, pero en la práctica en todas las plantas se ha optado por la alternativa más económica que es la que consiste en el cambio del punto de precloración, ya que la utilización de dióxido de cloro en continuo presenta dificultades debido a su inestabilidad y a la generación de cloritos y cloratos. El dióxido se produce «in situ» y exige el manejo de los 3 reactivos utilizados en la generación (cloro gas, clorito sódico y agua) Esto supone una mayor dedicación del personal ya que, debido a su inestabilidad, es necesario ajustar los rotámetros para que la dosificación de dióxido sea la estipulada y no se produzcan desajustes que pudieran ocasionar problemas como ineficacia del tratamiento por baja dosificación o exceso de dióxido y presencia de cloritos y cloratos.

La generación de cloritos y cloratos suele ser el factor limitante para la dosificación de dióxido de cloro ya que la concentración de estos subproductos en el agua depende principalmente de la dosis de dióxido utilizada. Así, la concentración de clorito que se genera por la degradación del desinfectante, puede variar entre el 30 y el 70% de la dosis de dióxido utilizada dependiendo de factores como el tipo de tratamiento o la calidad del agua bruta.<sup>29</sup> Por tanto, será necesario buscar la concentración adecuada de dióxido para que la concentración de cloritos en el agua no supere los límites indicados por la USEPA (1mg/L).

El cambio en el lugar de la preoxidación es probablemente la alternativa de elección para estas plantas pequeñas, pero tiene el inconveniente de que en los meses de calor se originan algas en el decantador.

#### 4.4.4.2. Estudios realizados en laboratorio

Dos plantas de tratamiento grandes (1.500 l/s) han abordado el tema haciendo estudios en laboratorio. La principal línea seguida ha sido sustituir el cloro por el dióxido de cloro.

Los resultados de uno de estos estudios indicaron que a las dosis mínimas comparativas de utilización de dióxido de cloro respecto a las de cloro gas, se daba una disminución de THM importante, pero aparecían cloritos por encima de los límites establecidos en la reglamentación americana (USEPA).

En las plantas de gran tamaño, donde el cambio del punto de dosificación del oxidante es más complicado, una alternativa a tener en cuenta a corto plazo es la utilización de dióxido de cloro en la desinfección durante los meses de verano, época en la que la concentración de precursores en el agua bruta es más elevada.

## 4.5. VALORACIÓN ECONÓMICA

Con la colaboración de algunas de las UCV participantes en el proyecto se ha realizado una estimación aproximada de los costes derivados de las distintas alternativas estudiadas.

Hay que tener en cuenta que según la calidad de agua de origen, el caudal de tratamiento de cada planta y los resultados de reducción de THM que se fueran consiguiendo en cada zona de abastecimiento, se adoptaría una u otra alternativa o una combinación de varias, lo que podría suponer variaciones significativas en la valoración económica. Esto dificulta la realización de un análisis de costes que sea válido para todas las plantas de tratamiento.

Por tanto, lo que se presenta a continuación es una estimación aproximada de los costes generales a tener en cuenta.

### 4.5.1. Costes derivados del cambio en el punto de preoxidación

Es la alternativa más económica. Los gastos originados se deben principalmente a los costes del material y la mano de obra necesarios para realizar el cambio en la instalación.

También se produciría un incremento de los costes de mantenimiento de las plantas de tratamiento por el aumento de periodicidad de la limpieza de decantadores.

### 4.5.2. Costes de la instalación e utilización de dióxido de cloro como alternativa de desinfección

A. **Costes de inversión.** Instalación de generadores de dióxido de cloro.

La inversión dependerá del caudal a tratar y por tanto de los generadores de dióxido de cloro necesarios. Se puede estimar que.

- Plantas de 5 a 100 l/seg:

1 generador	50.000 €
IVA (18%)	9.000 €
<b>TOTAL</b>	<b>59.000 €</b>

- Planta de 1.000 l/seg:

1 generador	66.000 €
IVA (18%)	11.880 €
<b>TOTAL</b>	<b>77.880 €</b>

B. **Costes de explotación.**

- Gastos en reactivos.** El coste anual estimado de reactivos para una concentración de 1ppm de dióxido de cloro por cada m<sup>3</sup> de agua tratada sería de **0,0088€/m<sup>3</sup>**.
- Gastos de mantenimiento.** La generación de dióxido de cloro implica un control específico de los generadores y sus reactivos. Las plantas pequeñas donde no hay personal de vigilancia permanente requerirán un mayor gasto en este apartado.

### 4.5.3. Costes referidos al control analítico

Será necesario realizar un control analítico adicional al menos el primer año. Se ha estimado un número de muestras extraordinarias de 2 al mes para plantas de tratamiento pequeñas y de 4 al mes para plantas grandes.



## 5. CONCLUSIONES

---



- El mayor grado de evidencia sobre efectos adversos para la salud asociados a los SPD existe en relación con el cáncer de vejiga. Los resultados en relación con otros tipos de cáncer y con los efectos reproductivos no son concluyentes.
- Las enzimas implicadas en el metabolismo de estos productos y los genes que las codifican, parecen jugar un importante papel en la susceptibilidad individual al cáncer de vejiga.
- Los niveles medios de THM en las ZA de la CAPV se encuentran por debajo del límite establecido en el RD 140/2003 y cumplen con los valores guía recomendados por la OMS.
- Existen diferencias en los niveles de THM entre Territorios Históricos. Mientras que en Gipuzkoa el 95% de la población se abastece con agua con niveles inferiores a 25 µg/L, en Bizkaia el 85% de los habitantes consumen agua con niveles superiores a 50 µg/L.
- El riesgo de efectos para la salud distintos a cáncer por exposición a los THM presentes en el agua de consumo (vías oral, inhalatoria y dérmica) es descartable en todas las zonas de abastecimiento de la CAPV.
- En cuanto al efecto cáncer la situación menos favorable se presenta en 15 de las 88 zonas de abastecimiento estudiadas, en las que la concentración de THM totales se asocia a un riesgo adicional de cáncer del orden de  $10^{-4}$ . El cloroformo, cuya vía de exposición principal es la inhalatoria, es la especie que mas contribuye al riesgo total en Bizkaia y Araba-Álava.
- El desplazamiento del punto de precloración y el cambio en el tipo de desinfectantes empleados en el tratamiento han demostrado ser medidas eficaces para la reducción de la concentración final de THM.
- Siguiendo lo preconizado en la directiva 98/83 -conseguir los niveles más bajos posibles de SPD sin comprometer la desinfección-, existe margen para la mejora de la calidad del agua en las zonas de abastecimiento de la CAPV con niveles más altos de THM. La reducción de las concentraciones medias de cloroformo a niveles por debajo de 40 µg/L afectaría a 12 ZA, y de ello se beneficiarían 900.000 consumidores.





## BIBLIOGRAFÍA

---



1. WHO. Trihalomethanes in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: World Health Organization; 2005. Report No.: WHO/SDE/WSH/05.08/64. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/THM200605.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/THM200605.pdf).
2. USEPA. Stage 1. Disinfectant and Disinfection Byproduct Rule. 1998 Disponible en: <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/stage1/index.cfm>.
3. USEPA. Stage 2. Disinfectant and Disinfection Byproduct Rule. 2006 Disponible en: <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/stage2/regulations.cfm>.
4. IARC. Re-evaluation of Some Organic Chemicals, Hydrazine and Hydrogen Peroxide. Lyon, France: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer; 1999. IARC Monographs for the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 71 Disponible en: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol71/index.php>.
5. IARC. Some Chemicals that Cause Tumours of the Kidney or Urinary Bladder in Rodents and Some Other Substances. Lyon, France: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer; 1999. IARC Monographs for the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 73 Disponible en: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol73/index.php>.
6. Jankovic S, Radosavljevic V. Risk factors for bladder cancer. *Tumori* 2007 Jan; 93(1): 4-12.
7. Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. BOE nº. 45, de 21 de febrero de 2003.
8. USEPA. 2009 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. Washington, D.C.: 2009. Report No.: EPA 822-R-09-011.
9. WHO. Guidelines for drinking-water quality: second addendum to third edition. Vol. 1: recommendations. 3.ª ed. Geneva: World Health Organization; 2008.
10. WHO. Guidelines for drinking-water quality, fourth edition. 4.ª ed. Geneva: World Health Organization; 2011.
11. Calderon RL. The epidemiology of chemical contaminants of drinking water. *Food Chem.Toxicol.* 2000; 38(1 Suppl): S13-S20.
12. Freire C, Soler R, Fernandez MF, Villanueva CM, Grimalt JO, Olea N. Trihalomethane levels in drinking water in the province of Granada [Spain]. *Gac.Sanit.* 2008 Nov; 22(6): 520-6.
13. Santa Marina L, Ayerdi M, Lertxundi A, Basterretxea M, Goñi F, Alvarez JI, Arranz L, Iarduni E, Ibarluzea JM. Concentración de trihalometanos y de ácidos haloacéticos en el agua de consumo y estimación de su ingesta durante el embarazo en la cohorte IN-MA-Guipuzcoa (España). *Gac.Sanit.* 2010; 24(4): 321-8.
14. Gobierno Vasco. Sistema de Información de Aguas de Consumo de la CAPV. 2004 (Acceso el 1 de febrero de 2010) Disponible en: <http://www.osanet.euskadi.net/r85-20461x/es/j15aWar/j15aindex.jsp>.
15. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Standard method 6232B. Trihalomethanes and chlorinated organic solvents: liquid-liquid extraction gas chromatographic method. Washington: AWWA and WEF; 1998.
16. USEPA. Human Health Risk Assessment. 2011 Disponible en: <http://www.epa.gov/riskassessment/health-risk.htm>.
17. USEPA. Integrated Risk Information System (Electronic database). 2011 Disponible en: <http://www.epa.gov/iris/>.
18. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). ATSDR Toxic Substances Portal. 2009 Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=713&tid=128>.

19. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Public Health Assessment Guidance Manual (2005 Update). Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service; 2005. (Acceso el 1 de mayo de 2011) Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/PHAManual/toc.html>.
20. USEPA. Risk assessment guidance for Superfund Volume I: Human health evaluation manual (Part E, supplemental guidance for dermal risk assessment). Washington, D.C.: Office of Superfund Remediation and Technology Innovation. U.S. Environmental Protection Agency.; 2004. Report No.: EPA/540/R/99/005. Disponible en: <http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsel/index.htm>.
21. USEPA. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. 2005 Disponible en: <http://epa.gov/cancerguidelines/>.
22. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for chloroform (update). Atlanta,GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service.; 1997. Report No.: PB/98/101140/AS. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=53&tid=16>.
23. Andelman JB. Significance and treatment of volatile organic compounds in water supplies. 1990.485-504 p.
24. USEPA. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment). Washington, D.C.: Office of Superfund Remediation and Technology Innovation. U.S. Environmental Protection Agency.; 2009. Report No.: EPA-540-R-070-002. Disponible en: <http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsf/index.htm>.
25. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Health Consultation: Public health implications of exposures to low-level volatile organic compounds in public drinking water. Endicott area investigation Broome County, New York. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service; 2006. (Acceso el 1 de mayo de 2011) Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/PHA/index.asp>.
26. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Health Consultation: Hazen research Inc. Jefferson County, Colorado. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service; 2008. (Acceso el 1 de mayo de 2011) Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/PHA/index.asp>.
27. Krasner SW, McGuire MJ, Jacangelo JG, Patania NL, Reagan KM, Aieta EM. The occurrence of disinfection by-products in US drinking water. J Am Water Works Assoc 1989; 81(8): 41-53.
28. Villanueva CM, Fernandez F, Malats N, Grimalt JO, Kogevinas M. Meta-analysis of studies on individual consumption of chlorinated drinking water and bladder cancer. J. Epidemiol.Community Health 2003 Mar; 57(3): 166-73.
29. Richardson SD, Plewa MJ, Wagner ED, Schoeny R, DeMarini DM. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. Mutat.Res. 2007 Nov; 636(1-3): 178-242.
30. Kogevinas M, Villanueva CM, Font-Ribera L, Liviac D, Bustamante M, Espinoza F, Nieuwenhuijsen MJ, Espinosa A, Fernandez P, DeMarini DM, et al. Genotoxic Effects in Swimmers Exposed to Disinfection By-products in Indoor Swimming Pools. Environ.Health Perspect. 2010 Sep 12.
31. USEPA. Integrated Risk Information System (IRIS). Toxicological review of chloroform. 2001. Report No.: EPA/635/R-01/001. Disponible en: <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0025tr.pdf>.

32. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for bromoform and dibromochloromethane. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service; 2005. Report No.: PB2006-100001. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=713&tid=128>.
33. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for bromodichloromethane. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service; 1989. Report No.: PB/90/167461/AS. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=708&tid=127>.
34. Klinefelter GR, Suarez JD, Roberts NL, DeAngelo AB. Preliminary screening for the potential of drinking water disinfection byproducts to alter male reproduction. *Reprod. Toxicol.* 1995 Nov; 9(6): 571-8.
35. Nieuwenhuijsen MJ, Toledano MB, Elliott P. Uptake of chlorination disinfection by-products; a review and a discussion of its implications for exposure assessment in epidemiological studies. *J.Expo.Anal.Environ. Epidemiol.* 2000 Nov; 10(6 Pt 1): 586-99.
36. Villanueva CM, Cantor KP, Grimalt JO, Castano-Vinyals G, Malats N, Silverman D, Tardon A, Garcia-Closas R, Serra C, Carrato A, et al. Assessment of lifetime exposure to trihalomethanes through different routes. *Occup. Environ. Med.* 2006 Apr; 63(4): 273-7.
37. Villanueva CM, Cantor KP, Grimalt JO, Malats N, Silverman D, Tardon A, Garcia-Closas R, Serra C, Carrato A, Castano-Vinyals G, et al. Bladder cancer and exposure to water disinfection by-products through ingestion, bathing, showering, and swimming in pools. *Am.J.Epidemiol.* 2007 Jan 15; 165(2): 148-56.
38. Cantor KP, Villanueva C, Garcia-Closas M, Silverman D, Real FX, Dosemeci M, Malats N, Yeager M, Welch R, Chanock S, et al. Bladder Cancer, Disinfection Byproducts, and Markers of Genetic Susceptibility in a Case-control Study from Spain. *Epidemiology* 2006; 17(6).
39. Cantor KP, Villanueva CM, Silverman DT, Figueroa JD, Real FX, Garcia-Closas M, Malats N, Chanock S, Yeager M, Tardon A, et al. Polymorphisms in GSTT1, GSTZ1, and CYP2E1, Disinfection Byproducts, and Risk of Bladder Cancer in Spain. *Environ. Health Perspect.* 2010 Jul 30.
40. Zwiener C, Richardson SD, DeMarini DM, Grummt T, Glauner T, Frimmel FH. Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water. *Environ.Sci.Technol.* 2007 Jan 15; 41(2): 363-72.
41. Backer LC, Lan Q, Blount BC, Nuckols JR, Branch R, Lyu CW, Kieszak SM, Brinkman MC, Gordon SM, Flanders WD, et al. Exogenous and endogenous determinants of blood trihalomethane levels after showering. *Environ. Health Perspect.* 2008 Jan; 116(1): 57-63.
42. Bove GE, Jr., Rogerson PA, Vena JE. Case control study of the geographic variability of exposure to disinfectant byproducts and risk for rectal cancer. *Int.J.Health Geogr.* 2007; 6:18.
43. Doyle TJ, Zheng W, Cerhan JR, Hong CP, Sellers TA, Kushi LH, Folsom AR. The association of drinking water source and chlorination by-products with cancer incidence among postmenopausal women in Iowa: a prospective cohort study. *Am.J.Public Health* 1997 Jul; 87(7): 1168-76.
44. Do MT, Birkett NJ, Johnson KC, Krewski D, Villeneuve P. Chlorination disinfection by-products and pancreatic cancer risk. *Environ Health Perspect.* 2005 Apr; 113(4): 418-24.
45. Kukkula M, Lofroth G. Environmental health. Chlorinated drinking water and pancreatic cancer. *Eur J Public Health* 1997; 7(3): 297-301.
46. Cantor KP, Lynch CF, Hildesheim ME, Dosemeci M, Lubin J, Alavanja M, Craun G. Drinking water source and chlorination bypro-

- ducts in Iowa. III. Risk of brain cancer. *Am J Epidemiol.* 1999 Sep 15; 150(6): 552-60.
47. Yang CY, Chiu HF, Cheng MF, Tsai SS. Chlorination of drinking water and cancer mortality in Taiwan. *Environ Res.* 1998 Jul; 78(1): 1-6.
  48. Karagas MR, Villanueva CM, Nieuwenhuijsen M, Weisel CP, Cantor KP, Kogevinas M. Disinfection byproducts in drinking water and skin cancer? A hypothesis. *Cancer Causes Control* 2008 Jun; 19(5): 547-8.
  49. Nieuwenhuijsen MJ, Martinez D, Grellier J, Bennett J, Best N, Iszatt N, Vrijheid M, Tolodano MB. Chlorination disinfection by-products in drinking water and congenital anomalies: review and meta-analyses. *Environ. Health Perspect.* 2009 Oct; 117(10): 1486-93.
  50. MacLehose RF, Savitz DA, Herring AH, Hartmann KE, Singer PC, Weinberg HS. Drinking water disinfection by-products and time to pregnancy. *Epidemiology* 2008 May; 19(3): 451-8.
  51. Savitz DA, Singer PC, Herring AH, Hartmann KE, Weinberg HS, Makarushka C. Exposure to drinking water disinfection by-products and pregnancy loss. *Am.J.Epidemiol.* 2006 Dec 1; 164(11): 1043-51.
  52. Luben TJ, Olshan AF, Herring AH, Jeffay S, Strader L, Buus RM, Chan RL, Savitz DA, Singer PC, Weinberg HS, et al. The healthy men study: an evaluation of exposure to disinfection by-products in tap water and sperm quality. *Environ. Health Perspect.* 2007 Aug; 115(8): 1169-76.
  53. Rodriguez MJ, Vinette Y, Serodes JB, Bouchard C. Trihalomethanes in drinking water of greater Quebec region (Canada): occurrence, variations and modelling. *Environ Monit. Assess.* 2003 Nov; 89(1): 69-93.
  54. Rossman LA, Brown RA, Singer PC, Nuckols JR. DBP formation kinetics in a simulated distribution system. *Water Res.* 2001 Oct; 35(14): 3483-9.
  55. Langlais B, Reckhow DA, Brink DR. Ozone in water treatment: Application and engineering: Cooperative research report. CRC Press; 1991.
  56. González Quesada R, Juan Rodríguez C, Díaz García JM, González Quesada R. Experiencias para la disminución de la formación de trihalometanos en la ETAp Caramollo de Sevilla. *Tecnología del agua* [324], 28-40. 2010. Ref Type: Generic
  57. USEPA. EPA guidance manual: alternative disinfectants and oxidants. Washington, D.C: 1999. Report No.: EPA 815-R-99-014.
  58. Uyak V, Toroz I. Enhanced coagulation of disinfection by-products precursors in Istanbul water supply. *Environ Technol.* 2005 Mar; 26(3): 261-6.
  59. Volk C, Bell K, Ibrahim E, Verges D, Amy G, LeChevallier M. Impact of enhanced and optimized coagulation on removal of organic matter and its biodegradable fraction in drinking water. *Water Res* 2000; 34(12): 3247-57.
  60. USEPA. Enhanced Coagulation and Enhanced Precipitative Softening Guidance Manual. Washington, D.C: 1999. Report No.: EPA 815-R-99-012.
  61. Uyak V, Yavuz S, Toroz I, Ozaydin S, Genceli EA. Disinfection by-products precursors removal by enhanced coagulation and PAC adsorption. *Desalination* 2007; 216(1-3): 334-44.
  62. Mosteo R, Miguel N, Martin-Muniesa S, Ormad MP, Ovelleiro JL. Evaluation of trihalomethane formation potential in function of oxidation processes used during the drinking water production process. *J.Hazard. Mater.* 2009 Dec 30; 172(2-3): 661-6.
  63. Vidal FJR. Procesos de Potabilización del Agua e Influencia del tratamiento de Ozonización. Ediciones Diaz De Santos SA; 2003.
  64. Chen C, Zhang XJ, Zhu LX, He WJ, Han HD, Hu JK. [Optimal process combination for control of disinfection by-products and

- precursors]. Huan.Jing.Ke.Xue. 2005 Jul; 26(4): 87-94.
65. Chen C, Zhang XJ, Zhu LX, He WJ, Han HD. [Optimal process combination for control of disinfection by-products and precursors during high algae laden period]. Huan.Jing. Ke.Xue. 2007 Dec; 28(12): 2722-6.
  66. Lou JC, Chang TW, Huang CE. Effective removal of disinfection by-products and assimilable organic carbon: an advanced water treatment system. J.Hazard.Mater. 2009 Dec 30; 172(2-3): 1365-71.
  67. Amy GL, Cho J. Interactions between Natural Organic Matter (NOM) and Membranes: Rejection and Fouling. Water Sci Technol 1999; 40(9): 131-9.
  68. Harman BI, Koseoglu H, Yigit NO, Sayilgan E, Beyhan M, Kitis M. The removal of disinfection by-product precursors from water with ceramic membranes. Water Sci.Technol. 2010; 62(3): 547-55.
  69. Humbert H, Gallard H, Jacquemet V, Crouθ JP. Combination of coagulation and ion exchange for the reduction of UF fouling properties of a high DOC content surface water. Water Research 2007; 41(17): 3803-11.
  70. Singer PC, Bilyk K. Enhanced coagulation using a magnetic ion exchange resin. Water Res. 2002 Sep; 36(16): 4009-22.
  71. Chiang PC, Chang EE, Chang PC, Huang CP. Effects of pre-ozonation on the removal of THM precursors by coagulation. Sci.Total Environ 2009 Oct 15; 407(21): 5735-42.
  72. International Programme for Chemical Safety (IPCS). Disinfectants and disinfectant by-products. Environmental Health Criteria 216. Geneva: World Health Organization; 2000. Disponible en: [http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/ehc\\_216/en/](http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/ehc_216/en/).





ANEXOS

---



## ANEXO 1. TRIHALOMETANOS TOTALES POR ZONA DE ABASTECIMIENTO (ZA) Y TERRITORIO

### Araba-Álava

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	n >100 µg/L	n >80 µg/L
			Límite inferior	Límite superior				
Agurain	5	15,88	12,62	19,15	17,31	4,93		
Amurrio	28	57,97	44,71	71,22	53,24	62,30	4	8
Araia	7	13,82	7,91	19,72	15,38	12,30		
Elguea	20	36,90	29,04	44,76	39,39	22,63		
Embalse de Artziniega	23	85,79	74,16	97,42	83,70	28,00	4	15
Gorbea	60	10,49	7,81	13,18	7,30	10,76		
Ibarra (Aramaio)	6	5,42	4,07	6,77	5,70	2,14		
Iruña de Oca	20	21,50	14,54	28,46	17,00	17,27		
Izarra	17	44,97	35,69	54,25	45,54	31,10		
Labastida	7	32,18	11,61	52,74	25,09	34,20		
La Puebla de la Barca	6	19,45	-1,62	40,52	12,75	14,60		
Legutiano	9	27,44	20,58	34,31	24,26	12,53		
Llodio	39	70,03	62,45	77,60	67,95	22,06	3	10
Okondo	13	21,99	14,19	29,80	20,00	13,29		
Red General de Vitoria-Gasteiz	139	41,90	38,11	45,69	37,30	23,38		7
Rioja Alavesa	67	17,15	13,65	20,65	12,70	5,30		
Zambrana	5	9,99	4,28	15,71	10,20	7,25		
Zuia	26	108,07	75,13	141,01	65,48	94,16	10	12
<b>Total ZA (18)</b>	<b>497</b>	<b>39,85</b>	<b>36,58</b>	<b>43,12</b>	<b>29,70</b>	<b>40,45</b>	<b>21</b>	<b>52</b>

## Bizkaia

Zona de abastecimiento	n	Media	IC para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	N >100 µg/L	N >80 µg/L
			Límite inferior	Límite superior				
Ametzaga + Ordunte	5	64,56	48,10	81,01	71,55	25,17		
Arzalde	13	43,51	27,00	60,01	33,61	13,77	1	2
Atxarte	5	25,64	6,81	44,47	16,70	26,55		
Batarrita	14	19,69	12,71	26,67	19,75	17,27		
Beretxikorta	17	41,15	34,06	48,24	36,70	14,78		1
Berriatua	13	25,19	18,96	31,43	22,79	11,10		
Carrascal + Los Enfermos + Venta Alta	8	50,12	21,49	78,74	67,30	67,60		2
Ermua	14	36,71	29,73	43,70	33,30	16,79		
Etap Otxandio	13	59,49	46,47	72,52	60,00	28,09	1	2
Etap Bermeo	25	54,27	48,57	59,97	56,92	20,10		
Etap Busturia	36	57,20	49,36	65,05	50,75	29,32	2	6
etap forua	17	33,46	23,18	43,75	30,00	31,91		1
Etap Gernika	69	36,03	32,80	39,27	34,70	16,17		
Garai	5	20,16	5,41	34,91	16,00	21,10		
Garaizar	121	20,42	17,85	22,99	15,42	13,40		
Granzal I y II + Mondona	11	68,02	56,26	79,78	73,70	32,12		4
Ibarra	13	40,76	34,13	47,39	44,00	14,50		
Ikastola lauaxeta	11	16,63	4,30	28,96	5,20	29,80		
Iparragirre	21	23,88	20,12	27,64	20,01	10,10		

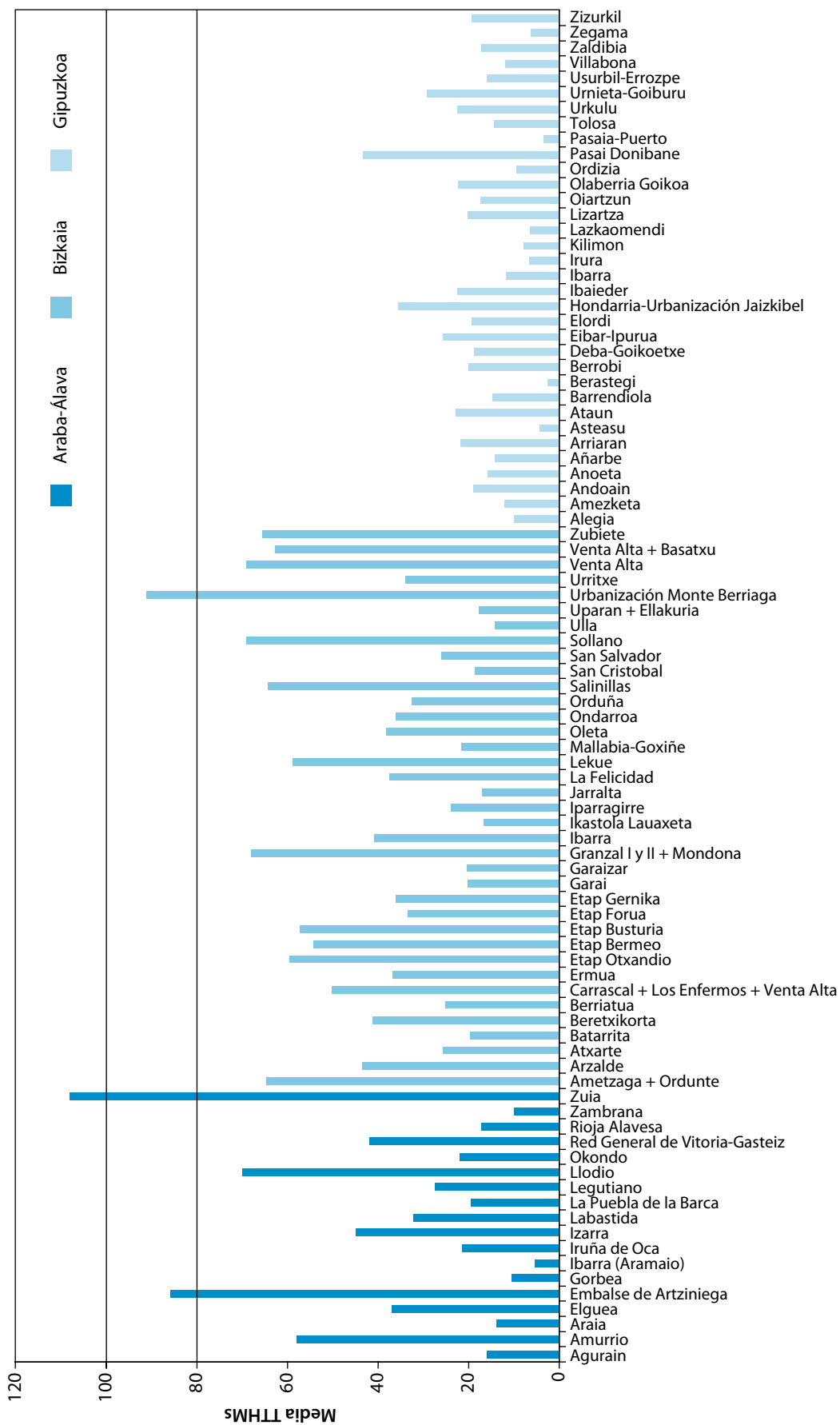
.../...

.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	IC para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	N >100 µg/L	N >80 µg/L
			Límite inferior	Límite superior				
Jarralta	14	16,92	11,54	22,31	11,85	13,93		
La Felicidad	18	37,51	25,32	49,70	31,53	46,87		
Lekue	85	58,85	54,74	62,95	57,50	27,27		14
Mallabia-Goxiñe	18	21,72	15,80	27,65	17,99	6,10		
Oleta	23	38,12	28,01	48,24	30,10	25,80	1	1
Ondarroa	7	36,06	14,76	57,35	25,44	42,55		
Orduña	21	32,55	24,86	40,23	30,70	31,90		
Salinillas	21	64,27	54,94	73,61	72,42	31,12		4
San Cristobal	100	18,66	15,61	21,72	13,57	17,67		
San Salvador	18	26,12	20,29	31,94	25,15	10,15		
Sollano	55	69,01	64,77	73,24	69,00	19,30	1	12
Ulla	11	14,27	10,05	18,49	16,50	12,40		
Uparan + Ellakuria	12	17,70	11,47	23,94	15,81	16,66		
Urbanización Monte Berriaga	10	91,07	61,28	120,87	75,13	37,49	2	4
Urritxe	19	33,92	28,14	39,71	31,10	13,00		
Venta Alta	545	69,12	67,72	70,52	70,61	25,74	5	166
Venta Alta + Basatxu	112	62,68	59,44	65,92	62,80	26,74		20
Zubiete	7	65,44	54,74	76,15	68,81	20,76		1
<b>Total ZA (37)</b>	<b>1.527</b>	<b>51,01</b>	<b>49,68</b>	<b>52,34</b>	<b>51,60</b>	<b>43,59</b>	<b>13</b>	<b>240</b>

## Gipuzkoa

Zona de abastecimiento	n	Media	IC para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	N >100 µg/L	N >80 µg/L
			Límite inferior	Límite superior				
Alegia	16	9,90	6,08	13,71	8,69	12,96		
Amezketeta	12	12,08	7,67	16,48	8,90	5,54		
Andoain	15	19,00	15,64	22,36	20,67	10,97		
Anoeta	13	15,79	11,92	19,66	17,03	10,51		
Añarbe	595	14,22	13,42	15,02	12,00	7,91		1
Arriaran	154	21,80	20,33	23,28	21,94	11,01		
Asteasu	14	4,34	2,65	6,04	3,57	2,87		
Ataun	19	22,81	18,18	27,44	23,04	5,88		
Barrendiola	103	14,68	12,90	16,46	12,45	7,44		1
Berastegi	11	2,59	1,25	3,94	2,45	1,81		
Berrobi	10	20,10	16,49	23,70	19,24	9,55		
Deba-Goikoetxe	26	18,78	14,83	22,73	16,28	7,32		
Eibar-Ipurua	35	25,67	22,48	28,86	25,33	15,92		
Elordi	90	19,31	17,78	20,84	19,25	10,65		
Hondarria-Urbanización Jaizkibel	8	35,55	28,23	42,87	35,85	16,96		
Ibaieder	131	22,44	20,73	24,15	20,82	12,38		
Ibarra	13	11,71	8,39	15,03	11,43	8,88		
Irura	8	6,63	3,82	9,43	5,52	5,16		
Kilimon	118	7,87	7,09	8,64	6,75	5,43		
Lazkaomendi	6	6,40	2,37	10,43	5,97	4,62		
Lizartza	10	20,26	15,28	25,25	18,80	7,29		
Oiartzun	66	17,41	14,34	20,48	13,76	12,03		
Olaberria goikoa	10	22,31	14,34	30,29	21,51	17,59		
Ordizia	25	9,44	7,17	11,71	7,06	10,38		
Pasai donibane	21	43,25	33,39	53,12	43,10	24,82		1
Pasaia - puerto	10	3,47	1,85	5,08	2,88	,69		
Tolosa	46	14,36	10,86	17,85	11,97	15,05		
Urkulu	144	22,49	21,15	23,84	21,73	10,11		
Urnieta-Goiburu	8	29,18	14,24	44,12	24,33	29,55		
Usurbil-Erozpe	14	15,93	10,22	21,64	13,98	13,56		
Villabona	17	11,96	8,90	15,02	9,46	9,32		
Zaldibia	20	17,19	13,54	20,84	16,20	13,15		
Zegama	13	6,20	4,27	8,14	5,78	3,91		
Zizurkil	19	19,32	14,45	24,19	18,49	13,50		
<b>Total ZA (34)</b>	<b>1.820</b>	<b>16,74</b>	<b>16,24</b>	<b>17,25</b>	<b>14,70</b>	<b>13,01</b>	<b>0</b>	<b>3</b>



## ANEXO 2. RESULTADOS DE THM TOTALES Y ESPECIES POR ZONA DE ABASTECIMIENTO Y TERRITORIO

### Araba-Álava

Zona de abastecimiento		n	Media	IC para la media del 95%		Mediana	Amplitud Intercuartílica
				Límite inferior	Límite superior		
Agurain 3.903 hab. <sup>h</sup>	TTHM	5	15,88	12,62	19,15	17,31	4,93
	CL3CH		12,16	8,89	15,43	13,50	4,95
	BDCM		3,02	2,50	3,54	3,01	0,84
	DBCM		0,50	0,26	0,75	0,60	0,34
Amurrio 8.553 hab.	TTHM	28	57,97	44,71	71,22	53,24	62,30
	CL3CH		48,84	36,25	61,43	45,60	57,58
	BDCM		7,71	6,80	8,62	7,05	3,84
	DBCM		1,01	0,77	1,26	0,81	0,90
	BR3CH		0,40	0,35	0,46	0,50	0,30
Araia 1.410 hab.	TTHM	7	13,82	7,91	19,72	15,38	12,30
	CL3CH		10,10	5,15	15,05	9,98	9,85
	BDCM		2,45	1,59	3,31	2,58	1,79
	DBCM		0,76	-0,28	1,80	0,44	0,30
	BR3CH		0,51	-0,01	1,03	0,20	0,30
Elguea 2.108 hab.	TTHM	20	36,90	29,04	44,76	39,39	22,63
	CL3CH		29,99	23,05	36,92	31,60	19,83
	BDCM		5,75	4,72	6,78	6,00	2,19
	DBCM		0,79	0,61	0,96	0,54	0,55
	BR3CH		0,38	0,31	0,45	0,50	0,30
Embalse de Artziniega 1.338 hab.	TTHM	23	85,79	74,16	97,42	83,70	28,00
	CL3CH		73,67	63,48	83,87	70,00	29,00
	BDCM		10,20	9,20	11,20	10,70	3,83
	DBCM		1,52	0,40	2,64	0,53	1,39
	BR3CH		0,40	0,33	0,46	0,50	0,30
Gorbea	TTHM	60	10,49	7,81	13,18	7,30	10,76
	CL3CH		7,13	5,26	9,00	5,25	9,33
	BDCM		2,35	1,49	3,22	1,65	2,28
	DBCM		0,55	0,44	0,65	0,50	0,00
	BR3CH		0,46	0,43	0,49	0,50	0,00

.../...

<sup>h</sup> Número de habitantes abastecidos por cada zona.



.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	IC para la media del 95%		Mediana	Amplitud Intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Ibarra (Aramaio) 872 hab.	TTHM	6	5,42	4,07	6,77	5,70	2,14
	CL3CH		1,49	0,91	2,07	1,54	0,75
	BDCM		1,39	0,66	2,11	1,73	1,40
	DBCM		2,08	1,66	2,50	2,26	0,70
	BR3CH		0,47	0,32	0,61	0,50	0,10
Iruña de Oca 1.674 hab.	TTHM	19	22,40	15,30	29,49	17,50	18,70
	CL3CH		3,12	2,24	4,00	2,50	,00
	BDCM		3,97	2,83	5,10	2,50	2,50
	DBCM		5,50	3,62	7,38	3,70	4,50
	BR3CH		9,81	4,54	15,08	4,00	11,00
Izarra 532 hab.	TTHM	17	44,97	35,69	54,25	45,54	31,10
	CL3CH		40,21	31,46	48,95	40,80	28,50
	BDCM		4,31	3,51	5,10	4,20	2,60
	DBCM		0,32	0,22	0,42	0,30	0,25
	BR3CH		0,14	0,09	0,19	0,10	0,05
Labastida 1.043 hab.	TTHM	3	21,91	-4,60	48,42	25,09	,
	CL3CH		10,24	-8,40	28,87	11,70	,
	BDCM		6,63	-1,14	14,39	7,53	,
	DBCM		4,34	2,74	5,93	4,12	,
	BR3CH		0,71	0,05	1,37	0,80	,
Legutiano 1.001 hab.	TTHM	9	27,44	20,58	34,31	24,26	12,53
	CL3CH		16,13	8,61	23,64	16,80	13,80
	BDCM		7,80	6,74	8,86	7,93	2,06
	DBCM		3,25	1,99	4,52	2,94	3,28
	BR3CH		0,26	0,17	0,36	0,20	0,13
Llodio 18.641 hab.	TTHM	39	70,03	62,45	77,60	67,95	22,06
	CL3CH		60,67	53,74	67,60	59,00	22,10
	BDCM		8,27	7,33	9,21	8,60	3,69
	DBCM		0,70	0,51	0,88	0,50	0,15
	BR3CH		0,39	0,35	0,44	0,50	0,30

.../...

.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	IC para la media del 95%		Mediana	Amplitud Intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Okondo 831 hab.	TTHM	13	21,99	14,19	29,80	20,00	13,29
	CL3CH		10,21	4,14	16,27	6,50	6,54
	BDCM		6,59	4,60	8,58	6,40	3,80
	DBCM		4,55	3,29	5,80	4,70	3,15
	BR3CH		0,65	0,46	0,84	0,50	0,14
Red General Vitoria-Gasteiz 216.123 hab.	TTHM	136	41,01	38,06	43,95	37,95	22,92
	CL3CH		29,28	26,93	31,62	26,20	17,55
	BDCM		9,44	8,80	10,08	9,10	4,85
	DBCM		1,81	1,58	2,03	1,60	1,78
	BR3CH		0,48	0,45	0,52	0,50	0,00
Rioja Alavesa 7.113 hab.	TTHM	7	10,54	7,26	13,83	11,30	6,75
	CL3CH		4,50	2,26	6,73	3,40	4,67
	BDCM		3,47	2,56	4,39	4,00	1,68
	DBCM		2,33	1,75	2,91	2,37	0,75
	BR3CH		,24	0,14	0,35	0,20	0,00
Zambrana 931 hab.	TTHM	5	9,99	4,28	15,71	10,20	7,25
	CL3CH		3,11	-,91	7,13	3,41	5,67
	BDCM		2,41	0,35	4,46	3,21	3,08
	DBCM		2,77	1,33	4,20	2,98	2,20
	BR3CH		1,71	-086	4,28	0,73	3,11
Zuia 1.416 hab.	TTHM	26	108,07	75,13	141,01	65,48	94,16
	CL3CH		99,81	66,98	132,64	61,85	96,90
	BDCM		6,93	5,57	8,29	6,30	4,33
	DBCM		0,93	0,21	1,65	0,25	0,60
	BR3CH		0,40	-0,10	0,90	0,10	0,10
<b>Total Araba-Álava</b>	<b>TTHM</b>	<b>424</b>	<b>42,96</b>	<b>39,37</b>	<b>46,56</b>	<b>35,15</b>	<b>41,50</b>
	<b>CL3CH</b>		<b>33,66</b>	<b>30,22</b>	<b>37,10</b>	<b>24,40</b>	<b>38,18</b>
	<b>BDCM</b>		<b>6,83</b>	<b>6,43</b>	<b>7,22</b>	<b>6,60</b>	<b>5,88</b>
	<b>DBCM</b>		<b>1,58</b>	<b>1,40</b>	<b>1,76</b>	<b>0,83</b>	<b>1,52</b>
	<b>BR3CH</b>		<b>0,86</b>	<b>0,58</b>	<b>1,15</b>	<b>0,50</b>	<b>0,30</b>

## Bizkaia

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Ametzaga + Ordunte 1.113 hab.	TTHM	5	64,56	48,10	81,01	71,55	25,17
	CL3CH		51,04	29,40	72,68	61,50	32,75
	BDCM		10,27	5,92	14,62	10,30	5,88
	DBCM		1,96	-0,71	4,63	1,00	2,40
	BR3CH		1,29	0,48	2,10	1,00	0,73
Arzalde 1.883 hab.	TTHM	6	30,22	27,00	33,43	31,02	3,51
	CL3CH		8,82	6,18	11,46	8,52	4,64
	BDCM		10,53	8,54	12,53	10,60	2,60
	DBCM		9,46	7,97	10,95	9,79	2,64
	BR3CH		1,41	0,71	2,10	1,63	1,42
Atxarte 949 hab.	TTHM	5	25,64	6,81	44,47	16,70	26,55
	CL3CH		13,94	-6,88	34,76	2,80	29,55
	BDCM		5,76	3,01	8,51	5,60	4,20
	DBCM		4,66	1,23	8,09	6,40	5,15
	BR3CH		1,28	-0,10	2,66	1,80	2,10
Batarrita 3.451 hab.	TTHM	3	11,39	4,31	18,47	10,00	,
	CL3CH		2,56	-1,03	6,14	3,23	,
	BDCM		3,43	0,37	6,49	4,04	,
	DBCM		4,86	3,49	6,24	4,58	,
	BR3CH		1,59	0,05	3,13	1,59	,
Beretxikorta 1.016 hab.	TTHM	17	41,15	34,06	48,24	36,70	14,78
	CL3CH		30,28	24,13	36,42	28,10	13,85
	BDCM		8,45	7,05	9,84	8,10	3,77
	DBCM		1,44	0,90	1,99	1,00	0,70
	BR3CH		0,99	0,31	1,66	1,00	0,80
Berriatua 790 hab.	TTHM	13	25,19	18,96	31,43	22,79	11,10
	CL3CH		5,93	1,56	10,31	3,20	4,58
	BDCM		6,70	4,34	9,07	5,50	4,68
	DBCM		8,95	7,97	9,93	9,20	2,80
	BR3CH		3,61	2,72	4,50	3,50	1,32

.../...

.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Carrascal + Los Enfermos + Venta Alta 5.608 hab.	TTHM	7	45,10	13,97	76,24	66,30	60,31
	CL3CH		35,52	8,19	62,84	52,80	54,23
	BDCM		6,85	1,81	11,90	10,10	10,50
	DBCM		1,40	0,71	2,10	1,00	1,18
	BR3CH		1,33	-0,17	2,83	1,00	0,80
Ermua 17.260 hab.	TTHM	11	31,86	27,64	36,08	32,40	8,00
	CL3CH		16,76	13,28	20,25	16,00	9,10
	BDCM		10,20	9,06	11,35	10,40	2,00
	DBCM		4,50	3,88	5,12	4,90	1,23
	BR3CH		0,40	0,27	0,53	0,40	0,40
Etap Otxandio 1.016 hab.	TTHM	3	43,41	32,32	54,49	42,01	,
	CL3CH		37,30	24,16	50,44	34,50	,
	BDCM		5,35	2,94	7,77	5,01	,
	DBCM		0,55	-0,27	1,38	0,60	,
Etap Bermeo 16.319 hab.	TTHM	25	54,27	48,57	59,97	56,92	20,10
	CL3CH		30,45	26,88	34,02	33,50	11,45
	BDCM		16,65	14,90	18,40	17,20	6,20
	DBCM		6,69	5,65	7,73	6,10	3,79
	BR3CH		0,47	0,32	0,63	0,40	0,30
Etap Busturia 3.716 hab.	TTHM	35	57,52	49,47	65,57	52,80	30,05
	CL3CH		34,18	28,42	39,94	28,10	16,90
	BDCM		16,71	14,54	18,88	15,40	8,50
	DBCM		6,22	5,34	7,10	5,90	3,90
	BR3CH		0,41	0,31	0,51	0,40	0,36
Etap Forua 1.182 hab.	TTHM	17	33,46	23,18	43,75	30,00	31,91
	CL3CH		14,08	6,80	21,36	11,00	14,56
	BDCM		9,69	6,66	12,72	9,30	9,06
	DBCM		7,74	6,02	9,46	7,70	5,63
	BR3CH		1,95	1,34	2,56	1,70	1,80
Etap Gernika 15.931 hab.	TTHM	69	36,03	32,80	39,27	34,70	16,17
	CL3CH		14,77	12,48	17,05	12,70	12,80
	BDCM		11,60	10,58	12,62	11,00	5,48
	DBCM		8,30	7,50	9,10	7,60	3,68
	BR3CH		1,36	1,10	1,63	1,00	1,15

.../...

.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Garai 985 hab.	TTHM	5	20,16	5,41	34,91	16,00	21,10
	CL3CH		7,22	-4,02	18,46	3,20	13,55
	BDCM		5,30	1,05	9,55	4,10	6,10
	DBCM		5,72	3,16	8,28	5,50	3,95
	BR3CH		1,92	0,76	3,08	2,20	1,60
Garaizar 25.322 hab.	TTHM	118	20,25	17,68	22,83	15,39	13,17
	CL3CH		7,14	5,32	8,97	3,92	5,57
	BDCM		5,73	5,08	6,39	5,14	3,95
	DBCM		5,52	4,86	6,17	4,54	5,08
	BR3CH		1,86	1,50	2,22	1,00	1,11
Granzal I y II + Mondona 3.975 hab.	TTHM	10	66,43	53,84	79,02	71,08	33,29
	CL3CH		56,45	44,47	68,43	61,80	29,25
	BDCM		8,57	7,26	9,88	8,45	2,26
	DBCM		0,81	0,67	0,96	0,89	0,40
	BR3CH		0,60	0,30	0,90	0,60	,80
Ibarra 1.692 hab.	TTHM	3	34,99	-8,13	78,12	44,00	,
	CL3CH		14,73	7,13	22,34	16,40	,
	BDCM		4,00	0,25	7,74	3,27	,
	DBCM		0,94	-0,58	2,46	0,59	,
Ikastola Lauaxeta	TTHM	3	3,88	2,28	5,48	4,23	,
	CL3CH		0,47	-0,69	1,63	0,20	,
	BDCM		0,62	0,42	0,83	0,66	,
	DBCM		1,47	0,74	2,20	1,42	,
	BR3CH		1,32	0,64	2,00	1,20	,
Iparragirre 3.498 hab.	TTHM	21	23,88	20,12	27,64	20,01	10,10
	CL3CH		11,86	8,75	14,98	10,20	8,90
	BDCM		7,56	6,76	8,36	7,41	1,88
	DBCM		3,61	2,83	4,38	3,39	1,88
	BR3CH		0,84	0,70	0,98	1,00	0,21
Jarralta (Etap) 1.145 hab.	TTHM	14	16,92	11,54	22,31	11,85	13,93
	CL3CH		6,16	1,85	10,47	3,26	6,93
	BDCM		4,76	3,10	6,43	3,47	4,55
	DBCM		4,67	3,60	5,74	4,40	2,61
	BR3CH		1,33	0,82	1,83	1,25	1,65

.../...

.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
La Felicidad 592 hab.	TTHM	18	37,51	25,32	49,70	31,53	46,87
	CL3CH		20,65	10,55	30,75	10,32	32,99
	BDCM		8,31	5,55	11,07	7,71	8,49
	DBCM		5,67	4,01	7,33	4,92	5,78
	BR3CH		2,87	1,61	4,14	1,40	3,32
Lekue 30.093 hab.	TTHM	84	58,65	54,51	62,78	57,28	27,06
	CL3CH		39,44	35,11	43,76	36,55	30,48
	BDCM		13,28	12,42	14,13	13,00	5,10
	DBCM		4,48	3,66	5,31	3,04	5,47
	BR3CH		1,45	1,05	1,84	1,00	0,00
Mallabia-Goxiñe 1.032 hab.	TTHM	16	20,37	15,55	25,19	17,99	5,43
	CL3CH		7,18	3,66	10,70	5,65	4,20
	BDCM		5,91	4,50	7,32	5,95	2,22
	DBCM		5,40	4,26	6,54	5,55	3,65
	BR3CH		1,88	0,27	3,49	1,10	0,89
Oleta 7.512 hab.	TTHM	22	38,89	28,40	49,37	30,50	22,74
	CL3CH		19,84	11,16	28,51	12,45	13,57
	BDCM		11,12	9,26	12,97	10,30	5,99
	DBCM		6,96	5,73	8,19	7,59	4,13
	BR3CH		0,98	0,79	1,16	1,00	0,47
Ondarroa 10.250 hab.	TTHM	6	29,57	11,94	47,20	23,64	25,17
	CL3CH		13,60	-0,20	27,40	8,57	17,40
	BDCM		8,93	4,86	13,01	7,97	6,79
	DBCM		6,19	4,95	7,44	6,42	2,42
	BR3CH		0,84	0,38	1,30	0,74	0,84
Orduña 3.783 hab.	TTHM	21	32,55	24,86	40,23	30,70	31,90
	CL3CH		25,33	18,16	32,51	22,30	29,15
	BDCM		5,98	5,14	6,82	6,40	3,00
	DBCM		1,09	0,78	1,40	1,00	0,80
	BR3CH		0,15	0,07	0,22	0,10	0,00
Salinillas 7.106 hab.	TTHM	21	64,27	54,94	73,61	72,42	31,12
	CL3CH		49,87	39,82	59,91	51,90	36,60
	BDCM		10,50	8,54	12,45	9,81	4,37
	DBCM		2,76	1,27	4,25	1,00	3,14
	BR3CH		1,15	0,51	1,80	1,00	0,76

.../...

.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
San Cristobal 6.144 hab.	TTHM	99	18,79	15,71	21,86	13,79	17,83
	CL3CH		7,51	5,34	9,67	2,56	8,47
	BDCM		4,84	3,95	5,73	3,08	6,00
	DBCM		4,58	3,94	5,22	3,47	4,46
	BR3CH		1,86	1,56	2,16	1,00	1,42
San Salvador 5.676 hab.	TTHM	18	26,12	20,29	31,94	25,15	10,15
	CL3CH		12,71	8,17	17,25	10,29	13,25
	BDCM		7,18	5,45	8,91	6,61	3,70
	DBCM		5,23	3,56	6,89	4,95	6,44
	BR3CH		1,00	0,56	1,44	0,75	1,40
Sollano 233.000 hab.	TTHM	54	68,82	64,52	73,11	68,40	17,29
	CL3CH		58,96	54,84	63,08	58,80	15,30
	BDCM		8,57	7,88	9,25	9,00	2,51
	DBCM		0,82	0,53	1,11	0,50	0,50
	BR3CH		0,47	0,41	0,53	0,50	0,08
Ulla 632 hab.	TTHM	11	14,27	10,05	18,49	16,50	12,40
	CL3CH		1,60	0,65	2,55	0,90	2,60
	BDCM		3,18	1,88	4,48	3,50	3,50
	DBCM		5,79	3,99	7,59	6,20	5,30
	BR3CH		3,70	2,55	4,85	3,70	2,70
Uparan + Ellakuria 1.026 hab.	TTHM	12	17,70	11,47	23,94	15,81	16,66
	CL3CH		11,11	6,86	15,37	10,90	7,55
	BDCM		4,20	2,49	5,91	3,22	4,75
	DBCM		1,44	0,62	2,26	1,00	0,29
	BR3CH		0,95	0,37	1,53	1,00	0,75
Urbanizacion Monte Berriaga 1.016 hab.	TTHM	4	71,29	62,18	80,39	73,36	10,02
	CL3CH		42,70	20,53	64,87	38,70	24,20
	BDCM		20,02	10,06	29,99	22,25	10,93
	DBCM		7,98	0,42	15,54	9,82	8,08
	BR3CH		0,58	0,12	1,04	0,64	0,54
Urritxe 15.262 hab.	TTHM	18	34,15	28,03	40,27	31,37	13,40
	CL3CH		14,12	9,96	18,27	11,00	6,88
	BDCM		10,76	8,74	12,78	10,13	5,33
	DBCM		7,87	5,95	9,79	7,55	5,25
	BR3CH		1,41	0,91	1,91	1,40	1,03

.../...

.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Venta Alta 625.813 hab.	TTHM	540	69,06	67,66	70,47	70,60	25,78
	CL3CH		53,16	51,71	54,61	55,70	29,37
	BDCM		12,64	12,36	12,93	12,10	3,70
	DBCM		2,08	1,87	2,28	1,00	1,11
	BR3CH		1,18	0,92	1,45	1,00	0,80
Venta Alta + Basatxu 98.316 hab.	TTHM	108	61,88	58,62	65,14	61,75	25,24
	CL3CH		42,21	39,10	45,32	39,95	24,17
	BDCM		14,04	13,13	14,95	12,95	5,67
	DBCM		3,59	2,94	4,23	2,15	4,73
	BR3CH		1,39	1,08	1,70	1,00	0,00
Zubiete 1.243 hab.	TTHM	7	65,44	54,74	76,15	68,81	20,76
	CL3CH		52,83	39,16	66,50	61,00	25,00
	BDCM		9,31	6,96	11,67	8,09	4,40
	DBCM		1,94	-0,52	4,41	1,00	1,45
	BR3CH		1,36	-0,53	3,25	1,00	0,80
<b>Total Bizkaia</b>	TTHM	1449	50,99	49,64	52,33	52,09	43,57
	CL3CH		35,08	33,81	36,34	33,00	45,75
	BDCM		10,63	10,36	10,89	10,60	6,20
	DBCM		3,75	3,57	3,93	2,34	4,72
	BR3CH		1,31	1,19	1,43	1,00	0,46



## Gipuzkoa

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Alegia 1.539 hab.	TTHM	16	9,90	6,08	13,71	8,69	12,96
	CL3CH		1,78	,61	2,95	1,18	1,64
	BDCM		2,28	1,14	3,41	1,77	3,41
	DBCM		3,85	2,23	5,46	3,19	4,69
	BR3CH		1,99	1,33	2,65	1,76	1,43
Amezketza 990 hab.	TTHM	12	12,08	7,67	16,48	8,90	5,54
	CL3CH		7,80	3,97	11,62	6,07	5,46
	BDCM		3,14	2,44	3,85	2,82	1,60
	DBCM		0,89	0,61	1,17	0,79	0,38
Andoain 14.249 hab.	TTHM	15	19,00	15,64	22,36	20,67	10,97
	CL3CH		10,34	7,77	12,90	11,21	9,18
	BDCM		5,70	4,67	6,72	5,30	2,22
	DBCM		2,73	2,21	3,24	2,56	1,21
	BR3CH		0,24	0,22	0,25	0,25	0,05
Anoeta 1.723 hab.	TTHM	13	15,79	11,92	19,66	17,03	10,51
	CL3CH		5,43	3,36	7,51	5,86	3,51
	BDCM		5,08	3,74	6,43	5,66	3,52
	DBCM		4,37	3,24	5,51	4,00	2,56
	BR3CH		0,90	0,47	1,33	0,59	0,91
Añarbe 291.491 hab.	TTHM	595	14,22	13,42	15,02	12,00	7,91
	CL3CH		3,01	2,69	3,34	1,80	2,20
	BDCM		4,58	4,33	4,84	4,00	3,12
	DBCM		5,22	4,97	5,46	4,79	2,58
	BR3CH		1,40	1,30	1,51	1,19	0,54
Arriaran 33.335 hab.	TTHM	154	21,80	20,33	23,28	21,94	11,01
	CL3CH		10,58	9,69	11,47	10,31	7,70
	BDCM		6,54	6,10	6,99	6,56	3,15
	DBCM		4,25	4,01	4,49	4,19	1,82
	BR3CH		0,43	0,39	0,47	0,40	0,30
Asteasu 1.029 hab.	TTHM	14	4,34	2,65	6,04	3,57	2,87
	CL3CH		0,77	0,11	1,43	0,25	0,56
	BDCM		0,82	0,28	1,36	0,40	0,80
	DBCM		1,56	0,97	2,15	1,34	1,46
	BR3CH		1,19	0,91	1,47	1,19	0,88

.../...

.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Ataun 1.369 hab.	TTHM	19	22,81	18,18	27,44	23,04	5,88
	CL3CH		16,51	11,96	21,05	14,61	6,09
	BDCM		4,77	3,97	5,57	4,81	2,06
	DBCM		1,29	0,75	1,84	1,02	1,13
	BR3CH		0,24	0,23	0,25	0,25	0,00
Barrendiola 26.227 hab.	TTHM	102	14,72	12,92	16,51	12,48	7,60
	CL3CH		6,83	5,64	8,03	5,11	4,55
	BDCM		4,64	4,16	5,13	4,23	2,42
	DBCM		2,91	2,73	3,09	2,89	1,05
	BR3CH		0,33	0,27	0,39	0,25	0,13
Berastegi 990 hab.	TTHM	11	2,59	1,25	3,94	2,45	1,81
	CL3CH		0,59	0,24	0,94	0,25	0,63
	BDCM		0,58	0,23	0,92	0,25	0,40
	DBCM		1,02	0,37	1,67	0,58	1,07
	BR3CH		0,40	0,18	0,63	0,25	0,28
Berrobi 574 hab.	TTHM	10	20,10	16,49	23,70	19,24	9,55
	CL3CH		7,35	4,55	10,15	7,37	6,15
	BDCM		7,15	5,74	8,55	6,97	3,16
	DBCM		5,01	3,90	6,13	4,64	2,37
	BR3CH		0,59	0,26	0,91	0,25	0,77
Deba-Goikoetxe 939 hab.	TTHM	26	18,78	14,83	22,73	16,28	7,32
	CL3CH		4,76	2,04	7,47	2,53	3,11
	BDCM		5,39	4,09	6,70	4,40	3,12
	DBCM		6,49	5,83	7,15	6,41	2,47
	BR3CH		2,14	1,78	2,49	2,17	1,00
Eibar-Ipurua 10.000 hab.	TTHM	35	25,67	22,48	28,86	25,33	15,92
	CL3CH		12,33	10,33	14,33	11,34	8,40
	BDCM		8,48	7,44	9,51	8,30	4,99
	DBCM		4,53	4,05	5,00	4,31	1,96
	BR3CH		0,34	0,28	0,40	0,25	0,27
Elordi 74.350 hab.	TTHM	90	19,31	17,78	20,84	19,25	10,65
	CL3CH		4,94	4,15	5,73	4,11	5,10
	BDCM		5,96	5,45	6,48	5,70	4,16
	DBCM		6,59	6,11	7,07	6,20	2,88
	BR3CH		1,82	1,49	2,14	1,35	1,49

.../...

.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Hondarribia- Urbanización Jaizkibel 562 hab.	TTHM	8	35,55	28,23	42,87	35,85	16,96
	CL3CH		12,89	9,17	16,60	13,05	7,80
	BDCM		11,94	9,43	14,44	11,50	5,03
	DBCM		9,76	6,89	12,63	10,45	5,95
	BR3CH		0,96	0,33	1,60	1,00	1,44
Ibaieder 58.224 hab.	TTHM	131	22,44	20,73	24,15	20,82	12,38
	CL3CH		9,15	8,18	10,13	7,86	6,89
	BDCM		7,11	6,55	7,68	6,78	4,21
	DBCM		5,39	5,11	5,66	5,29	1,80
	BR3CH		0,79	0,74	0,84	0,81	0,31
Ibarra 4.334 hab.	TTHM	13	11,71	8,39	15,03	11,43	8,88
	CL3CH		4,15	2,05	6,24	3,49	6,24
	BDCM		3,52	2,34	4,70	3,64	3,43
	DBCM		3,22	2,66	3,78	3,27	1,36
	BR3CH		,83	,55	1,10	,86	,64
Irura 1.250 hab.	TTHM	8	6,63	3,82	9,43	5,52	5,16
	CL3CH		0,45	0,15	0,75	,25	0,34
	BDCM		0,89	0,21	1,56	0,62	0,91
	DBCM		2,63	1,27	3,99	2,22	2,13
	BR3CH		2,66	1,85	3,46	2,84	1,61
Kilimon 20.409 hab.	TTHM	118	7,87	7,09	8,64	6,75	5,43
	CL3CH		1,07	0,86	1,28	0,59	1,21
	BDCM		1,94	1,68	2,21	1,42	1,76
	DBCM		3,18	2,88	3,47	2,84	2,04
	BR3CH		1,67	1,56	1,78	1,64	0,69
Lazkaomendi 713 hab.	TTHM	6	6,40	2,37	10,43	5,97	4,62
	CL3CH		2,09	-0,47	4,64	1,31	2,14
	BDCM		2,02	0,80	3,24	1,81	1,60
	DBCM		1,94	1,14	2,73	2,26	1,55
	BR3CH		0,35	0,18	0,52	0,25	0,28
Lizartza 590 hab.	TTHM	10	20,27	15,28	25,25	18,80	7,29
	CL3CH		6,04	0,90	11,18	3,24	2,87
	BDCM		6,18	4,94	7,42	5,82	2,11
	DBCM		6,63	5,08	8,17	6,54	3,02
	BR3CH		1,42	0,67	2,16	1,34	1,53

.../...

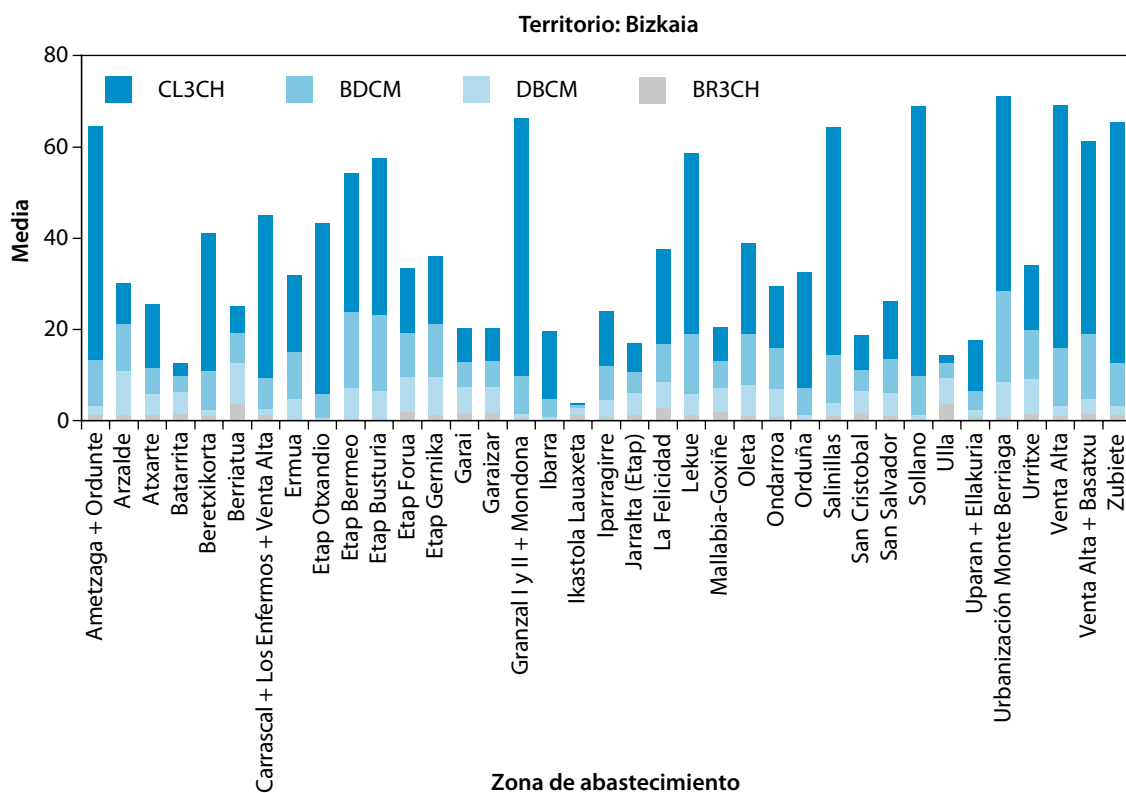
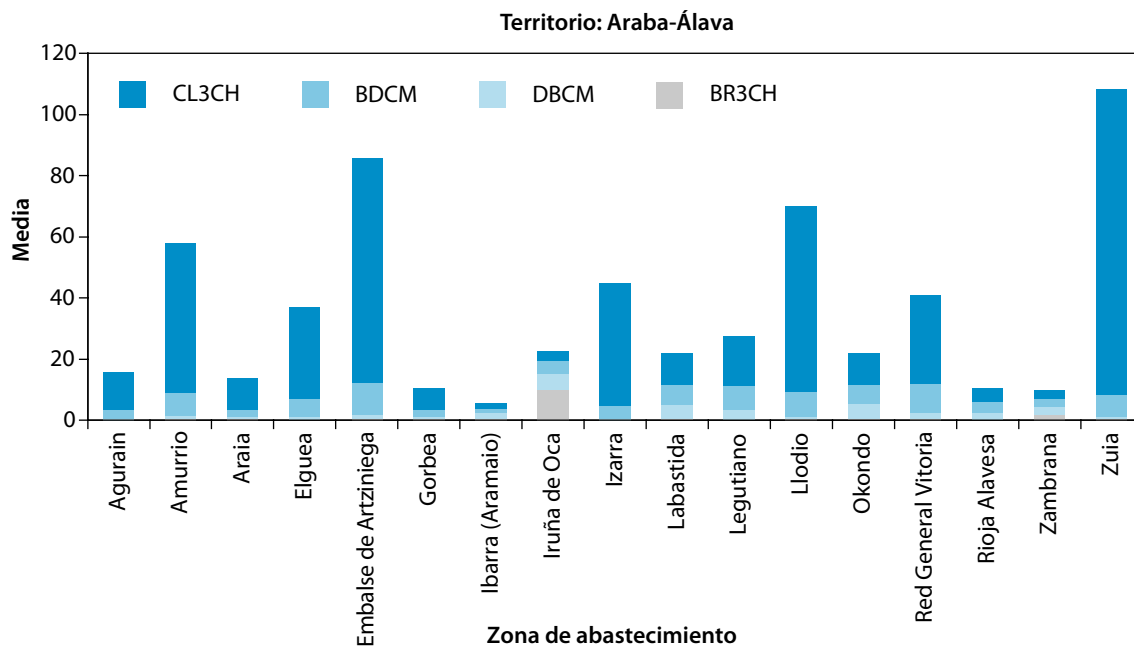
.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Oiartzun 8.933 hab.	TTHM	66	17,41	14,34	20,48	13,76	12,03
	CL3CH		8,62	6,45	10,79	5,65	7,73
	BDCM		4,78	3,92	5,64	4,00	3,48
	DBCM		3,36	2,77	3,94	3,00	2,17
	BR3CH		0,65	0,53	0,78	0,60	0,97
Olaberria goikoa 1.764 hab.	TTHM	10	22,31	14,34	30,29	21,51	17,59
	CL3CH		12,46	7,46	17,46	12,62	14,48
	BDCM		6,68	4,27	9,08	6,02	3,61
	DBCM		2,91	1,70	4,12	2,64	1,62
	BR3CH		0,27	0,19	0,34	0,25	0,05
Ordizia 9.145 hab.	TTHM	25	9,44	7,17	11,71	7,06	10,38
	CL3CH		2,72	1,58	3,87	1,67	5,10
	BDCM		2,50	1,75	3,25	1,92	3,42
	DBCM		2,91	2,37	3,45	2,65	1,99
	BR3CH		1,30	0,91	1,70	1,02	0,78
Pasai Donibane 2.543 hab.	TTHM	21	43,25	33,39	53,12	43,10	24,82
	CL3CH		14,17	7,04	21,31	6,80	20,47
	BDCM		11,51	8,16	14,85	11,90	8,69
	DBCM		12,02	9,73	14,32	11,50	5,30
	BR3CH		5,55	4,06	7,04	5,20	5,74
Pasaia-Puerto 1.700 hab.	TTHM	6	2,83	2,40	3,25	2,88	0,71
	CL3CH		0,35	0,18	0,52	0,35	0,30
	BDCM		0,30	0,14	0,46	0,20	0,30
	DBCM		0,70	0,36	1,03	0,52	0,50
	BR3CH		1,48	1,30	1,66	1,48	0,24
Tolosa 17.899 hab.	TTHM	46	14,36	10,86	17,85	11,97	15,05
	CL3CH		5,77	3,67	7,87	3,15	6,30
	BDCM		4,24	3,15	5,32	3,15	5,49
	DBCM		3,47	2,76	4,17	2,95	2,44
	BR3CH		0,88	0,65	1,12	0,65	1,30
Urkuu 80.000 hab.	TTHM	143	22,54	21,19	23,89	21,76	10,10
	CL3CH		13,41	12,48	14,33	13,01	6,66
	BDCM		6,02	5,66	6,38	5,90	3,02
	DBCM		2,86	2,72	3,01	2,70	1,11
	BR3CH		0,25	0,24	0,27	0,25	0,00

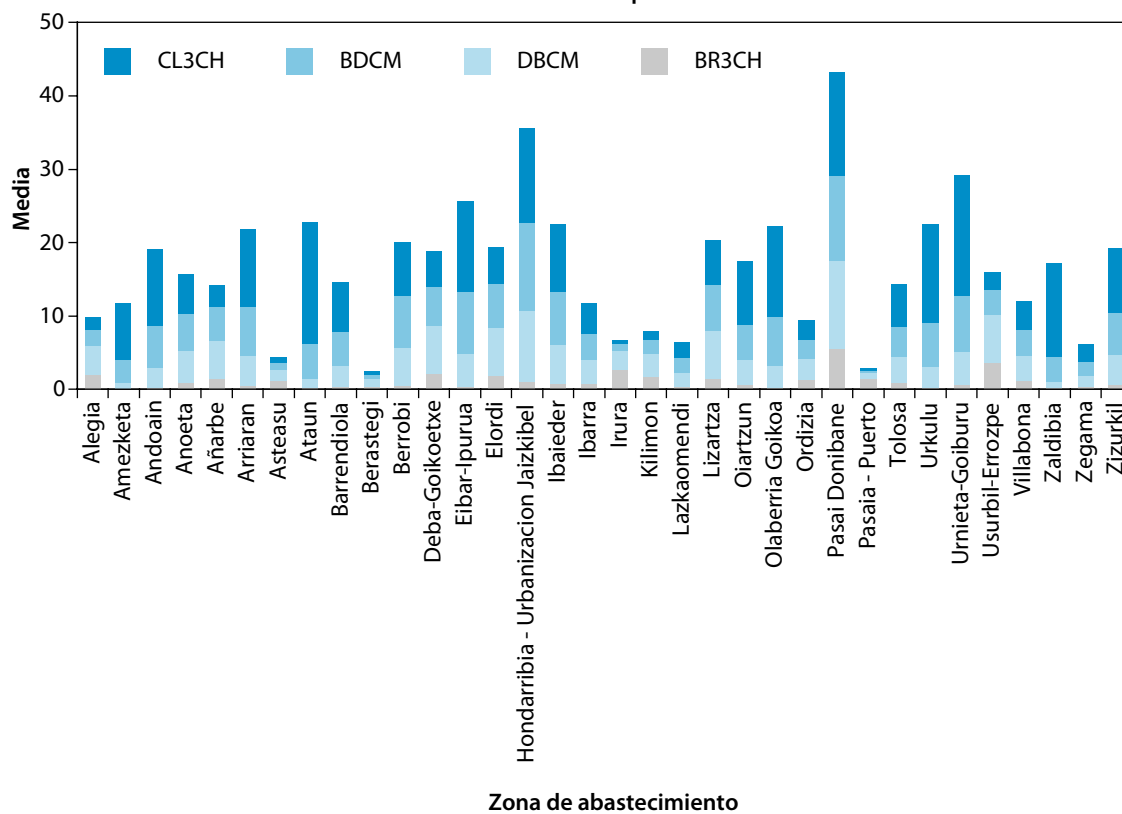
.../...

.../...

Zona de abastecimiento	n	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mediana	Amplitud intercuartílica	
			Límite inferior	Límite superior			
Urnieta-Goiburu 641 hab.	TTHM	8	29,18	14,24	44,12	24,33	29,55
	CL3CH		16,43	4,83	28,03	13,10	25,13
	BDCM		7,61	4,01	11,21	7,30	5,07
	DBCM		4,44	2,20	6,68	4,50	4,30
	BR3CH		0,69	0,21	1,18	0,75	1,22
Usurbil-Erozpe 2.395 hab.	TTHM	14	15,93	10,22	21,64	13,98	13,56
	CL3CH		2,34	1,02	3,65	1,75	2,47
	BDCM		3,43	1,83	5,02	3,67	4,85
	DBCM		6,58	4,64	8,53	6,15	5,00
	BR3CH		3,58	1,89	5,28	2,35	2,01
Villabona 4.250 hab.	TTHM	17	11,96	8,90	15,02	9,46	9,32
	CL3CH		3,84	1,83	5,85	2,06	6,74
	BDCM		3,55	2,37	4,73	2,62	4,18
	DBCM		3,40	2,92	3,89	3,44	1,30
	BR3CH		1,17	0,81	1,52	1,11	1,18
Zaldibia 1.526 hab.	TTHM	20	17,19	13,54	20,84	16,20	13,15
	CL3CH		12,73	9,63	15,84	12,83	10,46
	BDCM		3,47	2,79	4,16	3,17	2,41
	DBCM		0,73	0,48	0,98	0,56	0,80
	BR3CH		0,25	0,22	0,29	,25	0,00
Zegama 1.399 hab.	TTHM	13	6,20	4,27	8,14	5,78	3,91
	CL3CH		2,43	0,97	3,89	1,77	2,29
	BDCM		1,94	1,41	2,47	1,83	1,29
	DBCM		1,56	1,20	1,91	1,44	0,66
	BR3CH		0,28	0,19	0,37	0,25	0,02
Zizurkil 2.900 hab.	TTHM	10	19,32	14,45	24,19	18,49	13,50
	CL3CH		8,85	4,79	12,90	6,23	7,40
	BDCM		5,72	4,58	6,85	6,40	4,63
	DBCM		4,12	3,20	5,04	3,58	3,29
	BR3CH		0,64	0,42	0,86	0,48	0,91
<b>Total Gipuzkoa</b>	<b>TTHM</b>	<b>1.814</b>	<b>16,77</b>	<b>16,27</b>	<b>17,28</b>	<b>14,76</b>	<b>13,02</b>
	<b>CL3CH</b>		<b>6,26</b>	<b>5,95</b>	<b>6,57</b>	<b>3,79</b>	<b>7,76</b>
	<b>BDCM</b>		<b>5,01</b>	<b>4,85</b>	<b>5,16</b>	<b>4,50</b>	<b>4,00</b>
	<b>DBCM</b>		<b>4,41</b>	<b>4,28</b>	<b>4,54</b>	<b>4,00</b>	<b>2,99</b>
	<b>BR3CH</b>		<b>1,09</b>	<b>1,03</b>	<b>1,15</b>	<b>0,87</b>	<b>1,15</b>



Territorio: Gipuzkoa



## ANEXO 3.a. EFECTO NO CÁNCER. ÍNDICES DE RIESGO POR ESPECIE Y POR VÍA

Zona	CL3CH µg/L	IR Cl3CH	BR3CH µg/L	IR BR3CH	BDCM µg/L	IR BDCM	DBCM µg/L	IR DBCM	IR oral	IR inhalatoria	IR dermica	IR total	
Araba- Álava	Agurain	12,16	4,684E-02	0,20	3,07E-04	3,02	4,50E-03	0,50	7,43E-04	4,01E-02	1,05E-02	1,85E-03	5,24E-02
	Amurrio	48,84	1,881E-01	0,40	5,92E-04	7,71	1,15E-02	1,02	1,52E-03	1,53E-01	4,20E-02	7,09E-03	2,02E-01
	Araia	10,10	3,890E-02	0,40	5,92E-04	2,45	3,65E-03	0,76	1,13E-03	3,40E-02	8,68E-03	1,54E-03	4,43E-02
	Elguea	29,99	1,155E-01	0,51	7,56E-04	5,75	8,57E-03	0,79	1,17E-03	9,58E-02	2,58E-02	4,43E-03	1,26E-01
	Embalse Artzeniega	73,67	2,838E-01	0,40	5,92E-04	10,20	1,52E-02	1,52	2,26E-03	2,28E-01	6,33E-02	1,06E-02	3,02E-01
	Gorbea	7,13	2,746E-02	0,46	6,81E-04	2,35	3,50E-03	0,55	8,17E-04	2,52E-02	6,13E-03	1,13E-03	3,25E-02
	Ibarra	1,49	5,739E-03	0,47	6,96E-04	1,39	2,07E-03	2,08	3,09E-03	9,89E-03	1,28E-03	3,11E-04	1,16E-02
	Iruña de Oca	3,12	1,202E-02	9,81	1,45E-02	3,97	5,92E-03	5,50	8,17E-03	3,65E-02	2,68E-03	1,18E-03	4,06E-02
	Izarra	40,21	1,549E-01	0,14	2,07E-04	4,31	6,42E-03	0,32	4,75E-04	1,22E-01	3,46E-02	5,70E-03	1,62E-01
	Labastida	10,21	3,933E-02	0,71	1,05E-03	6,63	9,88E-03	4,34	6,45E-03	4,59E-02	8,78E-03	1,82E-03	5,67E-02
	Legutiano	16,13	6,213E-02	0,26	3,85E-04	7,80	1,16E-02	3,25	4,83E-03	6,22E-02	1,39E-02	2,67E-03	7,90E-02
	Llodio	60,67	2,337E-01	0,39	5,78E-04	8,27	1,23E-02	0,70	1,04E-03	1,87E-01	5,22E-02	8,72E-03	2,48E-01
Okondo	10,21	3,933E-02	0,65	9,63E-04	6,59	9,82E-03	4,55	6,76E-03	4,60E-02	8,78E-03	1,82E-03	5,69E-02	
Red General/Vitoria-Gasteiz	29,28	1,128E-01	0,48	7,11E-04	9,44	1,41E-02	1,81	2,69E-03	1,00E-01	2,52E-02	4,56E-03	1,30E-01	
Rioja Alavesa	4,50	1,733E-02	0,24	3,55E-04	3,47	5,17E-03	2,33	3,46E-03	2,15E-02	3,87E-03	8,34E-04	2,63E-02	
Zambrana	3,11	1,198E-02	1,71	2,53E-03	2,41	3,59E-03	2,77	4,12E-03	1,87E-02	2,67E-03	6,58E-04	2,22E-02	
Zuia	99,81	3,845E-01	0,40	5,92E-04	6,83	1,02E-02	0,93	1,38E-03	2,97E-01	8,58E-02	1,39E-02	3,97E-01	
Bizkaia	Ametzaga	51,04	1,966E-01	1,29	1,91E-03	10,27	1,53E-02	1,96	2,91E-03	1,65E-01	4,39E-02	7,59E-03	2,17E-01
	Arzalde	8,82	3,397E-02	1,41	2,09E-03	10,53	1,57E-02	9,46	1,41E-02	5,58E-02	7,58E-03	1,91E-03	6,58E-02
	Atxarte	13,94	5,370E-02	1,28	1,90E-03	5,76	8,58E-03	4,66	6,92E-03	5,65E-02	1,20E-02	2,30E-03	7,11E-02
	Bataerrita	11,39	4,387E-02	1,59	2,35E-03	3,43	5,11E-03	4,86	7,22E-03	4,67E-02	9,79E-03	1,83E-03	5,86E-02



**ANEXO 3.a. EFECTO NO CÁNCER. ÍNDICES DE RIESGO POR ESPECIE Y POR VÍA**

Zona	CL3CH µg/L	IR Cl3CH	BR3CH µg/L	IR BR3CH	BDCM µg/L	IR BDCM	DBCM µg/L	IR DBCM	IR oral	IR inhalatoria	IR dermica	IR total
Bizkaia												
Beretxikorta	30,28	1,166E-01	0,99	1,47E-03	8,45	1,26E-02	1,44	2,06E-03	1,02E-01	2,60E-02	4,66E-03	1,33E-01
Berriatua	25,19	9,703E-02	3,61	5,35E-03	6,70	9,98E-03	8,95	1,28E-02	9,95E-02	2,17E-02	4,00E-03	1,25E-01
Carrascal	35,52	1,368E-01	1,33	1,97E-03	6,85	1,02E-02	1,40	2,08E-03	1,15E-01	3,05E-02	5,29E-03	1,51E-01
Ermua	16,79	6,467E-02	0,40	5,92E-04	10,2	1,52E-02	4,50	6,69E-03	6,95E-02	1,44E-02	2,91E-03	8,71E-02
Etap Otxandio	37,3	1,437E-01	0,55	8,15E-04	5,35	7,97E-03	5,35	7,95E-03	1,23E-01	3,21E-02	5,39E-03	1,60E-01
Etap Bermeo	30,45	1,173E-01	0,47	6,96E-04	16,65	2,48E-02	6,69	9,94E-03	1,21E-01	2,62E-02	5,16E-03	1,53E-01
Etap Busturia	34,18	1,317E-01	0,41	6,07E-04	16,71	2,49E-02	6,22	9,24E-03	1,31E-01	2,94E-02	5,66E-03	1,66E-01
Etap Forua	14,08	5,424E-02	1,95	2,89E-03	9,69	1,44E-02	7,74	1,15E-02	6,79E-02	1,21E-02	2,60E-03	8,31E-02
Etap Gernika	14,77	5,689E-02	1,36	2,01E-03	11,6	1,73E-02	8,30	1,23E-02	7,26E-02	1,27E-02	2,78E-03	8,85E-02
Garai	7,22	2,781E-02	1,92	2,84E-03	5,30	7,90E-03	5,72	8,50E-03	3,91E-02	6,21E-03	1,40E-03	4,70E-02
Garazar	7,14	2,750E-02	1,86	2,75E-03	5,73	8,54E-03	5,52	8,20E-03	3,91E-02	6,14E-03	1,41E-03	4,70E-02
Granzal	56,45	2,174E-01	0,60	8,89E-04	8,57	1,28E-02	0,81	1,20E-03	1,76E-01	4,85E-02	8,18E-03	2,32E-01
Ibarra	14,73	5,674E-02	0,94	1,39E-03	4,00	5,96E-03	4,00	5,94E-03	5,49E-02	1,27E-02	2,28E-03	7,00E-02
Lauaxeta	0,47	1,810E-03	1,32	1,96E-03	0,62	9,24E-04	1,47	2,18E-03	6,21E-03	4,04E-04	1,71E-04	6,87E-03
Iparragirre	11,86	4,568E-02	0,84	1,24E-03	7,56	1,13E-02	3,61	5,36E-03	5,10E-02	1,02E-02	2,11E-03	6,36E-02
Jarralta	6,16	2,373E-02	1,33	1,97E-03	4,76	7,09E-03	4,67	6,94E-03	3,30E-02	5,30E-03	1,19E-03	3,97E-02
La Felicidad	20,65	7,954E-02	2,87	4,25E-03	8,31	1,24E-02	5,67	8,42E-03	8,31E-02	1,78E-02	3,45E-03	1,05E-01
Lekue	39,44	1,519E-01	1,45	2,15E-03	13,28	1,98E-02	4,48	6,66E-03	1,40E-01	3,39E-02	6,22E-03	1,81E-01
Mallabia-Goxiñe	7,18	2,766E-02	1,88	2,78E-03	5,91	8,81E-03	5,40	8,02E-03	3,94E-02	6,17E-03	1,43E-03	4,73E-02
Oleta	19,84	7,642E-02	0,98	1,45E-03	11,12	1,66E-02	6,96	1,03E-02	8,39E-02	1,71E-02	3,41E-03	1,05E-01
Ondarroa	13,60	5,239E-02	0,84	1,24E-03	8,93	1,33E-02	6,19	9,20E-03	6,17E-02	1,17E-02	2,43E-03	7,61E-02
Orduña	25,33	9,757E-02	0,15	2,22E-04	5,98	8,91E-03	1,09	1,62E-03	8,27E-02	2,18E-02	3,80E-03	1,08E-01

## ANEXO 3.a. EFECTO NO CÁNCER. ÍNDICES DE RIESGO POR ESPECIE Y POR VÍA

Zona	CL3CH µg/L	IR Cl3CH	BR3CH µg/L	IR BR3CH	BDCM µg/L	IR BDCM	DBC µg/L	IR DBC	IR oral	IR inhalatoria	IR dermica	IR total
<b>Bizkaia</b>												
Salinillas	49,87	1,921E-01	1,15	1,70E-03	10,5	1,56E-02	2,76	4,10E-03	1,63E-01	4,29E-02	7,44E-03	2,14E-01
San Cristobal	7,51	2,893E-02	1,86	2,75E-03	4,84	7,21E-03	4,58	6,80E-03	3,76E-02	6,46E-03	1,41E-03	4,57E-02
San Salvador	12,71	4,896E-02	1,00	1,48E-03	7,18	1,07E-02	5,23	7,77E-03	5,55E-02	1,09E-02	2,21E-03	6,89E-02
Sollano	58,96	2,271E-01	0,47	6,96E-04	8,57	1,28E-02	0,82	1,22E-03	1,83E-01	5,07E-02	8,51E-03	2,42E-01
Ulla	1,60	6,163E-03	3,70	5,48E-03	3,18	4,74E-03	5,79	8,60E-03	2,27E-02	1,38E-03	6,06E-04	2,50E-02
Uparan + Ellacuría	11,11	4,279E-02	0,95	1,41E-03	4,20	6,26E-03	1,44	2,14E-03	4,12E-02	9,55E-03	1,81E-03	5,26E-02
Berreaga	42,70	1,645E-01	0,58	8,59E-04	20,02	2,98E-02	7,98	1,19E-02	1,63E-01	3,67E-02	7,03E-03	2,07E-01
Urritxe	14,12	5,439E-02	1,41	2,09E-03	10,76	1,60E-02	7,87	1,17E-02	6,90E-02	1,21E-02	2,64E-03	8,42E-02
Venta Alta	53,16	2,048E-01	1,18	1,75E-03	12,64	1,88E-02	2,08	3,09E-03	1,75E-01	4,57E-02	8,02E-03	2,28E-01
Va + Basatxu	42,21	1,626E-01	1,39	2,06E-03	14,04	2,09E-02	3,59	5,33E-03	1,48E-01	3,63E-02	6,63E-03	1,91E-01
Zubiete	52,83	2,035E-01	1,36	2,01E-03	9,31	1,39E-02	1,94	2,88E-03	1,69E-01	4,54E-02	7,78E-03	2,22E-01
<b>Gipuzkoa</b>												
Alegia	1,78	6,856E-03	1,99	2,95E-03	2,28	3,40E-03	3,85	5,72E-03	1,67E-02	1,53E-03	4,85E-04	1,89E-02
Amezketta	7,80	3,004E-02	0,89	1,32E-03	3,14	4,68E-03	3,14	4,66E-03	3,25E-02	6,71E-03	1,29E-03	4,07E-02
Andoain	10,34	3,983E-02	0,24	3,55E-04	5,70	8,49E-03	2,73	4,06E-03	4,19E-02	8,89E-03	1,76E-03	5,27E-02
Anoeta	5,43	2,092E-02	0,90	1,33E-03	5,08	7,57E-03	4,37	6,49E-03	3,03E-02	4,67E-03	1,09E-03	3,63E-02
Añarbe	3,01	1,159E-02	1,40	2,07E-03	4,58	6,82E-03	5,22	7,75E-03	2,46E-02	2,59E-03	7,62E-04	2,82E-02
Arriaran	10,58	4,075E-02	0,43	6,37E-04	6,54	9,75E-03	4,25	6,31E-03	4,63E-02	9,10E-03	1,85E-03	5,74E-02
Asteasu	0,77	2,966E-03	1,19	1,76E-03	0,82	1,22E-03	1,56	2,32E-03	7,30E-03	6,62E-04	2,17E-04	8,27E-03
Ataun	16,51	6,360E-02	0,24	3,55E-04	4,77	7,11E-03	1,29	1,92E-03	5,62E-02	1,42E-02	2,53E-03	7,30E-02
Barrandiola	6,83	2,631E-02	0,33	4,89E-04	4,64	6,91E-03	2,91	4,32E-03	3,08E-02	5,87E-03	1,22E-03	3,80E-02
Berastegi	6,59	2,538E-02	0,40	5,92E-04	0,58	8,64E-04	1,02	1,52E-03	2,17E-02	5,67E-03	9,46E-04	2,84E-02
Berrobi	7,35	2,831E-02	0,59	8,74E-04	7,15	1,07E-02	5,01	7,44E-03	3,92E-02	6,32E-03	1,46E-03	4,73E-02

ANEXO 3.a. EFECTO NO CÁNCER. ÍNDICES DE RIESGO POR ESPECIE Y POR VÍA

Zona	CL3CH µg/L	IR Cl3CH	BR3CH µg/L	IR BR3CH	BDCM µg/L	IR BDCM	DBCM µg/L	IR DBCM	IR oral	IR inhalatoria	IR dermica	IR total
<b>Gipuzkoa</b>												
Deba-Goikoetxe	4,76	1,834E-02	2,14	3,17E-03	5,39	8,03E-03	6,49	9,64E-03	3,36E-02	4,09E-03	1,09E-03	3,92E-02
Eibar-Ipurua	12,33	4,749E-02	0,34	5,04E-04	8,48	1,26E-02	4,53	6,73E-03	5,43E-02	1,06E-02	2,20E-03	6,74E-02
Elordi	4,94	1,903E-02	1,82	2,70E-03	5,96	8,88E-03	6,59	9,79E-03	3,46E-02	4,25E-03	1,13E-03	4,04E-02
Hondarribi	12,89	4,965E-02	0,96	1,42E-03	11,94	1,78E-02	9,76	1,45E-02	6,92E-02	1,11E-02	2,52E-03	8,34E-02
Ibaieder	9,15	3,525E-02	0,79	1,17E-03	7,11	1,06E-02	5,39	8,01E-03	4,51E-02	7,87E-03	1,71E-03	5,50E-02
Ibarra	4,15	1,599E-02	0,83	1,23E-03	3,52	5,25E-03	3,22	4,78E-03	2,27E-02	3,57E-03	8,20E-04	2,72E-02
Irura	0,45	1,733E-03	2,66	3,94E-03	0,89	1,33E-03	2,63	3,91E-03	1,01E-02	3,87E-04	2,55E-04	1,09E-02
Kilimon	1,07	4,122E-03	1,67	2,47E-03	1,94	2,89E-03	3,18	4,72E-03	1,28E-02	9,20E-04	3,51E-04	1,42E-02
Lazkaomendi	2,09	8,051E-03	0,35	5,18E-04	2,02	3,01E-03	1,94	2,88E-03	1,21E-02	1,80E-03	4,25E-04	1,45E-02
Lizartza	6,04	2,327E-02	1,42	2,10E-03	6,18	9,21E-03	6,63	9,85E-03	3,76E-02	5,19E-03	1,27E-03	4,44E-02
Oiartzun	8,62	3,320E-02	0,65	9,63E-04	4,78	7,12E-03	3,36	4,99E-03	3,72E-02	7,41E-03	1,49E-03	4,63E-02
Olaberria goikoa	12,46	4,799E-02	0,27	4,00E-04	6,68	9,95E-03	2,91	4,32E-03	4,97E-02	1,07E-02	2,11E-03	6,27E-02
Ordizia	2,72	1,048E-02	1,30	1,93E-03	2,50	3,73E-03	2,91	4,32E-03	1,74E-02	2,34E-03	5,89E-04	2,05E-02
Pasal Donibane	14,17	5,458E-02	5,55	8,22E-03	11,51	1,72E-02	12,02	1,79E-02	8,20E-02	1,22E-02	2,91E-03	9,78E-02
Pasaia Puerto	0,35	1,348E-03	1,48	2,19E-03	0,30	4,47E-04	0,70	1,04E-03	4,54E-03	3,01E-04	1,43E-04	5,03E-03
Tolosa	5,77	2,223E-02	0,88	1,30E-03	4,24	6,32E-03	3,47	5,15E-03	2,88E-02	4,96E-03	1,09E-03	3,50E-02
Urkulu	13,41	5,165E-02	0,25	3,70E-04	6,02	8,97E-03	2,86	4,25E-03	5,14E-02	1,15E-02	2,19E-03	6,52E-02
Urnietta-Goiburu	16,43	6,329E-02	0,69	1,02E-03	7,61	1,13E-02	4,44	6,60E-03	6,51E-02	1,41E-02	2,72E-03	8,22E-02
Usurbil-Errozpe	2,34	9,013E-03	3,58	5,30E-03	3,43	5,11E-03	6,58	9,78E-03	2,61E-02	2,01E-03	7,15E-04	2,92E-02
Villabona	3,84	1,479E-02	1,17	1,73E-03	3,55	5,29E-03	3,40	5,05E-03	2,26E-02	3,30E-03	7,98E-04	2,69E-02
Zaldibia	12,73	4,903E-02	0,25	3,70E-04	3,47	5,17E-03	0,73	1,08E-03	4,27E-02	1,09E-02	1,95E-03	5,57E-02
Zegama	2,43	9,360E-03	0,28	4,15E-04	1,94	2,89E-03	1,56	2,32E-03	1,23E-02	2,09E-03	4,62E-04	1,50E-02
Zizurkil	8,85	3,409E-02	0,64	9,48E-04	5,72	8,52E-03	4,12	6,12E-03	4,03E-02	7,61E-03	1,58E-03	4,97E-02

## ANEXO 3.b. EFECTO CÁNCER. RIESGO POR ESPECIE, VIA Y RIESGO TOTAL

Zona	CL3CH µg/L	RC CL3CH	BR3CH µg/L	RC BR3CH	BDCM µg/L	RC BDCM	DBCM µg/L	RC DBCM	RC oral	RC nhalatoria	RC dérmica	RC total	
1	Agurain	12,16	2,35E-05	0,20	4,69E-08	3,02	5,59E-06	0,50	1,25E-06	6,59E-06	2,35E-05	2,87E-07	3,04E-05
2	Amurrio	48,84	9,44E-05	0,40	9,38E-08	7,71	1,43E-05	1,02	2,55E-06	1,62E-05	9,44E-05	7,07E-07	1,11E-04
3	Araia	10,1	1,95E-05	0,40	9,38E-08	2,45	4,53E-06	0,76	1,90E-06	6,25E-06	1,95E-05	2,70E-07	2,60E-05
4	Elguea	29,99	5,79E-05	0,51	1,20E-07	5,75	1,06E-05	0,79	1,97E-06	1,22E-05	5,79E-05	5,32E-07	7,07E-05
5	Emba Artzeniega	73,67	1,42E-04	0,40	9,38E-08	10,20	1,89E-05	1,52	3,80E-06	2,18E-05	1,42E-04	9,51E-07	1,65E-04
6	Gorbea	7,13	1,38E-05	0,46	1,08E-07	2,35	4,35E-06	0,55	1,37E-06	5,59E-06	1,38E-05	2,42E-07	1,96E-05
7	Ibarra	1,49	2,88E-06	0,47	1,10E-07	1,39	2,57E-06	2,08	5,20E-06	7,56E-06	2,88E-06	3,19E-07	1,08E-05
8	Iruña de Oca	3,12	6,03E-06	9,81	2,30E-06	3,97	7,34E-06	5,5	1,37E-05	2,24E-05	6,03E-06	9,41E-07	2,94E-05
9	Izarra	40,21	7,77E-05	0,14	3,28E-08	4,31	7,97E-06	0,32	8,00E-07	8,43E-06	7,77E-05	3,70E-07	8,65E-05
10	Labastida	10,21	1,97E-05	0,71	1,70E-07	6,63	1,23E-05	4,34	1,08E-05	2,23E-05	1,97E-05	9,58E-07	4,30E-05
11	Legutiano	16,13	3,12E-05	0,26	6,22E-08	7,80	1,44E-05	3,25	8,12E-06	2,17E-05	3,12E-05	9,35E-07	5,38E-05
12	Llodio	60,67	1,17E-04	0,39	9,34E-08	8,27	1,53E-05	0,70	1,75E-06	1,64E-05	1,17E-04	7,21E-07	1,34E-04
13	Okondo	10,21	1,97E-05	0,65	1,56E-07	6,59	1,22E-05	4,55	1,14E-05	2,27E-05	1,97E-05	9,75E-07	4,34E-05
14	Red G. de Vitoria-Gasteiz	29,28	5,66E-05	0,48	1,15E-07	9,44	1,75E-05	1,81	4,52E-06	2,12E-05	5,66E-05	9,23E-07	7,87E-05
15	Rioja Alavesa	4,5	8,69E-06	0,24	5,75E-08	3,47	6,42E-06	2,33	5,82E-06	1,18E-05	8,69E-06	5,05E-07	2,10E-05
16	Zambrana	3,11	6,01E-06	1,71	4,09E-07	2,41	4,46E-06	2,77	6,92E-06	1,13E-05	6,01E-06	4,86E-07	1,78E-05
17	Zuia	99,81	1,93E-04	0,40	9,38E-08	6,83	1,26E-05	0,93	2,32E-06	1,44E-05	1,93E-04	6,29E-07	2,08E-04
18	Armetzaga	51,04	9,86E-05	1,29	3,09E-07	10,27	1,90E-05	1,96	4,90E-06	2,32E-05	9,86E-05	1,01E-06	1,23E-04
19	Arzalde	8,82	1,70E-05	1,41	3,37E-07	10,53	1,95E-05	9,46	2,36E-05	4,17E-05	1,70E-05	1,78E-06	6,05E-05
20	Atxarte	13,94	2,69E-05	1,28	3,06E-07	5,76	1,07E-05	4,66	1,16E-05	2,17E-05	2,69E-05	9,29E-07	4,95E-05
21	Batarrita	11,39	2,20E-05	1,59	3,81E-07	3,43	6,34E-06	4,86	1,21E-05	1,81E-05	2,20E-05	7,71E-07	4,09E-05

**ANEXO 3.b. EFECTO CÁNCER. RIESGO POR ESPECIE, VIA Y RIESGO TOTAL**

Zona	CL3CH µg/L	RC CL3CH	BR3CH µg/L	RC BR3CH	BDCM µg/L	RC BDCM	DBC µg/L	RC DBC	RC THM oral	RC THM nhalatoria	RC THM dérmica	RC THM total
22 Beretxikorta	30,28	5,85E-05	0,99	2,32E-07	8,45	1,56E-05	1,44	3,60E-06	1,86E-05	5,85E-05	8,12E-07	7,80E-05
23 Berriatua	25,19	4,87E-05	3,61	8,46E-07	6,7	1,24E-05	8,95	2,24E-05	3,42E-05	4,87E-05	1,44E-06	8,43E-05
24 Carrascal	35,52	6,86E-05	1,33	3,18E-07	6,85	1,27E-05	1,40	3,50E-06	1,58E-05	6,86E-05	6,92E-07	8,51E-05
25 Ermua	16,79	3,24E-05	0,40	9,58E-08	10,2	1,89E-05	4,50	1,12E-05	2,90E-05	3,24E-05	1,25E-06	6,26E-05
26 Etap Otxandio	37,3	7,21E-05	0,55	1,32E-07	5,35	9,90E-06	5,35	1,34E-05	2,24E-05	7,21E-05	9,56E-07	9,55E-05
27 Etap Bermeo	30,45	5,88E-05	0,47	1,12E-07	16,65	3,08E-05	6,69	1,67E-05	4,57E-05	5,88E-05	1,97E-06	1,06E-04
28 Etap Busturia	34,18	6,60E-05	0,41	9,82E-08	16,71	3,09E-05	6,22	1,55E-05	4,46E-05	6,60E-05	1,93E-06	1,13E-04
29 Etap Fonua	14,08	2,72E-05	1,95	4,57E-07	9,69	1,79E-05	7,74	1,93E-05	3,62E-05	2,72E-05	1,54E-06	6,49E-05
30 Etap Gernika	14,77	2,85E-05	1,36	3,19E-07	11,6	2,15E-05	8,3	2,07E-05	4,08E-05	2,85E-05	1,74E-06	7,11E-05
31 Garai	7,22	1,39E-05	1,92	4,50E-07	5,3	9,80E-06	5,72	1,43E-05	2,35E-05	1,39E-05	9,98E-07	3,85E-05
32 Garaizar	7,14	1,38E-05	1,86	4,36E-07	5,73	1,06E-05	5,52	1,38E-05	2,38E-05	1,38E-05	1,01E-06	3,86E-05
33 Granzal	56,45	1,09E-04	0,60	1,41E-07	8,57	1,59E-05	0,81	2,02E-06	1,73E-05	1,09E-04	7,55E-07	1,27E-04
34 Ibarra	14,73	2,85E-05	0,94	2,20E-07	4	7,40E-06	4	1,00E-05	1,69E-05	2,85E-05	7,17E-07	4,61E-05
35 Lauaxeta	0,47	9,08E-07	1,32	3,09E-07	0,62	1,15E-06	1,47	3,67E-06	4,92E-06	9,08E-07	2,06E-07	6,04E-06
36 Iparragirre	11,86	2,29E-05	0,84	1,97E-07	7,56	1,40E-05	3,61	9,02E-06	2,22E-05	2,29E-05	9,56E-07	4,61E-05
37 Jarralta	6,16	1,19E-05	1,33	3,20E-07	4,76	8,80E-06	4,67	1,17E-05	1,99E-05	1,19E-05	8,54E-07	3,27E-05
38 La Felicidad	20,65	3,99E-05	2,87	6,55E-07	8,31	1,54E-05	5,67	1,42E-05	2,90E-05	3,99E-05	1,22E-06	7,01E-05
39 Lekue	39,44	7,62E-05	1,45	3,30E-07	13,28	2,46E-05	4,48	1,12E-05	3,46E-05	7,62E-05	1,48E-06	1,12E-04
40 Mallabia-goxiñe	7,18	1,39E-05	1,88	4,28E-07	5,91	1,09E-05	5,4	1,35E-05	2,39E-05	1,39E-05	1,00E-06	3,87E-05
41 Oleta	19,84	3,83E-05	0,98	2,29E-07	11,12	2,06E-05	6,96	1,74E-05	3,66E-05	3,83E-05	1,57E-06	7,65E-05
42 Ondarroa	13,6	2,63E-05	0,84	1,98E-07	8,93	1,65E-05	6,19	1,55E-05	3,09E-05	2,63E-05	1,32E-06	5,85E-05
43 Orduña	25,33	4,89E-05	0,15	3,47E-08	5,98	1,11E-05	1,09	2,72E-06	1,32E-05	4,89E-05	5,76E-07	6,28E-05

## ANEXO 3.b. EFECTO CÁNCER. RIESGO POR ESPECIE, VIA Y RIESGO TOTAL

Zona	CL3CH µg/L	RC CL3CH	BR3CH µg/L	RC BR3CH	BDCM µg/L	RC BDCM	DBC µg/L	RC DBC	RC oral	RC nhalatoria	RC TTHM dérmica	RC TTHM total
44 Salinillas	49,87	9,63E-05	1,15	2,70E-07	10,5	1,94E-05	2,76	6,90E-06	2,55E-05	9,63E-05	1,10E-06	1,23E-04
45 San cristobal	7,51	1,45E-05	1,86	4,36E-07	4,84	8,95E-06	4,58	1,14E-05	2,00E-05	1,45E-05	8,48E-07	3,53E-05
46 San salvador	12,71	2,46E-05	1,00	2,34E-07	7,18	1,33E-05	5,23	1,31E-05	2,55E-05	2,46E-05	1,09E-06	5,11E-05
47 Sollano	58,96	1,14E-04	0,47	1,10E-07	8,57	1,59E-05	0,82	2,05E-06	1,73E-05	1,14E-04	7,55E-07	1,32E-04
48 Ulla	1,6	3,09E-06	3,70	8,67E-07	3,18	5,88E-06	5,79	1,45E-05	2,04E-05	3,09E-06	8,54E-07	2,43E-05
49 Uparan+ellacuria	11,11	2,15E-05	0,95	2,23E-07	4,2	7,77E-06	1,44	3,60E-06	1,11E-05	2,15E-05	4,79E-07	3,31E-05
50 Berreaga	42,70	8,25E-05	0,58	1,36E-07	20,02	3,70E-05	7,98	1,99E-05	5,47E-05	8,25E-05	2,36E-06	1,40E-04
51 Urritxe	14,12	2,73E-05	1,41	3,31E-07	10,76	1,99E-05	7,87	1,97E-05	3,83E-05	2,73E-05	1,63E-06	6,72E-05
52 Venta Alta	53,16	1,03E-04	1,18	2,77E-07	12,64	2,34E-05	2,08	5,20E-06	2,76E-05	1,03E-04	1,20E-06	1,32E-04
53 Va + Basatxu	42,21	8,15E-05	1,39	3,26E-07	14,04	2,60E-05	3,59	8,97E-06	3,38E-05	8,15E-05	1,46E-06	1,17E-04
54 Zubiete	52,83	1,02E-04	1,36	3,19E-07	9,31	1,72E-05	1,94	4,85E-06	2,15E-05	1,02E-04	9,31E-07	1,24E-04
55 Alegia	1,78	3,44E-06	1,99	4,66E-07	2,28	4,22E-06	3,85	9,62E-06	1,37E-05	3,44E-06	5,77E-07	1,77E-05
56 Amezketta	7,8	1,51E-05	0,89	2,09E-07	3,14	5,81E-06	3,14	7,85E-06	1,33E-05	1,51E-05	5,64E-07	2,89E-05
57 Andoain	10,34	2,00E-05	0,24	5,63E-08	5,7	1,05E-05	2,73	6,82E-06	1,67E-05	2,00E-05	7,18E-07	3,74E-05
58 Anoeta	5,43	1,05E-05	0,90	2,11E-07	5,08	9,40E-06	4,37	1,09E-05	1,97E-05	1,05E-05	8,38E-07	3,10E-05
59 Añarbe	3,01	5,82E-06	1,40	3,28E-07	4,58	8,47E-06	5,22	1,30E-05	2,10E-05	5,82E-06	8,87E-07	2,77E-05
60 Arriaran	10,58	2,04E-05	0,43	1,01E-07	6,54	1,21E-05	4,25	1,06E-05	2,19E-05	2,04E-05	9,36E-07	4,33E-05
61 Asteasu	0,77	1,49E-06	1,19	2,79E-07	0,82	1,52E-06	1,56	3,90E-06	5,47E-06	1,49E-06	2,29E-07	7,18E-06
62 Ataun	16,51	3,19E-05	0,24	5,63E-08	4,77	8,82E-06	1,29	3,22E-06	1,16E-05	3,19E-05	5,03E-07	4,40E-05
63 Barrendiola	6,83	1,32E-05	0,33	7,74E-08	4,64	8,58E-06	2,91	7,27E-06	1,53E-05	1,32E-05	6,54E-07	2,91E-05
64 Berastegi	6,59	1,27E-05	0,40	9,38E-08	0,58	1,07E-06	1,02	2,55E-06	3,57E-06	1,27E-05	1,50E-07	1,64E-05
65 Berrobi	7,35	1,42E-05	0,59	1,38E-07	7,15	1,32E-05	5,01	1,25E-05	2,48E-05	1,42E-05	1,06E-06	4,01E-05

ANEXO 3.b. EFECTO CÁNCER. RIESGO POR ESPECIE, VIA Y RIESGO TOTAL

Zona	CL3CH µg/L	RC CL3CH	BR3CH µg/L	RC BR3CH	BDCM µg/L	RC BDCM	DBCM µg/L	RC DBCM	RC THM oral	RC THM nhalatoria	RC THM dérmica	RC THM total
66 Deba-Goikoetxe	4,76	9,20E-06	2,14	5,02E-07	5,39	9,97E-06	6,49	1,62E-05	2,56E-05	9,20E-06	1,08E-06	3,59E-05
67 Eibar-Ipurua	12,33	2,38E-05	0,34	7,97E-08	8,48	1,57E-05	4,53	1,13E-05	2,60E-05	2,38E-05	1,11E-06	5,09E-05
68 Elordi	4,94	9,54E-06	1,82	4,27E-07	5,96	1,10E-05	6,59	1,65E-05	2,68E-05	9,54E-06	1,13E-06	3,75E-05
69 Hondarribi	12,89	2,49E-05	0,96	2,25E-07	11,94	2,21E-05	9,76	2,44E-05	4,48E-05	2,49E-05	1,91E-06	7,16E-05
70 Ibaeder	9,15	1,77E-05	0,79	1,85E-07	7,11	1,32E-05	5,39	1,35E-05	2,57E-05	1,77E-05	1,10E-06	4,45E-05
71 Ibarra	4,15	8,02E-06	0,83	1,95E-07	3,52	6,51E-06	3,22	8,05E-06	1,42E-05	8,02E-06	6,01E-07	2,28E-05
72 Irura	0,45	8,69E-07	2,66	6,24E-07	0,89	1,65E-06	2,63	6,57E-06	8,49E-06	8,69E-07	3,53E-07	9,71E-06
73 Kilimon	1,07	2,07E-06	1,67	3,91E-07	1,94	3,59E-06	3,18	7,95E-06	1,14E-05	2,07E-06	4,81E-07	1,40E-05
74 Lazkaomendi	2,09	4,04E-06	0,35	8,20E-08	2,02	3,74E-06	1,94	4,85E-06	8,31E-06	4,04E-06	3,53E-07	1,27E-05
75 Lizartza	6,04	1,17E-05	1,42	3,33E-07	6,18	1,14E-05	6,63	1,66E-05	2,72E-05	1,17E-05	1,15E-06	4,00E-05
76 Oartzun	8,62	1,67E-05	0,65	1,52E-07	4,78	8,84E-06	3,36	8,40E-06	1,67E-05	1,67E-05	7,12E-07	3,40E-05
77 Olaberria goikoa	12,46	2,41E-05	0,27	6,33E-08	6,68	1,24E-05	2,91	7,27E-06	1,89E-05	2,41E-05	8,13E-07	4,38E-05
78 Ordizia	2,72	5,26E-06	1,30	3,05E-07	2,5	4,62E-06	2,91	7,27E-06	1,17E-05	5,26E-06	4,95E-07	1,75E-05
79 Pasai Donibane	14,17	2,74E-05	5,55	1,30E-06	11,51	2,13E-05	12,02	3,00E-05	5,05E-05	2,74E-05	2,14E-06	8,00E-05
80 Pasaia Puerto	0,35	6,76E-07	1,48	3,47E-07	0,3	5,55E-07	0,7	1,75E-06	2,55E-06	6,76E-07	1,06E-07	3,33E-06
81 Tolosa	5,77	1,11E-05	0,88	2,06E-07	4,24	7,84E-06	3,47	8,67E-06	1,60E-05	1,11E-05	6,83E-07	2,79E-05
82 Urkulu	13,41	2,59E-05	0,25	5,86E-08	6,02	1,11E-05	2,86	7,15E-06	1,76E-05	2,59E-05	7,56E-07	4,42E-05
83 Urnieta-Goiburu	16,43	3,17E-05	0,69	1,62E-07	7,61	1,41E-05	4,44	1,11E-05	2,43E-05	3,17E-05	1,04E-06	5,71E-05
84 Usurbil-Erozpe	2,34	4,52E-06	3,58	8,39E-07	3,43	6,34E-06	6,58	1,64E-05	2,27E-05	4,52E-06	9,51E-07	2,81E-05
85 Villabona	3,84	7,42E-06	1,17	2,74E-07	3,55	6,57E-06	3,4	8,50E-06	1,47E-05	7,42E-06	6,25E-07	2,28E-05
86 Zaldibia	12,73	2,46E-05	0,25	5,86E-08	3,47	6,42E-06	0,73	1,82E-06	7,96E-06	2,46E-05	3,46E-07	3,29E-05
87 Zegama	2,43	4,69E-06	0,28	6,56E-08	1,94	3,59E-06	1,56	3,90E-06	7,24E-06	4,69E-06	3,09E-07	1,22E-05
88 Zizurkil	8,85	1,71E-05	0,64	1,50E-07	5,72	1,06E-05	4,12	1,03E-05	2,02E-05	1,71E-05	8,61E-07	3,81E-05

