

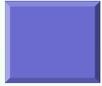
Contaminantes procedentes del tratamiento de las aguas de consumo en la CAPV

Evaluación del riesgo y las alternativas de tratamiento: resultados y experiencia de trabajo

Gasteiz, 2013ko urriaren 18a



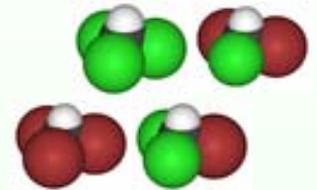
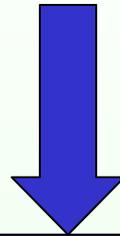
Antecedentes

- Desinfectantes utilizados reaccionan con MO generando contaminantes (SPD)
- Identificación en agua en los años 70. Según desinfectante se generan unos u otros. Más de 600 sustancias. 
- Legislación solamente THM(4 especies): Más restrictiva con el tiempo (límites basados en salud) y más en EEUU que en estado español 2003. 
- Numerosos estudios sobre subproductos y efectos en salud
- Algunas zonas de abastecimiento de la CAPV que abastecen a un número importante de habitantes con concentraciones de THM cercanas a los límites de la EPA

Objetivo

- Caracterizar los posibles riesgos para la salud de la población de la CAPV por exposición a THM en el agua de consumo.
- Valorar las posibilidades de actuación en el agua bruta y/o en los tratamientos para reducir las concentraciones de los mismos.
- **Evaluación de riesgos:** Herramienta que se utiliza en Salud Pública como apoyo al proceso de toma de decisiones, cuando no se puede realizar estudios epidemiológicos.
- **Trabajo con las UCV.** Con 4 UCV (2 Bizkaia, 1 Araba y 1 Gipuzkoa)

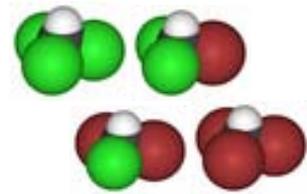
Descripción de los niveles de exposición en la CAPV



Estadística descriptiva

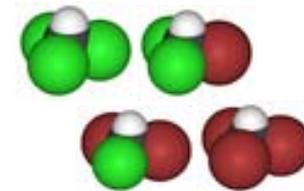
- Niveles de THM (totales y por especie) en el agua de la CAPV (por territorio y por zona de abastecimiento) y su distribución en la población.

Niveles de THMs

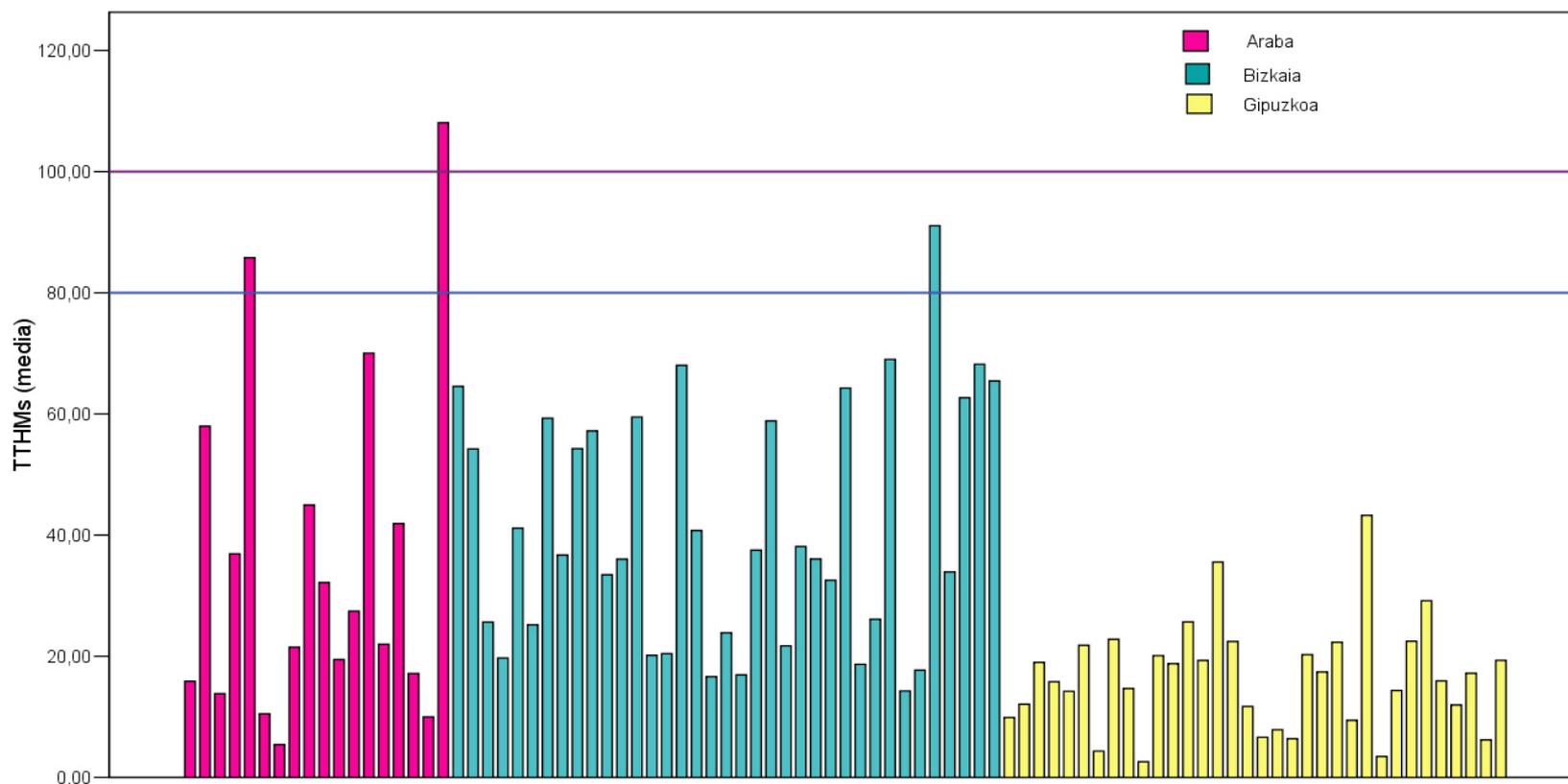


- AMBITO: Zonas más de 500 habitantes (5 muestras mínimo). 89 zonas
- Población abastecida (96% de la CAPV)
 - ✓ Araba 86%
 - ✓ Bizkaia 96%
 - ✓ Gipuzkoa 97%
- Periodo de estudio: 2004 al 2009
- Parámetros: TTHM y 4 especies (3844 muestras). EKUIS

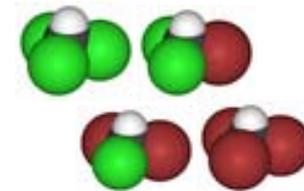
Niveles de THMs



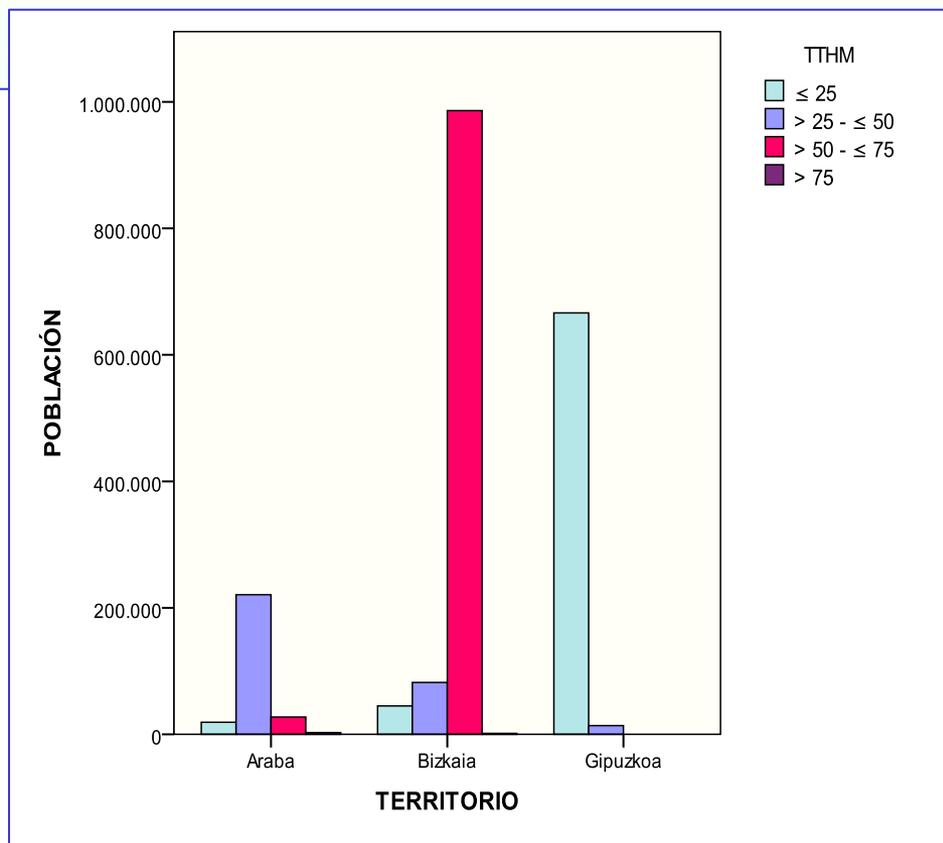
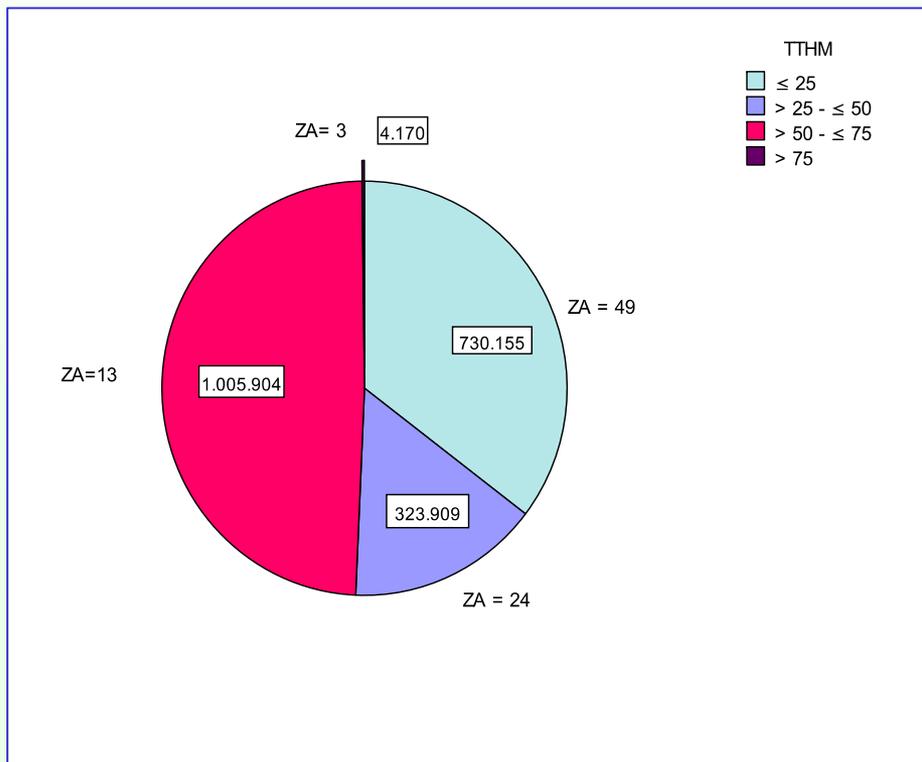
■ La concentración promedio de **TTHM** en la CAPV en el periodo estudiado es de 33,34 $\mu\text{g/L}$, con gran variación entre **territorios y zonas**. En Bizkaia la media es de 51,01 $\mu\text{g/L}$, en Araba 39,85 $\mu\text{g/L}$ y en Gipuzkoa 16,74 $\mu\text{g/L}$.



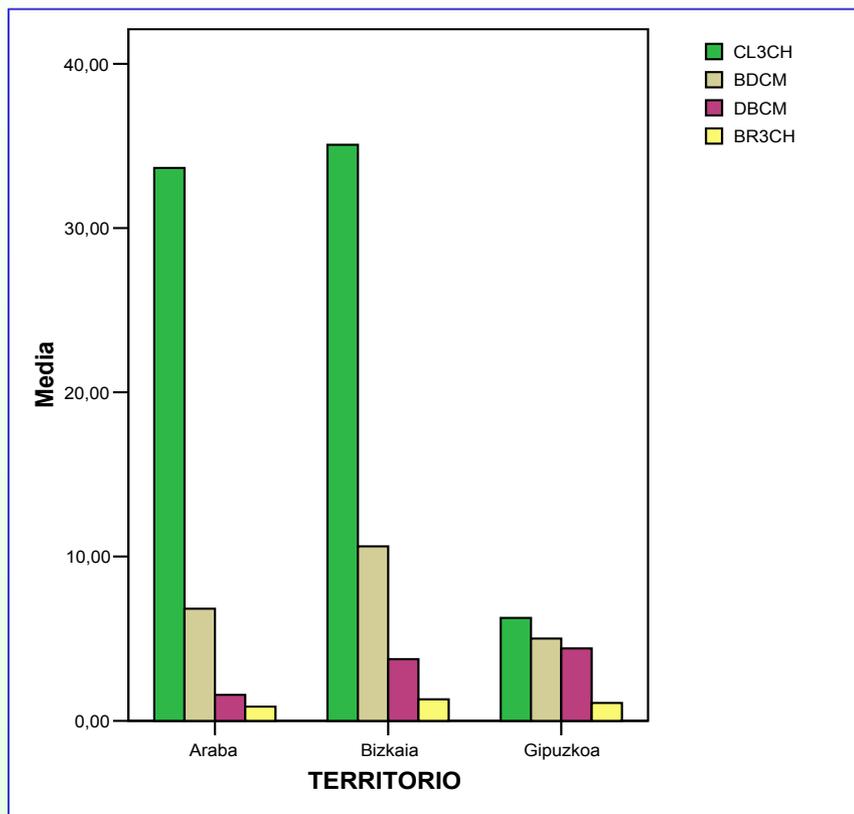
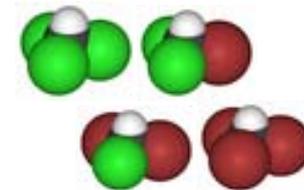
Niveles de THMs / Población



El 47 % de la población de la CAPV es abastecida con agua con un contenido de TTHM entre 50 y 75 $\mu\text{g/L}$, el 15% entre 25 y 50 $\mu\text{g/L}$, el 34 % ≤ 25 , y el 0,2 % > 75 $\mu\text{g/L}$

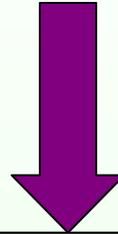


Niveles de THMs/Especies



- ✓ El compuesto mayoritario en la CAPV es el Cloroformo (61 % del total de THM), BDCM (23 %) , DBCM (12%) y bromoformo 4 %.
- ✓ En Araba el cloroformo representa el 78% , en Bizkaia 68% , y en Gipuzkoa el 37 % del total de THM.
- ✓ En zonas con % de cloroformo más elevado los niveles de THM totales también son mayores.

Cuantificar la dosis de exposición en la población para todas las vías de exposición



Cuantificar las implicaciones en salud pública atendiendo a efecto cáncer y no- cáncer comparando con las dosis de exposición máxima sin riesgo obtenida de estudios toxicológicos y/o epidemiológicos



Cálculo de la exposición

- Exposición por vía oral y vía dérmica (ducha o baño) a las 4 especies de THMs analizadas
- Exposición por vía inhalatoria (solo para la ducha) sólo para el cloroformo (especie más volátil)
- Concentraciones medias de cada especie y se aplican las fórmulas estándar y los valores indicados por defecto por la ATSDR
- Se han considerado 10 minutos de ducha y 15 minutos de estancia posterior en el baño.

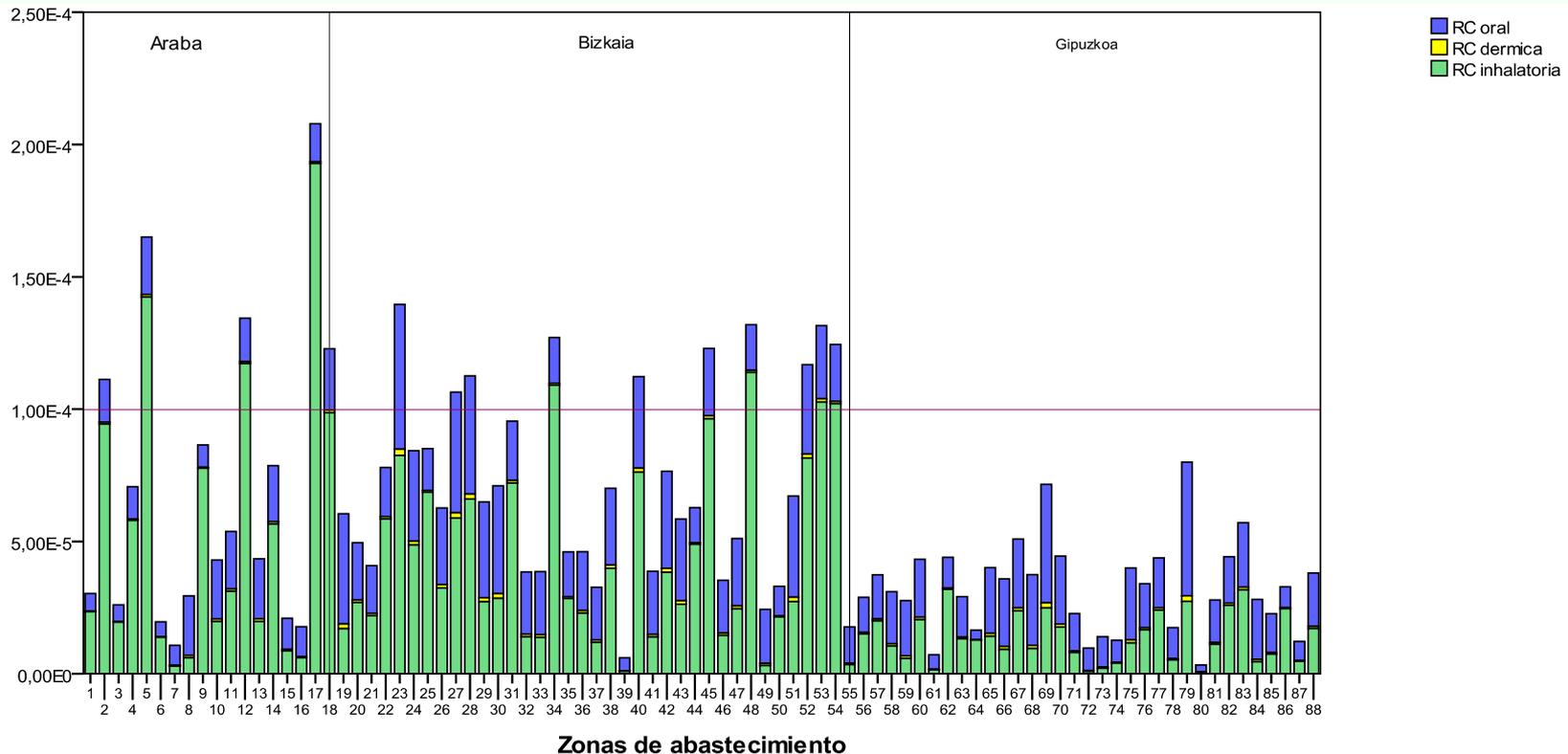


Efecto no cáncer

- ❑ Los efectos distintos a cáncer pueden considerarse **descartables** ya que la exposición total estimada a THM por todas las vías es muy inferior a las dosis de referencia considerada segura. (IR de 0,39 a 0,005)
- ❑ El peso mayor en el IR total corresponde a la exposición 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 dérmica no supera en ninguna zona el 3,6 %.
- ❑ En las zonas en las que la proporción de bromados es mayor respecto al total de THM, la contribución de la vía oral es más alta.

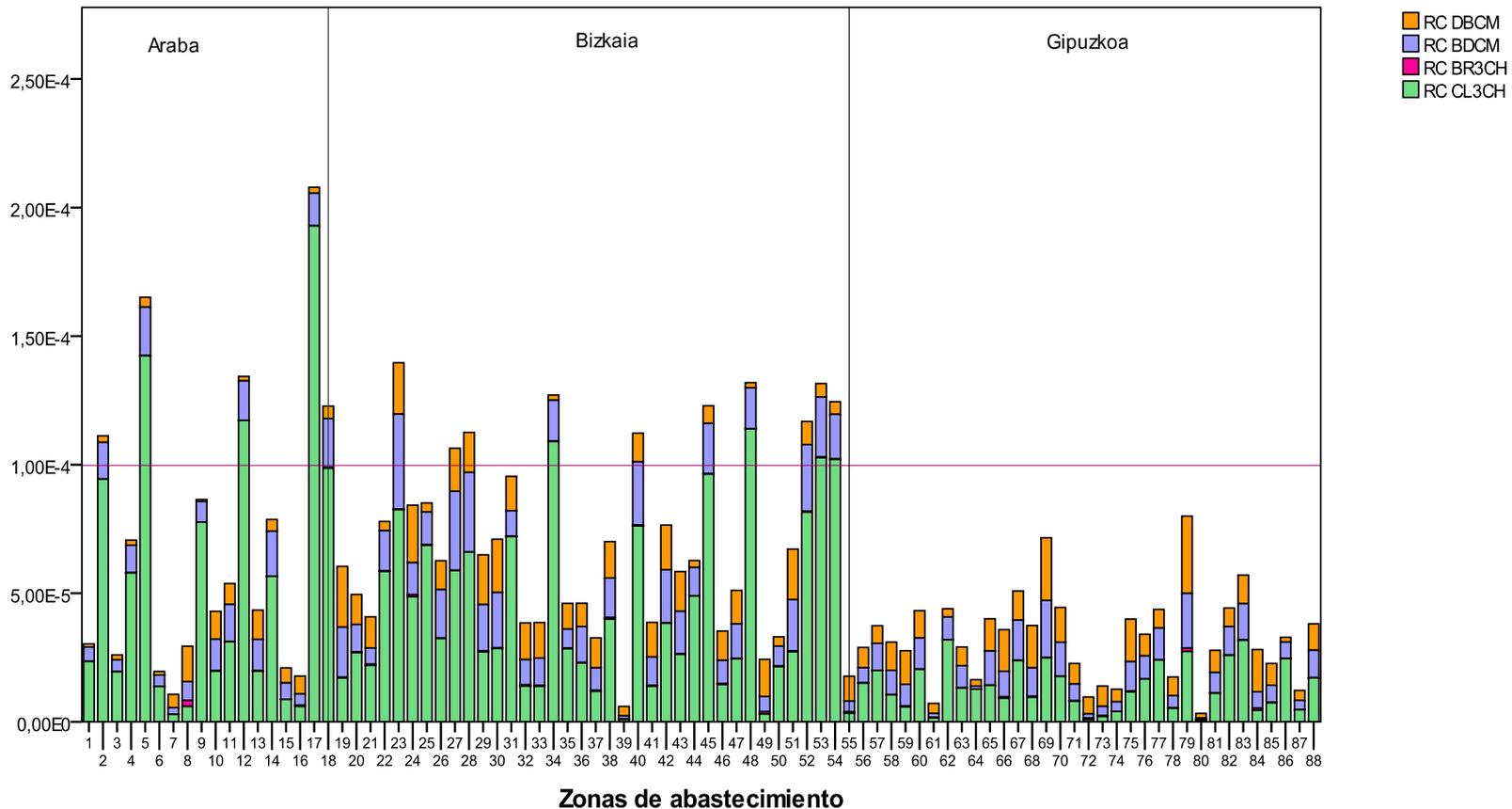
Efecto cáncer. Vías de exposición

- La vía oral contribuye desde un 87 % del total del riesgo hasta un 7 %, la inhalatoria desde el 93 % hasta 8 %
- En las zonas de la CAPV en las que el riesgo estimado es mayor, la inhalación es la vía de exposición con mayor contribución al riesgo total



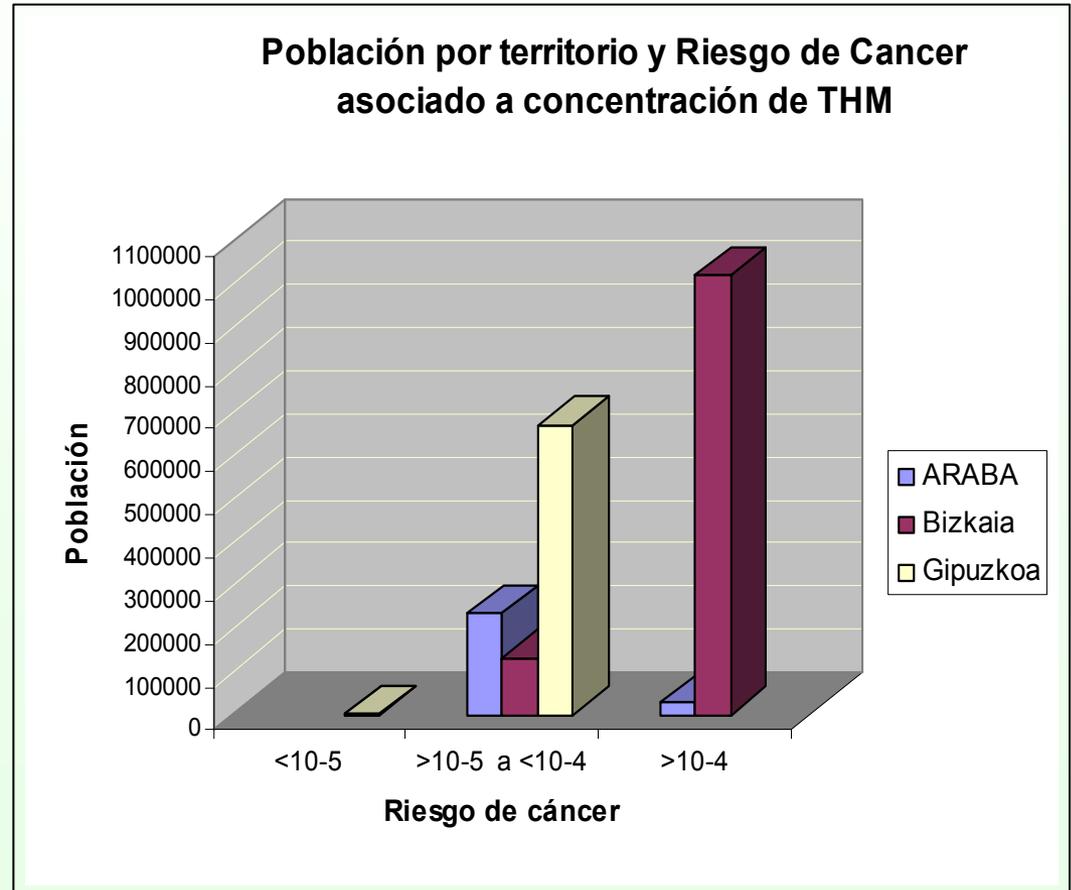
Efecto cáncer. Especies

□ En las zonas con riesgo más alto el cloroformo es la especie con una mayor contribución al riesgo



Efecto cáncer

□ El 50 % de la población (15 ZA) recibe agua con una concentración TTHM asociada a un riesgo del orden de 10^{-4} , el otro 50 % (73 ZA) presentan un riesgo por debajo de 10^{-4} , 3 zonas (3% de población $<10^{-5}$).





Evaluación de riesgos. Conclusiones

Existen 15 zonas en la CAPV en las que se pueden ensayar mejoras en el tratamiento para reducir la concentración de THM

ZONA	POBLACIÓN	CL3CH μg/L	BR3CH μg/L	BDCM μg/L	DBCM μg/L	RC THMs ORAL	RC THMs inhalatorioL	RC THMs dérmico	RC THMs TOTAL
ZUIA	1416	99,81	0,40	6,83	0,93	1,44E-05	1,93E-04	6,29E-07	2,08E-04
EMB. ARTZENIEGA	1338	73,67	0,40	10,20	1,52	2,18E-05	1,42E-04	9,51E-07	1,65E-04
URB. BERREAGA	1416	42,70	0,58	20,02	7,98	5,47E-05	8,25E-05	2,36E-06	1,40E-04
LLODIO	18641	60,67	0,39	8,27	0,70	1,64E-05	1,17E-04	7,21E-07	1,34E-04
SOLLANO	233000	58,96	0,47	8,57	0,82	1,73E-05	1,14E-04	7,55E-07	1,32E-04
VENTA ALTA	625813	53,16	1,18	12,64	2,08	2,76E-05	1,03E-04	1,20E-06	1,32E-04
GRANZAL	3975	56,45	0,60	8,57	0,81	1,73E-05	1,09E-04	7,55E-07	1,27E-04
ZUBIETE	1243	52,83	1,36	9,31	1,94	2,15E-05	1,02E-04	9,31E-07	1,24E-04
SALINILLAS	7106	49,87	1,15	10,5	2,76	2,55E-05	9,63E-05	1,10E-06	1,23E-04
AMETZAGA	1113	51,04	1,29	10,27	1,96	2,32E-05	9,86E-05	1,01E-06	1,23E-04
VA+ BASATXU	98316	42,21	1,39	14,04	3,59	3,38E-05	8,15E-05	1,46E-06	1,17E-04
ETAP BUSTURIA	3716	34,18	0,41	16,71	6,22	4,46E-05	6,60E-05	1,93E-06	1,13E-04
LEKUE	30093	39,44	1,45	13,28	4,48	3,46E-05	7,62E-05	1,48E-06	1,12E-04
AMURRIO	8553	48,84	0,40	7,71	1,02	1,62E-05	9,44E-05	7,07E-07	1,11E-04
ETAP BERMEO	16319	30,45	0,47	16,65	6,69	4,57E-05	5,88E-05	1,97E-06	1,06E-04

TABLA 7- Zonas con Riesgo de Cáncer total en rango 10^{-4} ordenadas de mayor a menor



Evaluación de riesgos. Limitaciones

- No existen dosis de referencia específicas para la vía dérmica, se han utilizado las dosis de referencia oral
- Escenario de exposición. La estimación del riesgo por vía inhalatoria es sensible a las asunciones realizadas para el cálculo de la exposición durante la ducha (estimaciones conservadoras)
- Se ha considerado por defecto la población adulta
- No existe información sobre posibles interacciones entre los 4 compuestos evaluados por lo que se ha asumido que actúan de forma aditiva

Alternativas de tratamiento ¿nivel objetivo de calidad?



Trabajo con UCVs

- **UCV voluntarios. Cuestionario**
- **Presentación de resultados preliminares**
- **Puesta en común de experiencias de trabajo de UCVs**

¿cómo se forman los SPDs?



- Se generan como consecuencia del tratamiento de desinfección del agua.
- Son el resultado de una reacción entre el agente desinfectante (oxidante) y los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua bruta (precursores)

Agente desinfectante + Precursores = SPDs

- Cloro
- Cloraminas
- Dioxido de cloro
- Ozono

- Materia orgánica natural (MON): su indicador es el COT y la absorbancia UV-254 nm

$A > [COT] > \text{reacción MON + Desinfectante} = > [SPDs]$

- Ión Bromuro (precursor inorgánico)
- El Amonio
- Efecto de la alcalinidad

¿cómo se forman los SPDs?



1.- Características del agua bruta: PRECURSORES

2.- Parámetros operacionales

Ph

- Condiciona las características de las reacciones químicas
- $A > Ph > [THMs]$ y $< [HAAs / HANs / haloacetonas]$

Temperatura del agua

- Generalmente la tasa de formación de THMs y HAAs aumenta con la temperatura

El tiempo de contacto entre desinfectante y MON

- En general $a > \text{tiempo de contacto} > [SPDs]$

Dosis y tipo de desinfectante

- El efecto dosis es más importante en la desinfección primaria
- La desinfección de refuerzo puede aumentar THMs y HAAs

¿Qué alternativas existen para controlar los SPDs?



1.- Agua de la mejor calidad posible

- **Adecuada protección de los recursos**
↓amonio / ↓ agentes reductores Fe y Mn (↓demanda de cloro)
- **Embalses.- controlar la altura de la toma de agua**

2.- Reducción de precursores en el tratamiento

- **Coagulación mejorada (elevada dosis de coagulante a bajo pH)**
- **Filtración con carbón activo**
- **BAC (combina ozonización con filtración con carbón activo)**
- **Ultrafiltración**
- **Resinas de intercambio iónico**

¿Qué alternativas existen para su control?



3.- Eliminación de los SPDs ya formados

- Aireación (air stripping) (no eficaz para eliminar HAA)
- Adsorción con carbón activo.

4.- Mejorar estrategias de preoxidación / desinfección

- Oxidantes alternativos al cloro en el pretratamiento (preoxidación):
 - permanganato potásico, ozono, dióxido de cloro
- Desinfectantes alternativos en la desinfección final:
 - dióxido de cloro y cloraminas
- Cambio del punto de preoxidación
- Control de las rechloraciones y del tiempo de permanencia del agua en la red



Características del agua y tratamientos en la CAPV

- En todas las ZA estudiadas se utiliza cloro, ya sea en el pre-tratamiento y/o en la desinfección.
- Las características del agua bruta, el tipo de oxidante utilizado y el lugar de realización de la pre-oxidación varían de una zona a otra.

Questionario



Questionarios (21)
(calidad de agua bruta, tratamientos, rechloraciones...)

Análisis de **variables** que influyen en la formación de THMs

- Origen y características del agua bruta
- Características de los tratamientos
- Tiempo de retención en la red
- Temperatura (variación estacional)



Estudio de alternativas / experiencias en la CAPV

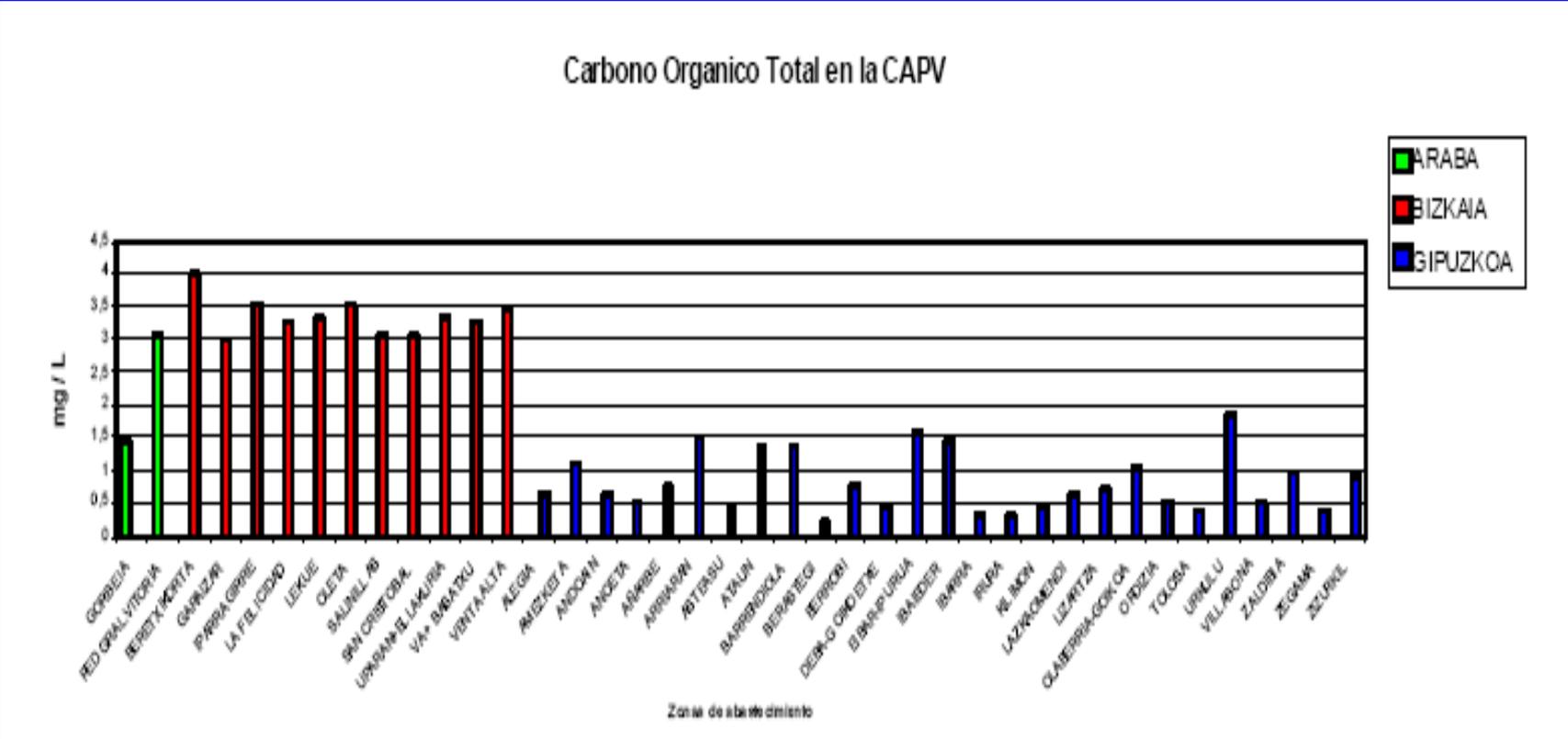


¿Nivel objetivo en la CAPV?



Origen y características del agua bruta

- Agua bruta mayoritariamente de origen superficial (ríos, embalses)
- Diferencias importantes en el contenido de materia orgánica (medida como COT). Medias de COT en Araba y Bizkaia son 3,83 y 3,25 mg/L, en Gipuzkoa 1,05 mg/L (datos de EKUIS de agua bruta)

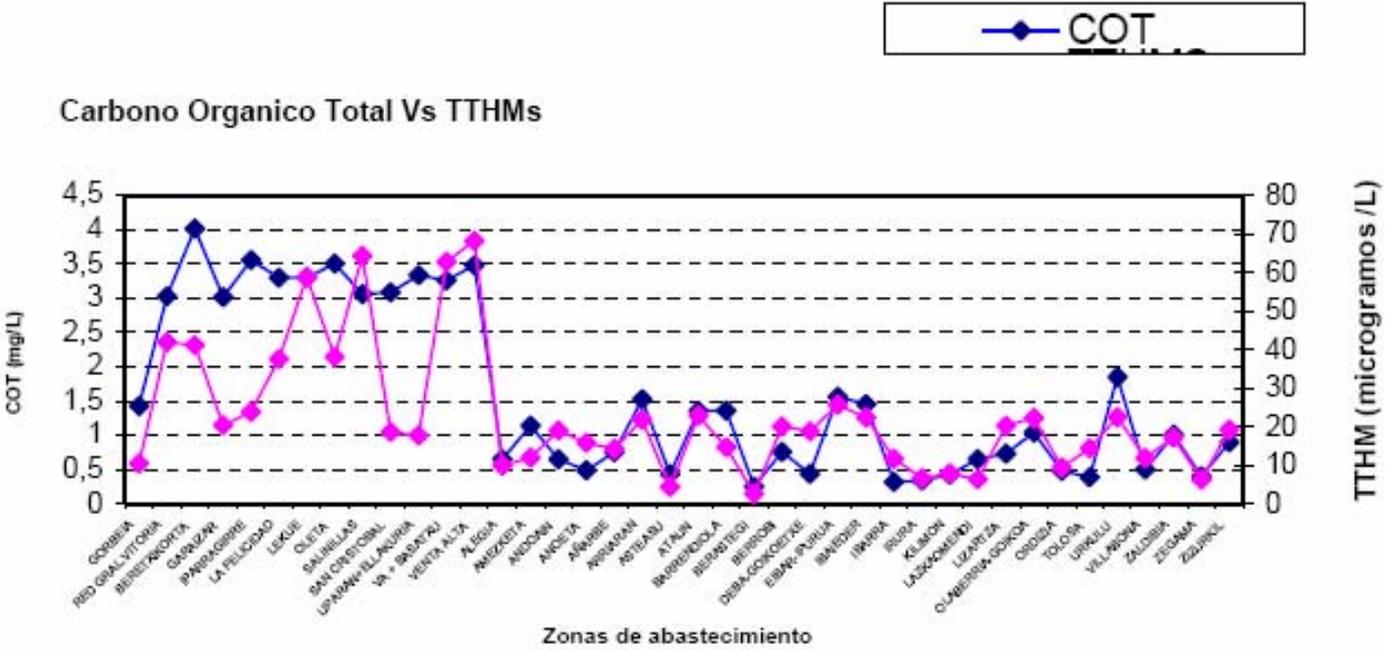




Origen y características del agua bruta

- Se ha encontrado asociación lineal positiva entre el total de THM y el contenido de COT del agua bruta en las zonas de las que se disponía del dato.

El 58% de la variación total de los valores de TTHM se asocia con el contenido de COT del agua bruta ($r^2=0,583$)





- En Araba y Bizkaia la preoxidación y la desinfección se realizan mayoritariamente con cloro.
- En Gipuzkoa, la preoxidación se realiza con ozono y la desinfección con cloro antes y después de la filtración.

Ozono en la preoxidación.

No se ha podido valorar su influencia ya que en las zonas en las que se utiliza el contenido de COT en el agua bruta es menor.

En Red General Vitoria se utiliza en verano y los niveles de THM son, de media, 11 $\mu\text{g/L}$ mas bajos que en invierno

El **cloro naciente en la preoxidacion** parece contribuir a una menor formación de THM.



Sollano

EXPERIENCIA

- Sustitución del Cl_2 gas por dióxido de cloro en preoxidación (cálculo de dosis / eliminación de clostridium).
- Estudio en red influencia tiempo de retención y variación estacional

RESULTADOS

A las dosis necesarias para eliminación de clostridios se forman cloritos y cloratos por encima del valor paramétrico



Kantauriko Urkidetza

EXPERIENCIA

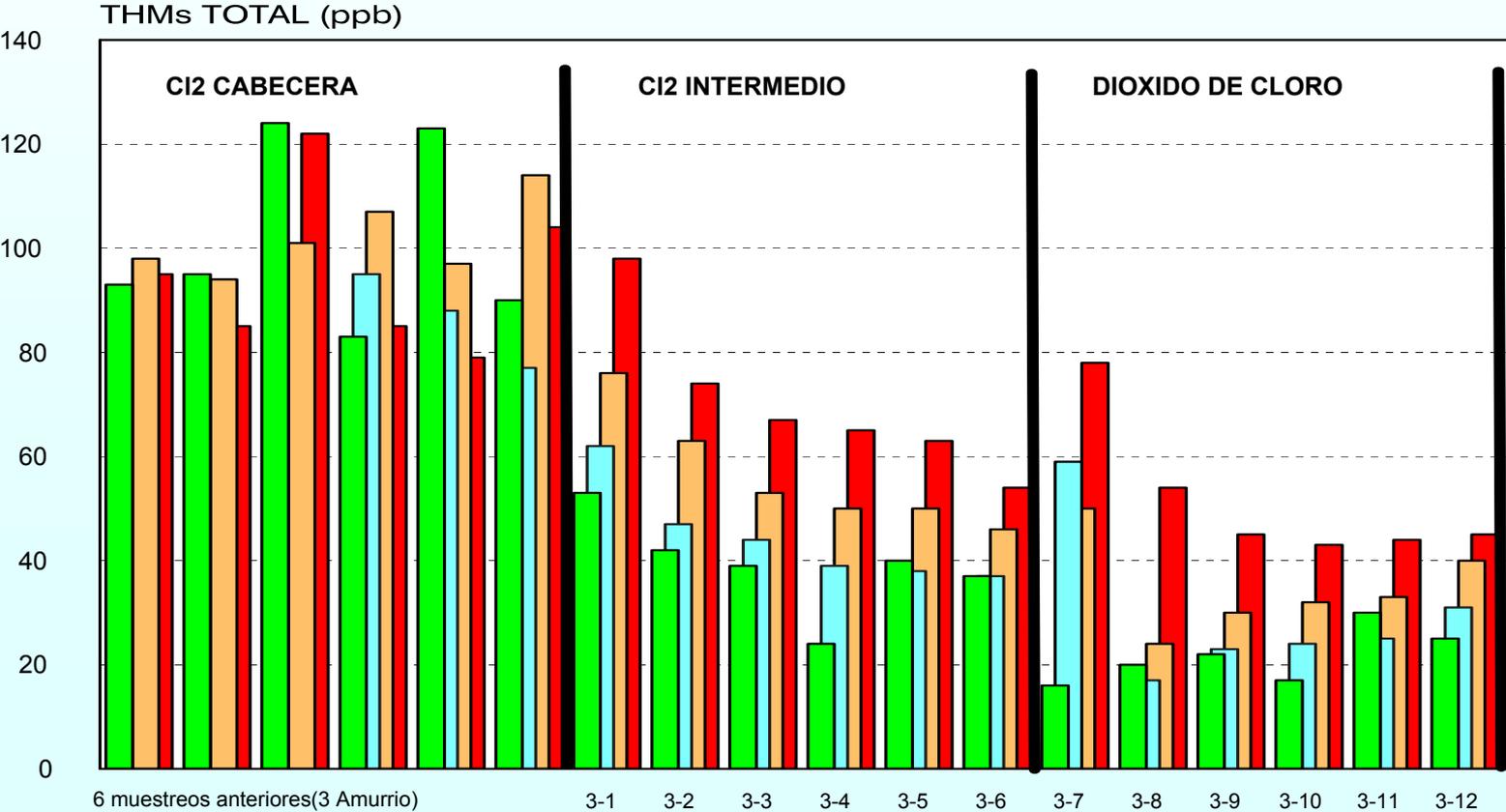
Alternativas estudiadas en plantas de tamaño medio (100 L/sg)

- Eliminación de precursores.- Modificar el punto de preoxidación de la cámara de mezcla a la salida de decantación. En verano algas en decantador por lo que se dosifica, además, dióxido de cloro (en baja cantidad) en cabecera.
- Utilizar dióxido de cloro en cabecera.



Kantauriko Urkidetza

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





Kantauriko Urkidetza

RESULTADOS

- Satisfactorios con las dos alternativas.
- El dióxido de cloro es la que da mejores resultados.
Inconveniente.- dificultades debido a sus inestabilidad (mayor dedicación de personal) y generación de cloritos y cloratos
- Han optado por el cambio en el punto de preoxidación (alternativa más económica).
Inconveniente.- algas en el decantador en verano



Venta Alta

EXPERIENCIA

Estudios de laboratorio en plantas grandes (1500 L/sg)

- Utilización de dióxido de cloro en preoxidación
- *Control en la dosificación de cloro en la preoxidación*

RESULTADOS

Importante disminución en la formación de THM pero cloritos por encima de 1 mg/L (USEPA)



CONCLUSIONES

❑ No existe una sola alternativa (combinación de varias), modificar tratamientos en función de la calidad del agua, época del año

Plantas de pequeño tamaño

- Modificar el punto de desinfección de la cámara de mezcla a la salida de decantación
- En verano para evitar algas dosificar, además, dióxido de cloro (en baja cantidad) en cabecera

Plantas grandes

- Alternativa a corto plazo.- utilizar dióxido de cloro en los meses de verano, época en la que la concentración de precursores en agua bruta es más elevada

CONCLUSIONES

- ❑ 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 los valores guía recomendados por la OMS.
- ❑ Existen diferencias geográficas en la distribución de la presencia y concentración de THM
- ❑ Existen zonas en la CAPV en las que la concentración de THM totales se asocia a un riesgo adicional de cáncer del orden de 10^{-4} . El cloroformo vía inhalatoria es la especie que más contribuye.
- ❑ La reducción de los niveles de subproductos en el agua de consumo puede ser una importante ganancia en salud para una parte importante de la población
- ❑ Existen alternativas factibles que se pueden llevar a cabo en las plantas de tratamiento de nuestro entorno.
- ❑ Siguiendo lo preconizado en la directiva- conseguir los niveles más bajos posibles de SPD sin comprometer la desinfección- existe margen de mejora de la calidad del agua en las zonas de abastecimiento con niveles más altos.

ESKERRIK ASKO

http://www9.euskadi.net/sanidad/osteba/datos/d_12_01_cont_trat_agu.pdf