

TREBALL DE RECERCA

Què s'amaga dins L'AIXETA?

ESTUDI DELS THM A L'AIGUA D'AIXETA DE GRANOLLERS I
LA SEVA IMPLICACIÓ EN L'ÀMBIT DE LA SALUT PÚBLICA

Centre: Institut Escola Municipal de Treball

Grup: 2n Batxillerat (2A)

Agraïments

Malgrat el present treball és el resultat de moltes hores de dedicació pròpia al llarg de gairebé cinc mesos, no hauria estat possible sense totes aquelles persones que m'han assessorat mentre feia la meua recerca i m'han ofert els mitjans necessaris per a resoldre les diverses qüestions i inquietuds que se m'han anat plantejant durant la realització d'aquest.

En primer lloc, m'agradaria agrair especialment a la meua tutora, la Montserrat Mata, professora de Laboratori de diagnòstic clínic, del Departament de sanitat de l'Institut EMT, qui m'ha guiat durant la recerca gràcies a les converses que periòdicament he mantingut amb ella, per haver-me resolt qualsevol dubte respecte al tema tot i no ser-ne coneixedora i haver contactat amb coneguts seus per poder tirar endavant el treball i obtenir els resultats pertinents. També, gràcies al Joan Carles Álvarez i la Lourdes Martínez, professors de Laboratori de qualitat de l'Institut EMT, per haver-me ajudat a determinar l'índex de contaminació orgànica del riu Ter i haver-me proporcionat l'instrumental i les instal·lacions necessàries per a fer-ho. Igualment, moltes mercès al meu professor de química, en Josep M. Rossell, qui m'ha aclarit certs conceptes relacionats amb la matèria de difícil comprensió. Mercès, per descomptat, també al Programa Argó; el professor de química analítica de la UAB (Universitat Autònoma de Barcelona), en Jordi Coelho; i el personal del SAQ (Servei d'Anàlisi Química) de la mateixa universitat per haver-me brindat l'oportunitat d'analitzar-hi els nivells de THM de diferents mostres, conèixer de primera mà el procés i fer ús d'un instrumental sense el qual no ho hagués pogut fer. Gràcies, també, a l'Irene Obis, cap de Relacions Institucionals i Comunicació d'ATLL (Aigües Ter-Llobregat); i l'enginyer de planta de l'ETAP (Estació de Tractament d'Aigua Potable) del Ter, en José Javier Rodríguez, per haver-me concedit una entrevista així com una visita guiada per les instal·lacions.

Així mateix, gràcies al Josep Lluís Campoy, Psicopedagog de l'Institut EMT; a la meua incondicional amiga i companya Samantha López; a la seva àvia, l'Ana Collado; i als meus pares, la Teofila Porras i l'Akram Mohammad, per haver-se compromès a participar durant un període d'un mes en l'estudi dels patrons individuals. També, els meus agraïments a tots aquells granollerins que cordialment han destinat part del seu temps a respondre les enquestes, entre ells alumnes i professors de l'Institut EMT. Mercès, també, a la meua amiga Paula Vieito, alumne de segon de batxillerat artístic de l'IES Celestí Bellera, per haver realitzat incondicionalment la portada de la memòria; i a l'Andrea Feijóo per haver-me acompanyat a enquestar a la població.

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

Per acabar, voldria dedicar aquest treball a la meva família, sobretot als meus pares i a la meva germana, per haver-me animat a ser constant; i a la meva àvia materna, ja que sense ells no seria qui ara sóc.

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

“No hi ha vida sense aigua. L'aigua és un tresor indispensable per a tota activitat humana. Contaminar l'aigua és atemptar contra la vida humana i la de tots els éssers vius que en depenen.”

Articles 1 i 3 de la Carta Europea de l'Aigua

Índex

1.	Introducció	8
1.1.	Justificació, hipòtesi i objectius de la recerca	8
1.2.	Estructura i metodologia.....	9
LA PROBLEMÀTICA SANITÀRIA DELS THM		10
2.	Els subproductes de la cloració. Els THM	10
3.	El mecanisme de formació dels THM	11
3.1.	Altres factors d'influència en la formació dels THM	12
3.1.1.	Paràmetres relacionats amb la qualitat de l'aigua.....	12
3.1.2.	Paràmetres operacionals.....	13
4.	Cinètica i comportament a l'organisme	13
4.1.	Exposició i incorporació.....	13
4.2.	Distribució interna.....	15
4.3.	Metabolisme enzimàtic.....	15
5.	Efectes sobre la salut humana. Referències epidemiològiques.....	16
5.1.	Càncer.....	16
5.1.1.	Càncer de bufeta urinària.....	17
5.1.2.	Càncer de còlon	17
5.1.3.	Altres tipus de càncer	18
5.2.	Efectes reproductius	18
5.2.1.	Viabilitat fetal	18
5.2.2.	Malformacions fetals.....	18
5.2.3.	Creixement fetal.....	19
ELS THM A LA CIUTAT DE GRANOLLERS.....		20
6.	Concreció i justificació del marc geogràfic de l'estudi	20
7.	Àmbit d'aplicació.....	21
8.	Determinació dels ítems a analitzar i anàlisi de freqüències	22

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

9.	Rellevància freqüentativa de les vies d'incorporació.....	24
10.	Determinació dels índexs de THM a l'aigua d'aixeta	25
10.1.	Recollida de les mostres.....	25
10.2.	Resultats	26
10.3.	Interpretació dels resultats	27
10.3.1.	Determinació dels precursors orgànics.....	28
10.3.1.1.	Recollida i anàlisi de les mostres	28
10.3.1.2.	Resultats	28
10.3.2.	Visita a l'ETAP del Ter d'ATLL	29
10.3.3.	De l'ETAP als punts consumptius	30
11.	Estudi dels patrons d'incorporació diària de THM	31
12.	Significació de les vies d'incorporació	33
13.	Factors de risc.....	34
13.1.	L'ocupació.....	34
13.2.	La pràctica d'un estil de vida saludable.....	34
13.3.	La freqüència de pràctica d'exercici físic.....	35
13.4.	El nivell socioeconòmic	36
13.5.	El consum d'aigua embotellada	36
14.	Conclusions.....	38
	Glossari.....	40
	Bibliografia	43
	Annexos.....	47

1. Introducció

1.1. Justificació, hipòtesi i objectius de la recerca

Fa uns mesos vaig rebre una inesperada visita a casa per part de dos comercials d'una empresa instal·ladora de filtres osmòtics que em va permetre comprovar l'enorme quantitat de clor de la qual l'aigua d'aixeta n'és portadora. Aleshores, vaig preguntar-me si el seu consum perllongat podia tenir algun efecte negatiu vers la salut humana.

Jo volia fer un treball relacionat amb l'àmbit de les ciències de la salut, ja que la meva intenció és cursar el grau de medicina, així que aquesta era l'excusa perfecte per plantejar un possible tema de treball de recerca.

Aquest darrer estiu, dins el marc del Programa Argó de la UAB, vaig ensopegar amb una tesi doctoral de l'epidemiòloga del CREAL (Centre d'Investigació en Epidemiologia Ambiental) Cristina Villanueva que avaluava el risc de patir càncer de bufeta urinària associat a l'exposició dels THM (Trihalometans), uns compostos formats durant la cloració. D'altra banda, vaig consultar diversos articles periodístics que posaven en dubte la seguretat d'utilitzar clor com a desinfectant, afirmant que aquest era el causant de 600 morts anuals a Espanya com a conseqüència dels subproductes amb propietats carcinògenes i mutagèniques que genera. Així doncs, després de conèixer la problemàtica sanitària associada a aquests compostos, vaig decidir centrar la meva investigació en ells. Arribat aquest punt, vaig pensar que potser Granollers, ciutat on visc, es trobava en la mateixa situació. D'aquesta manera, vaig formular la hipòtesi al voltant de la qual s'estructura aquest treball: *L'aigua d'aixeta de Granollers, tal i com succeeix amb la gran majoria de ciutats de la conca Mediterrània a causa de l'alt índex de contaminació orgànica dels seus cursos fluvials, presenta un nivell elevat de contaminació per THM, cosa que pot comportar un risc per a la seva població.*

En aquest context, vaig plantejar-me els següents objectius:

- Determinar la concentració de THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i les possibles causes dels resultats obtinguts.
- Conèixer els riscos sanitaris que comporta el seu consum a llarg termini.
- Establir el patró de consum d'aigua d'aixeta de la població de Granollers per conèixer la ingesta total diària de THM i establir els factors del risc.
- Comprovar si els valors obtinguts realment són una amenaça per a la salut relacionant-los amb els valors teòrics proposats per l'OMS (Organització Mundial de la Salut).

1.2. Estructura i metodologia

Aquest treball l'he dividit en dues parts. La primera, titulada *La Problemàtica Sanitària dels THM*, conté informació sobre el tema escollit, que he anat recollint de pàgines web, diaris, llibres i estudis epidemiològics. Serveix per situar-nos i conèixer des d'un punt de vista teòric la seva implicació en l'àmbit de la salut pública. En aquest apartat, intentaré respondre algunes preguntes com ara què són els THM, com es comporten aquestes substàncies en el nostre organisme i quines patologies estan associades al seu consum.

Un cop finalitzada aquesta primera etapa, recolliré diverses mostres d'aigua de diferents punts i les analitzaré per esbrinar els nivells de THM. Paral·lelament, estudiaré diversos patrons de consum individual, anotant el consum diari, directe i indirecte, d'aigua d'aixeta durant un període d'un mes. Després, mitjançant qüestionaris destinats a un barem aleatori de 150-200 persones, ho extrapolaré a la població de Granollers.

Finalment, per mitjà de la interpretació de les dades, obtindré conclusions interessants que em permetran demostrar (o no) la validesa de la hipòtesi plantejada.

És així com en els propers mesos portaré a terme aquest estudi. Espero fer una bona feina i adquirir nous coneixements.

LA PROBLEMÀTICA SANITÀRIA DELS THM

2. Els subproductes de la cloració. Els THM

S'anomenen *subproductes de la cloració* els compostos formats durant el procés de potabilització de l'aigua com a resultat de la utilització de clor com a agent desinfectant. Aquest se subministra en forma de gas o sals d'hipoclorit. En contacte amb l'aigua, es dissocia originant àcid hipoclorós, que ràpidament evoluciona a hipoclorit. En reaccionar amb la matèria orgànica, present a l'aigua per causes naturals o antròpiques, es forma una complexa mescla de compostos de naturalesa halògena, com els àcids acètics halogenats, els acetonitrils halogenats, les halocetones, els fenols clorats o els THM.

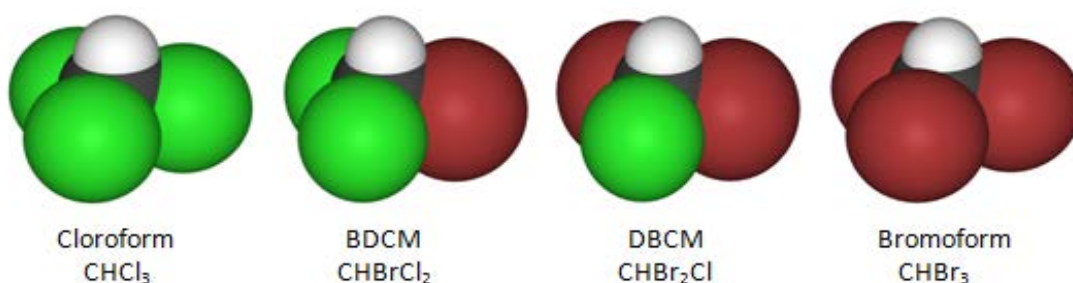
Benzaldehid	Cloroform
Benzilcianida	Cloropicrina
Bromoetà	Dibromoacetanitril
Bromobutà	Dibromiodemetà
Bromoform	Dibromoclorometà
Bromocloroacetanitril	Àcid dicloroacètic
Bromocloriodemetà	Diclorodibromometà
Bromocloropropà	1,2-dicloroetà
Bromodiclorometà	Dicloriodemetà
Bromopentacloroetà	Dicloropropà
Bromopropà	Hexacloroetà
Bromotricloroetilè	Hexacloropentadiè
Tetraclorur de carboni	p-hidroxibenzilcianida
Cloral	Iodoetà
Clorobutà	Metilbromodicloroacetat
Clorodibromometà	1,1,1-tricloroacetanitril
Clorodimetà	Triclorofenol

Taula 1. Compostos formats durant la cloració

D'aquests, els més abundants són els THM, descoberts per primera vegada a l'aigua potable l'any 1974, als EUA (Estats Units d'Amèrica). Es tracta de compostos orgànics, amb fórmula general CHX_3 , constituïts per un àtom de carboni unit covalentment a tres radicals halogenats, que poden ser brom, clor, fluor, iode o una combinació d'ells. Els THM més freqüents a les aigües de consum humà són el cloroform o triclorometà, el BDCM (bromodiclorometà), el DBCM (dibromoclorometà) i el bromoform o tribromometà, de manera que habitualment es poden fer servir com a indicadors químics de la qualitat de l'aigua clorada. En altres paraules, un contingut elevat d'aquests compostos ens podrà alertar sobre la probable existència d'altres compostos organoclorats, que poden resultar encara molt més tòxics. N'existeixen

també d'altres de minoritaris que no són objecte d'anàlisi constant. Ens referim als THM iodats o els THM fluorats.

Des d'un punt de vista fisicoquímic, tots són líquids incoloros a temperatura ambient i extremadament volàtils, amb una baixa solubilitat en aigua d'1 mg/l. Aquest comportament justifica la seva ràpida evaporació i consegüent presència en baixes concentracions a l'atmosfera. D'altra banda, part de les seves propietats estan determinades pel contingut de bromurs. Per exemple, la substitució química per radicals bromats accentua el seu caràcter **liposoluble**, cosa que implica un increment de la seva reactivitat amb els teixits i la probabilitat de ser transformats en compostos intermediaris inestables. Malgrat això, són transportats i metabolitzats amb facilitat.



Il·lustració 1. Estructura molecular tridimensional dels quatre THM majoritaris. Les esferes verdes simbolitzen àtoms de clor mentre que les vermelles corresponen a àtoms de brom

3. El mecanisme de formació dels THM

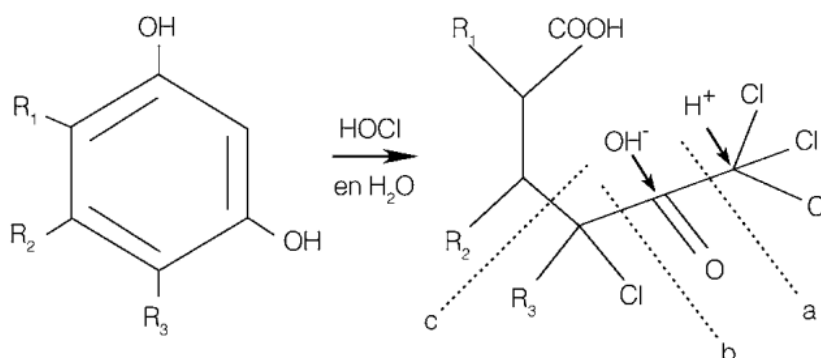
La formació dels THM comprèn un conjunt de complexes **reaccions electrofíliques** que es perllonguen fins l'esgotament dels reactius. L'efectivitat d'aquest procés dependrà bàsicament del pH de la cloració i la quantitat de precursors orgànics.

Primerament, la seva catàlisi té lloc en medis bàsics, és a dir, amb un pH superior a 7. Així doncs, com més alt sigui el seu valor, més elevat serà també el **PFTHM** (Potencial de Formació de THM), assolint el valor màxim a pH 8-9. Aquest fet és degut fonamentalment a dos factors. D'una banda, l'ió hipoclorit, que és la forma desinfectant més estesa a causa de la seva alta reactivitat, únicament és actiu dins aquest rang de pH. De l'altra, l'atac electrofílic als **ions fenoxi**, que possibilita la posterior formació dels diferents productes halogenats gràcies a l'obertura del **cicle aromàtic** de les molècules orgàniques precursors, es veu afavorit amb un increment del pH del medi, atribuït a la seva **alcalinitat**. De la mateixa manera, existeix una correlació positiva entre el PFTHM i la concentració de precursors orgànics.

En un primer moment es pensava que les metilcetones de baix pes molecular, com l'acetofenona o l'acetilfenona, que propicien determinats processos químics tals com

l'**enolització**, eren el principal desencadenant orgànic de la seva formació, perquè a pH alts generen cloroform. En veure com escassejaven en medis hídrics naturals, especialment no contaminats, es va concloure que les substàncies húmiques amb **estructures cícliques del tipus resorcinol o m-hidrobencèniques** n'eren la causa, ja que tenen tendència a reaccionar ràpidament com a conseqüència de l'elevat nombre de carbonis aromàtics i **grups funcionals** que presenten. D'aquesta manera, en funció del grau de reactivitat, podem distingir dos tipus de substàncies precursors: les que són responsables de l'aparició de THM en les primeres hores contigües a la cloració (THM instantanis), i les que provoquen un augment lent durant dies (THM terminals).

Reunides totes aquestes condicions, l'anell aromàtic perd electrons (oxidació) que són acceptats immediatament pels ions hipoclorit (reducció) i s'obre, provocant que els hidrògens siguin substituïts per halògens. Segons quin sigui el lloc de ruptura (a,b,c), la naturalesa dels productes diferirà.



Il·lustració 2. Reacció de formació dels subproductes de la cloració. Si la ruptura es produeix per a, es formen els THM

3.1. Altres factors d'influència en la formació dels THM

Els paràmetres que condicionen el PFTHM els podem agrupar en dos grups: els relacionats amb la qualitat de l'aigua abans d'incorporar-se al cicle de potabilització i els operacionals.

3.1.1. Paràmetres relacionats amb la qualitat de l'aigua

Aquests paràmetres estan íntimament lligats amb l'origen de les aigües a tractar i el règim estacional i són:

- **La temperatura:** un augment de la temperatura fa que les molècules reactives es moguin a més velocitat i, per tant, que augmenti la probabilitat de trobada i que es produeixi la reacció. Altrament, els canvis tèrmics estacionals influeixen en el volum i la composició de

la càrrega orgànica transportada pels rius, doncs els períodes de fortes precipitacions i desgel possibiliten l'escolament de matèria orgànica cap als cursos fluvials.

- **La concentració d'ions bromur:** alts nivells d'ions bromur afavoreixen la formació de THM bromats en detriment dels clorats. No obstant, la concentració de bromoform augmenta més ràpidament que la de BDCM i DBCM. Per un altre costat, la velocitat de reacció també es veu incrementada, perquè l'àcid hipobromós reacciona amb la matèria orgànica més ràpidament que l'àcid hipoclorós arran de ser un eficaç agent de **substitució** halògena.

3.1.2. Paràmetres operacionals

Són aquells que depenen del tractament al qual l'aigua és sotmesa. Aquests són:

- **La dosi de clor lliure:** el clor en forma combinada, resultat de la seva associació amb altres compostos inorgànics, no té cap influència vers el PFTHM. Únicament el lliure és susceptible de reaccionar i formar THM. Com més alta sigui la seva concentració, més gran serà la síntesi de THM clorats. Tot i això, existeix un valor límit a partir del qual s'indueix la formació d'altres compostos, com els àcids acètics halogenats.
- **El temps de reacció i contacte:** la proporció de THM formats serà més elevada com major sigui el temps d'exposició entre el clor i els precursors. Malgrat tot, les reaccions no es donen de manera indefinida ni amb el mateix rendiment. Durant el tractament de l'aigua i els primers estadis del seu subministrament, la demanda de clor és màxima, la qual cosa comporta un major PFTHM. Posteriorment, es produeix un decreixement proporcional a la quantitat de clor existent.
- **El tractament de l'aigua:** la utilització d'ozó, radiació ultraviolada A, diòxid de clor o cloramines com a agents desinfectants no generen THM, però presenten altres inconvenients (baixa viabilitat econòmica, generació in situ). El clor, en canvi, sí.

4. Cinètica i comportament a l'organisme

4.1. Exposició i incorporació

Malgrat que la ingesta d'aigua clorada és la via d'incorporació de THM més habitual, n'existeixen d'altres, com la inhalació o l'absorció dèrmica, rellevants en determinades situacions. Activitats tan quotidianes com dutxar-se o banyar-se constitueixen importants fonts d'exposició a l'acció dels THM, atès el seu caràcter altament volàtil. És així que s'estima que una dutxa calenta de 10 minuts equival a la ingesta de 2,7 litres d'aigua freda clorada.

Tanmateix, existeixen diferències entre ambdues activitats, de manera que el bany registra una major taxa d'absorció dermal i inhalació a causa d'un major temps d'exposició. Aquests resultats, però, no s'han de considerar transcendents, ja que a la pràctica la població no acostuma a banyar-se diàriament.

En els nedadors aquest risc es veu reforçat considerablement, donat que les piscines presenten un nivell més alt de THM. D'una banda, estan sotmeses a un tractament de desinfecció mitjançant habitualment clor, a fi d'evitar la proliferació de microorganismes patògens. Inevitablement, el clor reacciona amb la matèria orgànica preexistent a l'aigua, originant THM. Per l'altra, els banyistes aporten matèria orgànica addicional en forma de cabells, suor, restes de teixit, saliva, etc., contribuint a l'augment dels nivells de THM. Aquesta problemàtica s'accentua encara més en el cas de les piscines interiors, perquè, al tractar-se d'espais reduïts i tancats, la seva concentració augmenta progressivament a l'aire i, per tant, poden ser inhalats. En funció del grau d'esforç del nedador i de la seva freqüència respiratòria, el volum de THM al plasma sanguini serà menor o major.

Altrament, la ingesta d'aigua de piscina representa una ruta potencial d'incorporació sempre i quan el consum sigui igual o superior a 100 ml i continuat. No obstant, a diferència dels usuaris de saunes, la fracció absorbida a través de la pell és poc significativa, a causa de la baixa temperatura de l'aigua respecte a l'entorn. Com més hidratada estigui la pell, més alta serà, ja que al ser més permeable, deixarà passar més substàncies al seu través. Tot i això, existeixen diferències entre els quatre THM, essent el bromoform el més permeable. Es calcula que la dosi mitjana diària de THM absorbida per la pell és del 40-70%.

Però no només l'aigua és portadora d'aquests compostos, sinó que també certs productes alimentaris d'origen animal i vegetal n'incorporen. Les majors concentracions (100 µg/kg) s'han detectat en productes d'ús diari, entre ells els greixos vegetals, els cereals infantils, la pizza, el peix fresc, la vedella o les begudes de cola. Això és perquè els THM no metabolitzats són susceptibles de **bioacumular-se** en els teixits, així és que poden transmetre's d'un nivell a un altre de la cadena tròfica fins a arribar als humans.¹

A més dels aliments, també s'han identificat al voltant de 5000 components i materials que emeten cloroform en petites traces de fins a 10 µg/g, com la tinta, els adhesius, l'escuma o les pel·lícules fotogràfiques.

¹ Un exemple de tot plegat és l'episodi de contaminació marina que va tenir lloc l'any 1881 a sis zones costaneres de Noruega com a conseqüència de l'abocament incontrolat massiu de substàncies químiques, entre elles THM, per part d'indústries papereres, plantes químiques i afluents agraris. El resultat va ser catastròfic: es van detectar fins a 2000 µg/kg de cloroform en nou espècies de peixos.

4.2. Distribució interna

Els THM s'absorbeixen al llarg del tracte digestiu. De resultes de la seva polaritat, són compostos **lipòfils**, per la qual cosa s'acumulen a les fraccions lipídiques dels teixits biològics i a òrgans com els ronyons i el fetge. De tota manera, la vida mitjana al cos és petita, des de mitja hora fins a 5 o 8 hores segons el compost.

- **Cloroform**: també és absorbit extensament en els pulmons. Encara que és distribuït per tot el cos, dades recents mostren una interdependència entre la via d'incorporació i la distribució en els teixits. La inhalació i l'absorció dèrmica resulten en una distribució més directa als teixits extrahepàtics i la sang. Aquest fet suposa un risc per a les dones embarassades, perquè pot ser transferit a través dels vasos sanguinis placentaris i repercutir negativament vers el desenvolupament fetal o embrionari.
- **THM bromats**: la substitució per bromurs pot induir canvis en la disposició cel·lular, ja que afecta a la solubilitat dels teixits. Ara bé, no s'han observat efectes a llarg termini en la distribució dels teixits en rosegadors d'experimentació, motiu pel qual es considera que a nivells baixos la seva acció és pràcticament innòcua. D'entre els òrgans afectats, els que contenen els nivells més alts són l'estómac, els ronyons i el fetge.

4.3. Metabolisme enzimàtic

Les reaccions metabòliques dels THM estan regulades per **complexos enzimàtics** que possibiliten la seva transformació en substàncies menys tòxiques que poden ser excretades a través de l'aparell respiratori, el digestiu i l'urinari. Aquestes esdevenen fonamentalment al fetge i els ronyons, òrgans amb funció de destoxificació cel·lular. Segons quin sigui el producte final, es poden distingir tres tipus de vies: l'eliminació per via respiratòria, quan és diòxid de carboni o monòxid de carboni; la biotransformació oxidativa, si s'obté fosgè; i la biotransformació reductiva, si es tracta d'un compost amb **radicals diclorometil**. L'equilibri de les dues últimes depèn de certs paràmetres, com l'espècie, la dosi, el teixit o la **tensió d'oxigen**. En tots els casos, però, intervenen una sèrie de molècules intermèdies amb capacitat reguladora, els metabòlits intermediaris, responsables de la seva toxicitat. Al seu torn, poden induir l'activació d'altres vies causants de **mutacions** en el material genètic o anomalies en el ritme de reproducció cel·lular que poden desencadenar en un càncer. D'altra banda, la fracció no metabolitzada tendeix a acumular-se temporalment en forma d'**adipòcits**.

- **Cloroform:** el metabolisme del cloroform està **catalitzat** pel complex enzimàtic citocrom P450, que l'oxida a un compost clorat monocarbonat, el triclorometanol. Arran de ser un compost molt inestable, aquest s'escindeix instantàniament en una molècula d'àcid clorhídric i **fosgen**. Aquest últim reacciona ràpidament amb una molècula d'aigua o **compostos de tipus tiol**, tals com el glutatió o la cisteïna, originant compostos intermediaris reactius que s'uneixen covalentment amb macromolècules formant **adductes**. Del contrari, la seva associació amb la fracció proteica d'un teixit podria causar danys en les cèl·lules i, fins i tot, la seva mort. Tot i que aquest procés ocorre essencialment als **microsomes hepàtics**, també pot donar-se a l'**escorça renal**, la llengua, les genives, les galtes, la mucosa palatal, els bronquis, la laringe, l'esòfag i la nasofaringe, essent igualment afectats.
- **THM bromats:** la importància del seu metabolisme rau en el seu potencial mutagènic. Quan la ingesta es dona per via oral, el complex enzimàtic GSTT1, que catalitza la **conjugació** de la forma reduïda del glutatió amb una gran varietat de compostos electrofílics i **hidrofòbics**, com el **DNA**, pot induir danys en el **genoma** de les cèl·lules. És així que diversos assaigs clínics amb bacteris del gènere *Salmonella* apunten un lleuger increment de mutacions per substitució de bases, com transicions de nucleòtids de guanina i citosina a adenina i timina, associat a la seva exposició. No obstant, aquest fet no és equivalent en tots els THM bromats. Generalment, els metabòlits intermediaris del bromoform i el BDCM tenen una major capacitat mutagènica i **genotòxica**.
- **Barreja de THM:** les combinacions binàries de cloroform i BDCM, DBCM o bromoform són susceptibles de provocar un augment dels nivells de cloroform no metabolitzat en sang i del potencial de toxicitat. En el cas del DBCM i el bromoform, a més a més, es produeix un increment del temps de persistència a la sang i els teixits.

5. Efectes sobre la salut humana. Referències epidemiològiques

5.1. Càncer

El càncer és una malaltia que consisteix en el creixement accelerat de determinades cèl·lules alterades que poden desplaçar-se a través del sistema circulatori o limfàtic a altres punts (metàstasi). Aquests canvis en el ritme de reproducció cel·lular poden ser provocats per substàncies químiques, però els efectes que causen no són immediats, sinó que necessiten repetició. Els THM en són un exemple, ja que poden induir tumors en rosegadors d'experimentació exposats a dosis elevades a llarg termini. De tots quatre, el BDCM és el que

presenta un major potencial carcinogen per inhalació en concentracions elevades en l'aire, de manera que és susceptible de generar micronuclis en el DNA. A més, gran part dels estudis epidemiològics evidencien una correlació positiva entre la ingestió d'aigua clorada i el desenvolupament de certs tipus de càncer, com el de bufeta urinària, el de còlon o el de recte. Les primeres evidències corresponen a l'any 1993, quan en un **estudi cas-control** es van detectar associacions entre la ingesta d'aigua clorada i el càncer de colon en no fumadors de 60 anys i més. Tanmateix, la IARC (Associació Internacional de Recerca contra el Càncer) classifica exclusivament el cloroform i el BDCM com a possibles agents carcinògens, exclouent el BDCM i el bromoform per falta d'evidències. Cal remarcar, però, les limitacions que presenten pel que a les mesures d'exposició.

El mecanisme de carcinogenitat està regulat per processos no genotòxics, secundaris a la **citotoxicitat**. La gènesi de tumors depèn del temps que triga el THM en ser alliberat a l'òrgan diana, el nivell de saturació dels mecanismes de destoxificació hepàtics i renals i el potencial del THM per induir mutacions i altres danys en el DNA.

5.1.1. Càncer de bufeta urinària

Aquest tipus de càncer és el més associat a l'acció dels THM, amb mesures de **risc relatiu** superiors a 1. L'any 1993, un estudi va establir una associació positiva entre el risc a patir-lo, el volum d'aigua d'aixeta clorada consumit i el temps d'exposició, assignat tardanament en 35 anys, en homes no fumadors. Aquest matís és important, ja que fumar és un factor de risc a considerar, fins al punt que, tres anys després, un altre estudi, a Iowa (EUA), va concloure que, en homes fumadors, l'exposició prèvia a subproductes de la cloració augmentava el risc a patir-lo. Tanmateix, en dones exposades a un subministrament d'aigua superficial clorada *així com a les quatre espècies de THM* no es va observar aquesta dinàmica. La validesa d'aquests resultats, però, és baixa, ja que el període d'estudi va ser de 8 anys.

5.1.2. Càncer de còlon

En aquest camp, són dos els estudis que indiquen un increment estadístic del risc a patir càncer de còlon per exposició a l'aigua clorada. El primer d'ells va registrar una associació significativa únicament en homes. El segon, atès que només hi van participar persones del sexe femení, només va detectar un cas en dones. Es va suggerir, doncs, que possiblement existeixen diferents perfils de risc en funció del sexe, ja que en les dones la incidència era insignificant.

5.1.3. Altres tipus de càncer

Es tracta de tumors com el càncer de cervell, el càncer de ronyó, el càncer de fetge, el càncer de pulmó, el càncer de mama, el càncer d'esòfag i la leucèmia. S'ha de dir que els resultats són poc consistents i clars. Uns estudis estableixen associacions estadísticament positives mentre que d'altres negatives. En d'altres, el risc és positiu, però no estadísticament significatiu o bé no mostren una correlació entre exposició i efecte.

5.2. Efectes reproductius

En aquest marc, les evidències epidemiològiques són inconsistents malgrat que diversos estudis durant la dècada dels 90 hagin identificat associacions positives entre l'exposició als THM i un mal desenvolupament embrionari i fetal.

5.2.1. Viabilitat fetal

Pel que fa a l'avortament espontani i la mort fetal, les evidències no són prou significatives, tot i que un **estudi cohort** va reportar a Califòrnia (EUA) un augment de l'avortament espontani en mares que consumien 5 o més gots d'aigua d'aixeta clorada amb concentracions de 75 µg/l. En detectar els THM presents, es va observar que el BDCM, en concentracions inferiors a 18 µg/l, n'era l'únic implicat. Un altre estudi va concloure que aquest risc era dues vegades superior en el cas de les persones que consumeixen aigua d'aixeta procedent de fonts superficials que no pas subterrànies o mixtes. El mateix va detectar una correlació significant entre l'augment de la concentració de THM i una exposició més alta durant el mes d'agost, no relacionada amb la dosi ingerida ni l'origen de l'aigua. D'altra banda, diverses referències epidemiològiques mostren un augment de naixements prematurs per a dones exposades a més de 100 µg/l, havent-hi una dependència, per als quatre THM barrejats, el cloroform i el BDCM, respecte la dosi. Aquest últim, però, a concentracions de 20 µg/l.

5.2.2. Malformacions fetals

Diverses **anomalies congènites** associades als THM han estat descrites, però el risc és generalment baix. D'entre les d'alt risc destaquen els defectes cardíacs (deficiències en les vàlvules cardíques) i del sistema nerviós (alteracions en el tub neuronal), el **llavi leporí** i les anomalies cromosòmiques a nivells superiors a 80 i 100 µg/l. També, s'han detectat defectes respiratoris i en el tracte urinari. No obstant, no són del tot concloents pel baix nombre d'estudis realitzats al respecte i la baixa consistència dels patrons d'associació.

5.2.3. Creixement fetal

L'efecte més freqüentment avaluat ha estat el baix pes dels nens en néixer. L'any 1996, en un estudi hospitalari a Itàlia, es van referir nadons amb un índex corporal inferior a l'ídoni, les mares dels quals havien consumit aigua clorada durant un període de 30 anys o més. Recentment, l'any 2000, es van estudiar els efectes de l'aigua clorada en diversos **paràmetres somàtics**, observant-se alteracions en el diàmetre del cap i la llargada del cos. El present estudi va corroborar, a més a més, la influència dels THM en el baix pes dels nounats i els naixements prematurs. Tanmateix, altres evidències neguen la validesa d'aquests resultats a causa de la no troballa de repercussions vers el creixement fetal, tot i que afirmen que, en els municipis amb subministrament d'aigua clorada, la taxa de prematuritat és major.

ELS THM A LA CIUTAT DE GRANOLLERS

6. Concreció i justificació del marc geogràfic de l'estudi

Precedentment a la realització d'un estudi, s'ha de triar una zona, amb unes característiques determinades, on centrar les observacions. Amb l'objectiu de determinar la concentració de THM en l'aigua d'aixeta i avaluar-ne l'exposició, vaig escollir la comarca catalana del Vallès Oriental, més concretament, la seva capital, Granollers, per diversos motius.

Des d'una òptica mediambiental, la demanda hídrica del terme municipal és suplerta amb les aigües que nodreixen la conca hidrogràfica del riu Ter², típicament mediterrani. Per tant, es tracta d'una àrea altament vulnerable, atès que la vessant mediterrània presenta uns nivells superiors a la mitjana espanyola, tal i com ho evidencien diversos estudis independents d'abast nacional i regional³. En relació al consum d'aigua d'aixeta, l'any 2010⁴, s'hi va registrar un consum de 4.310.431 m³, xifra que representa el 17,4% del volum total d'aigua consumida al Vallès Oriental durant el susdit any, la cinquena comarca amb un consum més elevat. A més, segons la darrera enquesta de salut a Catalunya⁵, entre el 50 i el 70% de la població occidental



Figura 1. Mapa del Vallès Oriental. S'hi representa la capital i els municipis més rellevants, a més a més, dels topònims i antropònims de referència

² En aquest marc, cal remarcar que el fet que es tracti d'un riu mediterrani, és a dir, que experimenta anualment fluctuacions, condicionades per una pluviometria molt irregular, pel que fa el seu cabal, comporta una variabilitat en funció de l'època de l'any dels nivells de matèria orgànica, ja que les pluges torrencials pròpies de la tardor n'afavoreixen el transport cap als rius.

³ A tall d'exemple, l'any 2006, l'OCU (Organització de Consumidors i Usuaris) va publicar un informe on posava de manifest la ineptitud de l'aigua d'aixeta de sis ciutats espanyoles per al consum humà. En aquest context, la ciutat valenciana d'Alacant, juntament amb 21 capitals de província, superava la frontera legal, establerta en els 100 µg/l. EL MUNDO. *El agua del grifo no es potable en seis ciudades españolas. L'OCU denuncia que Cáceres tiene las cañerías más contaminadas y que hay 12 capitales en las que «cuanto más se consume menos se paga»* [en línia]. Madrid: El Mundo, 2006.

<<http://hispagua.cedex.es/documentacion/noticia/44483>> [Consulta: 15 octubre 2011]

⁴ IDESCAT (Institut d'Estadística de Catalunya). *Consum d'aigua. Facturació. Comarques, àmbits i províncies*. [en línia]. Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya, 2011.

<http://aprenestadistica.gencat.cat/secundaria/activitats/mediambient/aigua_consumim.jsp> [Consulta: 22 desembre 2011]

⁵ GENCAT (Portal web de la Generalitat de Catalunya). *Pla de salut de Catalunya a l'horitzó 2010*.

Informe de salut a Catalunya. Avaluació dels objectius de salut 1a part. [en línia]. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2009.

<http://www20.gencat.cat/docs/pla-salut/La_salut/arxius_documents/0_Pla_de_salut_de_Catalunya_a_l_horitzo2010_1a%20part_tot.pdf> [Consulta: 15 desembre 2011]

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

vallesana de 15 anys i més afirma beure'n de manera habitual i el 90% declara utilitzar-la per a cuinar. Això implica una desviació positiva del 17% respecte a la mitjana catalana. Podem classificar el municipi, doncs, com a indret d'ús generalitzat d'aigua d'aixeta i, consegüentment, d'interès per a realitzar-hi l'estudi.

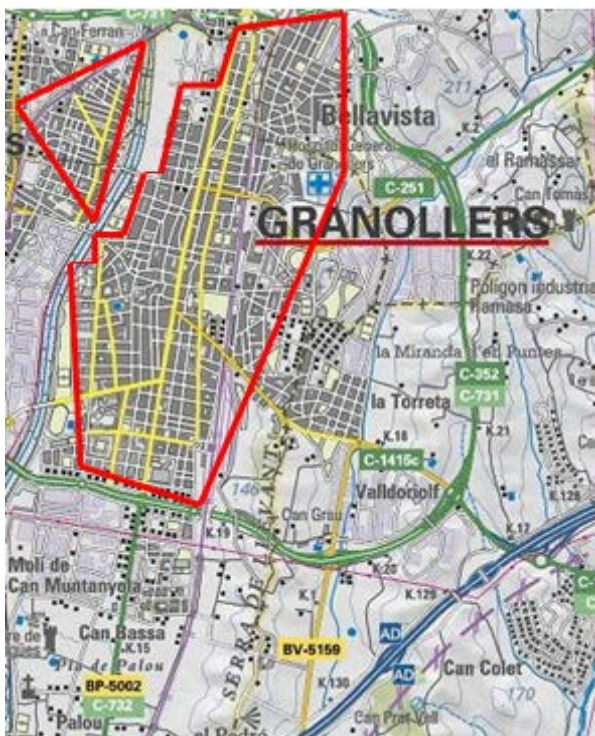


Figura 2. Plànol de Granollers. En vermell, s'hi assenyalava la zona d'abast de l'estudi

Malgrat que els barris de Can Bassa, Can Gili i Palou formen part del nucli poblacional, l'anàlisi se centrarà pròpiament en la ciutat, travessada de nord a sud pel riu Congost, que conflueix a l'alçada de Montmeló amb el riu Mogent. El municipi, a més a més, compta amb reserves d'aigua subterrània (Pou de Can Jonch, Mina de la Font del Cargol, Pou del Parc de Ponent) destinades exclusivament al reg i la neteja viària, ja que es troben contaminades pels residus procedents de l'antic abocador de RSU (Residus Sòlids Urbans) de Palou i les activitats agropecuàries. Dels 60.004 habitants que

hi resideixen, 32.215 es dediquen fonamentalment a la indústria i els serveis (comerç i turisme), restant al voltant de 5.693 persones a l'atur.

7. Àmbit d'aplicació

Un criteri de diferenciació de l'aigua potable respecte d'altres, com l'aigua envasada, l'aigua medicinal o l'aigua termal que no tenen cap implicació vers la salut pública, prou estès és l'ús al qual es destina. Segons la llei d'aigües actual⁶, que estableix els criteris sanitaris que tota aigua ha de complir a fi de ser considerada apte per al consum humà, engloba l'aigua potable en tres àmbits d'ús, dins dels quals un mal tractament pot tenir greus repercussions en les persones: l'àmbit domèstic, l'àmbit industrial i l'àmbit comercial i públic. El present estudi se centrarà en el primer d'ells, essencialment en la investigació de la incidència de les activitats

⁶Gobierno de España. BOE 45 (Boletín Oficial del Estado): REIAL DECRET 140/2003, del 7 de febrer. [en línia]. Madrid: Gobierno de España, 2003. <http://www.boe.es/boe_catalan/dias/2003/03/17/pdfs/A01532-01548.pdf> [Consulta: 16 novembre 2011]

més significatives per als diferents grups amb què tradicionalment la demografia ha classificat l'espectre poblacional (població vella, població jove i població adulta segons l'edat; i població aturada, població activa i població inactiva en funció de l'activitat professional). Els motius pels quals s'ha decidit no incloure els dos altres àmbits són:

- L'existència de rangs poblacionals que no exerceixen cap activitat professional i, per tant, no s'exposen a aquests subproductes de la cloració a través d'aquestes situacions. Parlem, evidentment, de la població inactiva i la població aturada.
- El fet que la major part de la població activa es dedica únicament a un sector d'ocupació (primari, secundari o terciari).
- La utilització de piscines, saunes i jacuzzis, englobat dins l'àmbit comercial i públic, no és una activitat comuna al conjunt total d'habitants de la ciutat. A més, acostuma a tenir un caràcter estacional. No obstant, es tindrà en compte en l'extrapolació de les dades a la població granollerina per avaluar el risc als efectes dels THM.

8. Determinació dels ítems a analitzar i anàlisi de freqüències

Per elaborar els patrons de consum i calcular la ingesta diària de THM, quatre persones diferents pel que fa el sexe i l'edat van comprometre's a anotar, durant un període de 5 dies, totes les activitats amb les quals entressin en contacte, amb independència de la via d'exposició, amb l'aigua d'aixeta, incloent la seva freqüència diària. Considerant que la freqüència mínima amb què es pot realitzar una activitat és 1, es descartaran aquelles amb valors inferiors a la unitat. A la següent taula s'expressen els resultats obtinguts:

Activitat	Freqüència Mitjana Diària Població Jove Home	Freqüència Mitjana Diària Població Jove Dona	Freqüència Mitjana Diària Població Adulta Home	Freqüència Mitjana Diària Població Adulta Dona	Freqüència Mitjana Diària Total
Beure	4	2,6	3,6	4,4	3,65
Respatllar-se les dents	2,4	1	1	1,4	1,45
Dutxar-se	1	1,4	0,8	1	1,05
Rentar-se les mans	2,4	2	2,2	1,4	2
Rentar-se la cara	1	1	1,2	1	1,05
Rentar els plats	0	0,8	2,6	1,4	1,2

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

Neteja de superfícies	0	1,6	0,8	1	0,85
Bidet	0	0	1,4	0	0,35
Rentar aliments	0	0,4	0	2	0,6
Regar les plantes	0	0,4	0	0	0,1
Omplir globus d'aigua	0	0,2	0	0	0,05

Taula 2. Freqüències mitjanes diàries i totals per a dos grups poblacionals i els dos sexes respecte a diferents activitats d'exposició als THM.

En ordre decreixent, beure, rentar-se les mans i respallar-se les dents són les activitats més freqüents, amb valors superiors a la mediana, corresponent a 1,2 vegades. Seguidament, amb valors propers a la unitat, destaquen rentar els plats, dutxar-se i rentar-se la cara, essent les dues darreres, des d'un punt de vista freqüentatiu, equivalents. D'entre aquestes, no s'hi detecten diferències en les relacionades amb la higiene personal entre ambdós sexes i grups poblacionals, mentre que en les relacionades amb les tasques de la llar s'observa una segregació a raó d'edat. Aquest fet és degut a què, oposadament als menors de 25 anys, els homes són cada vegada més participatius en les tasques tradicionals de la llar, sobretot en aquelles lligades a la cuina, i el percentatge de dones que s'hi dediquen ha disminuït gairebé un punt. Tanmateix, netejar superfícies, utilitzar el bidet, rentar els aliments, regar les plantes o omplir globus d'aigua presenten un interval de freqüència amb un màxim de 0,85. Per tant, no s'estudiarà posteriorment la seva significació, però sí s'interpretaran a continuació tant els resultats com les possibles causes d'aquests.

Primerament, únicament es registren tendències a la neteja de superfícies i el rentat d'aliments, de manera que en ambdós casos la freqüència mitjana diària és més alta a les dones. ⁷Segons dades de l'INE (*Instituto Nacional de Estadística*), el temps dedicat per les dones (91,9%) a la llar és dues hores superior al dels homes (74,7%), tot i l'augment en cinc punts de la participació masculina en l'àmbit domèstic. Ara bé, dins el sexe femení, cal destacar, pel que fa al rentat d'aliments, la diferència del 80% existent a càrrec de la població adulta. Sembla ser que els menors de 25 anys empenen el seu temps essencialment en l'estudi (3 hores i 13 minuts), les aficions i la informàtica (1 hora i 23 minuts), en detriment de les tasques de la llar (<1 hora). D'altra banda, s'observen desequilibris notoris en el cas de la utilització del bidet, el regar les plantes o l'omplir globus d'aigua. No obstant, en tractar-se

⁷ INE. *Encuesta de Empleo del Tiempo 2009-2010. Resultados definitivos*. [en línia]. Madrid: Instituto Nacional de Estadística, 2011.

<<http://www.ine.es/prensa/np669.pdf>> [Consulta: 15 desembre 2011]

d'activitats bé aleatòries bé puntuals, ja que en tots tres casos només una única persona les realitza i amb valors generalment baixos, no s'han considerat significatius.

9. Rellevància freqüentativa de les vies d'incorporació

Ja determinades les activitats dels patrons de consum, s'estudiarà el paper relatiu de les diferents vies d'incorporació així com la seva freqüència. La via inhalatòria es tracta d'una ruta d'exposició omnipresent en les sis activitats seleccionades, ja que els THM són compostos molt volàtils. La volatilitat està condicionada per una pressió de vapor de saturació elevada. Com més alta sigui, més molècules en estat de vapor existiran en un recipient tancat, la qual cosa comporta, en el cas d'un recipient obert, una evaporació més ràpida. De fet, experimentalment, es compleix que les substàncies químiques que tenen una pressió de vapor superior a 0,75 mmHg són gasos a temperatura ambient. Per corroborar que les condicions de pressió i temperatura a Granollers afavoreixen la volatilització dels THM, es van calcular, partint dels valors de referència, les pressions de vapor dels 4 THM per a la temperatura i la pressió atmosfèrica mitjana anual de Granollers. A la taula següent es mostren els resultats de la conversió:

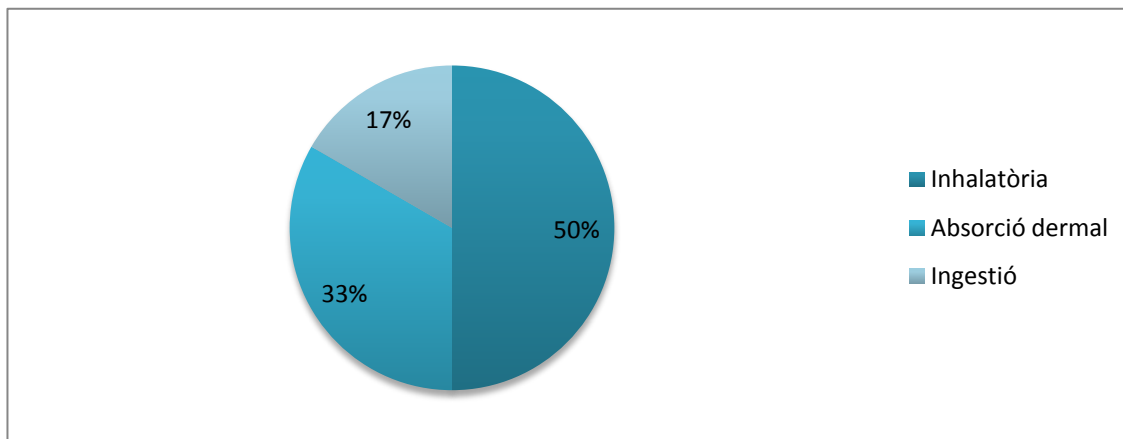
THM	760 mmHg i 20 °C VALORS DE REFERÈNCIA (mmHg)	779,76 mmHg i 14,9 °C VALORS A GRANOLLERS (mmHg)
Cloroform	159,6	121,95
BDCM	49,5	37,82
DBCM	76	58,07
Bromoform	5,03	3,84

Taula 3. Pressions de vapor dels THM més freqüents en les aigües de consum humà al nivell del mar i a Granollers

Com era de preveure, els valors obtinguts són relativament alts en comparació amb altres compostos químics, com els compostos orgànics persistents, que, en contraposició als THM, romanen al medi ambient de forma persistent, perquè no poden ser degradats per processos ni oxidatius ni microbiològics. En són exemple el DDT ($1,2 \times 10^{-4}$ mmHg) o l'hexaclorobencè (0,06 mmHg). També era d'esperar que en el cas del cloroform el valor fos més alt respecte el BDCM, el DBCM i el bromoform, doncs amb la substitució per bromurs, la volatilitat disminueix.

En contrast, només són 4 (dutxar-se, rentar-se les mans, rentar-se la cara i rentar els plats) les activitats en les quals l'absorció dèrmica hi juga un paper important. En el cas de la ingestió, el nombre es redueix a 2 (respatllar-se les dents i beure). Això és així perquè malgrat que

ambdues exigeixen el contacte directe amb l'aigua durant un interval de temps significatiu, la pell és un òrgan extern i les mucoses de la cavitat bucal són teixits interns.



Gràfic 1. Freqüències percentuals de les tres vies d'incorporació de THM a l'organisme

De les tres vies possibles, es dedueix que el 60% de la ingesta diària de THM es fa per via inhalatòria. Amb una diferència del 27%, a continuació, trobem l'absorció dermal i, finalment, la ingestió. Els percentatges obtinguts, però, no impliquen estrictament una alta ingesta de THM, ja que una via pot ser molt freqüent, però la quantitat de THM incorporada pot ser mínima, donat el baix volum d'aigua emprat. En l'estudi dels patrons de consum, es comprovarà si existeix una correlació entre aquestes variables.

10. Determinació dels índexs de THM a l'aigua d'aixeta

10.1. Recollida de les mostres

La cromatografia de gasos amb mostrejador *headspace*⁸ ha estat el mètode escollit per analitzar el contingut de THM en diferents mostres d'aigua d'aixeta. Els punts de captació han estat escollits totalment a l'atzar, tot assegurant la inexistència de focus de contaminació organohalogenada, ja que s'obtidrien gràfiques incongruents amb pics altíssims per a cadascun dels THM. Aquests són:

- Els Jardins de l'Enginyer.
- La Plaça Serrat i Bonastre.
- La Plaça de La Llibertat.
- El Passeig Fluvial, a l'alçada del carrer Pius XII.

⁸ Vegeu l'annex A on es detalla el mètode analític emprat així com les consideracions que s'han tingut present alhora d'executar el protocol.

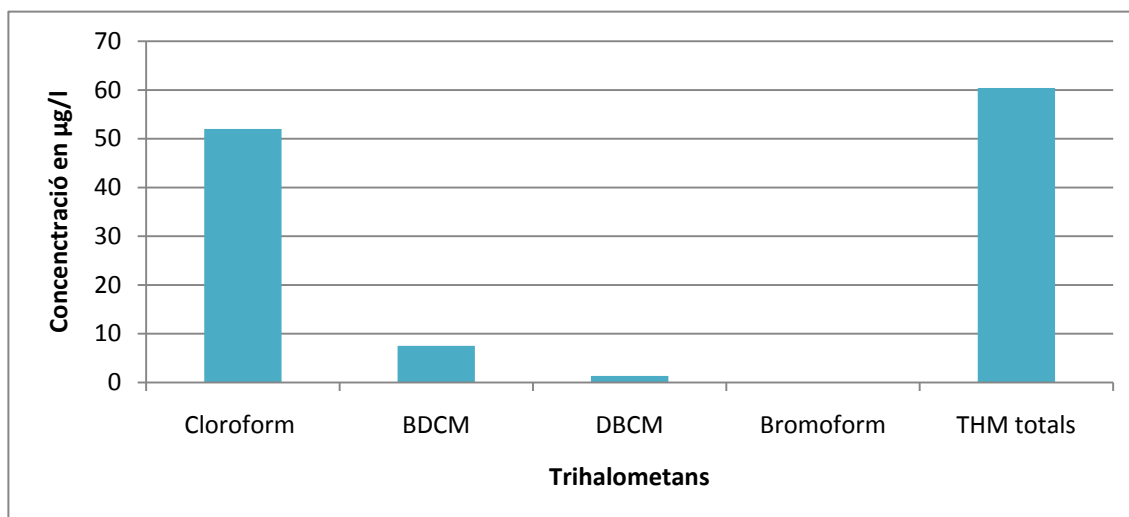
Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública



Figura 3. Situació dels punts de captació

10.2. Resultats

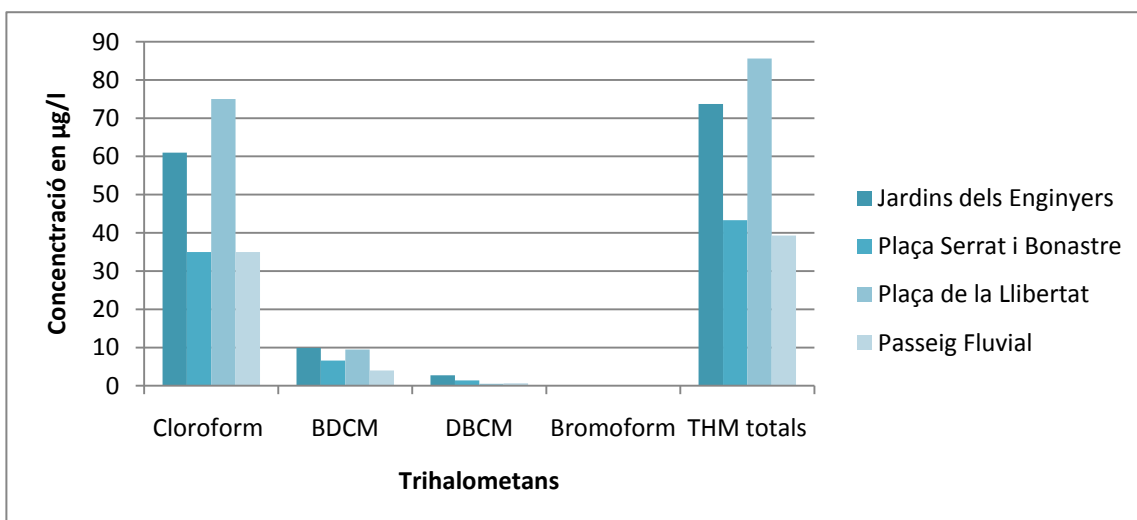
Després d'haver determinat els nivells de THM en l'aigua d'aixeta de Granollers, els gràfics obtinguts han estat els següents:



Gràfic 2. Concentració mitjana de THM en l'aigua d'aixeta de Granollers

En concordança amb la literatura científica, s'observen diferències entre els 4 THM pel que fa la seva abundància absoluta i relativa. El THM més abundant és el cloroform, amb una concentració màxima de 75,5 µg/l. Contraposadament, no s'ha detectat la presència de bromoform a l'aigua, i el BDCM i el DBCM presenten una concentració mitjana que no arriba

als 10 µg/l. Aquests resultats són indicadors d'un baix contingut en ions bromur a les aigües del riu Ter, ja que la formació de bromoform es dona a nivells alts. Això és plenament justificable, doncs al llarg del curs fluvial no és localitzen explotacions salines, que són la principal font de bromurs. Aquesta situació és completament oposada, per exemple, al cas del riu Llobregat, on la formació del bromoform és un fenomen més habitual, perquè les sals bromades resultants de l'explotació de les mines de potassa de Sallent, Súria, Balsareny i Cardona es filtren o s'escolen des dels runams gràcies a la pluja, salinitzant els torrents, els aqüífers i les fonts que van a parar al riu. Per tant, la fisicoquímica fluvial és un paràmetre determinant en la dinàmica de formació dels THM. En aquest marc, els nivells són més alts per al BDCM que per al DBCM, doncs el primer únicament presenta un radical bromat i, en conseqüència, requereix concentracions inferiors de bromurs.



Gràfic 3. Concentració dels quatre THM en els diferents punts de captació

De la mateixa manera que en el primer gràfic, en aquest es percep una variabilitat en els nivells segons la plaça. Tanmateix, en cap se superen els límits legals de THM totals, situat en els 100 µg/l. El valor més alt és 85,6 µg/l, que correspon a la Plaça de la Llibertat, indret on es registren també els nivells més alts de cloroform, BDCM i DBCM.

10.3. Interpretació dels resultats

Considerant el mecanisme de formació dels THM, la meua hipòtesi és que les baixes concentracions obtingudes són degudes a una escassa càrrega orgànica, i la desigualtat entre places respon a les transformacions que l'aigua experimenta en el transcurs de la xarxa de distribució, perquè, com ja hem vist, la seva cinètica de reacció es pot veure alterada per diversos paràmetres.

10.3.1. Determinació dels precursors orgànics

10.3.1.1. Recollida i anàlisi de les mostres

Per comprovar la hipòtesi relativa a la contaminació orgànica del riu Ter, s'ha determinat l'índex de permanganat⁹. Les mostres van ser recollides a diferents punts de la població gironina de Sarrià de Ter.

10.3.1.2. Resultats

A la taula adjunta, s'especifiquen els resultats¹⁰ obtinguts:

	Determinació 2 (mg O ₂ /l)	Determinació 3 (mg O ₂ /l)	Mitjana (mg O ₂ /l)
Mostra 1	4,07	4,26	4,165
Mostra 2	2,8	2,66	2,73
Mostra 3	3,5	2,26	2,88

Taula 4. Índexs de permanganat obtinguts en la segona i la tercera determinació així com la seva mitjana

En ambdues determinacions, l'índex de permanganat està comprès en totes les mostres dins l'interval d'acceptabilitat, que se situa entre 0,23 i 8,17. Cal destacar, a més a més, que en tots els casos, els valors es troben per sota de la mediana que es 4,2. Tot plegat ens indica que la quantitat d'oxigen consumit així com la de l'ió permanganat és molt baixa i, consegüentment, també ho és la càrrega orgànica del riu Ter. Això és perquè el sistema hídric d'aquest està regulat pels embassament de Sau i Susqueda, i la presa del Pasteral. Anàlogament a un decantador, en aquestes instal·lacions, la capacitat de transport de l'aigua cessa, fent que les partícules sòlides més pesants (fangs) sedimentin per l'efecte de la gravetat, és a dir el seu propi pes, dipositant-se al fons i disminuint la terbolesa de l'aigua. Aquest procés es repeteix tres vegades fins a la seva captació, de manera que, en arribar a l'ETAP, els nivells de matèria orgànica són considerablement més baixos.

⁹ Vegeu l'annex B on s'especifica el mètode analític emprat així com les consideracions que s'han tingut present alhora d'executar el protocol.

¹⁰ Com s'aprecia, només s'especifiquen els índexs de la segona i la tercera determinació, perquè els volums consumits en la volumetria de la primera diferien considerablement dels anotats a la segona i la tercera. Com a possibles causes, cal apuntar una mala utilització de l'instrumental de laboratori, especialment les pipetes volumètriques, i la pèrdua per evaporació d'una bona part del volum de la mostra com a conseqüència d'escalfar-les a temperatures elevades.

10.3.2. Visita a l'ETAP del Ter d'ATLL



Imatge 1. Vista general de l'ETAP del Ter

ATLL és una empresa pública propietat del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya que s'encarrega de gestionar i ordenar l'abastament d'aigua procedent de les conques dels rius Ter i Llobregat a les comarques del Barcelonès, el Baix Llobregat, el Maresme, el Garraf, l'Anoia, el Vallès Occidental i el Vallès Oriental. Això ho fa gràcies a una complexa

xarxa d'instal·lacions de captació, plantes de tractament, dipòsits, estacions de bombament i xarxes de distribució. L'aigua de Granollers és captada a la presa del Pasteral, des d'on és conduïda a través d'una canonada de 56 km de longitud i 3 m de diàmetre a l'ETAP del Ter, situada entre els termes municipals de Cardedeu i Llinars del Vallès. Aquí l'aigua és potabilitzada, procurant eliminar el màxim de matèria orgànica i substituint el clor per alternatives igualment eficients per disminuir la formació de THM.

En relació a l'optimització de l'eliminació de matèria orgànica, són tres els processos que ho possibiliten. En primer lloc, en arribar a la planta, s'afegeix a l'aigua diòxid de clor, un eficaç i persistent **oxidant** que presenta l'avantatge que no genera THM quan és subministrat com a primera agent desinfectant, en la precloració. A més, destrueix els **fenols** que hi són presents. Ara bé, requereix d'una preparació complexa, produeix clorits i clorats i no elimina l'amoníac. Tot



Imatge 2. D'esquerra a dreta. A dalt: obra d'arribada i obra de mescla (adició del coagulant). A baix: decantadors i filtres de carbó actiu

seguit, s'hi afegeix un coagulant, el policlorur d'alumini, per neutralitzar les càrregues negatives responsables de la repulsió entre les partícules sòlides en suspensió amb una mida inferior a 50 µg, formant-se coàguls. Per accelerar el procés, l'aigua passa als decantadors on gràcies a l'acció d'un floculant, els coàguls s'aglomeren, de manera que s'obtenen partícules més grans, els flocs, que sedimenten. El resultat és una aigua pràcticament clarificada, però encara no potable. Per acabar de purificar-la, és filtrada a través de llits de carbó actiu. Els grans de carbó actiu són estructures molt poroses que observades amb el microscopi semblen esponges rígides per l'interior de les quals circula l'aigua, quedant retinguts per **adsorció** els

contaminants orgànics. Quan el cabal d'aigua disminueix, s'ha d'efectuar, aproximadament 1 o 2 cops l'any, una neteja fora de la planta, anomenada reactivació del carbó actiu. Amb aquestes tres operacions unitàries, la càrrega orgànica disminueix en més d'un 50%, tot i això l'eliminació mai és completa i, en conseqüència, cal optimitzar les etapes d'aplicació del clor.



Imatge 3. Cloració amb clor gas després de passar pels filtres de carbó actiu

L'etapa de desinfecció final amb clor gas és obligatòria per legislació, ja que s'ha de mantenir una concentració mínima de clor lliure a fi de garantir que l'aigua arribi en condicions òptimes als municipis. En aquest cas, és d'1 mg/l, relativament baixa. Per disminuir el volum de clor gas utilitzat, s'efectua l'etapa de precloració amb diòxid de clor descrita anteriorment, sobretot a l'estiu, quan les altes temperatures acceleren la velocitat de reacció entre el clor i la matèria orgànica. La temperatura,

però, ja és un paràmetre que es té en compte durant la captació, ja que al no haver **corrents de convecció** a la presa, l'aigua es troba estratificada en funció de la temperatura i, per tant, es pot seleccionar la profunditat de captació, captant aigua més o menys freda segons l'època de l'any.

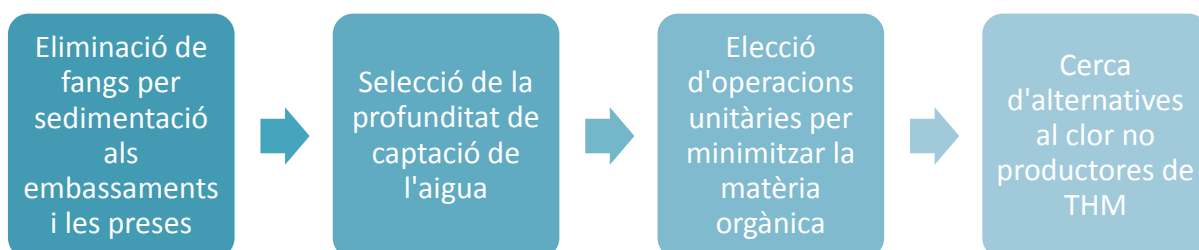


Diagrama 1. Sinopsi de l'optimització dels nivells de matèria orgànica

10.3.3. De l'ETAP als punts consumptius

Quan l'aigua surt de l'ETAP, és competència dels ajuntaments el control de la seva qualitat i la distribució als domicilis, indústries i comerços. En el seu recorregut, pot experimentar canvis que poden incrementar els nivells de THM. Una primera hipòtesi és que en certs punts podria haver-hi incorporacions de matèria orgànica, donat que el nombre d'averies en la xarxa de distribució granollerina té una tendència a l'alça. No obstant, això queda totalment descartat,

ja que l'aigua circula a pressió gràcies a l'acció de bombes hidràuliques que possibiliten la seva arribada a tots els punts, de manera que sempre que es produeixen incidències, contràriament a les aigües residuals, hi ha fuites i no incorporacions.

Sembla ser que la variabilitat dels resultats està relacionada amb el temps de contacte entre el clor residual i la matèria orgànica no oxidada. Les reaccions que esdevenen entre ambdós no són permanents, sinó que deixen de produir-se en el moment que s'esgota un dels reactius. En altres paraules, per molt que l'aigua romangui dies a les canonades sense ser utilitzada no es formaran contínuament THM. En aquest context, pot ser que sigui necessari reclarar l'aigua a causa del consum total del clor lliure, cosa que faria augmentar els nivells si encara quedés matèria orgànica per oxidar. Aquest procés és portat a terme per l'empresa distribuïdora d'aigües que, en el cas de Granollers, és Sorea.

Una altra possible causa pot ser la heterogeneïtat de la xarxa de distribució. En certs punts, hi ha uns dispositius que desgasifiquen l'aigua, els obturadors. Atès la volatilitat dels THM, pot passar que l'aigua que raja en les fonts en les quals s'han determinat els nivells més baixos n'hagin prèviament travessat un.

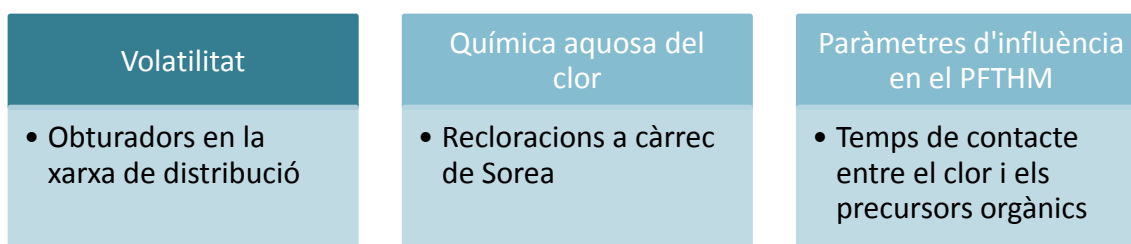


Diagrama 2. Sinopsi dels factors d'influència en la variabilitat dels resultats obtinguts

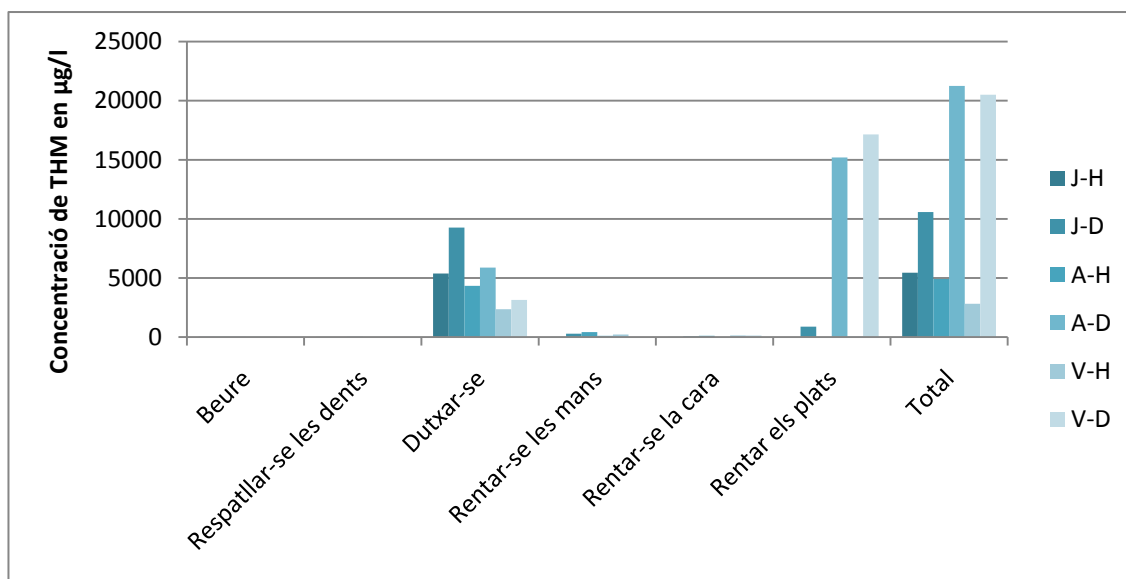
11. Estudi dels patrons d'incorporació diària de THM

A fi de determinar la ingesta diària de THM per als diferents grups poblacionals, sis persones van registrar indirectament, en unitats de temps o gots, el seu consum d'aigua per a les activitats seleccionades, a excepció de beure¹¹. Transcorreguts 30 dies, es va procedir a enquestar a la població i es van realitzar els càlculs adients. Els resultats obtinguts han estat els següents:

¹¹ El motiu pel qual s'ha decidit no incloure beure com a activitat en l'estudi dels patrons individuals rau en el fet que en les enquestes ja es pregunta per la mitjana diària de gots que els diferents grups poblacionals consumeixen. En conseqüència, no és necessari disposar de valors de referència per estimar el consum diari de THM per aquesta ruta, sinó que amb els resultats obtinguts en la quantificació és suficient.

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública



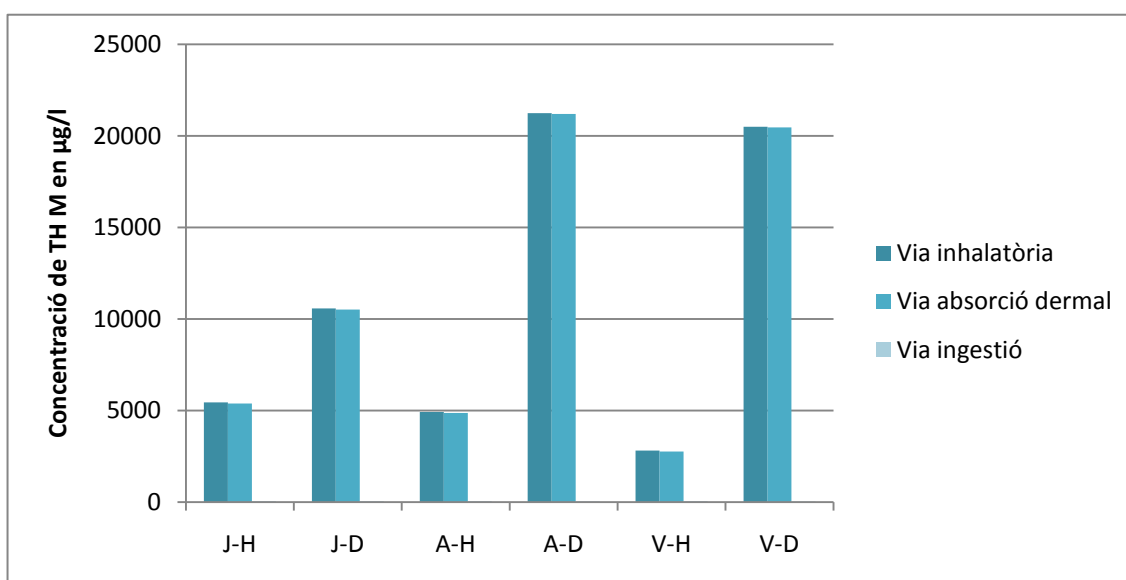
Gràfic 4. Nivells de THM incorporats diàriament pels diferents grups poblacionals

Com s'observa, les dones adultes són les que més THM incorporen, oposadament als homes, els quals presenten valors molt allunyats de la mediana, que se situa en 8011,47 µg/l. Tanmateix, en el sexe masculí, la incorporació augmenta amb l'edat. Aquesta dinàmica és deguda a què les dones, arran de tenir una major preocupació per l'estètica, romanen més temps a la dutxa, i són les que usualment renten els plats. També, es percep, en les dones, com a major edat, menor incorporació, de manera que la població femenina jove presenta els valors més alts. Per una banda, el temps extra que els joves empren en la seva higiene personal, els adults i els ancians l'utilitzen per a realitzar altres tasques de la llar, com és el cas del rentat de plats. A més, s'ha de considerar, a banda de la major conscienciació per l'estalvi que té a causa del baix nivell d'ingressos, que la població vella és més dependent i, per tant, freqüentament menys aquest tipus d'activitat. Per l'altre, el rentat de plats, que resulta exclusiu en les dones i l'activitat amb què més THM incorporen, és menys recurrent en la població adulta, que, amb una diferència de l'11% respecte la vella, que opta pels mètodes tradicionals, cada vegada més utilitza el rentavaixelles, disminuint així l'exposició.

En segon terme, per tant, trobem beure, respatllar-se les dents i rentar-se les mans i la cara. En el primer cas, la taxa d'incorporació és més alta als joves i els homes, amb una mitjana de 35,6 i 33,8 µg/l respectivament. En relació a la segona activitat, es detecten diferències de fins el 45 % dins de cada sexe, de manera que, als homes, la incorporació és més elevada en adults que no pas en ancians. Pel que fa a l'edat, les diferències són molt petites, essent la població vella, amb una mitjana de 22,54 µg/l, la que més THM consumeix per aquesta ruta. Entre sexes, però, existeix una variació del 20% a favor de les dones. La següent activitat, el

rentat de mans, es tracta, amb una mitjana de 270,65 µg/l, d'una via potencial per a la població adulta. No obstant, les diferències entre homes i dones, de fins el 95%, són més pronunciades en el cas de la població jove i la població vella. Mentre que en vells i joves les noies es renten més les mans, en adults ho fan els nois. Tot i això, en homes, la incorporació és més alta, d'aproximadament 217 µg/l. Per acabar, en el cas del rentat de cara, els valors més alts, situats al voltant dels 140,21 µg/l, corresponen a la població vella, de manera que com més edat, més costum de rentar-se la cara, essent els homes, igualment que els adults i contràriament als joves, els més exposats, amb una diferència del 50% respecte les dones.

12. Significació de les vies d'incorporació



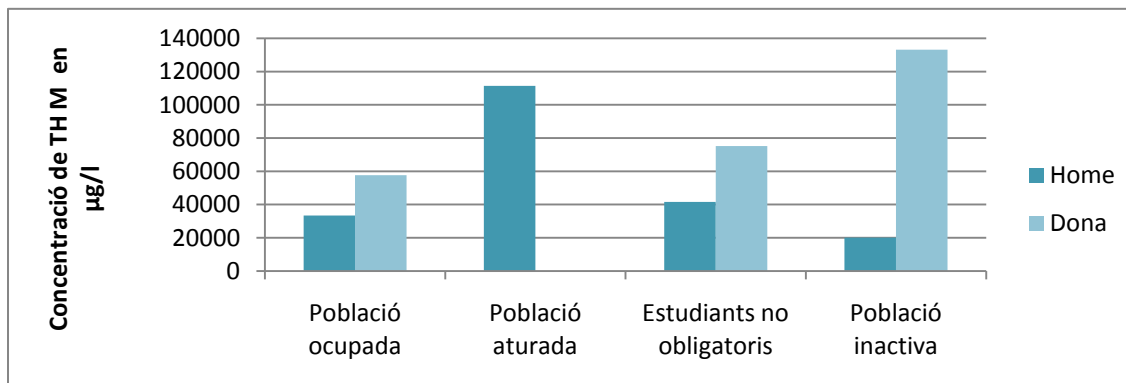
Gràfic 5. Mitjana de THM incorporats diàriament a través de les tres vies d'incorporació. La significació de les abreviacions és la següent: J-H (Població Jove – Home), J-D (Població Jove – Dona), A-H (Població Adulta – Home), A-D (Població Adulta – Dona), V-H (Població Vella – Home), V-D (Població Vella – Dona)

A trets generals, les vies més significatives són la inhalació i, lleugerament per sota, amb una diferència del 15%, l'absorció dermal, pràcticament equivalents en el cas de J-H, J-D, A-H i V-H. La ingestió, en canvi, comporta una incorporació mínima per a tots els grups poblacionals. Tanmateix, existeixen diferències pel que fa el sexe i l'edat entre aquests.

En primer lloc, la població vella femenina, seguida de la població adulta femenina, és la més exposada per inhalació als THM, amb valors superiors als 21244,07 µg/l. En canvi, la resta de rangs de població presenten valors no superiors als 5446,67 µg/l. També, cal parar atenció en el fet que la població jove presenta la taxa d'absorció dèrmica i ingesta més alta, cosa que no s'ha de considerar alarmant, ja que es tracta d'una via poc significativa.

13. Factors de risc

13.1. L'ocupació

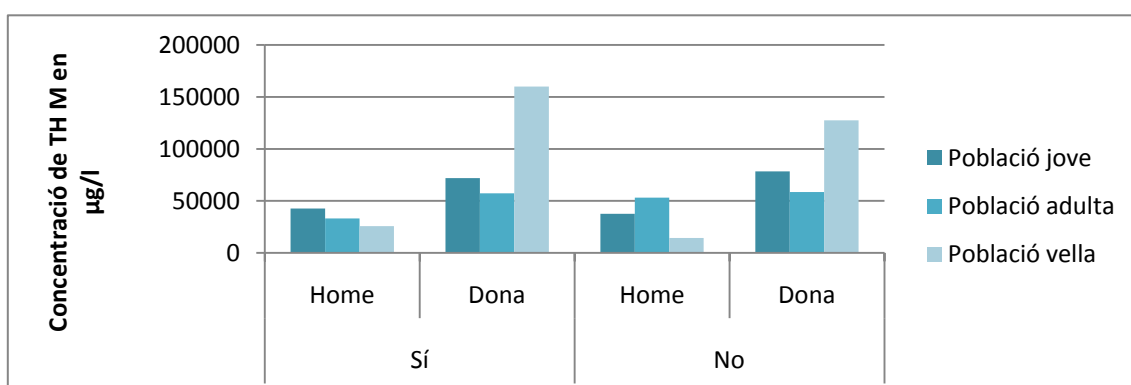


Gràfic 6. Influència de l'ocupació en la incorporació setmanal de THM

En dones, es tracta d'un paràmetre de risc pel que fa a la població inactiva i, en menor proporció, pels estudiants no obligatoris, perquè la manca d'un lloc de treball implica una major presència a la llar i, per tant, una probabilitat més alta d'estar en contacte amb aquests compostos. Així doncs, la població ocupada és la que presenta una menor incorporació. En relació a la població aturada, el valor és 0 per la no participació en l'estudi de subjectes femenins a l'atur.

En homes, en canvi, la incorporació és més elevada en el cas dels aturats mentre que aquells que treballen o estudien voluntàriament registren un consum molt baix. Molt per sota, trobem la població inactiva, amb una ingesta diària que no arriba als 20.000 µg/l.

13.2. La pràctica d'un estil de vida saludable



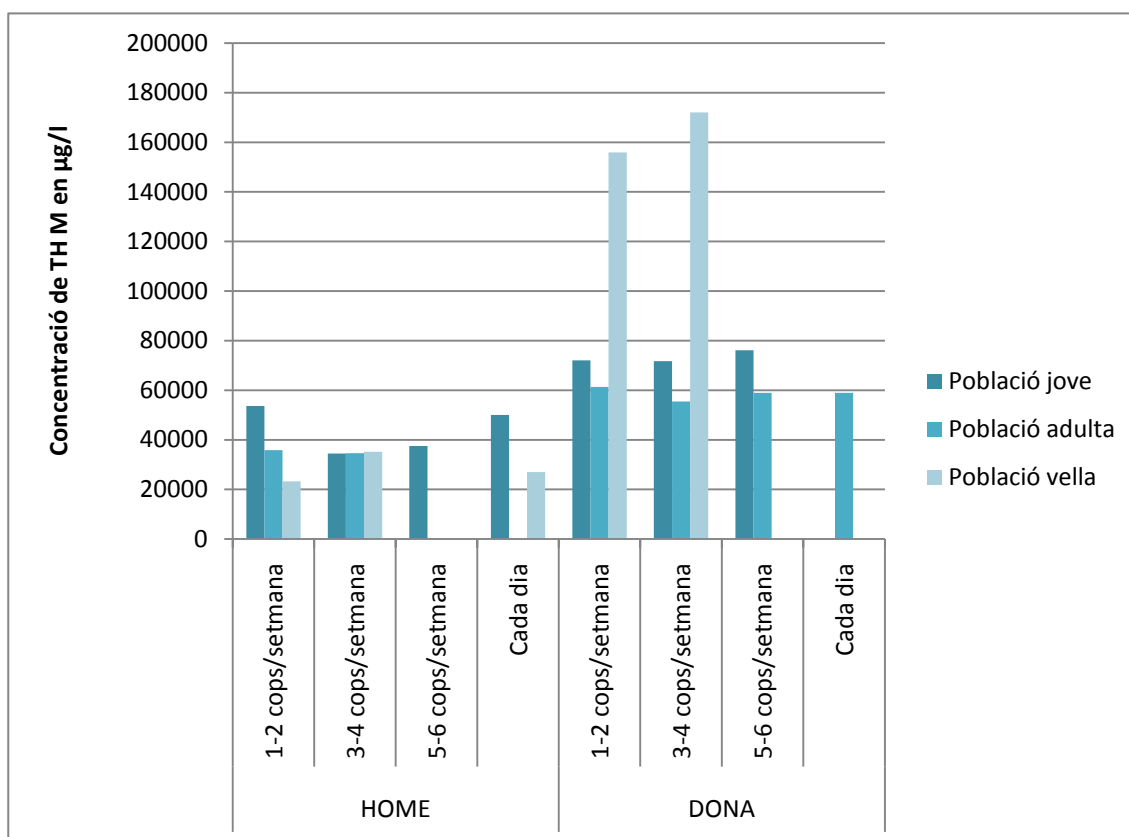
Gràfic 7. Influència de la pràctica d'un estil de vida saludable en la incorporació setmanal de THM

Aquest factor d'exposició només és rellevant, en el cas de les dones, en la població vella, amb una diferència de 32.000 µg/l respecte a les persones sedentàries, fet que es tradueix en un consum més elevat d'aigua per la deshidratació causada per la pràctica d'exercici físic o bé

pel consum dels dos litres diaris que les autoritats sanitàries recomanen beure a fi de garantir el correcte funcionament de l'organisme. En contrast, en adults i joves, la diferència no és ni de l'1%.

De la mateixa manera, els homes ancians actius incorporen més THM, però la diferència entre el valor masculí sedentari és menor, més concretament d'11.000 µg/l. En la resta de rangs poblacionals, es veu com implica un menor consum.

13.3. La freqüència de pràctica d'exercici físic

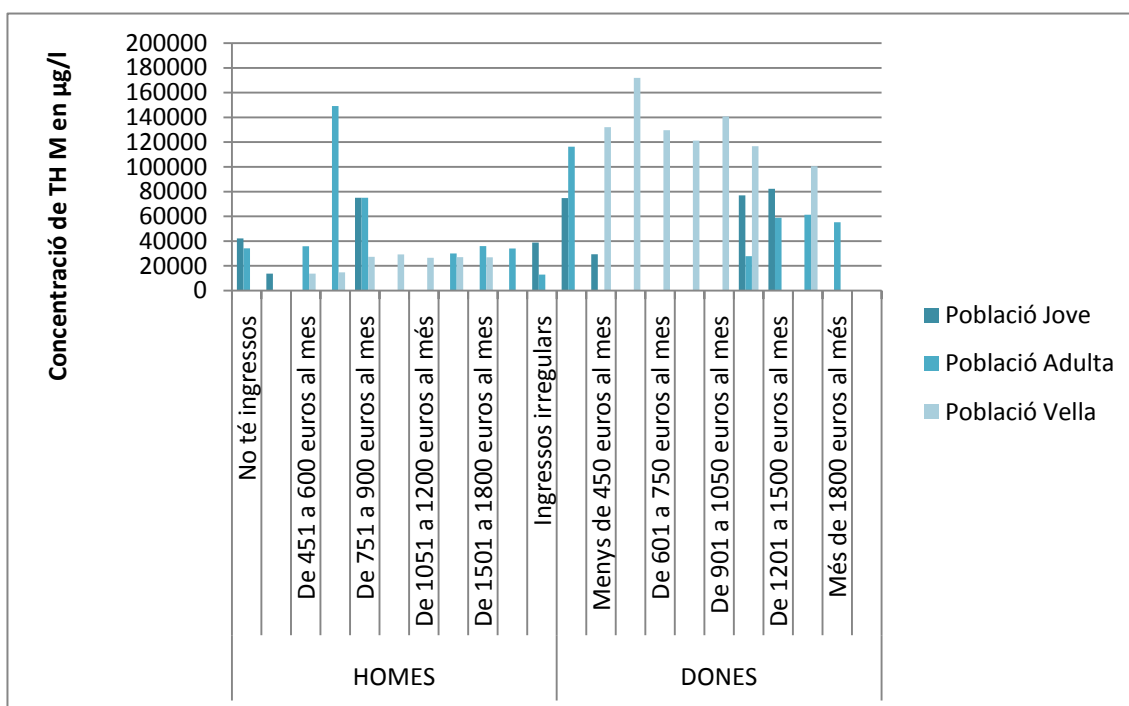


Gràfic 8. Influència de la freqüència amb què es practica exercici físic en la incorporació setmanal de THM

Pel que fa a les dones, es percep una correlació positiva en la població jove i la població vella. Aquests resultats, però, s'han considerat irrelevants, ja que la diferència entre les dones que practiquen més exercici físic i les que en practiquen menys és poc remarcable (no arriba al 10%). En relació a la població adulta, és un factor que definitivament no influeix, ja que són pràcticament equivalents els valors en el cas d'1-2 i 5-6 cops a la setmana i cada dia.

De la mateixa manera, en els homes tampoc hi influeix. En el cas de la població jove i vella, la diferència només és del 13%. Quant a la població adulta, aquest valor és del 4,03%.

13.4. El nivell socioeconòmic

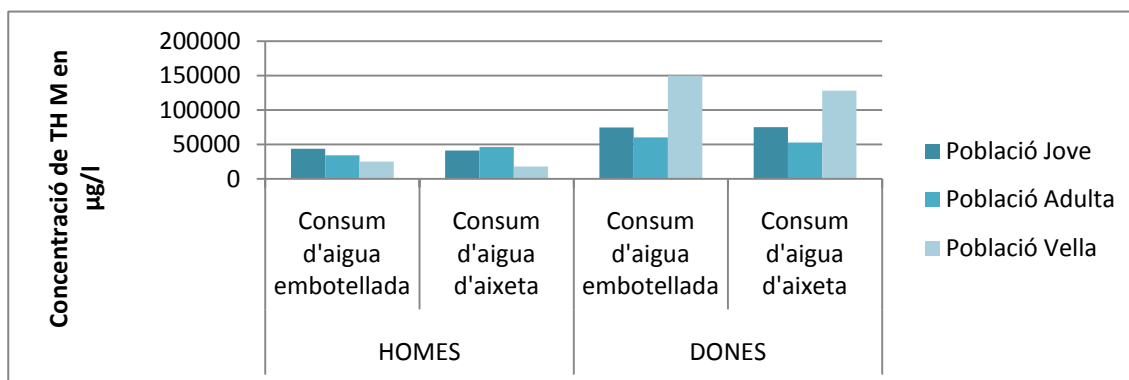


Gràfic 9. Influència del nivell socioeconòmic en la incorporació setmanal de THM

En els grups femenins de població vella i adulta, s'observa que com més alt és el nivell d'ingressos, menor és la ingesta de THM. En el cas de la població jove, però, el valor final és lleugerament més alt.

En els homes, la dinàmica és ben diferent, ja que mentre que es registra una tendència a l'alça en relació als joves, no ocorre el mateix en el cas de la població vella i adulta, on els valors finals són lleugerament més baixos als inicials, de manera que només els separa una diferència del 5%.

13.5. El consum d'aigua embotellada



Gràfic 10. Influència del consum d'aigua embotellada en la incorporació setmanal de THM

Tal i com s'aprecia, el consum d'aigua embotellada en dones i per als tres grups poblacionals no redueix l'exposició als THM, doncs les diferències entre els individus que en beuen i els que no ho fan són molt petites o iguals.

En el cas del sexe masculí, només es percep una mínima reducció de l'exposició a aquests subproductes de la cloració en el cas de la població adulta i vella. En els individus ancians es compleix que la utilització de jacuzzis no contraresta aquesta minimització perquè el 100% dels enquestats ha respost que no en feia ús de forma freqüent. Així mateix, el nivell socioeconòmic no és un factor d'influència, ja que el 50% dels consumidors d'aigua embotellada tenen uns ingressos d'entre 751 i 900 euros i el 25% els té d'entre 601 i 750 euros. A més, incrementen l'exposició per via inhalatòria i absorció dermal a través de la dutxa, de manera que el 44 % dels que es dutxen de 5 a 9 vegades a la setmana i el 100 % dels que ho fa entre 10 a 14 vegades a la setmana consumeixen aigua embotellada. En els individus homes adults, en canvi, es dona que el 33% dels que consumeixen aigua embotellada utilitza jacuzzis, saunes i piscines habitualment, la qual cosa pot provocar un augment en la incorporació de THM. En aquest context, els principals consumidors són persones amb un nivell socioeconòmic mitjà-alt, amb uns ingressos d'entre 1200 i més de 1800 euros. Finalment, la dutxa no augmenta l'exposició, ja que el 100% es dutxa de 5 a 9 vegades a la setmana, que és la freqüència més habitual en els consumidors d'aigua d'aixeta (92 %).

14. Conclusions

En aquesta investigació s'ha pretès validar si el consum d'aigua d'aixeta per part de la població granollerina pot resultar un perjudici per a la seva salut i determinar els diferents factors de risc. Les conclusions a les quals s'han arribat són:

- La freqüència d'exposició als THM per a una determinada activitat no és una variable indicadora de la ingesta real de THM.
- La via més freqüent i més significativa d'incorporació de THM a l'organisme és la via inhalatòria, donat el seu caràcter altament volàtil.
- L'activitat per mitjà de la qual tots els grups poblacionals incorporen més THM és la dutxa. En les dones, a més a més, s'ha d'afegir el rentat de plats.
- Les referències epidemiològiques expressen associacions positives relacionades amb l'exposició als THM pel que fa al càncer i diversos defectes reproductius. Aquests estudis, però, no són del tot concloents.
- Els nivells de THM a l'aigua d'aixeta de Granollers no superen els límits legals establerts per l'OMS a fi de garantir la protecció sanitària dels consumidors. Això és degut a un baix índex de contaminació orgànica de les aigües d'origen i a l'optimització de les operacions unitàries durant el cicle de potabilització.
- Les característiques del riu Ter beneficien la síntesi de THM clorats i, per tant, aquests són els més rellevants vers la salut dels granollerins, especialment el cloroform.
- La zona de major risc a l'acció dels THM és la Plaça de la Llibertat i la seva àrea d'influència, ja que és on es registren els nivells més alts. Aquesta variabilitat pel que fa els nivells en funció de la zona està estretament lligada amb els diversos factors que influeixen en la cinètica de formació dels THM.
- En relació al sexe, les dones són el grup de major risc a la seva acció perquè freqüenten activitats de llarga durada, com rentar els plats.
- Pel que fa a l'edat, l'adultesa és l'etapa vital de major risc als seus efectes adversos.
- L'ocupació és un factor de risc en la població femenina inactiva i la població masculina aturada. La pràctica d'un estil de vida saludable, en canvi, únicament ho és en la població vella. En aquest context, la freqüència amb què es practica exercici físic no és determinant. A més, en el cas de la població femenina adulta i vella i la població masculina jove, el nivell socioeconòmic minimitza l'exposició als THM. Per últim, el consum d'aigua embotellada no sempre redueix el risc a l'acció dels THM, perquè, en el cas de la població masculina vella, es tendeix a trigar més temps en dutxar-se.

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

Considerant tot plegat, podem afirmar que, ara per ara, consumir aigua d'aixeta de Granollers no implica cap efecte, en relació als THM, negatiu vers la salut humana i, per tant, podrà ser consumida sense restricció. Tanmateix, en un futur, si els nivells augmentessin, certs grups poblacionals, com les dones velles i adultes, es veurien greument afectats des d'una òptica sanitària.

Glossari

- **ADIPÒCIT:** cèl·lula animal encarregada d'emmagatzemar el greix.
- **ADSORCIÓ:** procés d'equilibri consistent en la unió dels àtoms o les molècules d'un material (adsorbat) damunt la superfície d'un altre (adsorbent).
- **ADDUCTE:** associació de molècules amb estructures cristal·lines.
- **ALCALINITAT:** propietat d'una substància de donar lloc en dissolució un pH bàsic.
- **BIOACUMULACIÓ:** capacitat d'un teixit viu d'acumular contaminants procedents del medi o d'un altre organisme, de manera que la concentració del contaminant augmenta d'un nivell a un altre de la cadena tròfica.
- **CATÀLISI:** disminució de l'energia d'activació d'una reacció química i, en conseqüència, augment de la seva velocitat de reacció.
- **CICLE AROMÀTIC:** molècules amb estructura cíclica i $4n+2$ electrons, com el benzè.
- **CITOTOXICITAT:** propietat d'una substància de tenir efectes tòxics vers les cèl·lules.
- **COMPLEX ENZIMÀTIC:** associacions d'enzims, molècules proteiques que acceleren les reaccions químiques, que actuen successivament.
- **COMPOSTOS TIPUS TIOL (cisteïna, glutatió):** compostos que presenten un àtom de sofre unit a un àtom d'hidrogen (-SH) enllaçat directament a un àtom de carboni.
- **CONJUGACIÓ:** procés pel qual dues substàncies es combinen.
- **CORRENT DE CONVECCIÓ:** moviments de masses fluides que tenen lloc quan dos fluids presenten temperatures i densitats diferents.
- **DISSOLUCIÓ STOCK:** dissolucions concentrades a partir de les quals es preparen d'altres.
- **DNA:** biomolècula englobada, juntament amb l'RNA, dins el grup dels àcids nucleïcs, la funció de la qual és emmagatzemar la informació genètica.
- **ENOLITZACIÓ:** reacció que implica la formació d'un enllaç entre dos carbonis, amb addició d'un grup enol, és a dir un hidrocarbur amb un enllaç covalent doble com a mínim (hidrocarbur insaturat), procedent d'un aldehyd o una cetona per donar lloc a una β -hidroxicetona.
- **ESCORÇA RENAL:** part externa del ronyó situada entre la càpsula i la medul·la que conté els corpuscles renals i els túbuls renals on té lloc la ultrafiltració de la sang.

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

- **ESTUDI CAS-CONTROL:** estudi epidemiològic, observacional i analític, en el qual els individus que s'hi sotmeten són seleccionats en funció de què tinguin (casos) o no tinguin (control) una determinada malaltia.
- **ESTUDI CONHORT:** estudi epidemiològic, observacional i analític, en el qual es compara la freqüència d'una malaltia entre dues poblacions exposades a un factor de risc al qual l'altre no hi està exposat.
- **FENOLS:** compostos químics aromàtics amb un o més grups hidroxil (-OH)
- **FOSGEN:** gas tòxic i d'olor sufocant que s'obté per la reacció del clor amb el monòxid de carboni.
- **GENOMA:** conjunt total de la informació continguda en els cromosomes d'un organisme concret.
- **GENOTOXICITAT:** propietat d'una substància de tenir efectes tòxics vers el genoma.
- **GRUP FUNCIONAL:** estructura submolecular que confereix reactivitat i noves propietats a la molècula a la qual s'uneix.
- **HIDROFÒBIA:** propietat d'una substància de ser repel·lida per l'aigua.
- **INHIBICIÓ:** procés metabòlic pel qual l'activitat enzimàtica disminueix o s'anul·la, de manera que les reaccions metabòliques no es produeixen o ho fan a una velocitat molt lenta.
- **IONS FENOXI:** nom que reben els radicals alquils, constituïts per cinc àtoms d'hidrogen i sis àtoms de carboni, units a un àtom d'oxigen.
- **LIPOSOLUBILITAT:** propietat d'una substància de ser dissolta en olis i greixos o que té afinitat per aquests.
- **LLAVI LEPORÍ:** malformació congènita que consisteix en la presència d'una separació en el llavi superior.
- **MALFORMACIÓ CONGÈNITA:** és aquella present des del moment del naixement, és a dir, no adquirida.
- **MICROSOMES HEPÀTICS:** cèl·lules del fetge encarregades de catalitzar les reaccions metabòliques que hi tenen lloc gràcies als enzims del reticle endoplasmàtic.
- **MUTACIÓ:** canvi en el material genètic d'un ésser viu produït per factors diversos, com les radiacions ionitzants (radiació ultraviolada, radiació nuclear).
- **OXIDANT:** substància que provoca que una altre s'oxidi.
- **PARÀMETRE SOMÀTIC:** característica física relacionada amb el desenvolupament psicomotriu com, per exemple, l'altura o el pes.

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

- **PFTHM:** paràmetre indicador de la concentració de THM sintetitzada en un interval de temps determinat i per a unes condicions de temperatura, pH, etc., determinades.
- **pH:** mesura química que permet determinar el caràcter bàsic o àcid d'una dissolució a partir de la concentració d'ions oxoni.
- **PRECLORACIÓ:** procés previ a la desinfecció final en la qual l'aigua és desinfectada amb clor lliure o combinat per reduir els nivells de matèria orgànica presents a l'aigua quan aquesta es troba altament contaminada.
- **RADICALS DICLOROMETIL:** subtipus de grup funcional constituït per dos àtoms de clor i un àtom d'hidrogen unit covalentment a un àtom de carboni.
- **REACCIÓ ELECTROFÍLICA:** reacció de tipus orgànic en les quals un àtom d'hidrogen és substituït per un grup electrofílic, és a dir, acceptor d'electrons.
- **RESORCINOL I ALTRES COMPOSTOS AMB ESTRUCTURA M-HIDROBENCÈNIQUES:** compostos químics hidrosolubles, sòlids incoloros, amb caràcter àcid i derivats del benzè que es troben presents de forma natural en els rius.
- **RISC RELATIU:** mesura estadística que es defineix com el quocient entre la probabilitat que un esdeveniment succeeixi i la probabilitat que no succeeixi en unes condicions determinades.
- **SAMPLE SCREENING:** mètode analític freqüentment utilitzat per a conèixer de forma general els components presents en una mostra determinada.
- **SUBSTITUCIÓ QUÍMICA:** reemplaçament d'un àtom o un conjunt d'àtoms per altres àtoms o conjunts d'àtoms.
- **TENSIÓ D'OXIGEN:** pressió parcial de l'oxigen a la sang i els alvèols pulmonars. Com més alt és el seu valor, més oxigen hi està present.
- **VALORACIÓ:** mètode analític pel qual podem conèixer la concentració d'un compost químic determinat present en una mostra a partir del volum consumit d'una altra substància de concentració coneguda. En són exemples les valoracions àcid-base i les valoracions redox.

Bibliografia

RECURSOS ELECTRÒNICS

- AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EN EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. *Cloroformo (Chloroform)* [en línia]. Atlanta: Agencia para sustancias tóxicas y en el registro de enfermedades, 1997.
<http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts6.html> [Consulta: 27 octubre 2011]
- AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EN EL REGISTRO DE ENFERMEDADES. *Bromoformo y dibromoclorometano (Bromoform and Dibromochloromethane)* [en línia]. Atlanta: Agencia para sustancias tóxicas y en el registro de enfermedades, 2005.
<http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts130.html> [Consulta: 27 octubre 2011]
- AJUNTAMENT DE GRANOLLERS. *Indicadors de la ciutat* [en línia]. Granollers: Ajuntament de Granollers, 2012.
<<http://indicadors.granollers.cat/Internet/Productes/ciutat.aspx>> [Consulta: 28 desembre 2011]
- CALDERÓN, J.; CAPELL, C.; CENTRICH, F.; ARTAZCOZ, L.; GONZÁLEZ-CABRÉ M.; VILLALBÍ J.R. *Subproductos halogenados de la cloración en el agua de consumo público* [en línia]. Barcelona: Institut Municipal de Salut Pública, 2002.
<<http://www.scielosp.org/pdf/gsv/v16n3/v16n3a05.pdf>> [Consulta: 25 desembre 2011]
- COMITÈ TÈCNIC AEN/CTN 77 MEDI AMBIENT. *Norma española ISO 8467:1995* [en línia]. Asociación Española de Normalización y Certificación, 1997.
<http://www.biada.org/web/materies/microbiologia/aigua/PDFs/UNE-EN_ISO_8467=1995.pdf> [Consulta: 15 desembre 2011]
- ENCICLOPÈDIA CATALANA. *Granollers* [en línia]. Barcelona: Enciclopèdia Catalana.
<http://www.enciclopedia.cat/fitxa_v2.jsp?NDCHEC=0030896&BATE=Granollers> [Consulta: 10 novembre 2011]
- GENERALITAT DE CATALUNYA, SECRETARIA DE POLÍTIQUES FAMILIARS I DRETS DE CIUTADANIA. *Butlletí de les Famílies* [en línia]. Número 7. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2009.
<<http://www.gencat.cat/dasc/publica/butlletiSPFDC/num7/conferencia-com-comparteixen-les-tasques-de-la-llar-les-families-europees-0.htm>> [Consulta: 25 desembre 2011]

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

- GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS, HISPAGUA: SISTEMA ESPAÑOL DE INFORMACIÓN SOBRE EL AGUA. *Trihalometanos* [en línia]. Gobierno de España, 2012.
<<http://hispagua.cedex.es/documentacion/noticia/44483>> [Consulta: 20 desembre 2011]
- JÉREZ RODRÍGUEZ, José J. *La presencia de trihalometanos en el agua* [en línia]. Eroski Consumer, 2006.
<<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2006/02/27/22581.php>> [Consulta: 20 setembre 2011]
- LABHUT. *What is GC Headspace Chromatography?* [en línia]. Labhut, 2012.
<<http://www.labhut.com/education-centre/headspace-gas-chromatography/what-is-headspace-gas-chromatography.html>> [Consulta: 10 desembre 2011]
- MASSCHELEIN-KLEINER, Liliane. *Los Solventes* [en línia]. Santiago de Xile: Centro Nacional de Conservación y Restauración DIHAM, 2004.
<<http://dglab.cult.gva.es/Archivos/Pdf/DIBAMsolventes.pdf>> [Consulta: 20 desembre 2011]
- MÉNDEZ, Rafa. *“Toda la población está expuesta al consumo de trihalometanos”* [en línia]. Eroski Consumer, 2010.
<<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2003/09/04/8143.php>> [Consulta: 20 desembre 2011]
<<http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=4850>> [Consulta: 10 octubre 2011]
- ORGANITZACIÓ MUNDIAL DE LA SALUT. *Trihalomethanes in Drinking-water* [en línia]. Organització Mundial de la Salut, 2005.
<http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/THM200605.pdf> [Consulta: 28 agost 2011]
- RODRÍGUEZ, Manuel.; RODRÍGUEZ, Germán; SERODES, Jean; SADIQ, Rehan. *Subproductos de la desinfección del agua potable: formación, aspectos sanitarios y reglamentación* [en línia]. Caracas: Interciencia, 2007.
<http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442007001100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es> [Consulta: 15 setembre 2011]
- SERVEIS DE VIGILÀNCIA AMBIENTAL, QUALITAT I INTERVENCIÓ AMBIENTAL. *Los trihalometanos (THM) en el agua de consumo. Documento informativo* [en línia]. Barcelona: Agència de Salut Pública.
<http://www.aspb.cat/quefem/docs/THM_esp.pdf> [Consulta: 30 octubre 2011]

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

- VILLANUEVA BELMONTE, Cristina; GRIMALT OBRADOR, Joan; KOGEVINAS, Manolis. *Subproductes de la desinfecció de l'aigua potable i càncer de bufeta urinària* [en línia]. Barcelona: Dialnet, 2004.
< <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=4850> > [Consulta: 10 octubre 2011]

LLIBRES I DOCUMENTS ESCRITS

- GRAY, N.F. *Drinking water quality: problems and solutions*. 2a edició. Nova York: Cambridge University Press, 2008.
- JIMENO, Antonio; UGEDO, Luis. *Biologia 1 Batxillerat*. Barcelona: Santillana Grup Promotor, 2008.
ISBN:978-84-7918-334-9
- MELÉNDEZ HEVIA, Ignacio; ANGUITA VIRELLA, Francisco; CABALLER SENABRE, Jesús M.; BLANCO KROEGER, Marcos; CRUSELLAS SERRA, Anna; ESCUDÉ-COFINER FUENTES, M. Jesús; PORREDON CAPDEVILA, Pilar; VALLVÉ QUERALTÓ, Elena; DUCE DÍAZ, Ester; ROCA PASCUAL, Núria. *Ciència de la Terra i del medi ambient 2 Batxillerat*. Barcelona: Santillana Grup Promotor, 2009.
- POCH ESPALLARGAS, Manuel. *Les Qualitats de l'aigua*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient, 1999.
- RODRÍGUEZ, Francisco J. *Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2003.
ISBN: 84.7978-587-X

RECURSOS AUDIOVISUALS

- GENERALITAT DE CATALUNYA. DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT I HABITATGE. ATLL, AIGÜES TER-LLOBREGAT. *Tal com raja* [enregistrament de vídeo]. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2006. 1 disc compacte.

MATERIALS GRÀFICS

- GENERALITAT DE CATALUNYA. DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT I HABITATGE. ATLL, AIGÜES TER-LLOBREGAT, AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA. *Saps d'on traiem l'aigua?* [material gràfic]. Barcelona: Generalitat de Catalunya.

FONTS DE LES FIGURES, IMATGES, TAULES, GRÀFICS I FÓRMULES

Al següent llistat, només s'especifiquen les fonts dels documents de no elaboració pròpia:

- **Il·lustració 1.**<<http://es.wikipedia.org/wiki/Trihalometano>>
- **Il·lustració 2.**<http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007001100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es>
- **Il·lustració 3.**<<http://www.labhut.com/education-centre/headspace-gas-chromatography/what-is-headspace-gas-chromatography.html>>
- **Figura 1.**<http://www20.gencat.cat/portal/site/PalauRobert/menuitem.91ca7af34e28d9ced7941810b0c0e1a0/?newLang=es_ES&vgnnextchannel=5efc04baea8b2110VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&vgnextoid=5efc04baea8b2110VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD>
- **Figura 2.**<http://www.enciclopedia.cat/fitxa_v2.jsp?NDCHEC=0030896&BATE=Granollers>
- **Figura 4.**<http://books.google.es/books?id=H-_8vZYdL70C&pg=PA91&dq=patron+interno&hl=es&sa=X&ei=JQEct6afGJCEhQewq929DA&ved=0CDAQ6AEwAA#v=onepage&q=patron%20interno&f=false>

Annexos

ANNEX A. MÈTODE ANALÍTIC I RESULTATS DE L'ESTUDI DELS NIVELLS DE THM EN L'AIGUA D'AIXETA DE GRANOLLERS

a) El mètode analític: la cromatografia de gasos amb automostrejador headspace

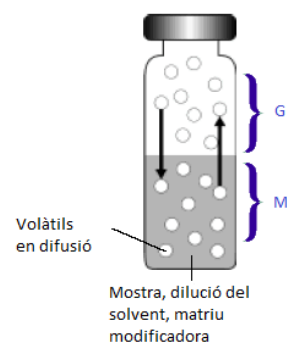


Imatge 4. Cromatògraf de gasos amb mostrejador headspace i sistema de loop pressuritzat.

La cromatografia de gasos amb automostrejador headspace és una de les tècniques analítiques més emprades actualment en l'àmbit de la química analítica. La denominació *headspace* fa referència a l'espai superior del vial, que conté la mostra, on s'allotja el gas procedent de la difusió dels volàtils cap a aquest en tancar-se el recipient

La tècnica consisteix, per tant, en l'anàlisi dels components que hi són presents. Tanmateix, només és útil per a substàncies orgàniques extremadament volàtils i amb un baix coeficient de partició, ja que tendiran a separar-se abans formant la fase gasosa i, en conseqüència, a diferència dels volàtils amb un alt punt d'ebullició i els semivolàtils, podran ser detectats en quantitats ínfimes. Aquest és el cas dels THM, el coeficient de partició dels quals no presenta valors superiors a 2,38. A més, és l'alternativa més idònia per a l'anàlisi de matrius complexes com, per exemple, l'aigua d'aixeta, que resultaria difícil analitzar-la directament o bé requeriria d'una extracció prèvia molt costosa pràcticament i econòmicament. Per aquest motiu, és molt emprada en els processos de control de qualitat per conèixer de manera automàtica i en poc temps la composició general d'una mostra. Finalment, el volum de mostra a analitzar sempre és conegut, fet que facilita posteriorment la realització dels càlculs. Així doncs, pels arguments precedents, a banda dels purament crematístics, es va procedir a efectuar les determinacions seguint aquest protocol.

Les analítiques van ser realitzades al SAQ de la UAB mitjançant un mostrejador amb sistema de *loop* pressuritzat, tot i també disposar-ne d'injecció amb xeringues i pressió equilibrada. Com en aquest cas se sabia amb seguretat que la mostra contenia THM, atès que els rius transporten de forma natural substàncies húmiques i la legislació espanyola obliga a



Il·lustració 3. Components i fases del vial headspace. Les fletxes simbolitzen mecanisme de difusió

incloure una etapa de desinfecció final amb clor gas, no va ser necessària l'efectuació d'un *sample screening*. Abans d'iniciar el procés, però, es va verificar que els diferents paràmetres (temperatura, pressió, temps) que hi intervenen prenguessin els valors necessaris per a garantir l'efectivitat del mètode.

Una vegada seguits els passos anterior, es va posar en marxa el sistema. En primer lloc, la mostra és escalfada a 70 °C en un forn d'incubació. Al llarg d'aquesta etapa, una de les vàlvules, l'S1, roman oberta per a què circuli un flux d'aire sec pel *loop*, un tub espiral on s'emmagatzema temporalment la mostra gasosa abans de ser injectada, i l'agulla d'injecció. Un cop assolit l'estat d'equilibri entre la fase gasosa i la matriu líquida, el vial és pressuritzat a una pressió de 10,5 Pa. Per això, una agulla perfora el *septum* del vial, introduint-se el flux d'aire del *loop*. A continuació, l'aire sec és expulsat a l'exterior a través d'un sistema de ventilació i la mostra és extreta del *headspace*, obrint-se una nova vàlvula que permet l'ompliment del *loop* amb la mostra. Finalment, el flux de gas és redirigit a la columna cromatogràfica on s'analitza la seva composició.

b) Recollida i preparació de mostres

La recollida es va realitzar 48 hores abans de l'anàlisi, el matí del dia 21 d'octubre. A mode de control, les quatre mostres van ser captades en un interval d'1 hora a fi d'evitar diferències notables en els nivells de THM en l'aigua, perquè el temps de contacte entre el clor i els precursors orgànics és un factor d'influència en el potencial de formació dels THM. Cal recordar que com major és aquest, major és també la concentració de THM. També, es van esbandir immediatament abans de la recollida les ampolles i les provetes de 100 ml amb l'aigua de mostra i es va procedir a omplir-les, tenint cura que no quedés gens de càmera d'aigua ni es fessin bombolles d'aire. Si això ocorregués, la mostra arribaria al laboratori lliure de THM, ja que s'haurien evaporat en el transcurs del seu transport. A més, per estabilitzar-les i conservar-les, es van afegir per cada 100 ml d'aigua, 0,5 ml de dissolució d'àcid ascòrbic 0,14 M. En acabar la recollida, es van tancar hermèticament, es van homogeneïtzar i es van guardar a la nevera per a garantir l'actuació de l'additiu.

c) Processament de les mostres al laboratori

La preparació de les mostres consta de dues fases. Per una banda, s'han d'elaborar els patrons interns. Per una altra, les mostres s'han d'introduir, juntament amb aquests, en els vials, i encapsular-los per evitar possibles pèrdues de matèria i afavorir l'espontani procés de difusió.

d) Preparació dels patrons interns

Un patró intern es defineix com un compost diferent a l'analit, en aquest cas els THM, de volum conegut que s'afegeix a la mostra que volem analitzar. De la comparació del senyal de l'analit amb el senyal de patró intern, es determina la concentració del primer. Aquest procediment resulta de vital importància quan la quantitat de mostra analitzada o la resposta de l'instrument, el cromatògraf de gasos, varia en cada ocasió en què s'utilitza, de manera que si, per exemple, es produeix un augment o una disminució en la concentració de patró intern, també es

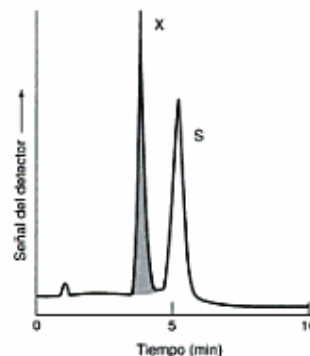


Figura 4. Gràfic de pics obtingut en la cromatografia de gasos, on X és l'analit i S el patró intern.

produirà igualment a l'analit. Aquestes variacions s'hauran d'aplicar posteriorment en els càlculs com a mesura correctora per a obtenir el valor real de concentració de THM de la mostra inicial.

Per a la determinació dels THM, s'ha utilitzat el bromoclorometà com a patró intern. A partir d'aquest, es prepara una dissolució *stock* de PI (patró intern) 1000 ppm barrejant 100 mg de patró intern amb 100 ml de metanol. Amb 0,4 ml d'aquesta, preparam 25 ml d'una segona dissolució, amb la qual treballarem durant la preparació de les quatre mostres.

e) Resultats

Punt de captació	Cloroform (µg/l)	BDCM (µg/l)	DBCM (µg/l)	Bromoform (µg/l)	THM totals (µg/l)
Plaça Serrat i Bonastre	35	6,6	1,41	-	43,3
Plaça de la Llibertat	75	9,5	0,53	-	85,6
Passeig Fluvial	35	4,0	0,64	-	39,3
Jardins de l'Enginyer	61	9,9	2,75	-	73,7

Taula 5. Nivells de THM obtinguts en la cromatografia de gasos amb automostrejador headspace per a les quatre mostres recollides

ANNEX B. MÈTODE ANALÍTIC I RESULTATS DE LA DETERMINACIÓ DE L'ÍNDEX DE PERMANGANAT

a) El mètode analític: l'índex de permanganat

L'índex de permanganat és el mètode analític més adequat per a l'anàlisi de mostres d'aigua naturals poc contaminades. El procediment complert es descriu a la norma espanyola ISO 8467:1995, que defineix el paràmetre com *la concentració màssica d'oxigen equivalent a la quantitat d'ió permanganat consumit quan una mostra d'aigua es tracta amb un oxidant*. Simplificant, podem fragmentar-lo en tres etapes. La primera consisteix en afegir 5 ml d'àcid sulfúric a una mostra d'aigua de 25 ml i, tot seguit, s'escalfa durant 10 minuts. Transcorregut els 10 minuts, procedim a efectuar la segona etapa, pipetejant-hi 5 ml de dissolució de permanganat de potassi 2mmol/l i escalfant-la novament durant 10 minuts. A continuació, s'afegeixen 5 ml de dissolució patró d'oxalat sòdic 5mmol/l i es valora en calent amb permanganat potàssic la dissolució resultant fins a observar el canvi de color rosa pàl·lid durant 30 segons, anotant-se el volum 1. Paral·lelament, s'efectua el mateix procediment amb una mostra en blanc de 25 ml d'aigua destil·lada i s'anota el volum 0. Per últim, en la tercera etapa, s'afegeixen 5 ml de dissolució patró d'oxalat sòdic 5mmol/l al blanc, s'escalfa a 80 °C i es valora amb permanganat, obtenint el volum 2. Aquest procés s'efectua per obtenir el valor real de contaminació orgànica, ja que potser l'aigua destil·lada conté matèria orgànica, encara que teòricament sapiguem amb certesa que no en conté. Una vegada ja hem obtingut totes les dades, procedim a efectuar els càlculs mitjançant la següent expressió:

$$I_{Mn} = \frac{V_1 - V_0}{V_2} \cdot f$$

Fórmula 1. Expressió de l'índex de permanganat

Abans, però, hem de calcular el factor, el valor del qual ve donat per la següent fórmula:

$$f = \frac{V_4 \cdot c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot M_0 \cdot 1\,000}{1\,000 \cdot V_5}$$

Fórmula 2. Expressió del factor

on

- V4 és el volum, en ml, de la de dissolució patró d'oxalat sòdic 5mmol/l.

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

- $c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ és la concentració, donada en mmol/l, de dissolució patró d'oxalat sòdic 5mmol/l.
- 1000 (numerador) és el factor de conversió de $c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$, de mmol/l a mmol/ml, en ml/l.
- M_0 és el pes molecular, en mg d' O_2 (oxigen molecular o diatòmic)/mmol.
- 1000 (denominador) és el factor per a la conversió del valor mesurat a 1 l de volum de mostra, en ml/l.

b) Resultats

	Determinació 1 (ml)	Determinació 2 (ml)	Determinació 3 (ml)
Mostra 1	5,8	4,7	5
Mostra 2	3,8	4,25	4,4
Mostra 3	6	4,5	4,25

Taula 6. Volums 1 consumits en les valoracions per retrocés

Determinació 2 (ml)	5,7
Determinació 3 (ml)	6

Taula 7. Volums 2 consumits en les valoracions de factorització

Determinació 2 (ml)	3,25
Determinació 3 (ml)	3,4

Taula 8. Volums 0 consumits en les valoracions per retrocés

ANNEX C. RESULTATS DE L'ESTUDI DELS PATRONS DE CONSUM D'AIGUA D'AIXETA INDIVIDUALS

a) Resultats dels patrons de consum d'aigua d'aixeta per a les diferents franges poblacionals

POBLACIÓ VELLA DONA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13	DIA 14	DIA 15	DIA 16	DIA 17	DIA 18	DIA 19	DIA 20	DIA 21	DIA 22	DIA 23	DIA 24	DIA 25	DIA 26	DIA 27	DIA 28	DIA 29	DIA 30	Mitjana total/vegada
Respatllar-se les dents – esbandida (gots)	0,75	1	0,75	1	1	0,5	0,5	0,75	0,5	1	0,75	1	0,75	0,5	1	1	0,5	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	0,5	1	0,5	1	1	0,75	1	0,78
Dutxar-se (minuts)	12	0	10	13	0	15	0	0	17	11	0	9	13	14	0	12	0	9	8	0	17	15	0	10	18	0	0	13	0	11	7,56
Rentar-se les mans (segons)	0	14	20	0	30	0	0	13	0	15	25	0	15	0	30	30	0	20	0	15	30	30	0	0	45	15	0	0	25	0	12,4
Rentar-se la cara (segons)	20	14	20	15	13	21	15	15	30	22	12	14	10	15	18	13	20	15	11	13	8	3	13	21	23	16	19	17	13	10	15,63
Rentar els plats (minuts)	11	41	30	13	33	35	43	32	38	41	50	35	40	25	30	32	37	42	39	30	27	41	35	40	40	32	28	40	35	33	34,26

Taula 9. Resultats del patró de consum d'aigua d'aixeta per a dones corresponents a la franja de població vella

POBLACIÓ VELLA HOME	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13	DIA 14	DIA 15	DIA 16	DIA 17	DIA 18	DIA 19	DIA 20	DIA 21	DIA 22	DIA 23	DIA 24	DIA 25	DIA 26	DIA 27	DIA 28	DIA 29	DIA 30	Mitjana total/vegada	
Respatllar-se les dents – esbandida (gots)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,78
Dutxar-se (minuts)	8	8	7	9	4	7	6	7	6	6	6	5	8	7	8	6	5	5	7	6	5	9	6	7	8	7	9	6	7	7	6,73	
Rentar-se les mans (segons)	20	20	15	20	15	15	20	20	25	15	20	20	15	20	20	20	15	10	15	15	15	15	15	15	15	15	20	15	15	15	17	
Rentar-se la cara (segons)	20	14	20	15	13	21	15	15	30	22	12	14	10	15	18	13	20	15	11	13	8	3	13	21	23	16	19	17	13	10	15,63	
Rentar els plats (minuts)	11	41	30	13	33	35	43	32	38	41	50	35	40	25	30	32	37	42	39	30	27	41	35	40	40	32	28	40	35	33	34,26	

Taula 10. Resultats del patró de consum d'aigua d'aixeta per a homes corresponents a la franja de població vella

POBLACIÓ ADULTA HOME	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13	DIA 14	DIA 15	DIA 16	DIA 17	DIA 18	DIA 19	DIA 20	DIA 21	DIA 22	DIA 23	DIA 24	DIA 25	DIA 26	DIA 27	DIA 28	DIA 29	DIA 30	Mitjana total/vegada	
Respatllar-se les dents – esbandida (gots)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Dutxar-se (minuts)	10	10	0	10	10	0	10	12	10	10	10	0	12	10	12	10	10	0	10	10	10	10	0	10	12	15	0	10	12	15	8,67	
Rentar-se les mans (segons)	40	40	40	40	30	30	30	40	30	45	40	30	40	40	30	30	50	40	40	30	40	40	40	40	30	50	40	50	30	36	37,7	
Rentar-se la cara (segons)	15	15	15	15	15	20	10	15	10	15	15	20	15	10	15	12	15	15	20	10	15	15	10	15	10	12	12	10	10	12	13,76	
Rentar els plats (minuts)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taula 11. Resultats del patró de consum d'aigua d'aixeta per a homes corresponents a la franja de població adulta

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

POBLACIÓ ADULTA DONA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13	DIA 14	DIA 15	DIA 16	DIA 17	DIA 18	DIA 19	DIA 20	DIA 21	DIA 22	DIA 23	DIA 24	DIA 25	DIA 26	DIA 27	DIA 28	DIA 29	DIA 30	Mitjana total/vegada
Respatllar-se les dents – esbandida (gots)	0,75	0,5	1,25	1	1	0,75	0,5	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	0,75	0,75	1	0,75	1	0,75	1	1	0,5	0,25	1	0,5	0,5	0,75	1	0,74
Dutxar-se (minuts)	10	10	10	10	10	12	12	10	13	15	10	12	10	12	9	12	15	10	12	12	10	12	15	12	10	12	13	12	10	11	11,43
Rentar-se les mans (segons)	7	6	9	9	14	12	7	19	9	10	10	15	9	10	11	12	7	12	12	12	6	8	7	8	9	9	10	9	6	8	9,73
Rentar-se la cara (segons)	5	7	6	5	4	5	5	6	12	7	8	9	9	7	5	5	5	8	10	8	7	7	9	9	10	12	10	11	8	10	7,63
Rentar els plats (minuts)	30	0	15	0	0	0	38	32	0	0	0	29	35	15	0	0	0	0	0	0	0	28	40	35	0	0	0	23	0	34	11,8

Taula 12. Resultats del patró de consum d'aigua d'aixeta per a dones corresponents a la franja de població adulta

POBLACIÓ JOVE HOME	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13	DIA 14	DIA 15	DIA 16	DIA 17	DIA 18	DIA 19	DIA 20	DIA 21	DIA 22	DIA 23	DIA 24	DIA 25	DIA 26	DIA 27	DIA 28	DIA 29	DIA 30	Mitjana total/vegada
Respatllar-se les dents – esbandida (gots)	0,75	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0	0	0	0	0,29
Dutxar-se (minuts)	0	20	11	9	10	28	8	6	11	0	40	0	0	0	10	12	12	25	15	0	15	15	9	9	5	15	0	15	0	10	10,33
Rentar-se les mans (segons)	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	1,86
Rentar-se la cara (segons)	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	10	0	0	0,76
Rentar els plats (minuts)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taula 13. Resultats del patró de consum d'aigua d'aixeta per a homes corresponents a la franja de població jove

POBLACIÓ JOVE DONA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11	DIA 12	DIA 13	DIA 14	DIA 15	DIA 16	DIA 17	DIA 18	DIA 19	DIA 20	DIA 21	DIA 22	DIA 23	DIA 24	DIA 25	DIA 26	DIA 27	DIA 28	DIA 29	DIA 30	Mitjana total/vegada
Respatllar-se les dents – esbandida (gots)	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,75	0,5	0,4
Dutxar-se (minuts)	12	23	14	8	26	10	31	13	11	23	14	30	18	13	35	12	10	21	14	32	16	11	23	36	15	11	21	30	33	14	19,33
Rentar-se les mans (segons)	30	60	60	120	45	30	20	60	30	30	45	30	60	20	45	45	45	30	45	60	30	60	45	30	20	30	45	60	90	60	46
Rentar-se la cara (segons)	8	13	4	5	12	60	13	16	10	7	12	17	10	11	4	9	12	5	5	13	9	13	3	4	2	3	14	10	8	10,7	10
Rentar els plats (minuts)	36	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,13

Taula 14. Resultats del patró de consum d'aigua d'aixeta per a dones corresponents a la franja de població jove

b) Resultats de la quantificació dels centilitres d'aigua consumits

Activitats	Mitjana total
Beure aigua	37,1 cl/got
Respatllar-se les dents – esbandida	37,1 cl/got
Dutxar-se	14,2 cl/s

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

Rentar-se les mans	5,97 cl/s
Rentar-se la cara	5,97 cl/s
Rentar els plats	12,82 cl/s

Taula 15. Resultats de la quantificació dels cl d'aigua consumits obtinguts a partir de tres determinacions

c) Resultats de la ingesta de THM per als diferents grups poblacionals

POBLACIÓ VELLA DONA	Ingesta d'aigua/vegada (l)	Ingesta de THM/vegada (µg/l)
Respatllar-se les dents – esbandida	0,28	17,47
Dutxar-se	64,49	3895,58
Rentar-se les mans	0,74	44,71
Rentar-se la cara	0,93	56,35
Rentar els plats	263,58	15.920

Taula 16. Resultats de la ingesta diària de THM per a dones corresponents a la franja de població vella

POBLACIÓ VELLA HOME	Ingesta d'aigua/vegada (l)	Ingesta de THM/vegada (µg/l)
Respatllar-se les dents – esbandida	0,18	11,20
Dutxar-se	57,33	3.463,31
Rentar-se les mans	1,01	61,29
Rentar-se la cara	0,93	56,35
Rentar els plats	10,47	632,76

Taula 17. Resultats de la ingesta diària de THM per a homes corresponents a la franja de població vella

POBLACIÓ ADULTA HOME	Ingesta d'aigua/vegada (l)	Ingesta de THM/vegada (µg/l)
Respatllar-se les dents – esbandida	0,18	11,20
Dutxar-se	73,86	4461,34
Rentar-se les mans	2,25	135,93
Rentar-se la cara	0,82	49,65
Rentar els plats	0	0

Taula 18. Resultats de la ingesta diària de THM per a homes corresponents a la franja de població adulta

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

POBLACIÓ ADULTA DONA	Ingesta d'aigua/vegada (l)	Ingesta de THM/vegada (µg/l)
Respatllar-se les dents – esbandida	0,27	16,60
Dutxar-se	97,38	5881,96
Rentar-se les mans	0,58	35,08
Rentar-se la cara	0,45	0,29
Rentar els plats	90,76	5482,24

Taula 19. Resultats de la ingesta de THM per a dones corresponents a la franja de població adulta

POBLACIÓ JOVE HOME	Ingesta d'aigua/vegada (l)	Ingesta de THM/vegada (µg/l)
Respatllar-se les dents – esbandida	0,10	6,53
Dutxar-se	88,01	5315,90
Rentar-se les mans	0,11	6,74
Rentar-se la cara	0,04	2,76
Rentar els plats	0	0

Taula 20. Resultats de la ingesta de THM per a homes corresponents a la franja de població jove

POBLACIÓ JOVE DONA	Ingesta d'aigua/vegada (l)	Ingesta de THM/vegada (µg/l)
Respatllar-se les dents – esbandida	0,14	8,96
Dutxar-se	164,69	9947,37
Rentar-se les mans	27,42	165,87
Rentar-se la cara	0,64	38,69
Rentar els plats	16,38	989,59

Taula 21. Resultats de la ingesta de THM per a homes corresponents a la franja de població jove

ANNEX D. MODEL D'ENQUESTA

ENQUESTA TREBALL DE RECERCA 2n BATXILLERAT: THM I SALUT PÚBLICA

Hola, sóc el Nasser Mohammad, un alumne de 2n de batxillerat científic. El meu treball de recerca tracta sobre uns compostos presents a l'aigua potable, els THM. Us pregaria que omplíssiu aquesta enquesta i la deixéssiu a la bústia de la Montserrat Mata. Gràcies.

PERFIL

- 1) **Edat:** *0-18 anys *18-65 anys * < 65 anys
- 2) **Sexe:** *Home *Dona
- 3) **Ocupació:** *Treball *Estic a l'atur *Estudio
*No tinc l'edat legal per treballar (estudiants, jubilats)
- 4) **Consideres que portes un estil de vida saludable (pràctica d'exercici físic regularment, alimentació saludable)?** *Sí *No
- a. **En cas afirmatiu, amb quina freqüència realitzes exercici físic?**
*1-2 cops per setm *3-4 cops per setm
*5-6 cops per setm *Cada dia
- 5) **Nivell socioeconòmic:** *No té ingressos *Menys de 450 euros al mes *De 451 a 600 euros al mes * De 601 a 750 euros al mes *De 751 a 900 euros al mes *De 901 a 1050 euros al mes *De 1051 a 1200 euros al mes *De 1201 a 1500 euros al mes *De 1501 a 1800 euros al mes *Més de 1800 euros al mes *Ingressos irregulars

CONSUM (en cas que consumiu aigua d'aixeta i aigua embotellada, marqueu la opció més freqüent)

- 1) **Consumeixes aigua d'aixeta?** *Sí..... *No.....
- 2) **Consumeixes aigua embotellada?** *Sí..... *No.....
- 3) **Utilitzes freqüentment piscines, jacuzzis o alguna instal·lació semblant?** *Sí *No
- 4) **Amb quina freqüència fas les següents activitats?**
 - a. **Beure aigua:** *1-2 gots per dia *3-4 gots per dia *5-6 gots per dia *7-8 gots..... *9-10 gots per dia..... * >10 gots per dia.....
 - b. **Respatllar-se les dents:** * 1-6 vegada per setm..... *7-14 vegades per setm *15-20 vegades per setm *21-26 vegades per setm..... >25 vegades per setm
 - c. **Dutxar-se:** *1-4 vegades per setm *5-9 vegades per setm *10-14 vegades per setm * >14 vegades per setm
 - d. **Rentar-se les mans:** *1-6 vegades per setm *7-14 vegades per setm *15-20 vegades per setm *21-26 vegades per setm >25 vegades per setm
 - e. **Rentar-se la cara:** *1-6 vegades per setm *7-14 vegades per setm *15-20 vegades per setm *21-26 vegades per setm >25 vegades per setm
 - f. **Rentar els plats:** *1-2 vegades per setm *3-4 vegades per setm *5-6 vegades per setm *7-8 vegades per setm *9-10 vegades per setm * >10 vegades per setm

ANNEX E. RESULTATS DE LES ENQUESTES

a) Ingesta setmanal de THM.

Perfil	THM total/setmana (µg/l)
Perfil 1	34145,95
Perfil 2	12877,58
Perfil 3	61269,13
Perfil 4	52888,602
Perfil 5	72878,62
Perfil 6	82639,05
Perfil 7	97565,29
Perfil 8	82236,73
Perfil 9	82303,77
Perfil 10	82594,311
Perfil 11	105336,49
Perfil 12	81763,61
Perfil 13	76423,66
Perfil 14	80502,67
Perfil 15	37182,81
Perfil 16	82166,01
Perfil 17	56656,44
Perfil 18	84098,483
Perfil 19	29341,455
Perfil 20	46508,21
Perfil 21	127837,261
Perfil 22	127926,65
Perfil 23	93636,66
Perfil 24	45406,12
Perfil 25	31803,569
Perfil 26	32071,74
Perfil 27	83120,87
Perfil 28	76544,313
Perfil 29	92892,94
Perfil 30	76298,485
Perfil 31	87964,935
Perfil 32	71249,28
Perfil 33	76191,38
Perfil 34	86545,94
Perfil 35	76321,28
Perfil 36	76146,882
Perfil 37	74730,34

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

Perfil 39	124866,5
Perfil 40	89530,108
Perfil 41	89480,88
Perfil 42	37727,66
Perfil 43	72820,81
Perfil 44	82635,38
Perfil 45	82631,0675
Perfil 46	80,528,51
Perfil 47	37869,965
Perfil 48	37677,947
Perfil 49	37314,029
Perfil 50	63907,529
Perfil 51	13733,03
Perfil 52	37549,63
Perfil 52	37383,48
Perfil 53	75067,54
Perfil 54	37337,71
Perfil 55	37429,15
Perfil 56	37337,71
Perfil 57	37928,44
Perfil 58	37703,203
Perfil 59	13671,861
Perfil 60	37703,257
Perfil 61	74850,33
Perfil 62	37570,15
Perfil 63	64321,953
Perfil 64	35270,9
Perfil 65	3366,094
Perfil 67	35345,624
Perfil 68	32348,624
Perfil 69	33522,53
Perfil 70	32774,72
Perfil 71	35860,6
Perfil 72	35499,331
Perfil 73	36028,4
Perfil 74	36117,79
Perfil 75	36140,135
Perfil 76	35421,295
Perfil 77	36371,47
Perfil 78	36390,86
Perfil 79	33734,806
Perfil 80	36212,08
Perfil 81	36413,21

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

Perfil 82	61343,745
Perfil 83	61353,762
Perfil 84	60538,95
Perfil 85	43206,911
Perfil 86	50607,84
Perfil 87	4915,404
Perfil 88	50607,84
Perfil 89	61572,32
Perfil 90	58925,154
Perfil 91	58925,3
Perfil 92	58925,36
Perfil 93	58904,614
Perfil 94	116243,5
Perfil 95	61663,82
Perfil 96	35667,12
Perfil 97	262572,88
Perfil 98	35842,46
Perfil 100	29165,181
Perfil 101	26223,17
Perfil 102	43495,23
Perfil 103	26617,62
Perfil 105	26528,22
Perfil 106	26925,67
Perfil 107	26922,67
Perfil 108	26855,63
Perfil 109	26968,113
Perfil 110	26968,123
Perfil 111	11215,85
Perfil 112	11427,176
Perfil 113	11580,665
Perfil 114	11641,7
Perfil 115	11647,709
Perfil 116	11647,68
Perfil 117	11647,709
Perfil 118	11647,709
Perfil 119	11826,48
Perfil 120	11580,66
Perfil 121	27165,56
Perfil 122	11889,278
Perfil 123	170729,01
Perfil 124	29102,896
Perfil 125	29215,6
Perfil 126	163759,21

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

Perfil 127	88573,73
Perfil 128	18872,774
Perfil 129	188573,73
Perfil 130	149165,29
Perfil 131	53727,54
Perfil 132	149098,25
Perfil 133	29848,25
Perfil 134	189114,919
Perfil 135	234368,92
Perfil 136	149564,66
Perfil 137	189514,68
Perfil 138	30314,66
Perfil 139	172046,78
Perfil 140	172046,78
Perfil 141	189733,436
Perfil 142	131911,96
Perfil 143	189593,45
Perfil 144	171885,29
Perfil 145	171974,68

Taula 22. Resultats dels diferents perfils. La significació dels colors és la següent: blau (Població Adulta - Home), salmó (Població Jove - Dona), verd (Població Jove - Home), vermell (Població Adulta - Dona), lila (Població Vella - Home) i marró (Població Vella - Dona)

b) Influència de l'ocupació en la ingesta de THM.

Rang de població	Homes (µg/l)	Dones (µg/l)
Població ocupada	33342,2629	57695,3229
Població aturada	111360,82	-
Estudiants no obligatoris	41604,3881	75162,6653
Població inactiva	20072,1729	133162,456

Taula 23. Ingesta de THM setmanal en funció de la ocupació

c) Influència de la pràctica d'exercici físic i una alimentació equilibrada.

Rang de població	Sí		No	
	Homes (µg/l)	Dones (µg/l)	Homes (µg/l)	Dones (µg/l)
Població jove	42579,7498	71971,0115	37530,7135	78297,6473
Població adulta	33061,604	57276,7602	53113,3468	58448,7356
Població vella	25767,3095	159941,183	14377,0363	127524,83

Taula 24. Ingesta de THM setmanal en funció de l'estil de vida

Què s'amaga dins l'aixeta?

Estudi dels THM a l'aigua d'aixeta de Granollers i la seva implicació en l'àmbit de la salut pública

d) Influència de la freqüència de pràctica d'exercici físic

Rang de població	HOMES				DONES			
	1-2 cops/setmana (µg/l)	3-4 cops/setmana (µg/l)	5-6 cops/setmana (µg/l)	Cada dia (µg/l)	1-2 cops/setmana (µg/l)	3-4 cops/setmana (µg/l)	5-6 cops/setmana (µg/l)	Cada dia (µg/l)
Població jove	53665,725	34508,1929	37508,616	50012,8383	72037,0995	71709,206	76146,882	80,528,51
Població adulta	35823,7838	34584,1548	-	-	61343,745	55474,2566	58925,33	58925,154
Població vella	23256,4239	35210,45	-	26968,113	155905,983	172046,78	-	-

Taula 25. Ingesta de THM setmanal en funció de la freqüència amb què es practica exercici físic

e) Influència del nivell socioeconòmic

Sexe	Nivell socioeconòmic	Població jove (µg/l)	Població adulta (µg/l)	Població vella (µg/l)
HOMES	No té ingressos	42139,81886	34145,95	-
	Menys de 450 euros al mes	13671,861	-	-
	De 451 a 600 euros al mes	-	35842,46	13723,0891
	De 601 a 750 euros al mes	-	149120	14660,325
	De 751 a 900 euros al mes	75067,54	75067,54	27224,9083
	De 901 a 1050 euros al mes	-	-	29165,181
	De 1051 a 1200 euros al mes	-	-	26528,22
	De 1201 a 1500 euros al mes	-	29945,382	27045,615
	De 1501 a 1800 euros al mes	-	35889,2517	26922,67
	Més de 1800 euros al mes	-	34037,4615	-
	Ingressos irregulars	38820,2795	12877,58	-
DONES	No té ingressos	74761,1161	116243,5	-
	Menys de 450 euros al mes	29341,455	-	132108,585
	De 451 a 600 euros al mes	-	-	171885,29
	De 601 a 750 euros al mes	-	-	129651,37
	De 751 a 900 euros al mes	-	-	121150,635
	De 901 a 1050 euros al mes	-	-	140738,31
	De 1051 a 1200 euros al mes	76940,17375	27761,622	116626,628
	De 1201 a 1500 euros al mes	82303,77	58904,614	-
	De 1501 a 1800 euros al mes	-	61348,7535	100550,445
	Més de 1800 euros al mes	-	55188,2525	-
	Ingressos irregulars	-	-	-

Taula 26. Ingesta de THM setmanal en funció del nivell socioeconòmic

f) **Influència del consum d'aigua embotellada**

Sexe	HOMES		DONES	
Rang de Població	Consum d'aigua embotellada (µg/l)	Consum d'aigua d'aixeta (µg/l)	Consum d'aigua embotellada (µg/l)	Consum d'aigua d'aixeta (µg/l)
Població jove	43733,2988	41163,0934	74759,7086	75186,8976
Població adulta	34312,035	46378,2656	60314,9994	52979,905
Població vella	25206,6034	18111,4939	150127,98	128077,371

Taula 27. Ingesta de THM setmana en funció del consum d'aigua embotellada o aigua d'aixeta

