



## **ESTUDI DE L'ORIGEN DELS CONTAMINANTS A L'AIRE DE BARCELONA EN LA ZONA LIMÍTROFE AMB SANT ADRIÀ DEL BESÒS**

Joan O. Grimalt, Esteban Abad, Barend L. van Drooge, Miquel Adrados i  
Manuela Abalos

Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA-CSIC). Jordi Girona, 18.  
08034-Barcelona

Barcelona, 18 de Juny del 2019



## ÍNDEX

Introducció	.....	3
Mostratge	.....	10
Resultats i discussió	.....	11
Aire	.....	11
Dioxines en sòls	.....	25
Metalls en sòls	.....	28
Conclusions	.....	33
Bibliografia	.....	34



## INTRODUCCIÓ

Davant de la preocupació generada entre els veïns de Sant Adrià del Besòs i de la zona de Barcelona propera al riu Besòs per les emissions de la incineradora de residus urbans situada devora la desembocadura d'aquest riu s'han fet diversos estudis finançats per l'Ajuntament de Barcelona, l'Àrea Metropolitana de Barcelona i l'Agència de Salut de Barcelona per a conèixer quina és la situació per les emissions d'aquesta incineradora a la zona i comparar-la amb les emissions d'altres fonts, fonamentalment el trànsit.

Per a dissenyar aquest estudi s'han tingut presents els treballs previs del Laboratori de Toxicologia i Salut Ambiental de la Facultat de Medicina de la Universitat Rovira i Virgili liderat pel Prof. José Luís Domingo que en els darrers anys han realitzat diversos estudis sobre aquest tema, Domingo i Nadal (2015) i Domingo et al. (2015; 2017).

Durant l'any 2018 s'han anat fent diverses reunions a l'Agència de Salut, dies 22 Gener, 13 Febrer, 7 Març, 12 Abril, 22 Maig, 26 Juliol, 28 de Setembre (comitè d'experts), 10 Octubre i 9 Gener del 2019 per dissenyar l'estudi i després fer una supervisió del seu desenvolupament.

El 30 de Gener del 2018 es participà en una reunió amb els veïns a la sala d'actes del Museu Blau per descriure el problema de les dioxines. Els dies 8 de Maig i el 22 d'Octubre es feren reunions amb personal de l'Agència de Salut Pública de Barcelona, districte, Departament de Salut, Ajuntament de Barcelona, de Sant Adrià, Consorci Besòs i veïns i veïnes a la sala d'actes del laboratori municipal per explicar el mostratge dissenyat en el primer cas i els resultats de l'estudi en el segon.

El plantejament general de l'estudi és conèixer l'origen de les dioxines observades anteriorment a la zona, en l'ordre de 18-48 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 6) (Domingo et al., 2015; 2017) o de 9-115 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 12) Domingo i Nadal (2015). Òbviament, un origen possible era la planta incineradora de residus urbans propera a la desembocadura del riu Besòs i una altra les aportacions del trànsit que és important a la zona per efecte de la ronda litoral. Altres fonts tampoc no es podien descartar.

En un primer plantejament es va proposar fer un mostratge al llarg de tot un any amb preses de mostra mensuals, dues a dos punts de la zona i una en una zona allunyada amb molt de trànsit dins de Barcelona que es prendria de referència. Es proposa utilitzar penells direccionals que controlessin el funcionament dels equips a partir de la direcció del vent de manera que es pogués regular la recollida d'aire segons aquesta. Així es podria controlar millor quin era l'origen de les dioxines a la zona.

En una de les reunions celebrades a l'Agència de Salut en presència del Prof. José Luís Domingo es decidí fer un mostratge més intensiu, no allargat durant un any, sinó amb més punts de mostratge distribuïts al voltant de la zona de la incineradora. D'aquesta manera, el disseny de l'estudi quedà definit així:

a) Cinc punts desplegats en semicircumferència al voltant de la incineradora del Besòs. Aquests punts són edifici del Passeig Garcia Fària, 81; Museu Blau; CAP Besòs; Centre Esportiu La Mina; Escola Catalunya (Figures 1 i 2).

b) un punt al barri de Sant Andreu, en la línia que defineix la via del tren, que per les seves característiques pot acanalar l'aire de les brises des de la zona del Besòs cap a l'interior de Barcelona, i específicament cap aquest barri. Aquest punt és el de la biblioteca Can Fabra (Figures 1 i 2).

c) un punt en una àrea allunyada de la incineradora, que representi el trànsit de la ciutat de Barcelona. Aquest punt és el de la cruïlla entre l'Avinguda Roma i Carrer Urgell on ja hi ha una cabina de la xarxa de vigilància i previsió de la contaminació atmosfèrica (Figures 1 i 2).

En els sis primers punts es col·locà un penell direccional, tal com s'ha indicat anteriorment, per captar aire que només provinguí de la direcció de la incineradora o el contrari. Per evitar efectes locals que modifiquessin la direcció del vent, aquests punts s'han situat al terrat d'edificis, de manera que no hi hagués cap obstacle que pogués modificar els corrents d'aire.

El setè punt, en estar dedicat a mesurar l'efecte del trànsit, no té penell.

Aquest estudi coincidí amb les tasques de manteniment de la planta incineradora, que es produïren de forma independent al desenvolupament del mostratge iniciat. Aquestes tasques comportaren fins i tot l'aturada de la planta. Aquest fet proporcionà una informació addicional sobre les concentracions ambientals de dioxines a la zona perquè permeté comparar períodes de funcionament amb períodes d'aturada.

També es plantejà la necessitat de mostrejar i analitzar el contingut de dioxines i metalls traça en sòls. Els estudis del Laboratori de Toxicologia i Salut Ambiental de la Facultat de Medicina de la Universitat Rovira i Virgili també havien analitzat les dioxines en sòls i es considerà oportú fer aquestes anàlisis per disposar de més dades.

Es decidí agafar mostres de sòls a tots els llocs propers als punts de mostratge d'aire.

Aquest plantejament fou aprovat a les reunions realitzades a l'Agència de Salut de Barcelona i es desenvolupà tal com estava previst (Figures 3-9). A cada punt s'instal·là un equip de mostratge per analitzar les dioxines quan l'aire vingués o no de la zona on es troba la incineradora. L'objectiu del mostrejador de la cruïlla entre l'avinguda de Roma i el Carrer Urgell era disposar d'aire representatiu de les aportacions del trànsit de Barcelona i per tant no tenia penell.

També es recolliren mostres de sòls per a l'anàlisi de dioxines i metalls, com s'havia previst.

A la vista dels resultats de les mostres analitzades en les cinc primeres campanyes entre els mesos de maig i juliol, que tenien concentracions molt baixes de dioxines, es decidí ajornar els mostratges fins als mesos d'hivern per veure si hi havia un efecte estacional que reflectís una situació diferent en aquestes concentracions.

Per aquest motiu es tornà a començar els mostratges el mes de Desembre i s'han allargat durant els mesos de Gener i Febrer del 2019.

A més a més, l'Agència de Salut de Barcelona va demanar que es fes un mostratge dins del municipi de Badalona. D'acord amb aquesta demanda es trià l'Escola Eugeni d'Ors i, de manera semblant als altres punts de mostratge, es col·locà un equip al terrat d'aquesta escola en una situació que no tingués cap obstacle físic entre el punt de mostratge i la xemeneia de la incineradora. L'equip instal·lat fou el que hi havia al CAP Besós. Per tant, en aquest lloc es deixà de prendre mostres.

Aquest informe resumeix els treballs realitzats en aquest estudi.

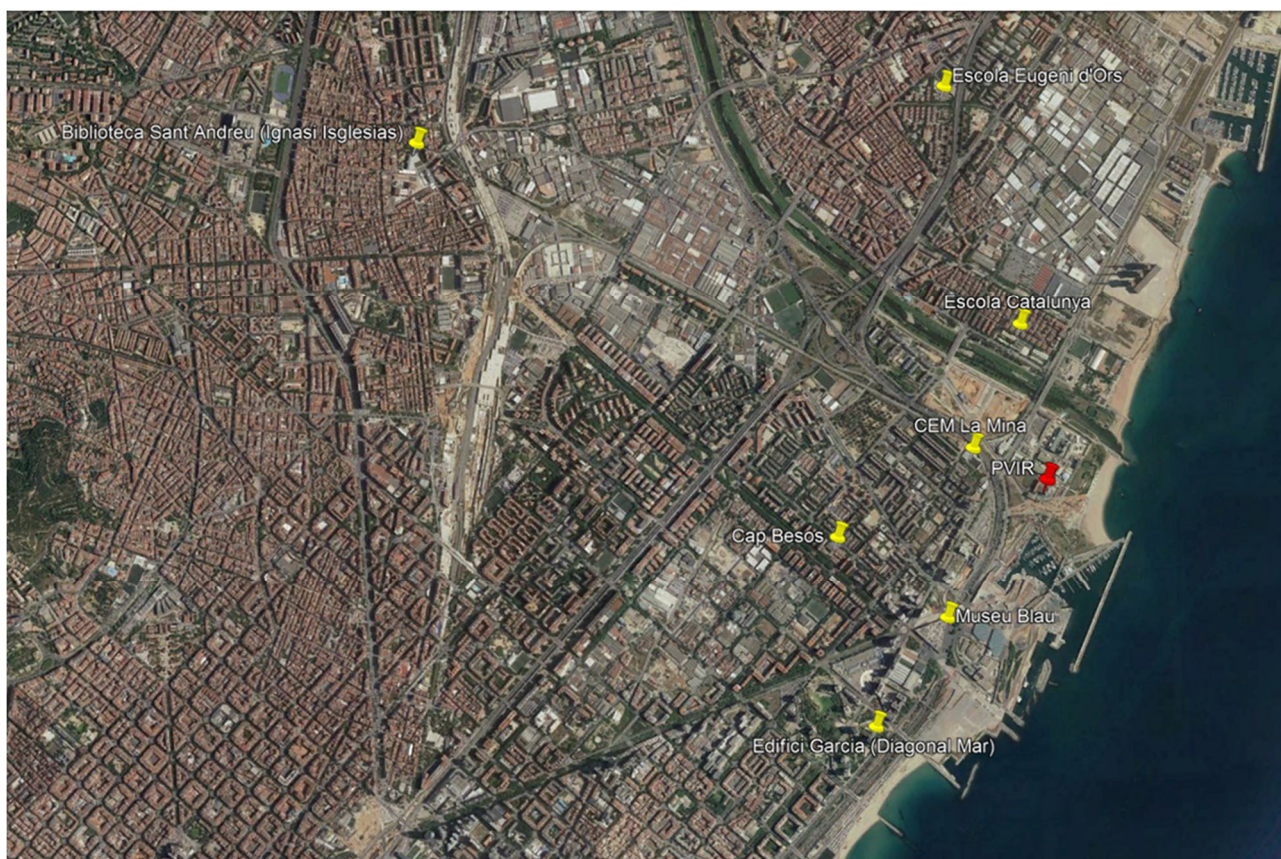


FIGURA 1. Mapa dels llocs de mostreig de dioxines en aire i sòls en les zones properes a la incineradora.



FIGURA 2. Mapa dels llocs de mostreig de dioxines en aire i sòls en les zones properes a la incineradora.



FIGURA 3. Equip instal·lat a la cruïlla entre l'Avinguda de Roma i el Carrer Urgell (Barcelona).



FIGURA 4. Equip instal·lat a l'edifici de la biblioteca Sant Andreu (Barcelona)



FIGURA 5. Equips instal·lats al sostre del Museu Blau (Barcelona)



FIGURA 6. Equip instal·lat al sostre d'un edifici del Carrer Garcia Fària (Barcelona)



FIGURA 7. Equip instal·lat al sostre de l'edifici del Centre Esportiu La Mina (Sant Adrià del Besòs).



FIGURA 8. Equip instal·lat al sostre de l'edifici de l'escola d'ensenyament primari Catalunya (Sant Adrià del Besòs).



FIGURA 9. Equips instal·lats al sostre de l'edifici del CAP Besòs (Sant Adrià del Besòs).



FIGURA 10. Equip instal·lat al sostre de l'edifici de l'escola Eugeni d'Ors (Badalona).

## MOSTRATGE

Les mostres d'aire s'obtingueren amb equips d'aspiració d'alt volum. El temps de mostratge fou de 24-48 h per mostra. Es recolliren amb equips que tenen una columna de poliuretà i un filtre de fibra de vidre connectats en sèrie, de manera que es recollí la fracció de partícules i de gas de forma separada. Els extractes d'aquestes dues fraccions es combinaren i s'hi analitzaren les dioxines. Els detalls del mostratge, extracció, tractament de la mostra i anàlisi es descriuen a Parera et al (2018).

Respecte a les mostres de sòls, es recolliren mostres separatament per a anàlisi de dioxines i de metalls. Els mètodes de tractament de la mostra i anàlisi per a dioxines es descriuen a Martínez et al. (2006). Els mètodes de tractament de mostra i anàlisi de metalls es descriuen a Álvarez-Ayuso et al (2008).

Els resultats de les anàlisis de dioxines a les mostres es traslladen a equivalents de toxicitat mitjançant l'escala internacional o de l'Organització Mundial de la Salut, fg/m<sup>3</sup> I-TEQ i fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ, respectivament. A la Taula 1 es descriuen les equivalències entre un criteri i altre.

Taula 1. Factors d'equivalència tòxica dels congèners de policlorodibenzodioxines i policlorodibenzofurans per als càlculs d'equivalència de toxicitat segons el criteri internacional (I-TEF) i el criteri de la Organització Mundial de la Salut (WHO-TEF).

	WHO-TEFs 2005	I-TEF
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.1
<b>1,2,3,7,8-PeCDF</b>	<b>0.03</b>	<b>0.05</b>
<b>2,3,4,7,8-PeCDF</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01
<b>OCDF</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.001</b>
2,3,7,8-TCDD	1	1
<b>1,2,3,7,8-PeCDD</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.01
<b>OCDD</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.001</b>

## RESULTATS I DISCUSSIÓ

### AIRE

Es feren mostratges a tots els punts en nou campanyes. El períodes de mostratge foren els següents: 8-16 de Maig del 2018, 23-25 de Maig, 29 de Maig a 1 de Juny, 14-18 de Juny, 5-9 de Juliol, 17-19 de Desembre del 2018, 29-31 de Gener del 2019, 19-21 de Febrer i 27 de Febrer a 1 de Març del 2019. Els temps de mostratge no foren constants

perquè depenien de si el penell connectava o no els equips. A la Taula 2 es descriuen els volums recollits en cada una de les campanyes.

Hi va haver 4 casos en què els equips no funcionaven adequadament: Museu Blau a la campanya del 8 al 16 de Maig i a l'Escola Catalunya durant les campanyes del 23-25 de Maig, 29 de Maig a 1 de Juny, 14-18 de Juny i 5-9 de Juliol. En els mesos de Gener i Febrer es feren obres en el sostre del Museu Blau i ja no es pogué agafar mostra representativa en aquest punt.

A partir del mes de Desembre es va traslladar el mostrejador de l'estació del CAP Besòs a l'Estació de l'Escola Eugeni d'Ors a Badalona.

A la Taula 3 es descriuen els resultats de les anàlisis de dioxines. En general, s'han trobat concentracions molt més baixes que les previstes. Per aquest motiu no s'inclouen a la taula els valors corresponents a volums menors de 500 m<sup>3</sup>. Les caselles que estan en blanc corresponen a concentracions per sota el límit de quantificació.

### **Resultats quantitius en el període calent (8 Maig a 9 de Juliol 2018)**

Els valors mitjans trobats a les estacions de Museu Blau i CAP Besòs estaven sota límit de detecció. Els valors mitjans a les estacions de Garcia Faria, cruïlla Avd Roma-C/Urgell, Poliesportiu la Mina, Escola Catalunya i Biblioteca Can Fabra foren 5.5, 7.5, 5.9 i 6.5 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ, respectivament (Taula 3). Aquestes unitats es poden comparar amb les trobades en estudis anteriors però recents en la mateixa zona. En l'estudi Domingo et al. (2015) el marge d'unitats trobat fou de 18-41 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 3), a l'estudi de Domingo et al. (2017) aquest marge fou 41-48 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 3) i en l'estudi Domingo i Nadal (2015) el marge d'unitats trobat fou 9-115 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 12).

Les unitats de dioxines trobades en les diferents estacions de mostratges no tenien diferències significatives. És a dir que no hi havia diferència entre les trobades a la cruïlla de l'Avinguda Roma i Carrer Urgell, la trobada a la biblioteca Can Fabra (Sant Andreu) i les trobades a prop de la incineradora del Besòs. Aquesta manca de diferència responia a una falta d'aportació de dioxines de la incineradora que sigui detectable per sobre del fons d'aquests compostos atribuïbles al trànsit.

A la Taula 3 també es mostren les temperatures mitjanes dels dies de mostratge d'aquest període. Els valors varien entre 16.4°C i 25.0°C i són coherents amb l'època de l'any en què s'agafaren les mostres. Les precipitacions atmosfèriques durant aquests períodes foren insignificants, 0-2 mm. Les capes de mescla mitjanes foren relativament uniformes, entre 441 i 633 m per sobre del nivell de la mar. No hi ha, per tant, diferències meteorològiques apreciables que expliquin la variació de resultats de les anàlisis de dioxines que, per altra banda, són molt uniformes.

## Resultats quantitius en el període fred (17 Desembre 2018 a 1 de Març 2019)

17 Desembre – 19 Desembre 2018

En el mostratge realitzat entre el 17 i 19 de Desembre la temperatura mitjana fou 11.5°C (Taula 3). Aquest valor és coherent amb l'època de l'any en què es féu el mostratge. Durant aquest no hi hagué cap precipitació atmosfèrica i l'alçada de la capa de mescla fou 551 m. Els valors de dioxines trobats durant aquest mostratge són clarament més alts que els observats en el període calent (Taula 3). Concretament, en les estacions Escola Catalunya i Poliesportiu La Mina els valors foren de 36.5 i 21 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ, respectivament. Aquests eren els més alts observats en aquest mostratge. A la biblioteca Can Fabra s'observaren 17.5 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ que novament són valors més alts que els trobats en aquesta estació en els mostratges del període calent.

A l'Edifici Garcia Fària s'observaren valors de 9.4 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ, que foren més alts que els trobats en els mostratges 2-4 i semblants al del primer mostratge. A l'Escola Eugeni d'Ors els valors foren de 11 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ. Finalment, els valors més baixos s'observaren a l'Estació del carrer Urgell, 6.9 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ on coincidiren aproximadament amb els valors mitjans observats en els mostratges anteriors en aquesta estació.

Les diferències observades en aquest cas respecte els mostratges anteriors es poden interpretar com indicadores d'una possible contribució de les emissions de dioxines a la zona per part de la incineradora o de la planta de cicle combinat, on els dos punts més propers, Escola Catalunya i Poliesportiu La Mina, mostraven els valors més alts. L'estació de la Biblioteca Can Fabra també pot reflectir una possible contribució d'aquesta font com a conseqüència de les direccions predominants dels vents per efecte d'acanalament de les vies del tren. El fet que a l'estació del carrer Urgell no s'observés cap increment significatiu respecte als mostratges anteriors és coherent amb aquesta interpretació perquè aquesta estació s'agafà de referència lluny de les emissions de la incineradora i de la planta de cicle combinat.

La comparació dels valors trobats els dies 17-19 de Desembre del 2018 en les zones properes a la incineradora i de la planta de cicle combinat, Escola Catalunya i Poliesportiu La Mina, amb els trobats en els estudis anteriors, 18-41 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 3; Domingo et al., 2015), 41-48 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 3; Domingo et al., 2017) i 9-115 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 12; Domingo i Nadal, 2015), mostra nivells semblants encara que una mica més baixos que en aquests estudis anteriors.

Taula 2. Volums d'aire (m<sup>3</sup>) recollits a cada mostratge. Aquests volums han variat segons la direcció del vent durant el període de mostratge. L'estació de la cruïlla entre Avinguda de Roma i Carrer Urgell no tenia penell.

Campanya	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	08-maig	23-maig	29-maig	14-juny	05-jul	17-des	29-gen-19	19-feb-19	27-feb-19
	16-maig	25-maig	01-juny	18-juny	09-jul	19-des	31-gen-19	21-feb-19	1-març-19
Museu Blau	X <sup>a</sup>	129	147	198	199				
Garcia Fària	558	1223	1794	1198	1199	1373	1308	1917	1904
CAP Besos	238	247	291	258	256	X	X	X	X
XUrgell	481	722	722	957	957	687	1006	972	972
Poliesportiu la Mina	971	975	975	980	978	1382	1902	1918	439 <sup>b</sup>
Escola Catalunya	419	X	X	578	X	974	974	972	959
Biblioteca Can Fabra	1039	1204	1808	1188	1193	1365	1420	1438	1406
Escola Eugeni d'Ors	X	X	X	X	X	971	972	X	X

<sup>a</sup>Les mostres amb una X són no recollides perquè es programà així o hi hagué problemes amb els equips. <sup>b</sup>Els resultats d'aquesta mostra s'inclouen perquè les mesures estaven per sobre el límit de quantificació.

Taula 3. Unitats de dioxines (en fg/m<sup>3</sup> d'equivalents WHO-TEQ) a les mostres recollides amb volum superior a 500 m<sup>3</sup>.

Campanya	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	08-maig	23-maig	29-maig	14-juny	05-jul	17-des	29-gen-19	19-feb-19	27-feb-19
	16-maig	25-maig	01-juny	18-juny	09-jul	19-des	31-gen-19	21-feb-19	1-març-19
<b>Dades</b>									
<b>Meteorològiques<sup>a</sup></b>									
Temperatura (°C)	16.4	19.3	20.0	21.3	25.0	11.5	9.9	14.4	13.0
Precipitació acumulada (mm)	2.1	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0
Capa mescla mitjana (m sobre nivell mar)	540	441	431	471	633	551	759	675	239
<b>Unitats dioxines</b>									
Museu Blau	X								
Garcia Fària	9.7	4.7	4.5	3.8	4.6	9.4	5.2	7.3	20.9
CAP Besos									
Urgell	3	10	8.0	6.7	5.2	6.9	3.7	6.4	18.8
Poliesportiu la Mina	8.5	6.9	4.4	5.3	4.4	21	5.8	24.1	11.7
Escola Catalunya		X	X	6.4	X	36.5	7.5	14.2	25.4
Biblioteca Can Fabra	7.9	8.9	5.0	4.7	5.8	17.5	6.8	17.2	29.3
Escola Eugeni d'Ors						11	8.8		

<sup>a</sup>Obtingudes del servei meteorològic de Catalunya

29 Gener - 31 Gener 2019

En el mostratge del 29 al 31 de Gener del 2019 la temperatura mitjana fou 9.9°C (Taula 3), valor usual en l'època de l'any considerada. La precipitació atmosfèrica fou insignificant, 0.1 mm, i l'alçada de la capa de mescla més alta del normal, 759 m (Taula 3). Els valors de dioxines observats tornaren a mostrar els nivells baixos que s'havien trobat en els mostratges entre els mesos de Maig-Juliol. El marge de valors fou de 3.7-8.8 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ. Com s'ha dit abans, aquests valors eren molt baixos i no mostraven cap contribució d'emissions de la incineradora o de la planta de cicle combinat en l'entorn. El valor més alt es trobà a l'Escola Eugeni d'Ors, 8.8 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ, que reflectia probablement aportacions del trànsit. Aquests valors tan baixos del mes de Gener no coincidien amb cap aturada de la incineradora. Durant el mes de Gener, aquesta aturà un mòdul els dies 12-18 de Gener del 2019.

A la vista de les dades meteorològiques, una explicació plausible d'aquests resultats és que els valors baixos corresponguin a una major dilució de tots els contaminants atmosfèrics, inclosos les dioxines, degut a l'alçada de la capa de mescla tan alta.



FIGURA 11. Foto que mostra la dispersió restringida de les emissions de la incineradora i central de cicle combinat en condicions d'inversió tèrmica (27 Febrer del 2019).

19 Febrer – 21 Febrer 2019

En els mostratges dels dies 19-21 de Febrer del 2019 les temperatures mitjanes foren de 14.4°C, no hi hagué precipitació atmosfèrica i l'alçada de la capa de mescla fou de 675 m (Taula 3). Els valors de dioxines presentaren un altre cop nivells més alts, comparables als del mostratge del mes de Desembre del 2018. Els valors més alts s'observaren en la mostra del Poliesportiu La Mina, 24 fg/m<sup>3</sup>. A l'Escola Catalunya hi havia valors de 14.2 fg/m<sup>3</sup> i a la Biblioteca Can Fabra 17 fg/m<sup>3</sup>. Aquests valors eren clarament més alts que els trobats a l'estació de referència del carrer Urgell, 6.4 fg/m<sup>3</sup>, i també a l'edifici del carrer Garcia Fària, 7.3 fg/m<sup>3</sup>.

Els resultats d'aquest mostratge es poden interpretar com a característics d'un altre possible episodi d'aportacions locals de dioxines, probablement provinents de la incineradora i la planta de cicle combinat, en la zona de Sant Adrià i la biblioteca Can Fabra. Aquesta coincidència en l'increment dels valors de Sant Adrià i la Biblioteca Can Fabra es podria interpretar com que els corrents atmosfèrics acanalats per la via del tren transportin una part de les dioxines emeses a Sant Adrià cap aquesta zona. En qualsevol cas, el marge de concentracions trobat, 14-24 fg/m<sup>3</sup>, eren inferiors als descrits en estudis anteriors, 9-115 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (Domingo i Nadal, 2015; Domingo et al., 2015; 2017).

27 Febrer – 1 Març 2019

El mostratge dels dies 27 de Febrer a 1 de Març es produí a una temperatura mitjana de 13.0°C, sense precipitacions atmosfèriques i amb una alçada de capa de mescla baixa, 239 m. Aquesta capa de mescla tan baixa és típica d'un episodi perllongat d'inversió tèrmica. En aquests episodis, la distribució dels contaminants emesos des de nivell de terra es produeix dins d'una capa d'aire molt estreta, i aquest efecte fa que les concentracions dels contaminants siguin molt més altes perquè la dispersió és menor que en condicions normals.

Això s'observa a Sant Adrià a la zona d'estudi (Figura 11) on es troba que les emissions de la incineradora i planta de cicle combinat no pugen gaire sinó que es distribueixen paral·lelament al terra. En aquests casos se sol produir una calitja negra baixa que correspon a l'acumulació de contaminants.

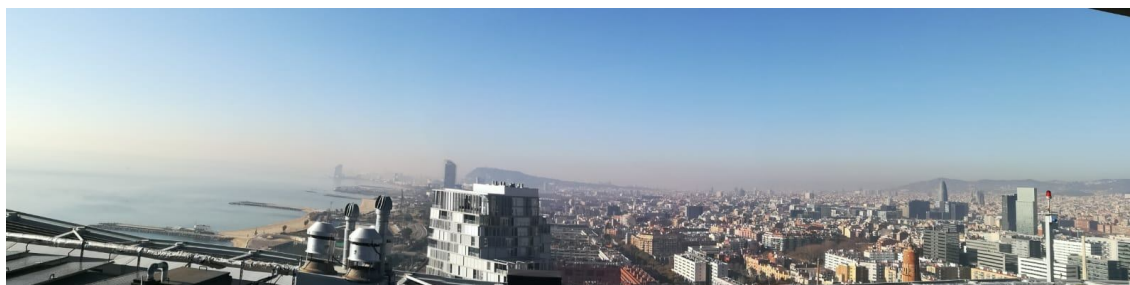


FIGURA 12. Capa de calitja baixa que mostra l'acumulació de contaminants a Barcelona durant un episodi de forta inversió tèrmica (1 de Març del 2019).

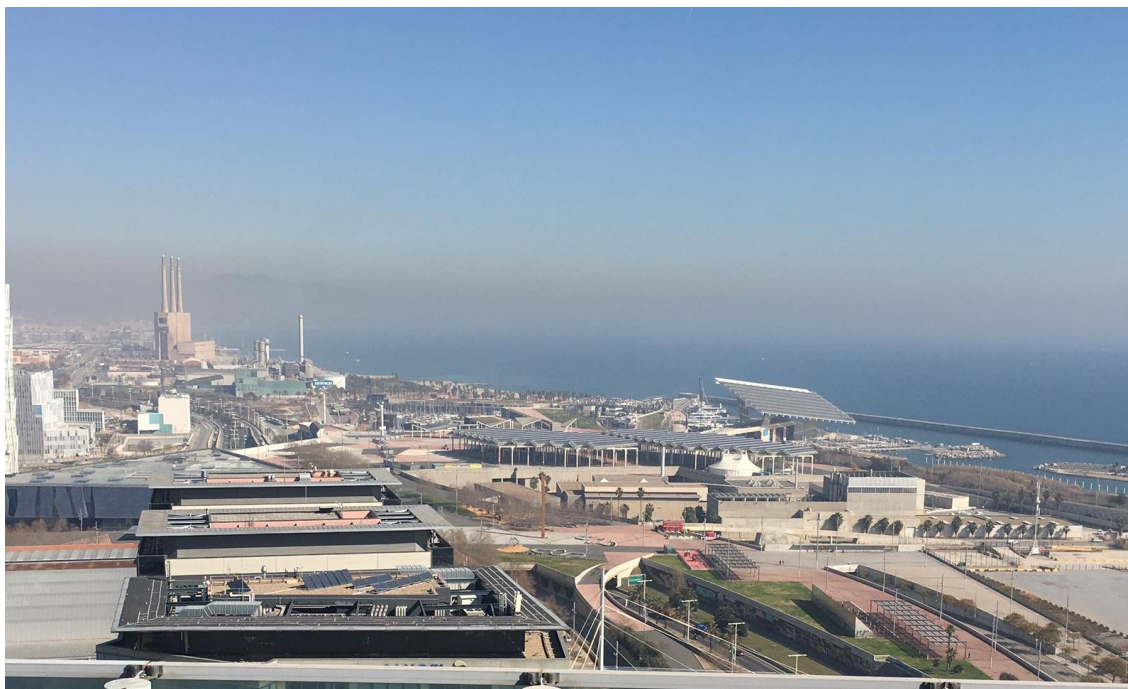


FIGURA 13. Capa de calitja baixa que mostra l'acumulació de contaminants a Sant Adrià del Besòs i Badalona durant un episodi de forta inversió tèrmica (1 de Març del 2019).



FIGURA 14. Fotografia de l'estat d'un filtre després de recollir aire en període d'inversió tèrmica (27 Febrer 2019 a 1 Març 2019).

Aquesta calitja fou molt important en el període de mostratge tal com s'observa a les Figures 12 i 13.

En aquestes condicions, els filtres recullen molta contaminació de tot tipus d'òrgens i això es posa de manifest en el color fortament negre dels filtres dels mostrejadors. A la Figura 14 es mostra l'aspecte que tenien els filtres durant aquest període de mostratge.

Els valors de les dioxines d'aquest període foren en general més alts que els anteriors, en un marge de 11.7 fg/m<sup>3</sup> i 29.3 fg/m<sup>3</sup>. En aquest cas, els valors trobats sembla que es devien fonamentalment a l'acumulació general de les dioxines pel trànsit. Els valors del carrer Urgell foren de 18.8 fg/m<sup>3</sup>, més alts que els de l'estació del Poliesportiu la Mina, 11.7 fg/m<sup>3</sup>, i molt semblants als del carrer Garcia-Fària, 20.9 fg/m<sup>3</sup>. Les concentracions de l'Escola Catalunya, 25.4 fg/m<sup>3</sup>, eren un pel més altes i les més altes de la sèrie es trobaven a la biblioteca Can Fabra, 29.3 fg/m<sup>3</sup>.

Taula 4. Unitats de dioxines en l'aire de diverses àrees.

Country	Period	Location type	I-TEQ (fg/m <sup>3</sup> )	Reference
Anshan, China	June 2008–January 2009	Industrial	3–247 (81) <sup>a</sup>	Li et al. <a href="#">2010</a>
Beijing, China	February–December 2006	Urban (ferrous, steel)	18–644 (268)	Li et al. <a href="#">2008a</a>
Hong Kong (urban)	2004–2005	Residential	152 (10–5,791)	Choi et al. <a href="#">2008</a>
		Industrial	102 (7.4–312)	Choi et al. <a href="#">2008</a>
Taizhou		Industrial (electronic waste)	1,100 (200–3,450)	Li et al. <a href="#">2008b</a>
Guangzhou, China	July–September 2004	Urban	57–1279 <sup>b</sup>	Yu et al. <a href="#">2006</a>
Taiwan, China	November 1999–July 2000	Urban	56–348	Chang et al. <a href="#">2003</a>
Hong Kong, China	January–March 2000	Urban Urban	30–430	Sin et al. <a href="#">2002</a>
	June–August		18–25	
Korea	June 2000–March 2001	Urban	169–882	Park and Kim <a href="#">2002</a>
Japan	2002	Urban Urban	66–840	Government of Japan <a href="#">2005</a>
	2003		66–720	
		Urban	83–550	
Houston, USA	September 2002–April 2004	Urban	40–55	Correa et al. <a href="#">2004</a>
Thessaloniki, Greece	March–October 1999	Urban	40–119	Kouimtzis et al. <a href="#">2002</a>
Athens, Greece	July 2000	Urban	42.1	Mandalakis et al. <a href="#">2002</a>
		Background	7.8	
São Paulo, Brazil	2000–2001	Urban	47–751	Assunção de et al. <a href="#">2005</a>
Manchester, UK	February 1998	Urban	26–220	Lohmann et al. <a href="#">2000</a>
Manchester, UK	1991–1994	Urban	86–467	Coleman et al. <a href="#">1997</a>
London, UK	1991–1994	Urban	62–180	Coleman et al. <a href="#">1997</a>
Catalonia	1994–2004	Industrial Traffic	5–1,196 (140)	Abad et al. <a href="#">2007</a>
			10–357 (72)	
		Rural	5–45 (28)	
Tianjin (China)	2008 summer	Urban	9.2–221	Ding et al 2013
Tianjin (China)	2008 summer	Urban	4–380	Ding et al 2003
Rural area (Taiwan)	2009 july			
		Rural	34.8–38.6	Huang et al 2011
Rural area (Taiwan)	2010 January	Rural	79–106	Huang et al 2011

Malgrat tot, les unitats de dioxines trobades són baixes. A nivell comparatiu a la Taula 4 es mostren els resultats de les anàlisis de dioxines en aire en llocs diferents fets per altres autors. Les unitats de la Taula 3 es troben entre els mínims descrits en els exemples de la Taula 4.

A nivell de referència també es pot esmentar que el Ministeri de Medi Ambient d'Ontario estableix un límit de 100 ft TEQ/m<sup>3</sup> com a referència perquè no hi hagi efectes adversos en la salut i el medi ambient (Ontario Ministry of Environment, 2012)

### Anàlisi qualitativa de la composició de dioxines

Tal com s'ha esmentat abans, els nivells tan baixos de dioxines observats representaven un problema per esbrinar l'origen d'aquests compostos, on sovint les concentracions dels congèneres de les policlorodibenzodioxines o dels policlorodibenzofurans estaven per sota límit de quantificació. Malgrat això, un cop s'ha disposat de tota la sèrie de mostres s'ha observat que hi ha un nombre important d'aquestes on es poden fer estudis d'origen.

D'acord amb els resultats trobats, la mostra agafada en el període entre 17-19 Desembre del 2018 a l'Escola Catalunya es pot agafar com a típica d'aportacions de dioxines de la zona on es troba la incineradora i la mostra agafada en el carrer Urgell entre 27 Febrer i 1 de Març del 2019 com a típica del trànsit.

A la Figura 15 es mostra la distribució de congèneres d'una i altra. A partir d'aquestes distribucions es pot establir una relació diferenciadora entre els congèneres 2,3,7,8-tetraclorodibenzofurà i 1,2,3,4,6,7,8-heptaclorodibenzofurà (relació tetra/hepta DF). En el cas de la mostra d'immissió amb predomini d'aportacions de la zona de la incineradora el valor és 6.6% i en el cas de la mostra amb influència del trànsit del 32%, si s'expressen en %.

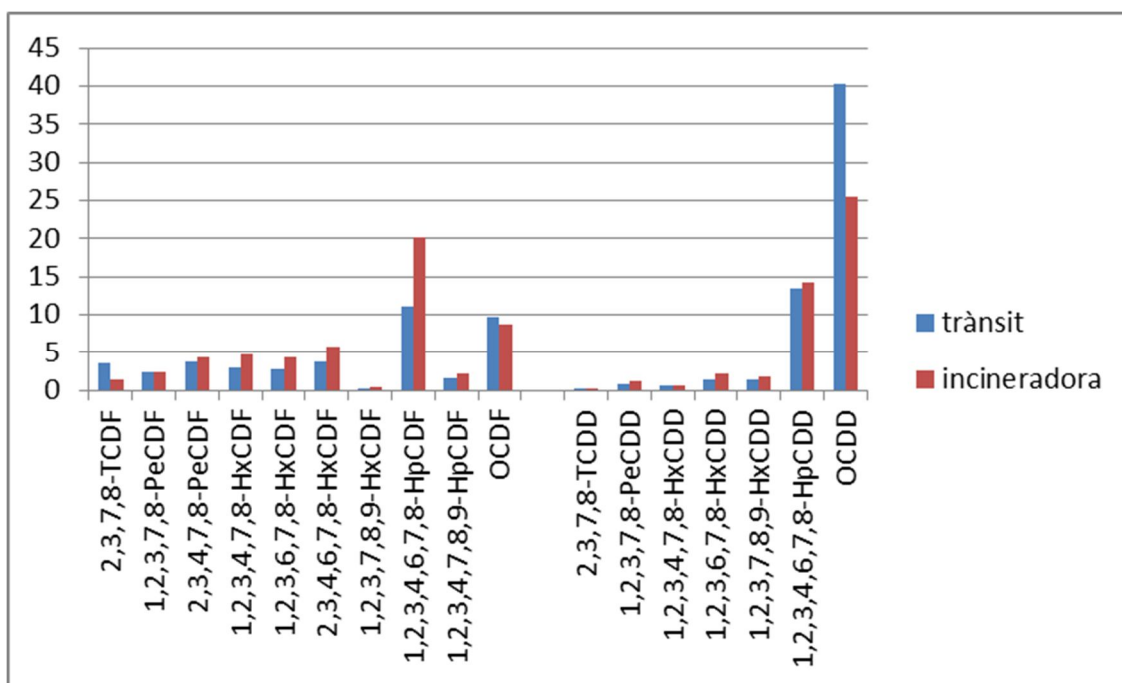


FIGURA 15. Distribució de congèneres de les mostres 17-19 Desembre del 2018 a l'Escola Catalunya (zona de la incineradora) i 27 Febrer i 1 de Març del 2019 carrer Urgell (trànsit)



A la Taula 5 es mostren els valors d'aquestes relacions pels casos en què ambdós congèneres es troben per sobre el límit de quantificació. D'acord amb els valors representats en aquesta taula i els valors de la Taula 3 es poden representar conjuntament les relacions tetra/hepta DF i els valors de dioxines (Figura 16). Com es veu en aquesta figura, tenim una gran aglomeració de punts a concentracions baixes amb relacions tetra/hepta DF molt diverses. Només hi ha un altre punt, Poliesportiu La Mina (17-des/19-des), que tingui una coincidència de relació tetra/hepta DF i valor de dioxines clarament coincident amb el valor del d'Escola Catalunya (17-des/19-des), que s'ha pres com a típic d'emissions de la incineradora.

La dispersió de punts de la Figura 16 mostra la dificultat d'assignar un origen precís a les distribucions de dioxines en aquests valors de nivells baixos. Un dels grups de mostres que queda més entremig dels valors típics del trànsit i dels de la zona de la incineradora són els recollits a la Biblioteca Can Fabra. Els valors de la relació tetra/hepta DF corresponen als del trànsit en tots els casos excepte en el de la mostra agafada el 17-des/19-des que és típic del de la zona de la incineradora.

En aquesta figura també es representen les mostres agafades el dia de la inversió tèrmica (els quadrats de la figura). Es pot veure com totes elles tenen una relació tetra/hepta DF semblant i propera a la típica del trànsit. Per tant, malgrat els seus valors relativament més alts els valors de dioxines d'aquestes mostres no es poden atribuir a emissions de la zona de la incineradora.



Taula 5. 2,3,7,8-tetraclorodibenzofurà i 1,2,3,4,6,7,8-heptaclorodibenzofurà (relació tetra/hepta DF) expressada en % per les mostres en que ambdós es trobaven per sobre el límit de quantificació.

Campanya	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	08-maig	23-maig	29-maig	14-juny	05-jul	17-des	29-gen-19	19-feb-19	27-feb-19
	16-maig	25-maig	01-juny	18-juny	09-jul	19-des	31-gen-19	21-feb-19	1-març-19
Museu Blau									
Garcia Fària	36	37	42	30	52	27	36	23	28
CAP Besos									
Urgell			78	14	27			44	32
Poliesportiu la Mina	36	24	63	25		12	26	24	31
Escola Catalunya						6.6	25	15	27
Biblioteca Can Fabra	38	23	39	32	44	14	32	28	22
Escola Eugeni d'Ors						33	39		

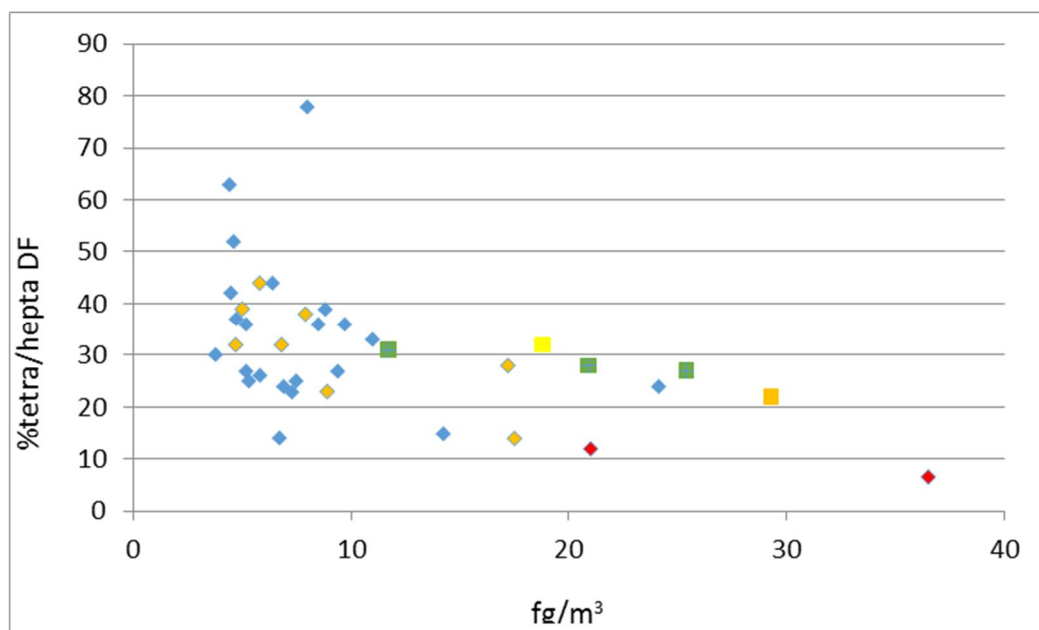


FIGURA 16. Representació de la relació entre els congèneres 2,3,7,8-tetraclorodibenzofurà i 1,2,3,4,6,7,8-heptaclorodibenzofurà en % (relació tetra/hepta DF) davant els valors de dioxines ( $\text{fg}/\text{m}^3$ ). Els punts vermells corresponen a les mostres més clarament relacionables amb emissions de la incineradora. El punt groc correspon a una mostra on les dioxines molt probablement provenen del trànsit. Els punts taronges són els de la Biblioteca Can Fabra. Els punts en forma de quadrat són els de les mostres el dia de la forta inversió tèrmica, s'ha destacat en verd els d'aquesta sèrie que no corresponen ni a la mostra de referència de trànsit ni a la de la Biblioteca Can Fabra.

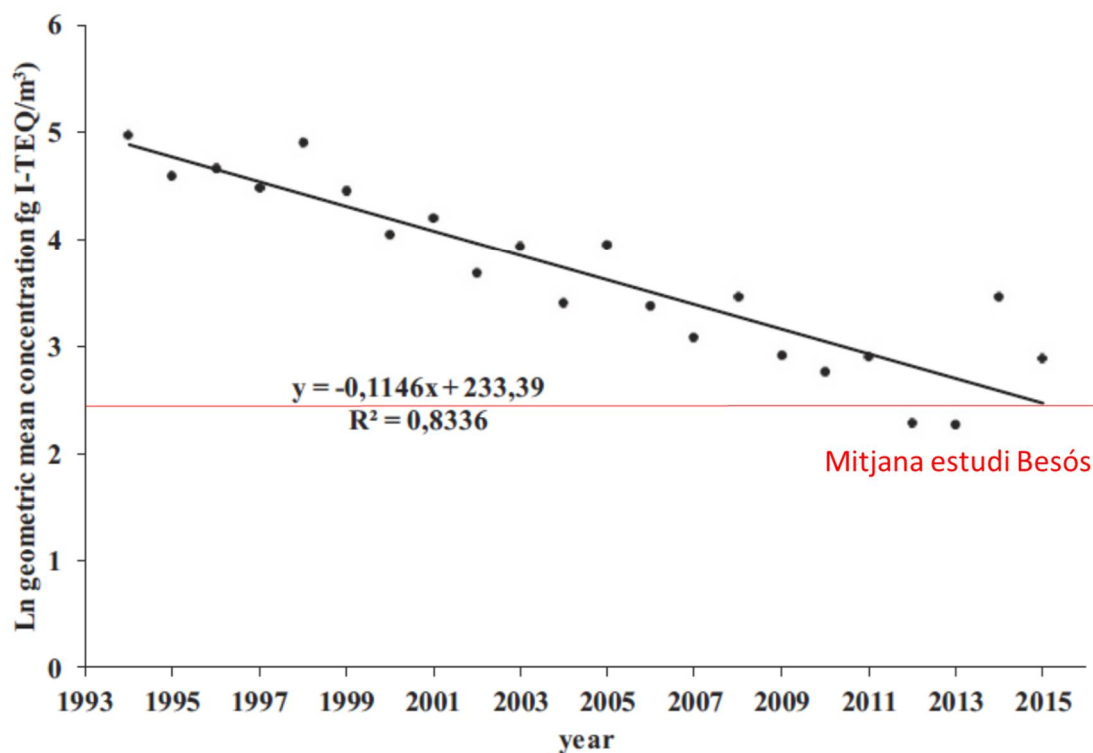


Figura 17. Comparació de les unitats mitjanes trobades en les mostres recollides al voltant de la incineradora del Besós ( $\text{fg}/\text{m}^3$  I-TEQ) amb les unitats mitjanes trobades a Catalunya durant els anys 1994-2015 (Parera et al., 2018)

## Comparació entre les concentracions trobades i les d'altres indrets de Catalunya

Les unitats mitjanes trobades en aquest estudi també es poden comparar amb les trobades pel Laboratori de Dioxines de l'Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA) en mostres d'immissió a Catalunya durant el període 1994-2015 (Parera et al., 2018; Figura 17). En la majoria dels casos, els valors d'aquesta gràfica promitgen els resultats de mostratges fets en zones properes a incineradores i cimenteres. D'acord amb aquest estudi, s'observen unes unitats decreixents de dioxines a tot el país. Dins d'aquesta tendència general, els valors trobats en aquest estudi del 2018 són dels més baixos de la sèrie.

## Valors de dioxines en aire i funcionament de la incineradora

Durant el temps de l'estudi la incineradora del Besòs experimentà diverses fases de funcionament (Taula 6). Aquestes fases fins i tot comportaren una aturada de funcionament per manteniment.

Taula 6. Activitat de la incineradora durant el temps de mostratge.

Data	Activitat
5-12 Maig	dos forns en funcionament
12-15 Maig	aturada
25-28 Maig	1 forn en funcionament
28 Maig-4 Juny	2 forns en funcionament
4 Juny endavant	ple rendiment
12-18 Gener 2019	Aturada un dels forns

Aquesta circumstància proporciona informació addicional sobre el possible impacte de les emissions de dioxines de la incineradora en els valors d'immissió a la zona del Besòs i a la ciutat de Barcelona en general.

Taula 7. Comparació entre les unitats trobades en els mostratges i l'activitat a la incineradora de residus urbans. Unitats fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	08-maig	23-maig	29-maig	14-juny	05-jul	17-des	29/01/2019	19/02/2019	27/02/2019
	16-maig	25-maig	01-juny	18-juny	09-jul	19-des	31-gen-19	21/02/2019	01/03/2019
Museu Blau	X								
Garcia Faria	9.7	4.7	4.5	3.8	4.6	9.4	5.2	7.3	20.9
CAP Besos									
Urgell		10	8.0	6.7	5.2	6.9	3.7	6.4	18.8
Poliesportiu la Mina	8.5	6.9	4.4	5.3	4.4	29.0	5.8	24.1	11.7
Escola Catalunya		X	X	6.4	X	36.5	7.5	14.2	25.4
Biblioteca Can Fabra	7.9	8.9	4.9	4.7	5.8	17.5	6.8	17.2	29.3
Eugeni d'ors						11.4	8.8		

Activitat incineradora

Període amb dos forns i aturada. Període aturada. Període amb dos forns. Període a ple rendiment

C/ Jordi Girona, 18  
08034 Barcelona.  
Tel. 93 400 61 00  
Fax.: 93 204 59 04

A la Taula 7 es mostren les unitats de dioxines observades, les mateixes que les de la Taula 3, on s'han posat en colors diferents les correspondències amb les activitats de la incineradora.

## DIOXINES EN SÒLS

A la Taula 8 es descriuen els punts de mostratge de les mostres de sòls. Aquests són propers a les estacions de mostratge d'aire.

Taula 8. Punts de mostratge de les mostres de sòls.

Lloc	Latitud	Longitud
Avinguda Roma	N41°23.117'	E2°09.245'
Sant Andreu	N41°26.083'	E2°11.489'
Escola Catalunya	N41°25.464'	E2°13.641'
Poliesportiu La Mina	N41°25.155'	E2°13.408'
Cap Besós	N41°24.904'	E2°12.866'
Museu Blau	N41°24.727'	E2°13.102'
Garcia Fària	N41°24.360	E2°13.035'

Els resultats de les anàlisis de dioxines en els sòls es descriuen a la taula 9. En aquest cas, el marge d'unitats trobades, 0.79-22 pg/g WHO-TEQ (n = 14), és comparable al trobat en estudis anteriors però recents en la mateixa zona.

Taula 9. Unitats de dioxines en les mostres de sòls recollides en zones properes a cada estació de mostratge d'aire. Unitats en pg/g WHO-TEQ.

	Agost	Desembre
Museu Blau	1.6	1.6
Garcia Faria	1.4	1.7
CAP Besos	4.9	5.8
Urgell	1.3	0.79
Poliesportiu la Mina	9.0	14
Escola Catalunya	9.0	22
Biblioteca Can Fabra	1.9	1.5

Així, en l'estudi de Domingo et al (2015), s'observà un marge de 0.4-11 pg/g WHO-TEQ (n = 3), a l'estudi de Domingo et al (2017) s'observà un marge de 0.36- 0.62 pg/g WHO-TEQ (n = 3) i a l'estudi de Domingo i Nadal (2015) el marge trobat fou de 0.22-67 pg/g

WHO-TEQ (n = 12). En aquest darrer estudi destacava una mostra que tenia una distribució de dioxines típica de fangs de depuradora, 67 pg/g WHO-TEQ. Si en la comparació s'excloïa aquesta mostra, s'observa un marge de 0.22-5.4 pg/g WHO-TEQ.

Si es compara amb altres llocs del món, les unitats de dioxines en la zona estudiada són comparables a les trobades en altres zones urbanes (Taula 10).

Taula 10. Unitats de dioxines en sòls de diferents àrees urbanes

Source	Source data available for TEQ calculation/ recalculation?	TEF	Imputed value for non-detect	Mean TEQ (ng/kg)	Median TEQ (ng/kg)	Minimum TEQ (ng/kg)	Maximum TEQ (ng/kg)
USEPA Midwest Soil Screening Survey (USEPA, 1985) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO	NR	TCDD-only: 56.6 All congeners: 51.2	TCDD-only: 28.0 All congeners: 48.4	TCDD-only: 3.0 All congeners: 4.1	TCDD-only: 170.0 All congeners: 112.0
USEPA Columbus, Ohio (USEPA, 1996) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO	NR	20.2	9.2	3.0	64.0
Washington State Department of Ecology study (WDE, 2011b)	YES	2006 WHO	DL/2	19.2	12.0	1.7	120
Denver, CO soil survey (USEPA, 2002) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO	DL/2	13.1	4.4	0.2	145.7
Midwest and Ontario Soil Survey (Birmingham, 1990)	NO	1989 USEPA	DL/2	9.4	1.2	0.1	78.5
University of Michigan Dioxin Exposure Study (Demond et al., 2008) (surface soil)	NO	2006 WHO	DL√2	6.9	3.6	0.4	186.2
TCEQ Texas Soil Survey (TCEQ, 1997) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO	Full MPC	6.7	6.7 <sup>b</sup>	6.2	7.2
Washington State Department of Ecology study (WDE, 2010) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO	DL/2	4.2	2.0	0.7	21.0
USEPA Midwest Soil Screening Survey - Henry, IL and Middleton, OH (USEPA, 1985) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO	NR	TCDD-only: 2.0 All congeners: 4.1	TCDD-only: 2.0 All congeners: 3.3	TCDD-only: 1.0 All congeners: 2.2	TCDD-only: 5.0 All congeners: 7.6
NIH campus soil survey in Bethesda, MD (NIH, 1995)	NO	1998 WHO	Zero	2.2	NR	NR	NR
Survey of Midwestern and Mid-Atlantic Cities (Nestrick et al., 1986)	YES	TCDD only	Full DL	2.2	0.9	0.2	9.4
University of Utah (RMCOEH, undated)	NO	1998 WHO	DL/2	1.3	0.9	0.3	4.5

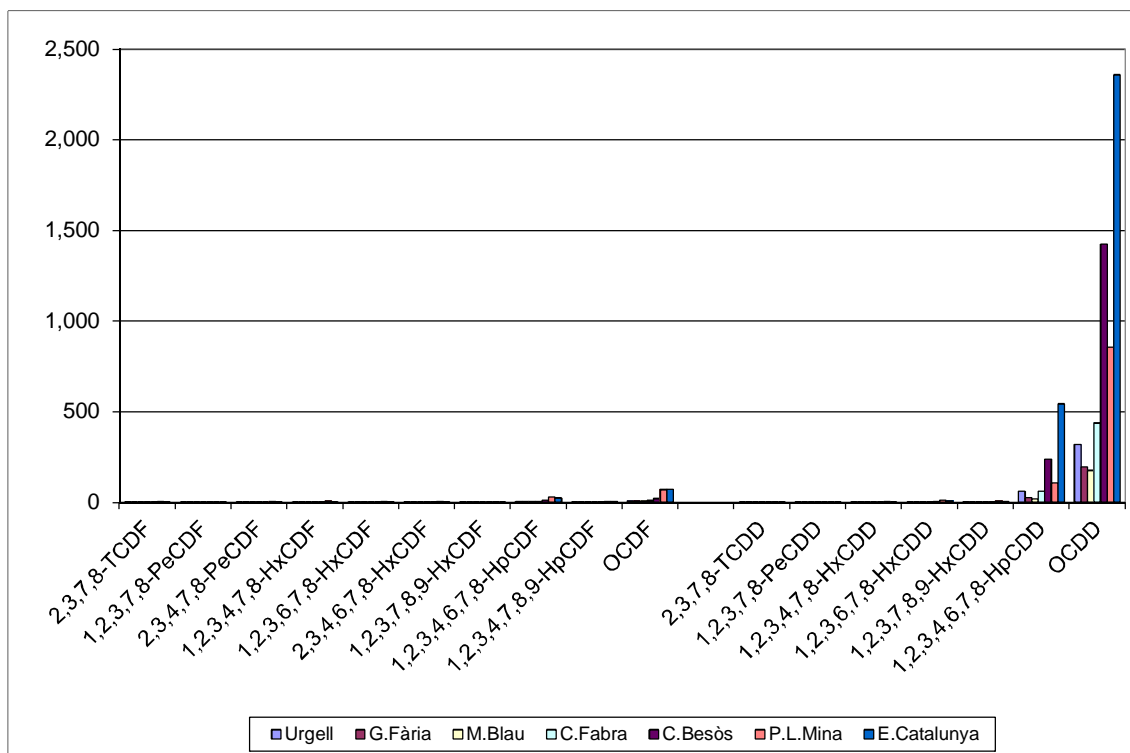


Figura 18. Comparació de les distribucions de congèneres de policlorodibenzodioxines i policlorodibenzofurans en les mostres de sòls recollides el mes d'Agost. Les localitzacions es descriuen a la Taula 8.

No es disposa de legislació catalana, espanyola o europea respecte els llindars de dioxines i furans a partir dels quals cal intervenir. Tanmateix, existeixen alguns països amb legislació pròpia que sí que els defineixen. Alemanya estableix que els sòls amb finalitats agrícoles no poden superar els 5 pg/g WHO-TEQ mentre que els sòls residencials i industrials el llindar ha d'estar en 1 i 100 pg/g WHO -TEQ, respectivament. Suïssa estableix, un nivell guia de 5 pg/g WHO -TEQ per un sòl amb qualsevol ús, i un nivell de 20 pg/g WHO -TEQ per sòls amb usos agrícoles.

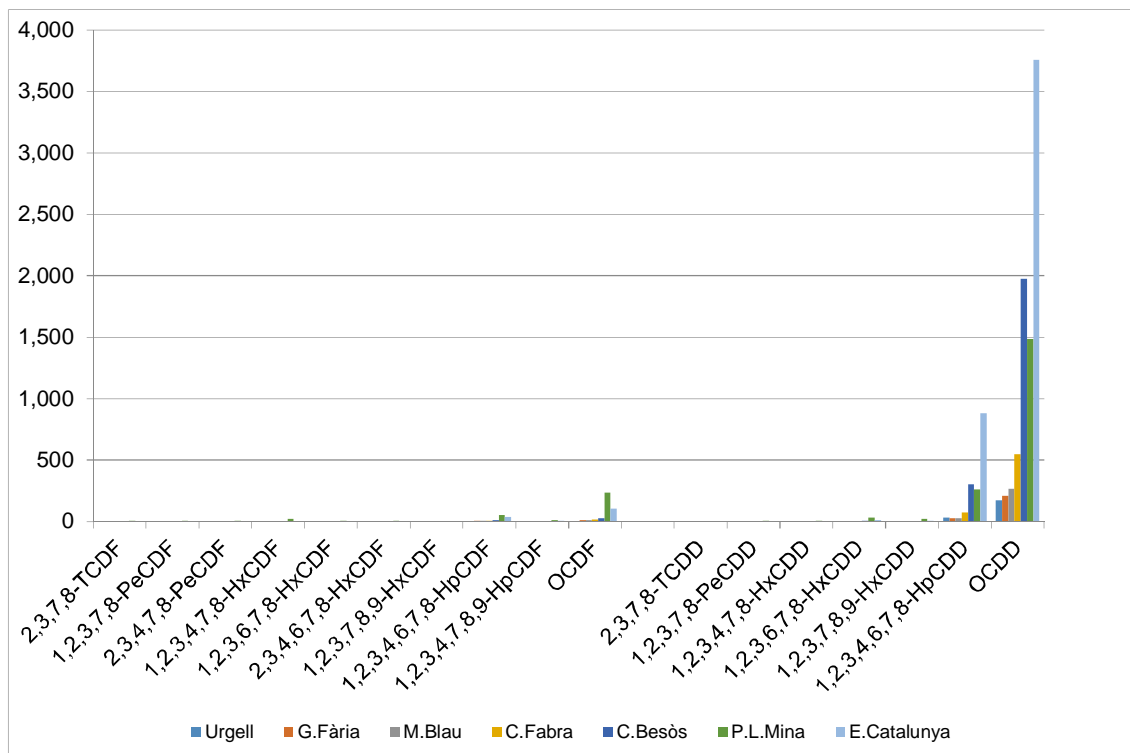


Figura 19. Comparació de les distribucions de congèneres de policlorodibenzodioxines i policlorodibenzofurans en les mostres de sòls recollides el mes de Desembre. Les localitzacions es descriuen a la Taula 8.

En qualsevol cas, si s'observa la distribució de congèneres de policlorodibenzodioxines i policlorodibenzofurans d'aquestes mostres de sòls (Figures 18 i 19), el domini tan elevat de l'octaclorodibenzodioxina indica que les distribucions de les mesclades d'aquests compostos no corresponen a orígens relacionats amb incineració sinó amb distribucions típiques de fangs de depuradora (Eljarrat et al., 1997; 1999; Martínez et al., 2007). Donat que a l'Estat Espanyol la major part d'aquests fangs s'utilitzen com a adob, és bastant factible que la presència d'aquestes mesclades de dioxines trobades en els sòls estudiats reflecteixi aquest origen.

Un altre aspecte a esmentar és el de la gran similitud de resultats entre el mostratge fet el mes d'Agost i el de Desembre. Tots els punts excepte el del Poliesportiu la Mina i l'Escola Catalunya evidencien resultats molt semblants. En el cas dels dos resultats més discrepants s'ha de dir que la zona de mostratge té moltes més irregularitats i diferències entre diferents zones que no les altres.

## METALLS EN SÒLS

A les Taules 11 i 12 es descriuen els resultats de les anàlisis de metalls en els sòls mostrejats a zones properes a cada punt de mostratge. En general les concentracions de cada punt corresponents als mostratges fets els mesos d'Agost (Taula 11) i Desembre (Taula 12) són molt semblants per quasi tots els metalls.

Les concentracions observades són inferiors a les indicades per l'Agència de Residus de Catalunya com a referència per la protecció de la salut humana per a sòls urbans en quasi tots els casos. Aquests valors també s'indiquen a les Taules 11 i 12.

Són excepcions les concentracions de plom a Can Fabra a l'agost, (62 ppm), Museu Blau agost i desembre (61 i 64 ppm, respectivament), Cap Besòs agost i desembre (100 i 105 ppm, respectivament), Poliesportiu La Mina agost i desembre (110 i 150 ppm, respectivament) que tenen concentracions més altes que les de referència (60 ppm). Donat que el plom a les ciutats ha estat molt associat a les emissions de cotxes quan la gasolina portava derivats d'aquest metall, sembla probable que les concentracions més altes que la referència estiguin encara relacionades amb l'ús de cotxes que anaven amb gasolina amb plom.

Hi ha un altre cas de no compliment que és la concentració d'antimoni a la mostra Garcia Fària de l'agost (6.2 ppm; Taula 12) que està una mica per sobre del nivell de referència (6 ppm). Malgrat això, la concentració del Desembre en el mateix punt és més baixa (4.9 ppm; Taula 12). Donat que la concentració de la mostra de l'agost és molt propera al nivell de referència i que en el mes de desembre s'observa una concentració clarament inferior a aquest, no sembla que el problema d'aquest anfòter sigui important. No obstant, aquest punt també té la característica d'un nivell de Cu per sobre dels altres (82-240 ppm) que el altres (30-73 ppm). Aquests valors de coure són inferiors al de referència per un sòl urbà (310 ppm) però la concentració més alta en aquest punt específic fa pensar si hi ha hagut algun tractament amb plaguicides que utilitzés coure i potser antimoni.

S'ha fet una anàlisi de components principals (PCA) de les concentracions de metalls en sòls a partir dels metalls més abundants relacionats amb aportacions contaminants, Cr, Cu, Pb, Zn, Ni i As. A la Taula 13 es mostra la composició dels tres components que representen un percentatge superior de la varianza. A la Figura 20 es mostra la contribució de cada component a cada mostra. A la Figura 21 es mostren aquestes dades representades en gràfics bidimensionals.

Els resultats mostren una correlació (agrupament) del Pb i el Zn. Aquesta correlació és indicativa d'un origen comú, en aquest cas relacionat amb el trànsit. Aquests compostos ja han estat relacionats amb el trànsit en altres estudis (Dao et al., 2014). Les concentracions descrites en estudis anteriors indiquen concentracions en sòls de fins a 710 µg/g i 360 µg/g de Pb i Zn, respectivament (Dao et al., 2014).



Taula 11 Concentracions de la composició de metalls en sòls propers a les estacions de control (Agost 2018).

	Can Fabra ppm	Urgell ppm	Garcia F ppm	Museu Blau ppm	Esc Cat ppm	CAP Besos ppm	Poliesp B Ppm	Valors Ref Ppm
<b>Li</b>	31	28	19	38	36	37	28	
<b>Be</b>	1.3	1.6	0.78	1.1	1.6	1.2	1.1	40
<b>B</b>	17	33	6.3	7.3	9.1	20	3.2	
<b>Sc</b>	7.9	7.6	4.4	10	8.0	9.0	6.3	
<b>Ti</b>	2700	2400	1600	3400	2500	2700	1800	
<b>V</b>	58	49	35	75	61	64	45	190
<b>Cr</b>	45	26	50	40	49	45	39	1000
<b>Mn</b>	500	500	390	640	540	620	460	
<b>Co</b>	7.4	5.9	4.5	9.3	8.0	8.6	6.6	45
<b>Ni</b>	26	11	21	18	26	21	19	470
<b>Cu</b>	72	38	240	42	49	57	54	310
<b>Zn</b>	160	150	230	180	180	250	220	
<b>Ga</b>	10	11	7.6	11	11	12	9.0	
<b>Ge</b>	1.4	1.5	1.1	1.5	1.5	1.4	1.2	
<b>As</b>	7.1	4.2	5.2	8.7	9.9	9.8	10	30
<b>Se</b>	1.1	0.97	0.47	0.82	1.0	1.0	0.89	7
<b>Rb</b>	85	82	55	83	87	93	81	
<b>Sr</b>	170	240	190	230	160	190	190	
<b>Y</b>	19	22	13	22	19	24	17	
<b>Zr</b>	42	42	28	47	47	56	44	
<b>Nb</b>	9.0	9.6	5.7	12	8.7	9.8	4.8	
<b>Mo</b>	0.91	0.76	2.85	0.96	0.88	0.65	0.83	7
<b>Cd</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5
<b>Sn</b>	5.7	4.5	13.5	6.4	4.5	5.7	7.2	1000
<b>Sb</b>	1.8	1.0	6.2	3.0	1.4	2.3	1.9	6
<b>Cs</b>	3.3	3.4	2.2	3.8	4.3	4.5	3.4	
<b>Ba</b>	480	460	420	540	480	590	620	880
<b>La</b>	30	38	39	27	31	39	30	
<b>Ce</b>	61	73	67	59	65	85	62	
<b>Pr</b>	7.1	9.0	8.8	6.5	7.4	9.2	7.0	
<b>Nd</b>	24	29	27	22	25	30	23	
<b>Sm</b>	5.2	6.3	4.9	5.2	5.4	6.6	4.9	
<b>Eu</b>	0.98	1.0	0.0	1.1	1.0	1.2	0.91	
<b>Gd</b>	4.7	5.6	4.0	4.9	4.8	5.9	4.2	
<b>Tb</b>	0.18	0.70	0.00	0.23	0.59	0.74	0.19	
<b>Dy</b>	3.9	4.4	2.7	4.2	3.7	4.7	3.3	
<b>Ho</b>	0.80	0.91	0.00	0.88	0.78	0.97	0.69	
<b>Er</b>	2.2	2.5	1.5	2.5	2.2	2.7	1.9	
<b>Tm</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Yb</b>	2.1	2.3	1.4	2.2	2.0	2.4	1.8	
<b>Lu</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Hf</b>	2.0	2.2	1.3	2.0	2.0	2.5	2.1	
<b>Ta</b>	0.20	0.97	0.0	0.47	0.23	0.0	0.0	
<b>W</b>	3.0	5.5	2.4	40	1.2	1.6	1.2	
<b>Tl</b>	0.17	0.16	0.0	0.0	0.16	0.0	0.0	4.5
<b>Pb</b>	63	32	58	61	51	100	110	60
<b>Bi</b>	0.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Th</b>	11	16	18	8.5	12	14	14	
<b>U</b>	1.8	2.4	1.3	1.7	2.0	2.2	2.2	

Taula 12. Concentracions de la composició de metalls en sòls propers a les estacions de control (Desembre 2018).

	Can Fabra ppm	Urgell ppm	Garcia F ppm	Museu Blau ppm	Esc Cat Ppm	CAP Besos ppm	Poliesp B Ppm	Valors Ref Ppm
<b>Li</b>	29	23	20	31	37	31	27	
<b>Be</b>	0.7	0.8	0.50	0.7	1.4	0.9	1.2	40
<b>B</b>	0	0	0.70	0	8.2	0.1	0	
<b>Sc</b>	10	8.6	6.9	11	11	11	7.8	
<b>Ti</b>	2800	2500	2200	3000	3700	3400	2700	
<b>V</b>	62	50	48	74	87	77	58	190
<b>Cr</b>	31	22	39	35	56	54	49	1000
<b>Mn</b>	540	490	500	650	680	650	470	
<b>Co</b>	7.4	5.6	5.7	9.5	11	9.4	7.9	45
<b>Ni</b>	12	6.4	12	17	32	22	20	470
<b>Cu</b>	63	30	82	39	51	60	73	310
<b>Zn</b>	110	110	170	130	150	219	270	
<b>Ga</b>	12	11	7.7	10	13	13	11	
<b>Ge</b>	1.9	1.9	1.3	1.5	2.4	2.2	2.0	
<b>As</b>	7.3	4.5	7.9	9.1	16	13	15	30
<b>Se</b>	3.2	3.3	2.0	2.4	3.9	3.7	2.9	7
<b>Rb</b>	89	85	68	73	100	97	91	
<b>Sr</b>	150	200	190	180	150	170	150	
<b>Y</b>	19	17	12	16	18	19	13	
<b>Zr</b>	35	26	22	25	47	41	42	
<b>Nb</b>	9.0	7.9	6.5	7.2	9.6	9.6	7.3	
<b>Mo</b>	2.9	1.8	1.9	1.0	1.3	1.1	1.0	7
<b>Cd</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5
<b>Sn</b>	3.3	2.9	8.2	5.4	4.3	5.4	18	1000
<b>Sb</b>	1.3	1.0	4.9	2.9	1.9	3.6	4.4	6
<b>Cs</b>	3.7	3.5	3.2	3.5	5.3	4.7	4.1	
<b>Ba</b>	490	470	440	490	540	640	680	880
<b>La</b>	34	35	21	25	40	41	32	
<b>Ce</b>	61	63	37	46	72	72	55	
<b>Pr</b>	7.5	7.6	4.6	5.6	8.6	8.8	7.0	
<b>Nd</b>	29	28	18	22	32	33	26	
<b>Sm</b>	6.5	6.3	4.2	5.1	7.0	7.1	5.5	
<b>Eu</b>	1.0	1.0	0.2	1.0	1.2	1.2	1.0	
<b>Gd</b>	4.6	4.3	2.9	3.7	4.6	4.8	3.6	
<b>Tb</b>	0.50	0.20	0	0.20	0.0	0.2	0.0	
<b>Dy</b>	4.9	4.6	3.1	4.2	4.7	4.9	3.6	
<b>Ho</b>	1.0	0.90	0.20	0.90	1.0	1.0	0.50	
<b>Er</b>	2.2	2.0	1.4	1.9	2.1	2.2	1.5	
<b>Tm</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Yb</b>	2.4	2.0	1.6	2.0	2.3	2.3	1.7	
<b>Lu</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Hf</b>	1.2	1.0	0.6	0.7	1.4	1.3	1.3	
<b>Ta</b>	0.20	0.50	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>W</b>	3.0	3.7	1.8	0.8	2.0	2.1	2.2	
<b>Tl</b>	0	0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	4.5
<b>Pb</b>	35	29	56	64	46	105	150	60
<b>Bi</b>	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Th</b>	11	12	6.6	7.1	11	12	9.4	
<b>U</b>	2.1	2.1	1.3	1.3	2.5	2.1	2.1	

Aquestes concentracions són més altes que les trobades a les Taules 11 i 12. Les mostres del CAP Besòs i Poliesportiu La Mina són les que presenten una concentració més alta d'aquest parell de compostos.

Taula 13. Components principals resultants de la composició de Cr, Cu, Pb, Zn, Ni i As en els sòls estudiats en el mes d'Agost i Desembre del 2018.

		comp_1	comp_2	comp_3
agost	Can Fabra	0.68	-0.75	-0.02
	Urgell	-1.24	-0.65	-0.53
	Garcia F	0.04	-0.53	3.21
	Museu			
	Blau	-0.15	0.02	-0.16
	Esc Cat	1.08	-0.64	-0.43
	CAP Besos	0.07	1.03	-0.21
	Poliesp			
	Mina	-0.27	1.08	-0.51
desembre	Can Fabra	-0.67	-0.95	-0.42
	Urgell	-1.64	-0.77	-0.75
	Garcia F	-0.76	0.04	0.79
	Museu			
	Blau	-0.29	-0.24	-0.40
	Esc Cat	2.33	-0.96	-0.63
	CAP Besos	0.70	0.96	-0.02
	Poliesp			
	Mina	0.11	2.38	0.07

Les concentracions de Cu també apareixen sovint correlacionades amb les de Pb i Zn quan les concentracions d'aquests metalls provenen del trànsit. En aquest cas, el PCA mostra una correlació preferent del Cu amb Sb en els components 1 i 3 (Figures 20 i 21). Aquesta associació d'aquests dos metalls és coherent amb la presència més alta a les mostres del carrer Garcia Fària i, com s'ha dit abans, és probable que estigui relacionada amb tractament de pesticides. Coherentment amb aquesta interpretació, les dues mostres del carrer Garcia Fària són les que tenen una contribució més alta d'aquest component (Figura 20).

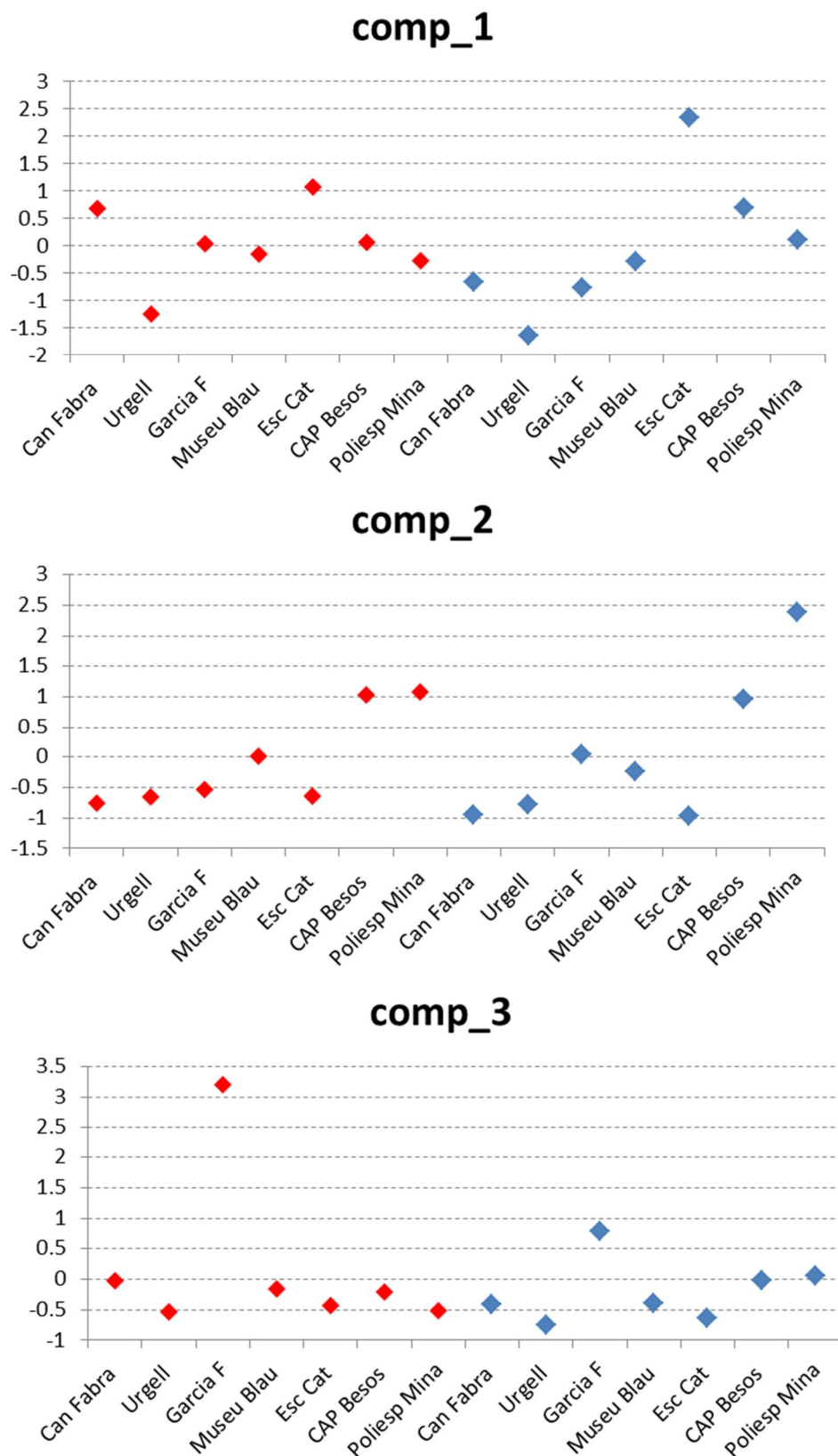


Figura 20. Contribucions de cada sòl als components principals 1, 2 i 3. Les mostres en vermell i blau són les agafades l'Agost i el Desembre.

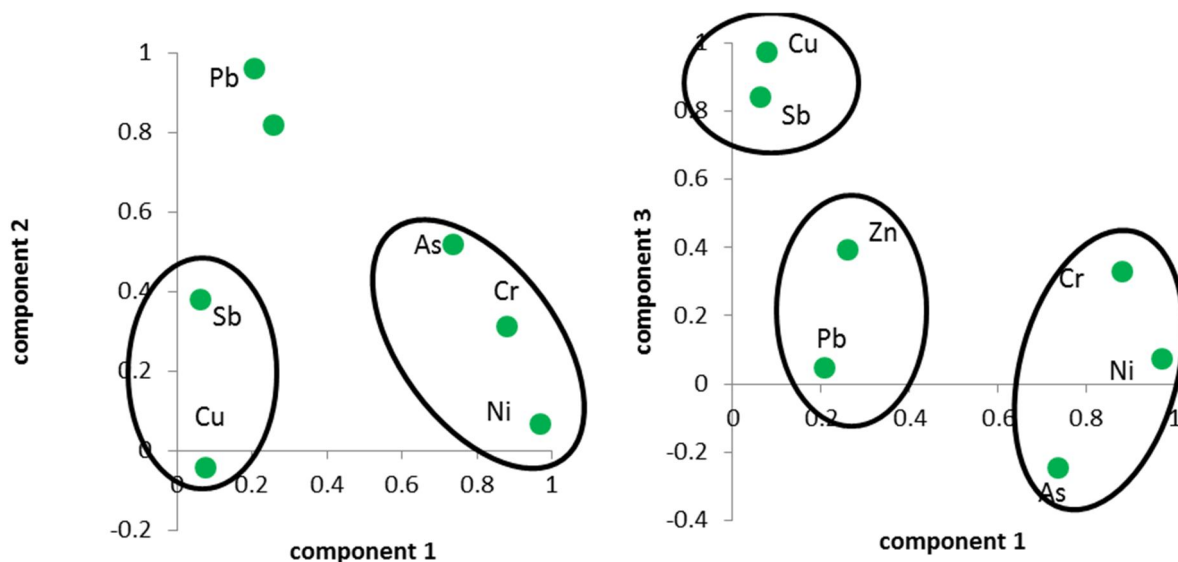


Figura 21. Agrupacions dels metalls dels sòls en els components principals 1, 2 i 3.

## CONCLUSIONS

En comparació amb estudis previs, les concentracions de dioxines observades en aire i sòls són baixes. Excepte en els mostratges del mes de Desembre del 2018 i Febrer del 2019, les unitats de dioxines en aire observades en aquest estudi són molt baixes, en el marge de 4-10 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQs. Aquests nivells corresponen al marge dels valors més baixos descrits a la literatura. La comparació de les diferències temporals entre campanyes de mostreig, quan la incineradora estava aturada, treballant a poc rendiment o a ple rendiment, tampoc no mostra cap diferència que sigui atribuïble a emissions d'aquesta planta.

No obstant, el mostreig realitzat entre el 17 i 19 de Desembre mostra valors de dioxines més alts a les estacions més properes a la incineradora i a la planta de cicle combinat, com són l'Escola Catalunya i el Poliesportiu la Mina, on s'observen valors de 36.5 i 21 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ, respectivament. A la Biblioteca Can Fabra també s'observen valors per sobre del nivell de fons, 17.4 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ. El mostreig realitzat entre el 19 i 21 de Febrer del 2019 també mostra una tendència semblant (6.4-24 fg/m<sup>3</sup>). Aquest també és el cas del mostreig fet entre el 27 de Febrer i 1 de Març del 2019, en ple episodi d'inversió tèrmica (12-29 fg/m<sup>3</sup>). Aquests valors no són molt alts en comparació a altres estudis generals de la bibliografia però s'apropen, per exemple, als descrits en estudis anteriors fets a la zona del Besòs pel Laboratori de Toxicologia i Salut Ambiental de la Facultat de Medicina de la Universitat Rovira i Virgili.

Els nivells de dioxines en aire tan baixos representen una dificultat important per conèixer el seu origen perquè sovint els congèneres de les policlorodibenzodioxines i

policlorodibenzofurans estan per sota del límit de quantificació. Malgrat això, els nivells de les dioxines dels darrers mostratges permeten definir una mostra típica de la influència de la incineradora, Escola Catalunya 17-19 Desembre 2018, i una típica d'origen de trànsit, Urgell 27 Febrer-1 Març 2019. La relació tetra/hepta DF permet diferenciar força ambdues distribucions.

La representació d'aquesta relació i els nivells de dioxines no permeten assignar un origen precís a la majoria de mostres agafades quan tenen concentracions baixes. S'observa emperò que la mostra del Poliesportiu La Mina agafada el 17-19 de Desembre del 2018 presenta una relació molt semblant a la presa de referència d'origen de la zona de la incineradora i les seves dioxines es poden considerar com a originàries d'aquesta. Les mostres recollides a l'estació de la Biblioteca Can Fabra són intermèdies entre un origen de dioxines pel trànsit i la zona de la incineradora. Les dioxines de les mostres recollides durant l'episodi d'inversió tèrmica s'assemblen força a l'agafada com a representativa del trànsit.

En sòls, els nivells de dioxines (0.79-22 pg/g) són comparables als trobats en els estudis de la Universitat Rovira i Virgili. Les distribucions trobades tenen una proporció molt alta d'octaclorodibenzodioxina i, en menor mesura, 1,2,3,4,6,7,8-heptaclorodibenzodioxina i s'assemblen a les descrites a la bibliografia com a característiques de fangs de depuradora.

En diverses mostres les concentracions de plom són més altes que les legislades per sòls de tipus urbà. De forma repetida, aquestes concentracions més altes s'han observat a la zona del Museu Blau, CAP Besòs i Poliesportiu La Mina. Donat que aquest metall ha estat relacionat amb les emissions de cotxes de gasolina en el passat, és possible que aquestes concentracions en excés reflecteixin la influència del trànsit. Pel que fa als altres metalls, les concentracions són inferiors a les indicades per l'Agència de Residus de Catalunya en sòls urbans com a referència per a la protecció de la salut humana.

## BIBLIOGRAFIA

- Abad E, Martínez K, Gustems L, Gómez R, Guinart X, Hernández I, Rivera J (2007) Ten years measuring PCDDs/PCDFs in ambient air of Catalonia (Spain). *Chemosphere* 67, 1709–1714
- Álvarez-Ayuso E, García-Sánchez, A, Querol X, Moyano A (2008) Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated Waste Management Facility: Screening environmental pollutants. *Chemosphere* 73, 1240-1246.
- Assunção JV, Pesquero CR, Bruns RE, Carvalho LRF (2005) Dioxins and furans in the atmosphere of Sao Paulo city, Brazil. *Chemosphere* 58, 1391–1398
- Birmingham B. (1990) Analysis of PCDD and PCDF patterns in soil samples: use in the estimation of the risk of exposure. *Chemosphere* 20, 807–14.



- Chang MB, Weng YM, Lee TY, Chen YW, Chang SH, Chi KH (2003) Sampling and analysis of ambient dioxins in northern Taiwan. *Chemosphere* 51, 1103–1110
- Choi S, Baek S, Chang Y (2008) Atmospheric levels and distribution of dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the vicinity of an iron and steel making plant. *Atmos Environ* 42, 2479–2488
- Coleman PJ, Lee RGM, Alcock RE, Jones KC (1997) Observations on PAH, PCB and PCDD/F trends in UK urban air, 1991–1995. *Environ Sci Technol* 31, 2120–2124
- Correa O, Rifai H, Raun L, Suarez M, Koenig L (2004) Concentrations and vapor–particle partitioning of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in ambient air of Houston, TX. *Atmos Environ* 38, 6687–6699
- Ligang Dao, Liam Morrison, Hongxuan Zhang, Chaosheng Zhang (2014) Influences of traffic on Pb, Cu and Zn concentrations in roadside soils of an urban park in Dublin, Ireland. *Environ Geochem Health* 36, 333-343.
- Demond A, Adriaens P, Towey T, Chang SC, Hong B, Chen Q, et al. (2008) Statistical comparison of residential soil concentrations of PCDDs, PCDFs, and PCBs from two communities in Michigan. *Environ Sci Technol* 42, 5441–5448.
- Ding Lei, Li YingMing, Wang Pu, Li XiaoMin, Zhao ZongShan, Ruan Ting, Zhang QingHua (2013) Spatial concentration, congener profiles and inhalation risk assessment of PCDD/Fs and PCBs in the atmosphere of Tianjin, China. *Chinese Sci Bull* 58, 971-978.
- Domingo JL, Nadal M (2015) Monitorització de dioxines i furans en mostres d'aire i sòls recollides a les rodalies de la planta integral de valorització de residus de Sant Adrià del Besòs i avaluació dels riscos per a la salut. *Tecnotox*. 56 p.
- Domingo JL, Rovira J, Nadal M, Schuhmacher M (2017) High cancer risks by exposure to PCDD/Fs in the neighborhood of an integrated waste management facility. *Sci. Total Environ*. 607-608, 63-68.
- Domingo JL, Rovira J, Vilavert L, Nadal M, Figueras MJ, Schuhmacher M (2015) Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated Waste Management Facility: Screening environmental pollutants. *Sci. Total Environ*. 518-519, 363-370.
- Eljarrat, E, Caixach J, Rivera J (1997) Effects of Sewage Sludges Contaminated with Polychlorinated Dibenzop-dioxins, Dibenzofurans, and Biphenyls on Agricultural Soils. *Environ. Sci. Technol*. 31, 2765-2771 (1997)
- Eljarrat, E, Caixach J, Rivera J (1997) Decline in PCDD and PCDF Levels in Sewage Sludges from Catalonia (Spain). *Environ. Sci. Technol*. 33, 2493-2498 (1999)
- Government of Japan (2005) Information Brochure Dioxins <http://www.env.go.jp/en/chemi/dioxins/brochure2005.pdf>
- Huang Chun-Jen, Chen Kang-Shin, Lai Yi-Chieh, Wang Lin-Chi, Chang-Chien Guo-Ping (2011) Characterization of atmospheric dry deposition of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofuran in a rural area of Taiwan. *Aerosol Air Qual Res* 11, 448-459.
- Kouimtzi TH, Samara C, Voutsas D, Balafoutis CH, Müller L (2002) PCDD/Fs and PCBs in air borne particulate matter of the greater Thessaloniki area. *N Greece Chemosphere* 47, 193–205
- Li Y, Jiang G, Wang Y, Cai Z, Zhang Q (2008a) Concentrations, profiles and gas–particle partitioning of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the ambient air of Beijing, China. *Atmos Environ* 42, 2037–2047
- Li YM, Jiang GB, Wang YW, Wang P, Zhang QH (2008b) Concentrations, profiles and gas-particle partitioning of PCDD/Fs, PCBs and PBDEs in the ambient air of an E-waste dismantling area, southeast China. *Chin Sci Bull* 53, 521–528
- Li Y, Wang P, Ding L, Li X, Wang T, Zhang Q, Yang H, Jiang G, Wei F (2010) Atmospheric distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and dioxin-like



- polychlorinated biphenyls around a steel plant area, Northeast China. *Chemosphere* 79, 253–258
- Lohmann R, Harner T, Thomas GO, Jones KC (2000) A comparative study of the gas particle partitioning of PCDD/Fs, PCBs and PAHs. *Environ Sci Technol* 34, 4943–4951
- Mandalakis M, Tsapakis M, Tsoga A, Stephanou EG (2002) Gas–particle concentrations and distribution of aliphatic hydrocarbons, PAHs, PCBs and PCDD/Fs in the atmosphere of Athens (Greece). *Atmos Environ* 36, 4023–4035
- Martinez K, Abad E, Rivera J (2006) Surveillance programme on dioxin levels in soils in the Campo de Gibraltar (Southwest Spain). *Chemosphere* 65, 382–389.
- Martinez K, Abad E, Palacios O, Caixach J, Rivera J (2006) Assessment of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in sludges according to the European environmental policy. *Chemosphere* 33, 1040–1047 (2007)
- NIH (National Institutes of Health) (1995). Expert Panel: Report on the impact and assessment of medical and pathological waste incineration on the Bethesda, Maryland, campus of the National Institutes of Health. Report produced for NIH by EEI, Alexandria, Virginia.
- Nestrick TJ, Lamparski LL, Frawley NN, Hummel RA, Kocher CW, Mahle NH, et al. (1986) Perspectives of a large scale environmental survey for chlorinated dioxins: overview and soil data. *Chemosphere* 15, 1453–60.
- Ontario Ministry of Environment (2012) Ontario's ambient air quality criteria. PIBS # 6570e01.
- Parera J, Aristizabal BH, Martrat MG, Adrados MA, Sauló J, Ábalos M, Abad E (2018) Long-term monitoring programme of polychlorinated dioxins and polychlorinated furans in ambient air of Catalonia, Spain (1994–2015). *Sci. Total Environ.* 633, 738–744.
- Park JS, Kim JG (2002) Regional measurements of PCDD/PCDF concentrations in Korean atmosphere and comparison with gas particle partitioning models. *Chemosphere* 49, 755–764
- RMCOEH (Rocky Mountain Center for Occupational and Environmental Health). A comparison of dioxin levels found in residential soils of Davis County, Utah with those found in residential soils in the Denver Front Range. Rocky Mountain Center for Occupational and Environmental Health, Department of Family and Preventive Medicine. University of Utah. Undated; pp.1-20.
- Sin DW, Choi JY, Louie PK (2002) A study of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the atmosphere of Hong Kong. *Chemosphere* 47, 647–653
- TCEQ (Texas Commission of Environmental Quality) (1996). Toxicological evaluation of the results of soil sampling for dioxins/furans in the vicinity of five municipal/Medical waste incinerators. Amarillo, Terrell, Center, Pearland, and Galveston. Sampling conducted December 2–8, 1996. Interoffice Memorandum; 1997. [July 7].
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). Soil screening survey at four Midwestern sites. Westlake, Ohio: Region V. Environmental Services Division, Eastern District Office; 1985 [EPA-905/4-805-005, June].
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). Columbus waste-to-energy municipal incinerator dioxin soil sampling project. Chicago, Illinois: U.S. EPA, Region 5; 1996 [April].
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). Denver front range study of dioxins in surface soil. Summary Report. EPA Region 8; 2002 [125 pp. July].
- WDE (Washington State Department of Ecology). Natural background for dioxins/furans in WA soils — technical memorandum #8. Publication No. 10-09-053; 2010 [August].
- WDE (Washington State Department of Ecology). Urban Seattle Area Soil Dioxin and PAH concentrations initial summary report. Publication No. 11-09-049; 2011 [September].



Yu LP, Mai BX, Meng XZ, Bi XH, Sheng-Fu JM, Peng PA (2006) Particle-bound polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the atmosphere of Guangzhou, China. Atmos Environ 40, 96–108